

Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze
Katedra fyzické geografie a geoekologie

Tomáš Hrdinka

Antropogenní jezera České republiky

Diplomová práce

Vedoucí práce: doc. RNDr. Bohumír Janský, CSc.

Praha, srpen 2004



Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval svému školiteli doc. RNDr. Bohumíru Janskému, CSc. za odborné vedení práce a cenné rady při jejím zpracování a dále neúnavným spolupracovníkům Mgr. Mirku Šobrovi, Mgr. Juliu Česákovi, Petru Poštovi, Janu Kocumovi a Pavlu Břichnáčovi za vydatnou pomoc v terénu. Poděkování patří též RNDr. Petru Rambouskovi z Českého geologického ústavu v Praze a akciové společnosti Lomy Mořina.

Podpisem stvrzuji, že jsem na této práci pracoval zcela samostatně pouze s použitím dále uvedené literatury.

Tomáš Hrdinka

Obsah

1. Úvod	5
1.1. Jezera České republiky	5
1.2. Cíl práce	6
2. Genetická klasifikace jezer České republiky	6
2.1. Glaciální jezera	7
2.2. Fluviální jezera	9
2.3. Krasová jezera	11
2.4. Jezera hrazená sesuvem	13
2.5. Organogenní jezera	15
2.6. Antropogenní jezera	18
3. Klasifikace antropogenních jezer	18
3.1. Rybníky	19
3.2. Údolní nádrže	21
3.3. Jezera vzniklá v souvislosti s těžbou nerostných surovin	22
3.3.1. Těžba písku a štěrkopísku	22
3.3.2. Těžba kaolinu	25
3.3.3. Těžba hnědého a černého uhlí	27
3.3.4. Těžba vápence, břidlic a drob	30
3.3.5. Těžba žuly, dioritu a čediče	33
3.3.6. Těžba cihlářské hlíny a jílu	35
3.3.7. Těžba jiných nerostných surovin	37
4. Mapa geografického rozmístění jezer na území České republiky	41
5. Shrnutí	43
6. Výzkum antropogenních jezer České republiky	44
6.1. Kritéria výběru jezerních lokalit	44
6.2. Metodika měření a zpracování dat	45
6.2.1. Morfometrie jezerní pánve	45
6.2.2. Fyzikální vlastnosti jezerní vody	47
6.2.3. Chemismus a hydrobiologie jezerní vody	49
7. Výzkum vybraných jezerních lokalit České republiky	51
7.1. Jezero v hnědouhelném dole u Litvínova	51
7.1.1. Geografická poloha, přírodní poměry, historie těžby	51
7.1.2. Morfometrie jezera	52
7.1.3. Fyzikální vlastnosti jezerní vody	54
7.1.4. Chemismus jezerní vody	58
7.1.5. Potenciální využití jezera	60
7.2. Jezero v kaolínovém dole u Karlových Varů	64
7.2.1. Geografická poloha, přírodní poměry, historie těžby	64
7.2.2. Morfometrie jezera	65
7.2.3. Fyzikální vlastnosti jezerní vody	67
7.2.4. Chemismus jezerní vody	70
7.2.5. Potenciální využití jezera	72
7.3. Jezero v pískovém dole u Hradce Králové	75
7.3.1. Geografická poloha, přírodní poměry, historie těžby	75
7.3.2. Morfometrie jezera	76
7.3.3. Fyzikální vlastnosti jezerní vody	78
7.3.4. Chemismus jezerní vody	80
7.3.5. Potenciální využití jezera	82

7.4. Jezero ve vápencovém lomu u Berouna.....	85
7.4.1. Geografická poloha, přírodní poměry, historie těžby	85
7.4.2. Morfometrie jezera	86
7.4.3. Fyzikální vlastnosti jezerní vody.....	88
7.4.4. Chemismus jezerní vody	90
7.4.5. Potenciální využití jezera	92
7.5. Jezero v žulovém lomu u Hlinska	96
7.5.1. Geografická poloha, přírodní poměry, historie těžby	96
7.5.2. Morfometrie jezera	97
7.5.3. Fyzikální vlastnosti jezerní vody.....	99
7.5.4. Chemismus jezerní vody	101
7.5.5. Potenciální využití jezera	103
8. Shrnutí	106
9. Závěr.....	108
10. Seznamy a přílohy	110
Seznam použité literatury	110
Seznam fotografií	112
Seznam obrázků	113
Seznam grafů.....	114
Seznam tabulek	114
Příloha 1: Mapa geografického rozmístění jezer na území České republiky (6 listů)	
Příloha 2: Seznam jezer České republiky (6 listů)	

1. ÚVOD

1.1. Jezera České republiky

Česká republika je v celoevropském kontextu územím, které je na přírodní jezera co do jejich počtu i rozmanitosti poměrně chudé. Nevyskytují se zde ani vysoká pohoří se sítěmi glaciálních jezer, ani rozsáhlé severské nížiny s jezerními plošinami. Nejsou zde žádné rozsáhlejší, plnohodnotně vyvinuté krasové oblasti, žádné aktivní vulkanické oblasti ani mořská pobřeží. Na druhou stranu územím České republiky prochází hlavní evropské rozvodí a pramení zde evropsky významné řeky. Ty na poměrně malých vzdálenostech překonávají značný výškový rozdíl a v místech, kde se sklony jejich koryt výrazně zmenšují, vytvářejí při procesu meandrování četná fluviální jezera, která jsou jedním z nejvýznamnějších genetických typů jezer na našem území. Se vznikem rozsáhlé říční nivy a následnou těžbou štěrkopískových náplavů souvisí výskyt dalšího typu jezer, kterými jsou jezera antropogenní. Ta se vyskytují i v oblastech těžby jiných nerostných surovin, zejména pak hnědého uhlí, jehož těžba u nás patří k nejrozsáhlejším ve střední Evropě. Posledním početnějším typem jezer jsou drobné vodní plochy na území rašelinišť roztroušených po téměř celém horském hraničním pásmu České republiky.

Z tohoto krátkého přehledu je zřejmé, že jisté množství různých typů jezer se na našem území přece jen vyskytuje. Zatímco o mnohých genetických typech jezer již byly zpracovány rozsáhlé studie, samotným jezerům antropogenním se dosavadní literatura věnovala pouze okrajově. Tato práce by tak měla otevřít zcela novou kapitulu klasické limnologie, v níž antropogenní jezera sehrávají významnou roli nejen jako jeden z důsledků těžby nerostných surovin, ale i jako místa soustředění nemalých hospodářských, bioekologických a estetických hodnot v kontextu rozmanité české krajiny.

Předkládaná práce vznikla jako součást řešení grantových projektů GA ČR: Atlas jezer České republiky (205/03/1264) a GA UK: Jezera České republiky (182/2000) na katedře fyzické geografie a geoekologie, kde má výzkum jezer již dlouholetou tradici (Janský, 1996).

1.2. Cíl práce

Cílem této práce je porovnat pět vybraných typů antropogenních jezer vzniklých po těžbě různých nerostných surovin 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 chce autor zhodnotit stav jejich současného využití a navrhnout případné potenciální využití těchto jezer v regionu místní krajiny (zemědělství, průmysl, pitná voda, rekreace, ochrana přírody). Praktický výzkum tak naváže na teoretické poznatky o geografickém rozmístění, významu a využití jednotlivých genetických typů jezer na území České republiky, které budou tvořit úvodní část práce.

2. GENETICKÁ KLASIFIKACE JEZER ČESKÉ REPUBLIKY

Jezeru lze klasifikovat podle různých hledisek. Jezera mohou být stálá či občasná (periodická), průtočná či bezodtoká (včetně nebeských). Podle chemického složení se rozlišují jezera sladkovodní, s vodou brakickou (minerální) a slanou. Z biologického hlediska rozlišujeme jezera oligotrofní a eutrofní, tj. podle množství živin a biologické aktivity ve vodě. Oligotrofní jezera jsou obecně na živiny chudá, většinou minerálně jednostranná a vyznačují se modravými odstíny vody. Eutrofní jezera jsou naopak velmi úživná a barva vody se pohybuje ve žlutavých tónech. Z pohledu vertikální výměny vody v jezerní pánvi lze ještě jezera rozdělit na holomiktní (s výměnou vody v celém vodním sloupci) a meromiktní (s výměnou vody do určité hloubky) a podle teplotních poměrů vody na jezera polární, temperovaná a tropická.

Pro tuto práci je však nejdůležitější rozdělení jezer z hlediska tzv. genetické klasifikace. Ta umožňuje stanovit, jaké geomorfologické procesy se uplatnily při utváření jezerní pánve. Zpravidla se rozlišují dvě velké skupiny, a to jezera s pánví vyhloubenou a jezera s pánví zahrazenou (Janský, 1975). Jezera s pánví vyhloubenou jsou všeobecně hlubší a geomorfologicky stálejší a dále se dělí na jezera tektonická, sopečná (kalderová, kráterová,

maary) a jezera vzniklá působením exogenních sil (fluviální, karová, krasová, organogenní, antropogenní, meteorická). Jezera s pánví zahrazenou jsou většinou mělčí a dělí se na jezera hrazená sesuvem, aluviálním kuzelem, morénou, ledovcem, lávovým proudem, písčným prahem (limany) či deltovými sedimenty. Tato jezera často vznikají katastrofickými procesy a ve většině případů se jedná o jezera s krátkou životností, u nichž dochází ve zvýšené míře k zanášení sedimenty.

Jelikož se některé typy jezer v České republice vůbec nevyskytují, postačí nám rozdělení na šest základních genetických typů, na které bude v další části práce soustředěna pozornost. Jsou jimi jezera glaciální, fluviální, krasová, hrazená sesuvem, organogenní a antropogenní (Hrdinka in Janský, Šobr, 2003). U každého typu bude nastíněn způsob vzniku jezer, jejich základní charakteristiky, geografické rozmístění v rámci České republiky, význam a možnosti jejich využití a konkrétní příklady doplněné fotografiemi.

2.1. Glaciální jezera

V České republice se nachází celkem šest jezer ledovcového původu, z nichž pět (Černé, Čertovo, Prášilské, Plešné a Laka) je situováno do centrální části Šumavy a jedno (Mechové) do centrální části Krkonoš. Šumavská ledovcová jezera jsou pozůstatky po ústupu svahových ledovců würmského stáří, v té době obklopujících temena a úbočí některých nejvyšších hor tohoto pohoří (Mandák, 1981). Z výzkumu šumavských ledovcových jezer vyplývá, že všechna mají stejnou modelaci (jezerní stěnu, jezerní pánev a jezerní potok), jsou hrazena různě rozšířenými morénovými valy, které v několika obloucích uzavírají jezerní oblast (střední morénový pás leží u všech jezer mezi 1000–1100 m n. m.) a nacházejí se pod nejvyššími šumavskými vrcholy (1315–1456 m n. m.) (podle Kunský, 1933). Z předchozího rovněž vyplývá, že jezera jsou částečně vyhloubená ledovcem (karová) a částečně zahrazená morénovým valem. Až na jezero Laka se všechna jezera vyznačují velkou hloubkou a poměrně čistou, oligotrofní vodou. Kromě jezera Laky se všechna jezera nacházejí v územích nejprísnejší ochrany přírody a vedle nesporného estetického hlediska

představují důležitá refugia zejména pro ohrožené druhy vodní flóry (šídlatka). Jediné ledovcové jezero na české straně Krkonoš se nachází v moréně pod Kotelními jámami v údolí Kotelského potoka v nadmořské výšce 940 m n. m.



Foto 2: Plešné jezero na Šumavě se žulovými balvany.



Foto 3: Mehové jezírko – jediné ledovcové jezero na české straně Krkonoš (foto M. Šobr)

2.2. Fluviální jezera

Jezera fluviálního původu vznikají nejčastěji v místech, kde se sklon říčního koryta mění na velmi pozvolný a řeka začíná z ukládaných sedimentů vytvářet rozsáhlejší říční nivu. Přitom dochází k procesu meandrování, které v konečné fázi vede až k odškrcení meandru od současného koryta vodního toku a vzniku pořičního jezera. Ta se mohou rovněž vytvořit i při jednorázové změně koryta toku např. při povodňové události či pouhým vybřežením vodního toku při vyšších stavech vody a akumulaci vody v depresních polohách (např. periodické tůně na inundačních loukách v PR Týnecké mokřiny nebo dočasná jezera vzniklá při povodni v srpnu 2002). Zvláštní případ nastává při vytvoření průtočného jezera přímo v říčním korytě za terénní nerovnosti, při náhlé změně geologického podloží či v místech prudké změny sklonu koryta (PR Skryjská jezírka). V některých případech došlo k odškrcení říčního meandru uměle při napřimování koryta toku spojeném s výstavbou protipovodňových hrází (dolní tok Moravy, střední Polabí). Jezera se vyznačují svojí délkou, která dosahuje několika desítek či stovek metrů (v některých případech i několik km) při zachování velmi malé šířky, odpovídající šířce bývalého říčního koryta. Charakteristické je lukovité prohnutí či několikeré zprohýbání a poloha blízká současnému říčnímu korytu, od něhož jsou vzdálena maximálně několik kilometrů. Výška hladiny vody v jezerech je dána výškou hladiny podzemní vody a často bývá hydraulicky spojena s hladinou vody v aktivním řečišti. Dno je většinou tvořeno hlinitým či jemně písčítým materiálem se značným množstvím odumřelé organické hmoty, která způsobuje postupnou eutrofizaci (foto č. 5). Ze starších odškrcených ramen se pak postupným zazemňováním stávají slatiny a obsahují-li zbytky vodních ploch, stojí na přechodu mezi fluviálním a organogenním typem jezer. Fluviální jezera jsou nejrozšířenějším typem přírodních jezer v České republice a vyskytují se zejména podél toků Labe (od Hradce Králové po soutok s Vltavou), Moravy (mezi Zábřehem a Litovlí a mezi Otrokovicemi a soutokem s Dyjí), Dyje (od Nových Mlýnů po soutok s Moravou), Lužnice (od Nové Vsi po Novou řeku), Orlice (od Týniště po Hradec Králové) a Odry (od Košatky po Ostravu–Petřkovice). Poříční jezera se často nacházejí

v územích zvláštní ochrany přírody čítající nejčastěji přírodní a národní přírodní rezervace. Mezi nejznámější patří národní přírodní rezervace Libický luh, Polanská niva, Křivé jezero, Ramena řeky Moravy, Vrapač a další. Vesměs se jedná o ochranu ohrožené mokřadní a vodní vegetace a organismů často vázaných na ekosystém lužního lesa, mnohá mrtvá ramena jsou též významnými ornitologickými lokalitami. Jezera jsou rovněž využívána k chovu ryb. Typické příklady fluviálních jezer najdeme např. v PR Hrbáčkovy tůň, kterou tvoří soustava opuštěných říčních meandrů v různém stupni zazemnění s několika vodními plochami větších rozměrů (Václavka, Kozí chlup, Byšická tůň, Labičko), ve kterých se nachází poměrně čistá voda bez příznaků větší eutrofizace lemovaná rákosinami a starými stromy (foto č. 4).



Foto 4: Opuštěný meandr Labičko s rákosem a vodním ptactvem u Čelákovic



Foto 5: Eutrofizace vod opuštěného meandru Dyje u Lanžhota

2.3. Krasová jezera

Krasová jezera vznikají akumulací srážkové či podzemní vody v dutinách či depresních polohách krasových hornin, kterými jsou nejčastěji vápence a dolomity. Jejich vznik může být předurčen tektonickou poruchou, podél níž dochází k vývěru podzemních vod, a často je též vázán přímo na procesy krasovění, jakými jsou např. tvorba sintrových či travertinových hrázek, rozpouštění karbonátové horniny agresivními srážkovými a minerálními vodami aj. Krasová jezírka se rovněž mohou vytvářet v místech, kde dochází k zúžení profilu jeskyně či před jeskynními sifony. V České republice se však plnohodnotně rozvinutý kras nevyskytuje, a tak zde nenajdeme ani jedno z jezer, která jsou pro takový kras typická. Jde o poljová jezera vyskytující se v plochých sníženinách velkých krasových oblastí, z nichž bylo ucpáním ponorů zamezeno odtékání vody. Krasová jezera na našem území jsou

vázána především na nejhlubší propasti (Hranická propast, Macocha, propast Na Čeřince), jeskynní prostory (Bozkovské a Punkevní jeskyně) a ve výjimečných případech i koryta toků pod vývěry krasových vod (Bubovický a Císařský potok). Zvláštním případem je občasné, patrně pseudokrasové jezírko vytvářející se po vydatných deštích ve vrcholové sníženině čedičové stolové hory Vladař u Žlutic. Všechna jezera se vyznačují specifickým teplotním režimem s malou amplitudou teploty vody v průběhu celého roku a značným obsahem rozpuštěných karbonátů. Vzhledem k tomu, že se až na výjimky nacházejí v jeskynních prostorách či v hlubokých terénních depresích, slouží spíše než k ochraně ohrožených druhů živočichů hlavně k estetickému zpestření jeskynních prostor a propastí.



Foto 6: Jezírko na dně Hranické propasti u Teplíc nad Bečvou

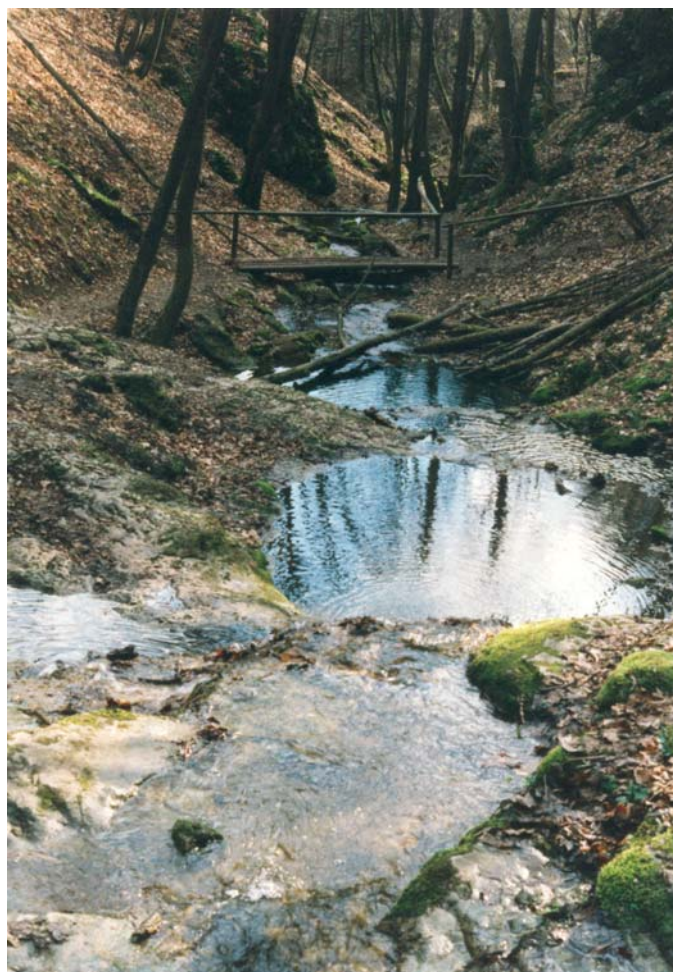


Foto 7: Soustava jezírek hrazených potočními travertiny na Bubovickém potoce

2.4. Jezera hrazená sesuvem

Nejtypičtější příkladem tohoto typu jezera u nás je Mladotické jezero (foto č. 8), zvané též Odlezelské či Potvorovské, ležící asi 30 km severně od Plzně. Jezero se nachází na katastru obce Odlezly a je protékáno Mladotickým potokem. Podle Janského (1975) došlo k mohutnému sesuvu permokarbonských sedimentů ze západní části Potvorovského vrchu hned z několika příčin. Předpokladem sesuvu bylo specifické geologické podloží, jež tvoří hrubozrnnější sedimenty (arkózy, pískovce, slepence) na podkladě jemnozrnných, jílem stmelených pískovců a jílovců (lupků) ukloněných pod úhlem 10–14°. Nejdůležitější příčinou se však staly přívalové srážky ze silné průtrže mračen, která na konci května roku 1872 postihla celé jihozápadní Čechy a způsobila rozsáhlé povodně na Střele a Berounce.

Při ní došlo k infiltraci srážkové vody do podloží a následně k sesuvu vodou nasáklé masy pískovců do údolí Mladotického potoka, které bylo během dvou dnů (27.–28. 5. 1872) přehrazeno v délce asi 300 metrů. Mocnost pohybující se vrstvy pískovců činila 15–35 m a celková kubatura sesuvu dosahovala až několika milionů m³ (Janský, 1975 a 1996). Za sesuvem vzniklo plošně rozsáhlé jezero, které je zejména v přítokové části pozvolna zanášeno povodňovými sedimenty (Janský, 2003).

Drobná jezírka v sesuvových oblastech se nacházejí i na severní Moravě. Dnes již bývalé jezero u osady Jezerné ve Vsetínských vrších vzniklo patrně při sesuvu na počátku 19. stol. (na jeho místě je dnes rybník), další krátkodobé jezero vzniklo v Hošťálkové u Vsetína při sesuvu v roce 1920. Podobně jako další menší lokality v okolí nebyla tato jezera nikdy blíže prozkoumána (Janský, Šobr 2002). V odlučné části sesuvu vzniklo i drobné jezírko v PR Březina v Českém Středohoří, dnes ojedinělá lokalita rašelinné březiny s cennými živočišnými společenstvy.



Foto 8: Pohled z hráze na Mladotické jezero u Odlezel



Foto 9: Jezírko v sesuvu na území PR Březina v Českém Středohoří (foto J. Česák)

2.5. Organogenní jezera

Jezera organogenního původu vznikají nadržáním srážkové nebo podzemní vody v mělkých depresích za spoluúčasti procesů rašelinění či tvorby slatin. Rozlišují se tedy jezera rašelinná a slatinná, jež mají specifický původ, složení i jakost vody. Rašelinná jezírka vznikají nejčastěji uvnitř vrchovišť, kde dochází k akumulaci měkké srážkové vody, která je posléze zabarvena produkty z procesu rašelinění. Typický je nedostatek minerálních látek a nízké pH, které se nejčastěji pohybuje v rozmezí 3–5 a znemožňuje tak výskyt mnohým druhům živočichů. Malou úživnost způsobuje i velmi omezené využití organických látek, které se ve velké míře vyskytují ve formě humusových koloidů. Právě ty dodávají vodě rezavé až červenohnědé zabarvení. Rašelinná jezírka jsou všeobecně malých rozměrů a vyskytují se téměř ve všech našich pohraničních pohořích. Jejich největší koncentrací je klidové území Modravské slatě v centrální části Šumavy (Rokytecká slat', Roklanská slat', Blatenská slat', Mlynářské slatě, Novohuťské močály aj.), kde se nachází asi 200 vodních ploch (Pošta, 2002). Na Šumavě najdeme i největší rašelinné jezero u nás, které se vytvořilo

v Chalupské slati poblíž Borových Lad (plocha 1,3 ha). Dalšími významnými oblastmi výskytu rašelinných jezer jsou Jizerské hory (Na Čihadle, Klečové louky, Černá jezírka, Rybí loučky aj.), Krušné hory (Velké Jeřábí jezero, Velký močál, Novodomské rašeliniště), Český les (Jezírka u Rozvadova), Krkonoše (Úpské rašeliniště), Orlické hory (Jelení lázeň, Pod Pětirozcestím), Jeseníky (Mechová jezírka u Revízu) a Slavkovský les (Sirňák, Smrad'och, Kladské rašeliny). Všechna jezera se nacházejí v územích zvláštní ochrany přírody, často v kategorii národní přírodní rezervace (Velké Jeřábí jezero, Mechová jezírka u Revízu, Novodomské rašeliniště). Na Červeném blatu u Suchdola nad Lužnicí a Borkovickém blatu u obce Zálší došlo ke vzniku umělých organogenních jezer v souvislosti s těžbou rašeliny pro hospodářské účely. Uměle zavodněná pánev po těžbě rašeliny u Vracova na Kyjovsku dnes slouží k rekreačním účelům.

Slatiništní jezera se naproti tomu vyskytují v nižších nadmořských výškách a to na výstupech podzemních vod či v oblastech výskytu opuštěných říčních ramen v pokročilém stádiu zazemňování. Voda ve slatiništních jezerech je bohatší jak na minerální látky, tak na organické živiny, snáze zde dochází k eutrofizaci. Typickým příkladem jsou drobné, pozvolna zanikající odškrčené meandry v okolí Labe a Dyje či jezírka na vývěrech minerálních vod v národní přírodní rezervaci Soos u Františkových lázní. Zvláštním případem jsou rašelinné až slatinné tůňky na některých potocích, které se pravděpodobně vyvinuly z původních rybníčků (PP Na Kačíně, Rašelinné jezírko Rozsíčka). V takových případech je velmi těžké určit, zda se jedná o jezero organogenní, antropogenní (rybník) či fluviální.

Typickým příkladem organogenních jezer jsou jezírka v NPR Velké Jeřábí jezero, kde se v porostu borovice blatky nachází několik vodních ploch s rozměry do 10 metrů (foto č. 10).



Foto 10: Rašelinné jezírko s porosty kleče v NPR Velké Jeřábí jezero v Krušných horách



Foto 11: Soustava rašelinných jezírek na Blatenské slati na Šumavě

2.6. Antropogenní jezera

Antropogenními jezery lze v nejobecnější rovině nazývat všechny vodní plochy, které vznikly v důsledku činnosti člověka. Jedná se o vodní díla vybudovaná za účelem určitého využití či jezera vzniklá jako důsledek těžební činnosti. Ačkoliv tato jezera nevznikla přirozenými procesy, mnohdy kvalitou vody přírodním jezerům odpovídají a z genetického hlediska jsou utvářeny rovnocenným geomorfologickým činitelem (činnost člověka), jaké působí v přírodních geomorfologických procesech (činnost proudící vody, ledovce aj.). Jsou to jezera mnohdy neprávem opomíjená a vzhledem k vysoké kvalitě části důlních a lomových vod by mohla být v budoucnu efektivně využita, např. k vodohospodářským či rekreačním účelům. Nezanedbatelný je rovněž i jejich bioekologický význam, kdy až na výjimky pozitivně ovlivňují své okolí a mnohdy tvoří území soustředění významných přírodních hodnot. Vzhledem k velké variabilitě antropogenních jezer je nutné další, jemnější rozdělení.

3. KLASIFIKACE ANTROPOGENNÍCH JEZER

V Evropské rámcové směrnici o vodách [39], která u nás vstoupila v platnost dne 1. 5. 2004, je jezero definováno jako „útvár stojaté vnitrozemské povrchové vody“, což prakticky zahrnuje jakoukoliv plochu stojaté vody bez rozlišení původu a rozměru – tedy včetně útvarů antropogenních, zahrnujících nejen jezera v dolech a lomech, ale i rybníky a údolní nádrže. V užším slova smyslu jsou pak antropogenními jezery označovány pouze vodní plochy vzniklé v souvislosti s těžební činností člověka, neboť se na rozdíl od rybníků a údolních nádrží nedají běžnými prostředky vypustit ani regulovat. Jelikož však rybníky a údolní nádrže tvoří převážnou většinu vodních ploch v České republice, považuji za nutné se o nich, jakožto o antropogenních výtvořech, krátce zmínit. V další části práce se již zaměřím na jezera vzniklá po těžbě nerostných surovin, která patří spolu s fluvialními jezery k nejrozšířenějším druhům jezer v České republice.

3.1. Rybníky

Rybníky jsou mělké vodní nádrže nejrůznějších rozměrů sloužící především k chovu ryb ale i jiným účelům. Rybníkářství má v českých zemích mnohasetletou tradici, přičemž největšího rozmachu dosáhlo koncem 15. a v 16. stol. Jeho vývoj se dá nejlépe dokumentovat na příkladu rozvoje rybníkářství v Třeboňské pánvi, která byla v tomto smyslu pomyslnou osou veškerého dění. Podle Štěrbové (1987) nastal první výraznější rozvoj rybníkářství v Třeboňské pánvi za vlády Jana Lucemburského a především pak za vlády Karla IV. ve 2. pol. 14. stol. (první rybník v Čechách však podle zakládací listiny kladrubského kláštera vznikl již v roce 1115). Z této doby pochází nejstarší jihočeský rybník Dvořiště (1363). V husitské době došlo k přechodnému útlumu, který byl v pol. 15. stol. vystřídán novým rozvojem za vlády Rožmberků. Konec 15. a skoro celé 16. stol. znamenalo zlatý věk třeboňského rybníkářství. Na přelomu 15. a 16. stol. začala z jednotlivých rybníků vznikat důmyslná rybníční soustava. Systém do výstavby nových vodních děl vložil za vlády Petra Voka z Rožmberka později významný stavitel Josef Štěpánek Netolický. Pod jeho vedením vznikly např. rybníky Velký Tisý, Opatovický a Horusický, avšak jeho vrcholným počinem byla výstavba Zlaté stoky (dokončena v roce 1518) v délce 45 km, která přiváděla a stále ještě přivádí vodu do největších jihočeských rybníků. Ve 2. pol. 16. stol. se vlády nad třeboňským rybníkářstvím ujímá Jakub Krčín z Jelčan, který se proslavil stavbou rybníků velkých rozměrů a rovněž se podílel na jejich rozšíření a modernizaci (Dvořiště, Opatovický, Horusický, Záblatský aj.). Jeho díly jsou např. rybníky Svět (pův. Nevděk) a Rožmberk (1590), tehdy největší rybník v Evropě, v současnosti největší v České republice (pův. 1060, dnes 489 ha). Nejedvážnějším počinem však byla výstavba 13,4 km dlouhé stoky, která měla ochránit budoucí Rožmberk od povodňových přívalů vod na řece Lužnici. Nápad odvést přebytečnou vodu do řeky Nežárky byl uskutečněn v l. 1585–87 a stoka dostala název Nová řeka. Třetím významným stavitelem byl Mikuláš Ruthard z Malešova, který se nejvíce zasloužil o rozvoj chlumecké rybníční soustavy. Pod jeho vedením vznikly rybníky Hospodář a Podsedeck a rovněž se proslavil výstavbou Staňkovského rybníka (1544), který je z českých

rybníků nejdelší, nejhlubší, zaujímá největší objem vody a je také nejvíce oligotrofní. Posledním počinem bylo rozšíření Mlýnského rybníka, kterému byl posléze dán název Hejtman. V 17. století, zejména po třicetileté válce, nastal celkový hospodářský úpadek, mnohé rybníky nebyly udržovány a pozvolna zanikaly. Po částečné obnově v průběhu 18. stol. však koncem 18. a poč. 19. století došlo v souladu s Josefínskými reformami (v souvislosti s rozvojem populace) k překotnému vysušování rybníků a jejich ústupu výnosnější pšenici. V letech 1826–52 bylo v Třeboňské pánvi zrušeno na pět velkých a asi dvanáct malých rybníků, z nichž některé byly v 2. pol. 19. stol. v souvislosti s renesancí rybníkářského hospodářství znovu obnoveny (Štěrbová, 1987).

Kromě nejvýznamnější Třeboňské pánve byly rozsáhlé rybníční soustavy budovány též v Českobudějovické pánvi, na Jindřichohradecku, Chlumecku, Blatensku, v Polabí, na Českomoravské vrchovině a v povodí řek Dyje a Odry, přičemž někdejší obraz zůstal v některých oblastech do jisté míry zachován dodnes. K rušení rybníčních soustav přitom docházelo hlavně v úrodných, nížinatých oblastech (Polabí, Haná, moravské úvaly). V době největšího rozmachu rybníkářství na přelomu 15. a 16. století zaujímaly rybníky celkovou plochu 180 000 ha, v době největšího úpadku v 1. polovině 19. století poklesla jejich rozloha na 35 000 ha (Lipský, 1998). V současnosti se v České republice nachází asi 21 000 rybníků o celkové ploše 52 000 ha, z toho přibližně 40 000 ha v Čechách (Kestřánek, 1984 a Lipský, 1998). V jižních Čechách se přitom nachází 10 rybníků s plochou větší než 200 ha, které se na jiných místech v Česku vyskytují již jen ojediněle (Máchovo jezero, Nesyt, Velké Dářko) (Kuklík, 1984).

Z hlediska původu vody se rozlišují rybníky nebeské, rybníky pramenišť a rybníky říční a potoční (Štěrbová, 1987). První skupinu tvoří rybníky dotované pouze srážkovou vodou, která je velmi měkká a obsahuje malé množství minerálních látek. Ve druhé skupině se nalézají rybníky s vodou původem z pramenů, které mohou být na břehu i ve dně a jejich voda může být naopak velmi mineralizovaná. Třetí skupinu tvoří typ nejvíce obvyklý, kdy se do rybníka dostává přísun chladné a dobře okysličené tekoucí vody, která je pro maximální

výnosy nezbytná. Současně s hospodářskou funkcí slouží rybníky i k rekreačním účelům (Máchovo jezero) a v neposlední řadě mají i nezastupitelnou roli ekologickou, neboť často slouží k ochraně bohaté mokřadní vegetace s výskytem mnoha druhů obojživelníků a velkého množství vodních ptáků (NPR Velký a Malý Tisý, NPR Novozámecký rybník). Druhotné využití pak spočívá především v ochraně proti záplavám, v nadlepšování průtoků či v akumulaci vody pro závlahové účely. Mimo to jsou rybníky nejvýznamnějším rezervoárem vody v krajině, kde příznivě ovlivňují mikro- až mezoklima přilehlé oblasti.

3.2. Údolní nádrže

Údolní nádrže jsou vodní plochy vyskytující se v údolích větších či menších řek, které byly přehrazeny přehradou. Samotné přehrady lze dělit podle různých kritérií, nejčastěji podle druhu materiálu, z něhož byla přehrada postavena (např. zemní, kamenná, betonová, ocelová) a podle jejich konstrukce (např. sypaná, gravitační, klenbová). Údolní nádrže se na území České republiky začaly budovat především v 2. pol. 20. stol. V roce 1945 bylo v Československu jen 41 nádrží, v roce 1975 se jejich počet zvýšil na 100 jen v České republice (Kestřánek a kol., 1984). V současnosti se pohybuje počet velkých vodních nádrží kolem 115. Přehradní nádrže mají až na výjimky široké spektrum využití a téměř vždy slouží několika účelům najednou. Mezi nejdůležitější patří zásobování obyvatelstva (Švihov) a průmyslu (Hněvkovice) vodou, výroba vodní energie (Orlík), zachytávání povodní (Šance), vyrovnávání a nadlepšování průtoků včetně ochrany před povodněmi, vytváření zásob vody pro závlahy (Rozkoš) a další (Kříž, 1996). Dále se mohou využívat k chovu ryb, pro lodní dopravu a v neposlední řadě i k rekreaci a sportovnímu vyžití. Poslední, avšak neméně důležitou funkcí je samotná retence vody v krajině. Jako příklad poslouží tři čísla, která nejlépe prezentují velikost našich vodních děl. Největší údolní nádrží v České republice je podle plochy Lipno I. s rozlohou 4870 ha, největší objem 716,5 mil. m³ zaujímá údolní nádrž Orlík a nejvyšší přehradou je 99,5 m vysoká kamenitá hráz vodního díla Malešice (Kestřánek, 1984).

Kromě velkých údolních nádrží se v Česku vyskytují i vodní nádrže malých rozměrů, sloužící specifickým účelům, např. dnes již nefunkční nádrže na plavení dřeva (klauzy) v Moravskoslezských Beskydech, na Šumavě a v Krušných horách (Kříž, 1999) či četné nádrže protipožární ochrany v intravilánech obcí a měst.

3.3. Jezera vzniklá v souvislosti s těžbou nerostných surovin

Jezera tohoto typu tvoří spolu s fluviálními jezery a rybníky nejrozšířenější typ vodních ploch v České republice. Jde o jezera vyskytující se v povrchových dolech a lomech všeho druhu, na přídružených výsypkách či v poklesových kotlinách. Vodní plochy různých rozměrů vznikly buď samovolně nebo jako důsledek cílené, tzv. hydrické rekultivace (Štýs, 1981). Jejich rozšíření je pochopitelně vázáno na výskyt a těžbu specifických nerostných surovin, které svým charakterem ovlivňují kromě rozlohy, hloubky a morfologie dna i vlastnosti akumulovaných vod povrchového či podzemního původu. Těmi jsou nejčastěji barva a průhlednost vody, obsah specifických minerálů, pH a z nich plynoucí biologická aktivita. Důležitým faktorem je rovněž čas, který uplynul od ukončení těžby (i několik set let), a s ním spojená eutrofizace akumulovaných vod, která je ve většině případů velmi pozvolná a někdy i zcela chybí. Vzhledem k výše uvedenému je nutné rozdělit tato jezera podle druhu těžných surovin na jezera vzniklá po těžbě: 1) písku a štěrkopísku, 2) kaolinu, 3) hnědého a černého uhlí, 4) vápence, břidlic a drob, 5) žuly, dioritu a čediče, 6) cihlářské hlíny a jílu a 7) jiných nerostných surovin.

3.3.1. Těžba písku a štěrkopísku

Jezera v povrchových dolech na písek a štěrkopísek patří k nejrozšířenějšímu typu antropogenních jezer u nás. V naprosté většině jsou lokalizována podél vodních toků v oblastech kvartérních štěrkopískových náplavů. Výjimku tvoří sporadické vodní plochy vzniklé po těžbě glacifluviálních štěrkopísků na území pokrytém kvartérním pevninským ledovcem. Často se jedná o vodní plochy velkých rozměrů, které po ukončení těžby

nacházejí mnoho druhů využití. Existence vody v jezerech souvisí především s vysoko položenou hladinou podzemní vody podél vodních toků, s níž často hladina vody v jezerech komunikuje. Jelikož se jedná o vodu podzemní či vodu říčního původu filtrovanou přes štěrkopískové náplavy, je její kvalita většinou velmi dobrá a propůjčuje těmto jezerům modrozelené zbarvení vody při průhlednosti až několik metrů. Jezera po těžbě písků a štěrkopísků se vyskytují zejména podél toků Labe (od Jaroměře po Lovosice), Moravy (od Mohelnice po Hodonín), Lužnice (od Nové Vsi po Veselí) a Odry (severně od Ostravy). Ojedinele se pak vyskytují v povodí Jizery, Cidliny a Opavy, ale i na jiných místech České republiky. Využití jezer je různorodé a závisí hlavně na velikosti, hloubce a poloze jezera, přičemž důležitou roli hraje kvalita vody. Parametry jezer se značně liší a pohybují se od malých a mělkých „písníků“ po plošně rozlehlé a několik desítek metrů hluboké vodní plochy v jižních Čechách či na jižní Moravě (foto č. 13). Nejprogresivnější využití takových jezer je využití pro vodárenské účely (foto č. 14), pro průmysl či závlahy v zemědělství. Pro svou čistou vodu jsou jezera často využívána k rekreaci (foto č. 12), dosahující někdy masových rozměrů (Lhota u Čelákovic), a vodním sportům. Důležitý je rovněž význam bioekologický, kdy zejména malé a pozvolna zarůstající „písníky“ tvoří významná refugia bezobratlých živočichů a obojživelníků s výskytem ohrožených druhů rostlin (PP Bělečský písník) a větší vodní plochy slouží jako shromaždiště vodního ptactva (PR Chomoutovské jezero, PR Moravičanské jezero).



Foto 12: Rekreační jezero vzniklé po těžbě glaci-fluviálních štěrkopísků u Písečné poblíž Jeseníku



Foto 13: Soustava zatopených těžeben u Ostrožské Nové Vsi (VGHÚř Dobruška)



Foto 14: Vodárenská nádrž na místě bývalé těžby štěrkopísků u Ostrožské Nové Vsi

3.3.2. Těžba kaolinu

Jezera vzniklá po těžbě kaolinu se vyskytují jak v tradičních oblastech těžby, tak příležitostně v rámci území celé České republiky. Největší koncentrace je soustředěna do lokalit severně od Chebu, západně od Karlových Varů a severního i jižního okolí Horní Břízy severně od Plzně. Ojedinele se vyskytují v drobných lomech v okolí Znojma, Veverské Bítýšky, Jedovnic v Moravském krasu, Vidnavy a u Podbořan na Žatecku. Jezera jsou vesměs menších rozměrů než vodní plochy v uhelných či pískových dolech a také nejsou tak hluboká. Kaolin je nezpevněná hornina bílé barvy, která významně ovlivňuje zabarvení jezerní vody. To se nejčastěji pohybuje v modravých až zelenavých odstínech. Průhlednost však bývá při porovnání např. s pískovkami menší, poněvadž voda často obsahuje velké množství kaolinu ve formě suspenze, který se do ní dostává z nezpevněných břehů. Vzhledem k nadměrnému obsahu minerálu kaolinitu jsou tato jezera většinou oligotrofní a tudíž neslouží žádnému účelu, který by se týkal ochrany přírody. Kvůli malým rozměrům se voda nedá použít ani v hospodářství, a tak se díky své lákavé barvě jeví jako nejlepší využití k rekreačním účelům.

Na příkladu tohoto typu jezer lze dokumentovat kvalitativní změnu, kterou prošlo kaolinové jezero (foto č. 17), jež je pozůstatkem po původní těžbě zahájené v roce 1880. Oproti podobnému jezeru, v jehož okolí těžební činnost stále probíhá (foto č. 15), se výrazně změnila barva, která se dnes vlivem eutrofizace pohybuje v žlutavých tónech, a výrazně se také uplatňuje zarůstání břehů jezera mokřadní vegetací.



Foto 15: Jezero v kaolinovém dolu u Božičan poblíž Chodova u Karlových Varů

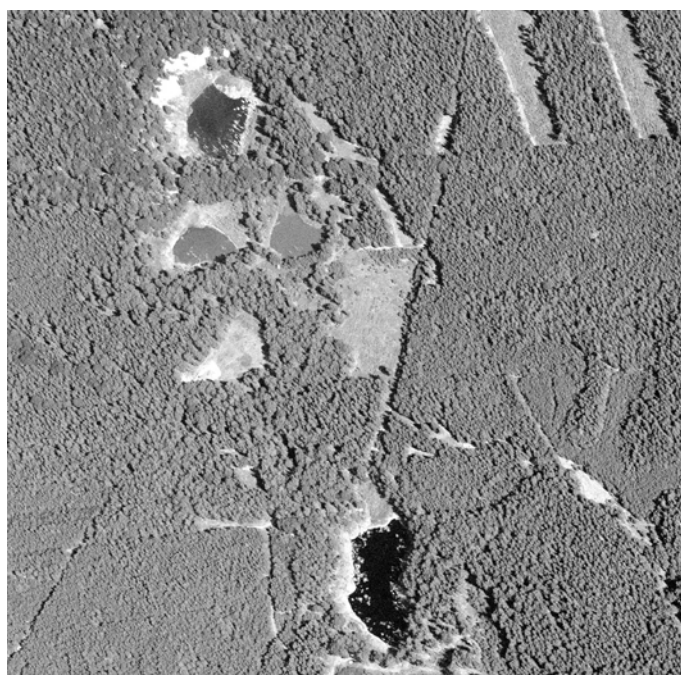


Foto 16: Soustava jezer po historické těžbě kaolinu u Horní Břízy (VGHÚř Dobruška)



Foto 17: Jezero ve starém kaolinovém dolu v polesí Tok u Horní Břízy

3.3.3. Těžba hnědého a černého uhlí

Tato jezera tvoří společně s rybníky a jezery po těžbě štěrkopísků nejčtenější typ antropogenních jezer v České republice. Jejich výskyt je vázán především na těžbu hnědého uhlí, jehož největší depozice se nalézají v severočeských hnědouhelných pánvích. Největší počet jezer je pak lokalizován do Sokolovské a Mostecké pánve a okolí měst Teplice a Ústí nad Labem. Vesměs jsou to jezera neobyčejně různorodá a lze je rozdělit do tří zcela odlišných skupin. První skupinu tvoří jezera, která vznikla akumulací srážkové a hlavně podzemní vody v důlních jamách. Tato jezera asi nejvíce odpovídají klasické představě lomových či důlních jezer a pokud se v jejich okolí již netěží, tvoří je většinou čistá voda modravých odstínů (Barbora, titulní strana). Druhým typem jsou jezera vyskytující se v poklesových kotlinách a na rozsáhlých výsypkách hlušiny, kde dochází k akumulaci srážkové vody v depresních polohách reliéfu. Tato jezera svou fyziognomií připomínají spíše

rybníky (foto č. 19), odlišují se však malou přítomností bahnitého sedimentu. Třetím typem jsou pak odkaliště různých průmyslových podniků (chemie) a plaviště popílků tepelných elektráren, které se vyskytují buď přímo v důlních jámách nebo v umělých nádržích k tomu účelu postavených. Tyto vodní plochy se vyznačují přítomností jemného mazlavého sedimentu tmavé barvy, který je rovnoměrně rozprostřen po celém dnu jezera, často na hladině ostře ohraničenou plochou hydrokalu (foto č. 21), který je sem přiváděn potrubím z dotyčného podniku, a někdy i nepříjemným chemickým zápachem v celém okolí jezera. Využití jezer tohoto typu je tedy předem dané a jakékoliv jiné využití je pro povahu těchto jezerních vod naprosto vyloučené. Jezera na výsypkách či v poklesových kotlinách jsou většinou mělká a dobře se dají využít např. k chovu některých druhů ryb, druhotně zde také dochází k růstu mokřadní vegetace (ekologická funkce). Jezera ve zbytkových důlních jámách, pokud nejsou znečištěna ropnými či jinými chemickými látkami, by mohla mít i více druhů využití, hlavně jde-li o jezera větších rozměrů. Některá proto již slouží závlahám v zemědělství či individuální rekreaci a vodním sportům (foto č. 18), avšak lze si rovněž představit, že by některá rozlehlá a hluboká jezera mohla sloužit i vodárenským účelům (např. jezero v dole Barbora, foto č. 1).



Foto 18: Rekreční jezero v hnědouhelném dolu Barbora u Oldřichova poblíž Teplic



Foto 19: Jezero na výsypce dolu Vilém u Svatavy poblíž Sokolova



Foto 20: Soustava jezer je součástí rozsáhlé rekultivace Hornojřetínské výsypky (VGHÚř Dobruška)

Co se týká jezer vzniklých v souvislosti s těžbou černého uhlí, jde zejména o zatopené propadliny podzemních důlních děl na Ostravsku a Karvinsku (pinky, poklesové kotliny), popřípadě drobná jezírka při úpatí hald, která vznikla akumulací srážkové vody po její infiltraci ve svahových a vrcholových partiích těchto útvarů. Na výsypkách a v poklesových kotlinách se zejména v oblasti mezi Havířovem a Orlovou vyskytují též desítky kališť různých rozměrů, která se nacházejí i v umělých nádržích k tomuto účelu zbudovaných.

Spíše zajímavostí je pak ojedinělé jezero větších rozměrů vzniklé po těžbě lignitu nedaleko Uhelné v Rychlebských horách, využívané k rekreačním účelům.



Foto 21: Kaliště Chemopetrolu Litvínov u Braňan s patrnou skvrnou hydrokalu

3.3.4. Těžba vápence, břidlic a drob

Tuto skupinu jezer nalezneme v lomech, v nichž se těžily především zpevněné sedimenty mořského původu, kterými jsou nejčastěji vápence, břidlice a droby. Tyto horniny se sice liší svou barvou, složením a základními fyzikálními a chemickými vlastnostmi, ale samotné lomové vody se shodují v několika parametrech. Jezera jsou si podobná svou velikostí (často nadprůměrnou), dále hloubkou, která může dosahovat až několika desítek

metrů i barvou a průhledností jezerní vody. Nejznámější jezera vázaná na vápence se nalézají v lomech Velká (foto č. 51) a Malá Amerika u Mořiny na Karlštejnsku, podobná jezera menších rozměrů však najdeme i na jiných místech v Českém krasu. Další jezera se vyskytují už spíše výjimečně v čočkách krystalických vápenců u Rabí, Hejnic a v druhohorních vápencích severně od Valašského Meziříčí (foto 24). Jezera v lomech na břidlici jsou koncentrována především východně od Bruntálu (foto č. 23), ojedinělý výskyt je i v okolí Vrbna pod Pradědem a v Českém krasu. Třetí horninou jsou droby a na ně vázaná jezera, která se vyskytují pouze na Moravě zejména při okrajích Oderských vrchů (foto č. 22) a Nízkého Jeseníku, místy pak v Moravském krasu či v okolí Litovle. K vodním plochám ve zpevněných sedimentech lze ještě přiřadit jezero v lomu Rasová v jílovcích a pískovcích u Komni a jezero ve slepencích křídového stáří v PP Skalka u Žehušic. Pro modravé až zelenavé zbarvení vody a mimořádnou průhlednost až několik metrů jsou jezera, podobně jako zatopené pískovny, vyhledávána především k rekreaci. Kvalita vody některých jezer je však natolik dobrá, že by se dala využít k vodárenským účelům pro menší obce v nejbližším okolí. Jediným zjevným nežádoucím faktorem je přítomnost velkého množství vápenatých karbonátů, které se projevují ve vysoké tvrdosti vody. Jezera jsou v převážné většině oligotrofní s výskytem jen několika menších druhů ryb a korýšů. Vzhledem k uvedeným charakteristikám by bylo zapotřebí alespoň některá jezera ochránit před masovou rekreací, která s sebou přináší eutrofizaci a tím i znehodnocení kvalitní vody.



Foto 22: Rekreační jezero po těžbě droby u Veselíčka u Lipníka nad Bečvou

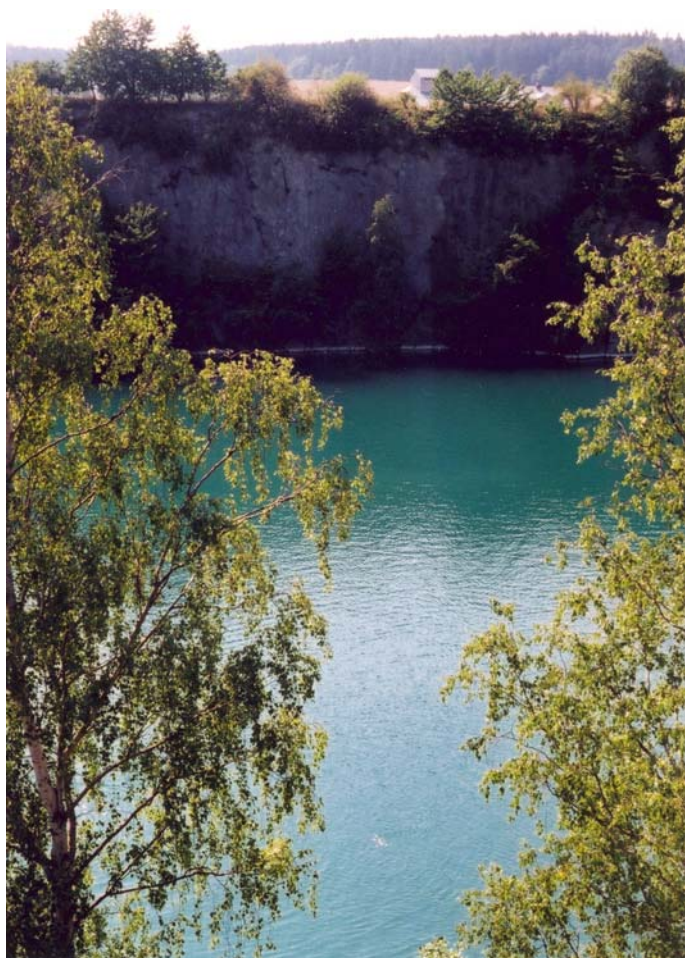


Foto 23: Jezero v opuštěném lomu na pokrývačskou břidlici poblíž Svobodných Heřmanic



Foto 24: Rekreační jezero ve vápencovém lomu u Jasenice u Valašského Meziříčí

3.3.5. Těžba žuly, dioritu a čediče

Tuto skupinu tvoří jezera vyskytující se v lomech po těžbě magmatických, popřípadě metamorfovaných hornin. Většinou se jedná o jezera menších rozměrů, často obklopená příkrými lomovými stěnami. Z tohoto důvodu dopadá na vodní hladinu jen část přímého slunečního záření a jezera se tak nacházejí část či většinu dne ve stínu. Nezřídka tak tvoří příhodná útočiště zejména pro mnohé druhy obojživelníků. Pro jezera je typická velká hloubka a tmavé zabarvení vody, které se pohybuje nejčastěji v odstínech zelenožluté barvy a navíc bývá umocněno tmavou barvou magmatických hornin. Průhlednost vody se značně liší a záleží na stáří lomu i charakteru jeho okolí. Lomy se totiž často nacházejí v lesních komplexech a tento fakt přispívá ke zvýšení eutrofizace jezerních vod (foto č. 27). I když se voda navenek projevuje stejnými vlastnostmi, chemické složení se bude stejně jako u jezer v předchozí kapitole nejspíše trochu lišit v závislosti na typu horniny (žula/čedič). Jezera vzniklá v souvislosti s těžbou žuly jsou rovnoměrně rozmístěna na území celé Středočeské pahorkatiny a Českomoravské vrchoviny tam, kde žulový pluton vystupuje k zemskému povrchu. Největší koncentrace těchto jezer se nachází v okrajové části Železných hor severně od Hlinska v okolí Skutče, druhou nejvýznamnější koncentrací je oblast kolem Žulové v Žulovské pahorkatině na severní Moravě (foto č. 25 a 26). Jezera vázaná na diorit či granodiorit se vyskytují především v Benešovské pahorkatině (Hříměždice, Kozárovice) a pak již jen ojediněle u Poličky a Jablonného nad Orlicí. Jezera vázaná na těžbu čediče se ojediněle vyskytují v severních Čechách na známé lokalitě Panská skála u Kamenického Šenova v okrajové části Českého Středohoří a u Heřmanic ve Frýdlantské pahorkatině. Osamocené jezero v čediči lze ještě nalézt v lomu Hlavno poblíž Sokolova. Do této skupiny lze ještě zařadit jezero v bývalém těšinitovém (tmavá hrubozrnná výlevná hornina) lomu u Žermanic poblíž Havířova. Vzhledem k menší rozloze a horší jakosti vody se tato jezera dají těžko využít k vodárenským účelům, jako je tomu v případě lomů na vápenec či dolů na písek. Představují však často místa soustředění nemalých přírodních hodnot a v některých

případech zde proto došlo i k vyhlášení územní ochrany přírody v kategorii přírodní památka (Božkovské jezírko, Lom Chlum, Teletínský lom, Žermanický lom aj.).



Foto 25: Rekreační jezírko v žulovém lomu u Černé Vody poblíž Žulové



Foto 26: Antropogenní jezera v žulových lomech poblíž Žulové v Rychlebských horách (VGHÚř Dobruška)



Foto 27: Eutrofizovaná voda jezírka ve starém Teletínském lomu poblíž Štěchovic

3.3.6. Těžba cihlářské hlíny a jílu

Tuto skupinu tvoří jezera vyskytující se v povrchových dolech po těžbě cihlářské hlíny a žáruvzdorných jílu. Ty jsou rovnoměrně roztroušeny po území celé České republiky a nejčastěji lokalizovány na okraje či do okolí velkých i menších měst. Tato lokalizace souvisí především s využitím cihlářské hlíny a z ní vypálených cihel na stavbu domů a hospodářských budov ve městech a jejich okolí. Jezera po těžbě hlíny dosahují podstatně menších rozměrů než jim nejvíce podobná jezera po těžbě písků a také jsou poměrně mělká. Malé množství vody pak vede k intenzivnějšímu prohřívání a následné eutrofizaci důlních vod. Barva vody se nejčastěji pohybuje v odstínech žlutozelené až žluté, velmi omezená je průhlednost (foto č. 28). Ta je snižována zejména velkým množstvím jílovité suspenze, která vzniká neustálým omýváním nezpevněných břehů jezera. Jako vhodné se pro taková jezera jeví využití pro chov ryb, popřípadě mohou sloužit jako protipožární nádrže. V případě větších rozměrů a lepší kvality vody lze taková jezera rovněž využít k rekreaci (foto č. 29).



Foto 28: Kalné jezírko po těžbě hlíny u Zruče poblíž Třemošné využité k chovu ryb



Foto 29: Rekreační jezero v cihelně u Ratíškovic poblíž Hodonína

3.3.7. Těžba jiných nerostných surovin

Jezera této skupiny jsou vázána na těžbu specifických nerostných surovin, které často velmi významně ovlivňují chemické složení jezerních vod. V České republice jsou tato jezera ojedinělá, a proto je dobré se s nimi na konkrétních příkladech blíže seznámit:

1) Chomutovské Kamencové jezero – jezero, nacházející se na severovýchodním okraji Chomutova, vzniklo pravděpodobně kolem roku 1812 propadnutím dna původního močálu do prostor bývalého kamencového dolu, který byl následně zaplaven vodou. Podle Gabrielové (1996) jsou však doba a původ vzniku nejasné a liší se podle jednotlivých autorů (např. teorie o vzniku jezerní pánve po podzemním požáru uhelné sloje). Jezero je samo o sobě světovou raritou a na existenci obdobných poukazují jen nepřímé indicie. Kamenec, hydratovaný podvojný síran draslíku a hliníku $[KAl(SO_4)_2 \times 12 H_2O]$, zásadním způsobem ovlivňuje chemismus vody v jezeře i s ním spojenou biologickou aktivitu. Od doby zaplavení dolu docházelo k postupnému sycení jezerní vody tímto minerálem až na současnou úroveň přibližně 1% roztoku (Kochánek, 1976), což prakticky znemožňuje existenci vyšších forem života. Kationty hliníku jsou toxické jak pro řasy, tak i ryby a nepříznivé je též velmi nízké pH vody, které podle vydatnosti srážek dosahuje hodnot 2–4,5 (Gabrielová, 1996). Jezero má plochu 15,98 ha, obvod 1836 m, objem činí 323 000 m³ a dosahuje maximální hloubky pouhé 4 metry (Gabrielová, 1996). Jezero je v současnosti využíváno především k masové rekreaci, která by mohla v budoucnu ohrozit jeho jedinečnost (foto č. 30).



Foto 30: Rekreací velmi přetížené Kamencové jezero u Chomutova

2) Hromnické Červené jezírko – jezero, nacházející se na severovýchodním okraji obce Hromnice, vzniklo nahromaděním agresivních síranových vod v 60 metrů hlubokém lomu (oprámu) po těžbě vitriolové břidlice (foto č. 31). Vznik jezera souvisí s výrobou tzv. olea, české dýmavé kyseliny sírové, která byla zahájena na počátku 19. století. Výroba probíhala odpařením vitriolového louhu, který vznikl proléváním hald vytěžené suroviny vodou. Po zavedení syntetické výroby kyseliny sírové byla těžba k roku 1898 zastavena a jáma zaplavena vodou (mapa KČT). Jezero, které je asi 200 m dlouhé, 130 m široké a 18 m hluboké (David, 1999), má temnou, červenohnědou barvu. Voda s velmi vysokým obsahem síranů se vyznačuje nízkým pH pohybujícím se kolem 3 (Gabrielová, 1996), což se jako v případě Kamencového jezera neslučuje se životem. Kolem celého lomu je cítit znatelný sirnatý zápach. Jezero a jeho okolí je územím zvláštní ochrany přírody v kategorii přírodní památka. Na jezeře proběhla v srpnu 2004 nová morfometrická a hydrofyzikální měření a rovněž byly odebrány vzorky vody k chemickému rozboru. Výsledky budou publikovány v připravovaném Atlasu jezer České republiky. Podobné vlastnosti má Zelené jezírko u Dolní Bělé, které se však podstatně liší v barvě vody dosahující neobvyklých, sytě zelených tónů.



Foto 31: Načervenalá voda v Hromnickém jezírku po těžbě vitriolové břidlice poblíž Horní Břízy

3) Stříbrné jezírko u Fulneku – jezírko, nacházející se jihozápadně od obce Jestřabí, vzniklo zatopením šachty bývalého galenitového lomu, který byl opuštěn již v 17. století (foto č. 32). Jezírko o ploše asi 500 m², z nichž 2/3 tvoří mělčiny a 1/3 vlastní šachta, se postupem času stává významným biotopem vodních živočichů a obojživelníků (čolek, kuňka) s porosty ohrožených druhů rostlin (d'áblík, leknín). Území je unikátní, antropogenně podmíněnou přírodní památkou (informační tabule PP Stříbrné jezírko, AOPK ČR).



Foto 32: Pozvolna zarůstající jezírko v galenitovém lomu u Jestřabí poblíž Fulneku

4) Stříbrné jezero u Opavy – rozlehlé jezero po těžbě sádrovce na severním okraji Opavy, jehož poměrně čistá voda modrozelených odstínů je využívána především k rekreačním účelům jako veřejné koupaliště (foto č. 33).



Foto 33: Koupaliště v sádrovcovém lomu při severním okraji Opavy

5) Zatopený lom u Ejovic – jezero značně velkých rozměrů ve vytěženém ložisku železné rudy protékané říčkou Klabavou, využitě k rekreačním a sportovním účelům a rybaření.

Na území České republiky se krom výše zmíněných vyskytují i další lokality těžby méně obvyklých nerostných surovin a na ně vázané vodní plochy. Jsou to např. zatopené jámy po těžbě nespecifikovaných rud v PP Ranská jezírka, jezírko po těžbě křemene v lomu U kyzu u Churáňova, jezero v aplitovém lomu u Nového Pařezova či kaliště spojená s těžbou radioaktivních surovin u Dolní Rožinky, Zlatkova a Stráže pod Ralskem.

4. MAPA GEOGRAFICKÉHO ROZMÍSTĚNÍ JEZER NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY

Mapa geografického rozmístění jezer na území České republiky (příloha č. 1) byla vyhotovena na základě genetické klasifikace jezer s jemnějším rozlišením jezer antropogenního původu, respektive jezer vzniklých v souvislosti s těžbou nerostných surovin. O rybnících a přehradních nádržích tato mapa informace neposkytuje.

Jako mapový podklad byla zvolena Fyzickogeografická mapa České republiky v měřítku 1 : 500 000, vydaná Českým úřadem zeměměřičským a katastrálním v roce 1996. Zdrojem veškerých informací o jezerech byla aktualizovaná vydání turistických map v měřítku 1 : 50 000 z edice Klubu českých turistů (KČT), průběžně vydávaných v letech 1997–2001.

Mapa přehledně nastiňuje rozmístění jednotlivých typů jezer i jejich vazbu na typický reliéf, v němž se vyskytují. Při jejím sestavování však muselo dojít k vytyčení několika podmínek. Na mapu v měřítku 1 : 500 000 v některých případech nemohla být zakreslena úplně všechna jezera, zobrazená v mapách KČT, které mají měřítko desetkrát větší. V těchto případech musela být provedena generalizace, přičemž jedna značka, umístěná do oblasti největšího soustředění daného typu jezer, pak odpovídala několika jezerním plochám. V příloženém seznamu jezer je pak udán skutečný počet jezer zobrazených na mapě v měřítku

1 : 50 000. U jezer fluviálních a jezer vzniklých v souvislosti s těžbou uhlí však byla z důvodu přehlednosti brána v úvahu pouze jezera velikostně významná, tedy s velikostí asi 2 mm a více, což by mělo podle mapy 1 : 50 000 odpovídat velikosti větší než 100 metrů, ve skutečnosti jde však o jezera mnohem menší. Generalizace se tak dotkla zejména jezer fluviálních, organogenních a antropogenních, z posledně jmenovaných pak zvláště jezer po těžbě štěrkopísků a uhlí. Naopak výjimku tvořila jezera s nadprůměrným bioekologickým významem a do mapy byla zakreslena i v případě, že se pro svou zanedbatelnou velikost v měřítku map KČT nezobrazila, avšak bylo na ně upozorněno v doprovodném textu (např. Stříbrné jezírko u Fulneku). Tato jezera většinou vystupují jako maloplošná zvláště chráněná území, nejčastěji v kategorii přírodní památka a přes svoji nevýraznou velikost často tvoří významná refugia vodních či vlhkomilných rostlin a živočichů.

Každému typu jezera byla přiřazena příslušná barva a číslo, pod kterým jej můžeme najít v příloženém seznamu (příloha č. 2). Jezera, která v mapě nejsou vyznačena žádnou barvou, se z map KČT nepodařilo rozlišit a zůstávají bez určení příslušného typu. Až na výjimky se jedná o jezera antropogenní. Některá jezera se také nalézají na přechodu mezi jednotlivými genetickými typy jezer, a proto bylo jejich přiřazení k jednotlivým typům v jistých případech sporné. Týká se to zejména vodních ploch na rozhraní jezer fluviálních a organogenních, což bylo blíže vysvětleno v kapitole o fluviálních jezerech. Z důvodu užití různého souřadnicového systému a příslušného zobrazení pro podkladovou mapu a mapy KČT docházelo v některých případech k nepřesnostem v polohopisu v prvně zmiňované mapě a poloha jezera v ní pak musela být určena pouze přibližně. Rovněž mohlo vzácně dojít k zobrazení jezera, které sice v mapě KČT zakresleno bylo, ale ve skutečnosti již neexistuje (např. zavezením lomu) nebo k záměně jezera za rybník bez viditelného odtoku. I přes tyto nedostatky však mapa může posloužit jako názorná pomůcka pro rychlou lokalizaci různých genetických typů jezer na území našeho státu.

5. SHRnutí

Z obsahu úvodní části práce je patrné, že se výrazně liší nejen jednotlivé genetické typy jezer, ale i typy jezer antropogenního původu. Je však třeba zdůraznit, že s dílčími rozdíly se můžeme setkat i v rámci jednoho daného typu, což se obzvláště projevuje u jezer vzniklých v souvislosti s těžbou nerostných surovin. Právě na nich lze nejlépe dokumentovat změny v čase, kdy se z prakticky mrtvých vodních ploch v některých případech stávají refugia pro různé, často chráněné druhy živočichů a rostlin. Samotná kvalita vody přitom závisí především na míře eutrofizace, která koresponduje s velikostí, hloubkou a stářím jezera stejně jako s hospodářskou aktivitou v jeho okolí. Chemické složení vody je rovněž ovlivňováno látkami uvolňujícími se při těžbě specifických nerostných surovin a také rozvojem rekreační činnosti. Na těchto faktorech závisí i možnost potenciálního využití jezer. Jezera s velkým objemem a kvalitní vodou (foto č. 18) bez přítomnosti nepříznivých látek by se dala využít k vodárenským účelům, závlahám či k rekreaci, mělčí jezera menších rozměrů (foto č. 19) pak například k chovu ryb a jezera v několik desítek či stovek let starých, opuštěných lomech a dolech by se měla ponechat svému osudu, neboť mnohdy tvoří velmi cenná území sloužící bioekologickým účelům (foto č. 32). Existují však jezera, která kvůli nadměrnému obsahu nepříznivých látek zůstanou biologicky mrtvá patrně navždy, což je případ nejen známého Chomutovského a Hromnického jezera (foto č. 30 a 31), ale i jezer znečištěných např. ropnými či jinými chemickými látkami (foto č. 21). V neposlední řadě pak všechna jezera bez ohledu na typ plní velmi důležitou roli retence vody v krajině.

6. VÝZKUM ANTROPOGENNÍCH JEZER ČESKÉ REPUBLIKY

Jelikož rozsáhlejší výzkum jezer antropogenního původu na území České republiky zatím nebyl prováděn, bylo třeba si zcela nově stanovit podmínky pro výběr lokalit, metody terénního měření a cíl, ke kterému by měla tato práce svými výsledky směřovat. Hlavním cílem bylo zvoleno téma prokázat vliv těžené horniny a vnějších faktorů na chemismus jezerní vody a návrh potenciálního využití jezerní vody pro hospodářské, rekreační či ekologické účely.

6.1. Kritéria výběru jezerních lokalit

Z předešlé části práce vyplývá, že jezera antropogenního původu se vyznačují obrovskou variabilitou, v níž hraje roli řada faktorů jako druh těžené horniny, velikost a stáří jezera, charakter jeho bezprostředního okolí, druhotné antropogenní ovlivnění (skládka, odkaliště, rekreace) aj. Chceme-li tedy 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 tyto 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 v první části práce bylo stanoveno pět hlavních 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 samotné fyziognomie jezerní vody (míra eutrofizace), charakteru okolí jezera (velikost a množství porostů) a ústních sdělení lidí, kteří žijí v okolí. Posouzením všech kritérií pak bylo vybráno pět reprezentativních jezer, která byla podrobena dalšímu výzkumu.

6.2. Metodika měření a zpracování dat

Sběr dat probíhal jak přímým měřením v místě lokality, tak sběrem dat na úřadech, geologických ústavech, správách těžebních společností a internetu. Základní informace o geografické poloze a přírodních poměrech byly získány z turistických map KČT 1:50 000, Geologických map ČR 1:50 000, leteckých snímků a terénních pochůzek. Data o historii těžby nerostných surovin a stáří jezer byla získána z Výročních zpráv těžebních společností, Českého geologického ústavu a ústních sdělení lidí žijících v okolí lokalit. Přímou v terénu pak byla provedena měření morfometrie jezerní pánve a fyzikálních vlastností jezerní vody, která byla následně zpracována do grafické podoby. Na místě byly rovněž odebrány vzorky vody pro chemický a biologický rozbor, které byly zpracovávány v laboratořích PřF UK na terénní stanici v Blatné ve spolupráci s oddělením hydrobiologie Biologického ústavu AV ČR v Českých Budějovicích.

6.2.1. 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. U třech lokalit byla měření prováděna v místních souřadnicích z důvodu nedostatku vhodných geodetických bodů v okolí. Měření hloubek bylo prováděno každých 5 m pomocí echolotu Garmin 240 připevněného na gumovém člunu, který se pohyboval podél ocejchovaného lanka spojujícího dva profilové body na břehové čáře. Naměřená data byla podle vlastní metodiky, vypracované na katedře fyzické geografie a geoekologie PřF UK ve spolupráci s Mgr. J. Česákem, dále zpracována v programu MapInfo 7.0, kde byly dopočítány plošné souřadnice pro bodové pole hloubek a přidána souřadnice třetí (naměřená hloubka). Pomocí jednoduchých nástrojů byla zjištěna plocha jezera a obvod břehové linie. Souřadnicové pole bylo následně zpracováno v programu Surfer 8.0 interpolační metodou Kriging (experimentálně ověřena jako nejlepší). Oříznutím výsledného gridu břehovou linií a vyhlazením vrstevnic pomocí lineárního lowpass

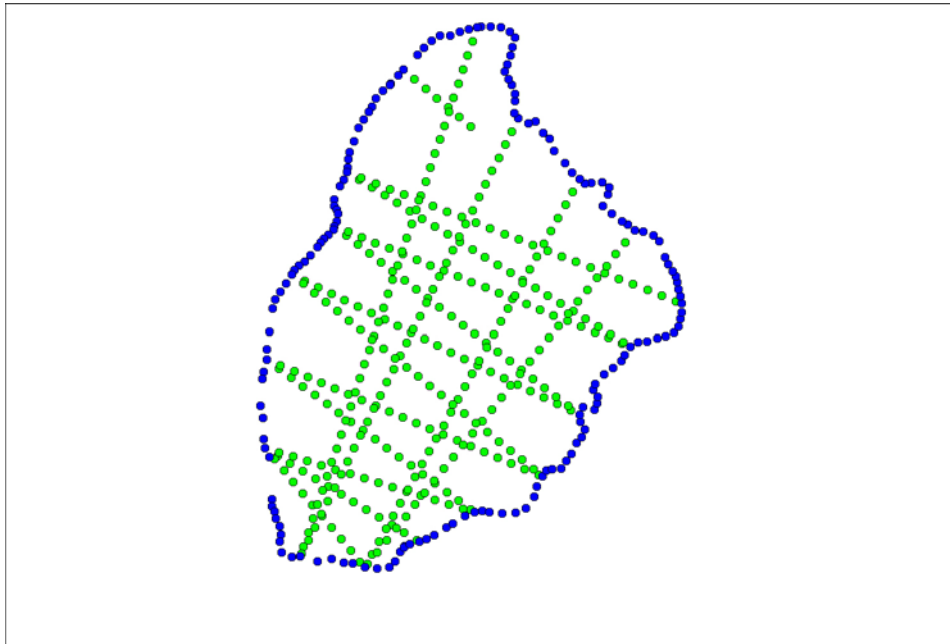
filtru typu Gauss vznikla výsledná batymetrická mapa jezera. Pomocí nástroje *Volume* pak byl zjištěn objem jezera. U protáhlých jezer (lokality Hradec Králové a Mořina) bylo nutné odstranit menší chyby v interpolaci dalšími úpravami v programu MapInfo.



Foto 34: Měření polygonu totální stanicí Leica na lokalitě Amerika u Berouna



Foto 35: Měření hloubek echolotem Garmin na lokalitě Srní u Hlinska



Obr. 1: Bodové pole lokality Litvínov určené k interpolaci (zeleně značeny hloubkové body)

6.2.2. Fyzikální vlastnosti jezerní vody

Pro měření základních fyzikálních vlastností vody byly použity měřicí přístroje firmy Gryf (teploměr, konduktometr a oxymetr), Seccioho desky a Forel-Uleovy barevné stupnice. Čidla pro stanovení teploty vody (sonda 1NS1) a vodivosti (sonda VEL 356/tSD) 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 (sonda KCL 153/tSD) bylo provedeno ve stejném kroku do hloubky max. 10 m. Vzhledem k častým poruchám měřícího přístroje je však třeba brát naměřená kyslíková data s určitou rezervou. Průhlednost vody se posuzovala proti Seccioho desce spuštěné ze zastíněného boku lodi na hranici viditelnosti, barva jezerní vody pak podle Forel-Uleovy (obr. č. 2) stupnice proti Seccioho desce ponořené do poloviny hloubky průhlednosti. K výsledkům byla připojena informace o čase měření a aktuálním stavu počasí.

Forel-Uleovu stupnici jsem podle pokynů nizozemského oceánografického institutu (NIOZ) vlastnoručně vyrobil s pomocí diplomantů P. Pošty a J. Kocuma v laboratořích PřF UK. Zasklení provedl J. Mrklovský, zarámování je dílem Mgr. M. Šobra. Vzhledem k velmi tmavé barvě rašelinných vod byl oproti klasické stupnici přidán odstín 22.



Foto 36: Přístroje používané k měření fyzikálních vlastností vody (v dolní části snímku Secciho kotouč a planktonní síť, napravo Van Dornův odběrný válec)

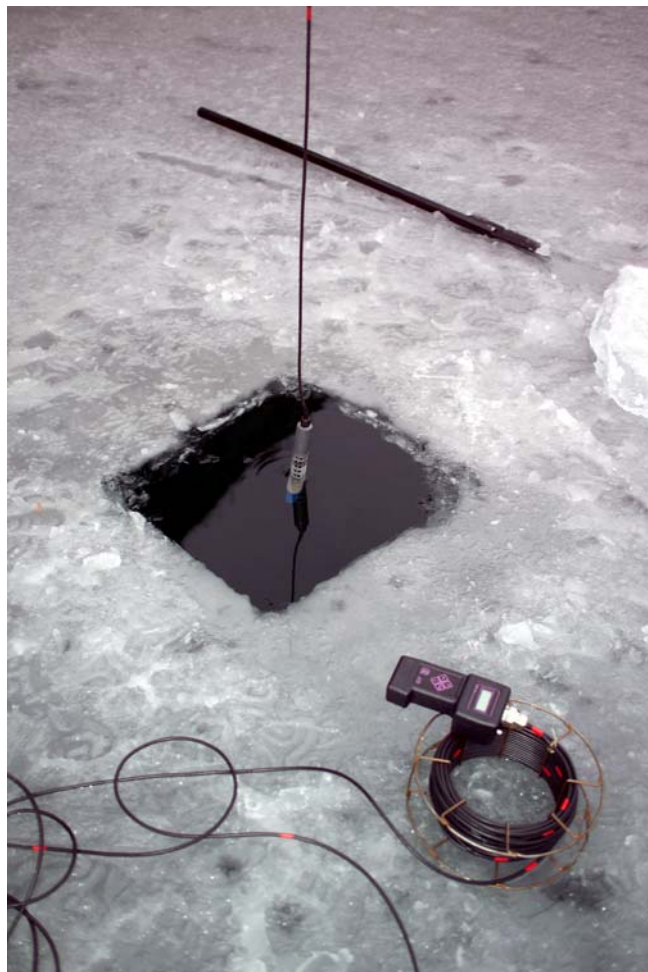
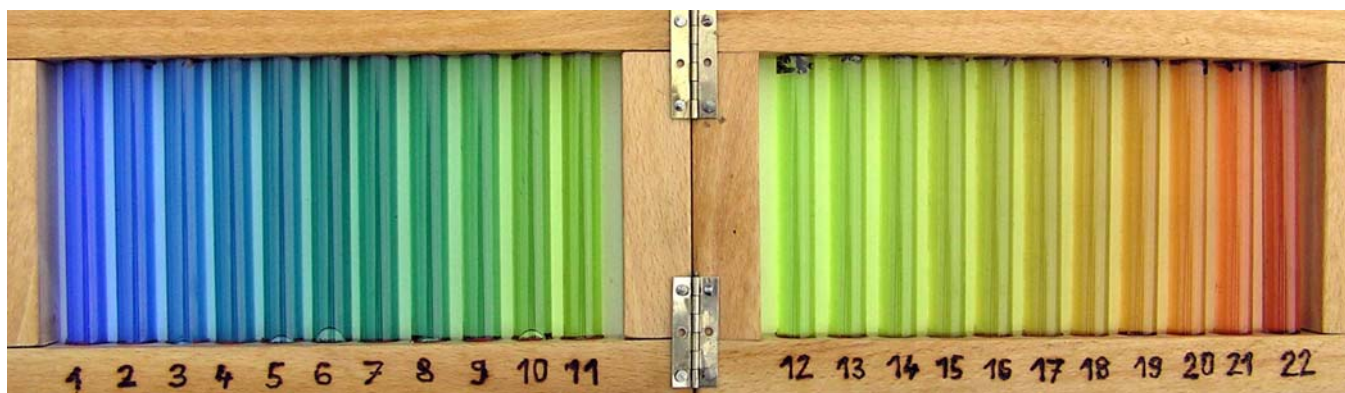


Foto 37: Zimní měření vodivosti na lokalitě Amerika u Berouna



Obr. 2: Forel-Uleova stupnice barev

6.2.3. Chemismus a hydrobiologie jezerní vody

Vzorky pro chemický rozbor byly odebírány nad nejhlubším místem 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 ponechány v chladu a temnu. Pro hydrobiologický rozbor byly provedeny 2–3 tahy planktonní sítí ze dna jezera směrem k hladině (max. však z hloubky 10 m). Z odebraných vzorků povrchové a hlubinné vody byla následně odpipetována část vody pro stanovení chlorofylu. Vzhledem k užšímu zaměření této práce na chemismus vody však do výsledného hodnocení nebyly výsledky hydrobiologických rozborů zahrnuty.



Foto 38: Zimní odběr hlubinné vody k chemickému rozboru (lokalita Amerika u Berouna)

Měření fyzikálních vlastností jezerní vody se stejně jako odběr vzorků pro chemický a hydrobiologický 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.

7. VÝZKUM VYBRANÝCH JEZERNÍCH LOKALIT ČESKÉ REPUBLIKY

7.1. Jezero v hnědouhelném dole u Litvínova

7.1.1. Geografická poloha, přírodní poměry, historie těžby

Jezero se nachází v bývalém povrchovém hnědouhelném dole Clement I. přibližně 2,5 km severovýchodně od centra Litvínova na zeměpisných souřadnicích 50° 36' 32" sev. šířky a 13° 38' 36" vých. délky. Těžní jáma leží při severním okraji Mostecké pánve na úpatí Krušných hor v nadmořské výšce 360 m.



Obr. 3: Okolí lokality ve výřezu topografické mapy M = 1: 50 000. **Obr. 4:** Okolí lokality ve výřezu geologické mapy 1: 50 000. Vysvětlivky: 2 – antropogenní akumulace (výsypky), 6 – fluviální sedimenty (holocén), 7/8 – proluviální písčité štěrky (würm-riss/mindel), 13 – deluviální sedimenty (pleistocén), 17 – jíly (miocén), 47 – musk.-biot. pararula

Důl se nachází v mírně teplé klimatické oblasti s průměrnou dlouhodobou roční teplotou vzduchu 7–8 °C a průměrnými dlouhodobými ročními srážkami kolem 650 mm. Okraje těžní jámy lemuje proměnlivě široký pás odrostlých bříz, který v jižní a východní části přechází v rozsáhlejší březový háj, pokrývající bývalé výsypky. Strmé severozápadní svahy lomu místy pokrývají křovité porosty, na mnoha místech je však břeh zcela bez vegetace. Nejbližší okolí těžní jámy je tvořeno pozemky zemědělské půdy (jih), rekreačního areálu (severozápad) a rekreačně-obytné zástavby (východ). Dno jezera je podobně jako břehy tvořeno

hrubozrnným písčítým sedimentem s příměsí štěrku i větších valounů. Na několika místech se na břehu nachází výchozy hnědouhelné sloje.

Zdejší povrchová těžba navázala na hlubinnou těžbu hnědého miocénního uhlí v nedalekém dolu Vilém mezi Horním Litvínovem a Lomem, těženém v letech 1896–1926. Dnes zatopený důl Clement I. je stejně jako několik dalších dolů v okolí (Marie, Pavel, Liebig, Clement II.) výsledkem povrchové těžby na výchozech hnědouhelné sloje mocné 10 až 20 m. Těžba byla patrně ukončena koncem 60. let 20. století. V současnosti jsou všechny lokality zatopené nebo jinak rekultivované (Martinovská, 1995).

7.1.2. Morfometrie jezera

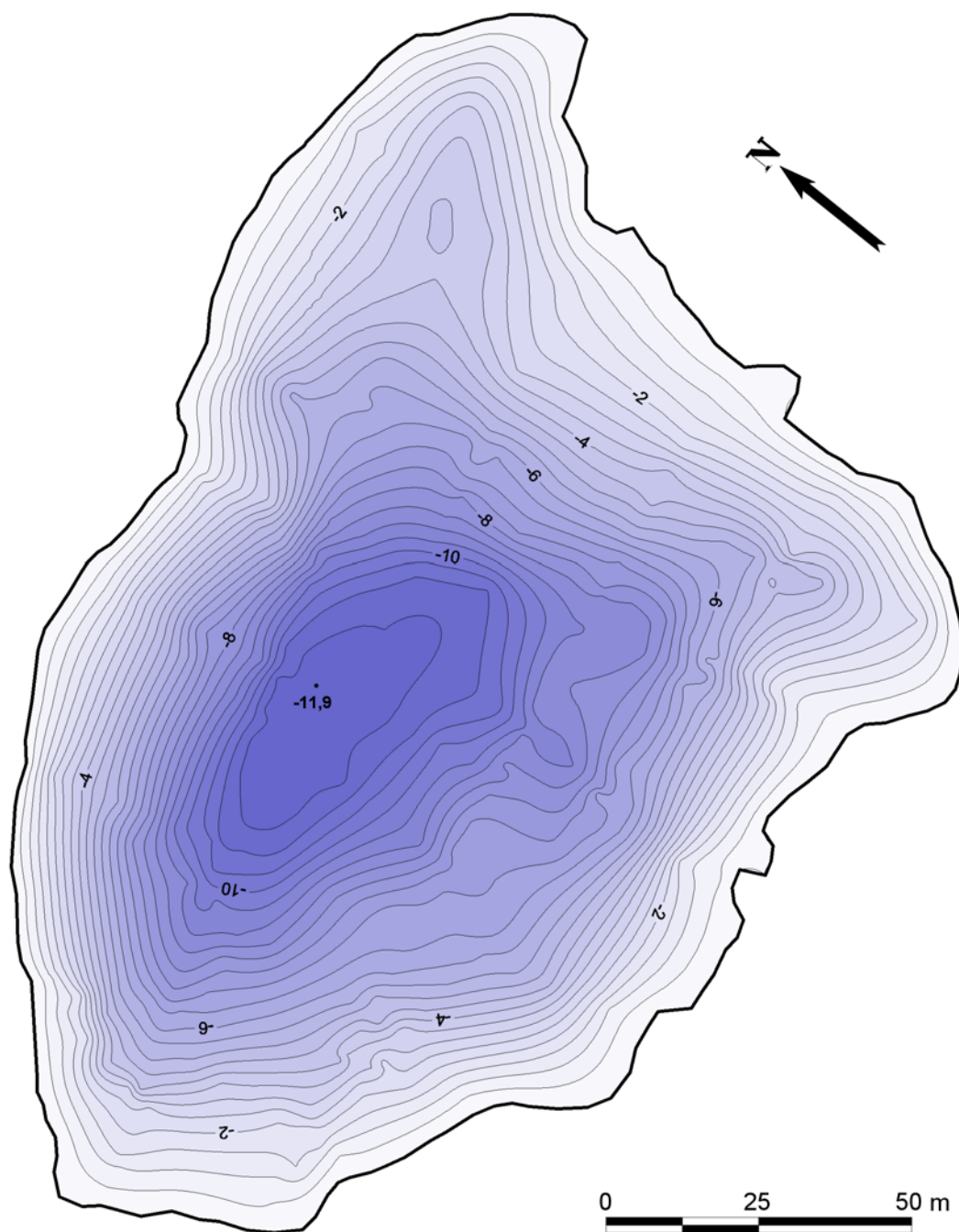
Jezero nepravidelného trojúhelníkového tvaru, protažené v delší ose ve směru západ–východ, vyplňuje jezerní pánev vyhloubenou v měkkých štěrkopískových souvrstvích protknutých uhelnou slojí. Jedná se o pánev s pozvolna se svažujícím dnem bez etážových stupňů s největší hloubkou při severním okraji jezera. V následující tabulce uvádím přehled základních morfometrických charakteristik naměřených dne 4. 7. 2003.

Uhlí u Litvínova (04.07.2003)		
obvod	543	m
plocha	16200	m ²
objem	76500	m ³
max. délka	194,1	m
max. šířka	124,8	m
max. hloubka	11,9	m
prům. hloubka	4,7	m

Tab. 1: Základní morfometrické charakteristiky jezera v hnědouhelném dole u Lomu u Litvínova

Z naměřených dat byla vyhotovena batymetrická mapa jezera, která velmi přesně odráží detailní poměry jezerní pánve.

Jezero v hnědouhelném dole u Litvínova



Obr. 5: Batymetrická mapa jezera v hnědouhelném dole u Lomu u Litvínova. Hloubnicový interval je 0,5 m.

7.1.3. Fyzikální vlastnosti jezerní vody

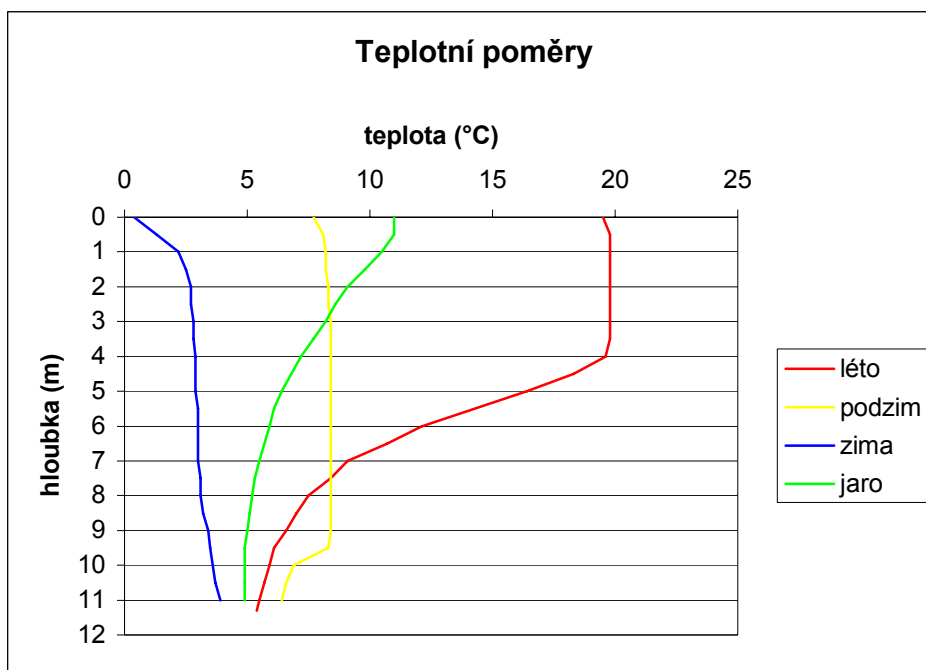
Teplota je jednou z nejdůležitějších vlastností vody. Má zásadní vliv na její hustotu, rozpustnost minerálních látek, kyslíkové poměry i průběh chemických a biologických procesů. Hustota vody úzce souvisí s teplotním zvrstvením vertikálního profilu jezera. U hlubokých jezer, kterými většinou antropogenní jezera jsou, se v našich podmínkách vytváří výrazná letní a zimní teplotní stratifikace, která se na jaře a na podzim střídá s jarní a podzimní homotermií.

V následujících grafech jsou shrnuty základní fyzikální charakteristiky jezerní vody naměřené na lokalitě v průběhu čtyř ročních období. Konkrétní data a podmínky jednotlivých měření shrnuje následující tabulka:

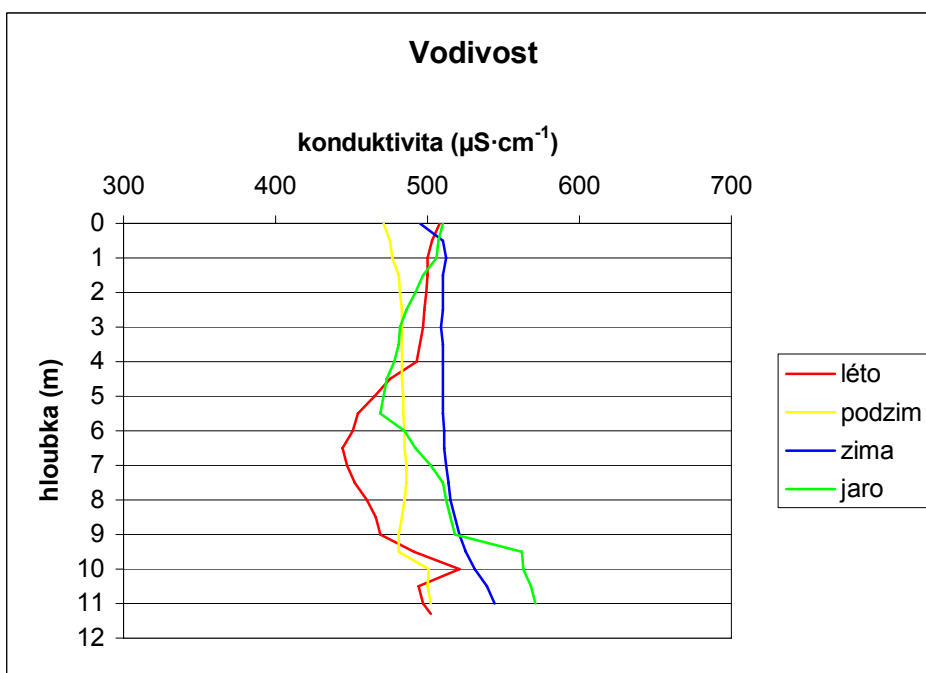
Jezero v hnědouhelném dole u Litvínova						
měření	datum	čas	oblačnost	vítr	teplota (°C)	jiné
léto	4.7.2003	7:30	polojasno	slabý	16,5	
podzim	20.10.2003	9:00	zataženo	slabý	3,7	
zima	12.1.2004	9:30	sk. jasno	čerstvý	2,8	led 15 cm
jaro	19.4.2004	9:30	zataženo	slabý	10,1	sl. déšť

Tab. 2: Termíny a podmínky měření na lokalitě Lom u Litvínova

Z následujících grafů je patrné, že se jedná o středně hluboké holomiktní jezero s výměnou vody v celém vodním sloupci. To, že se jedná o jezero s poměrně čistou vodou, dokazuje výrazný letní epilimnion s izotermií zasahující do hloubky čtyř metrů. U podzimního měření byla zachycena téměř dokonalá izotermie v celém vodním sloupci. Výraznému promíchávání vody napomáhají poměrně vyrovnané vodivostní poměry, které se v celém vertikálním profilu jezera pohybují v průběhu celého roku kolem $500 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (vodivost je automaticky přepočítávána na standardní teplotu 25 °C).



Graf 1: Průběh teploty ve vodním sloupci na lokalitě Lom u Litvínova

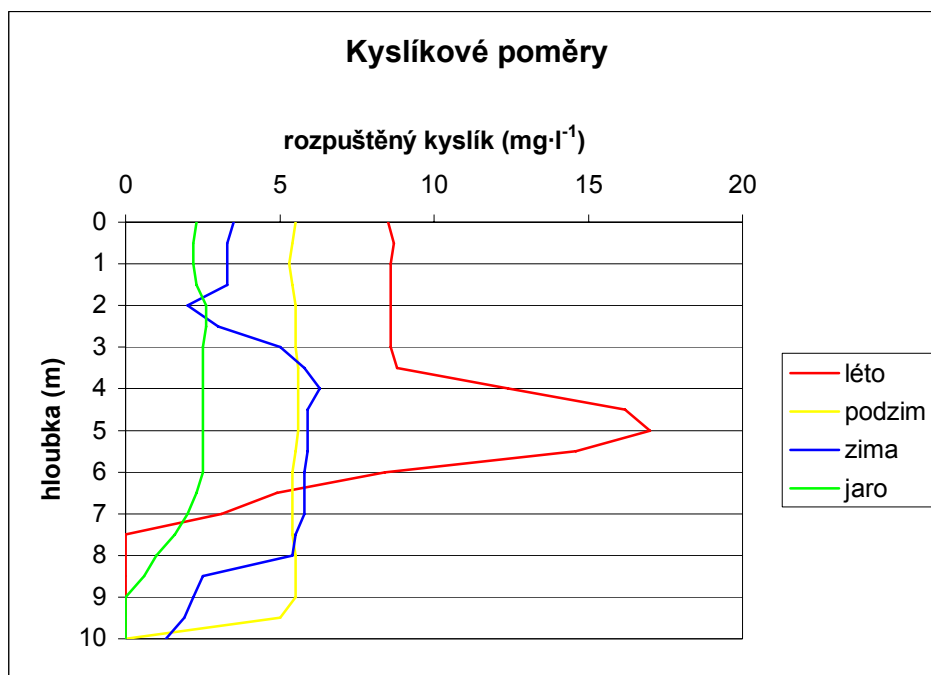


Graf 2: Průběh vodivosti ve vodním sloupci na lokalitě Lom u Litvínova

Z mnoha faktorů, které ovlivňují rozpustnost atmosférického kyslíku ve vodě, je nejdůležitější teplota. Se snižující se teplotou roste množství kyslíku, které je schopna voda absorbovat. Obsah kyslíku ve vodě má pak zásadní vliv na průběh biologických a chemických

procesů. Distribuce kyslíku ve vodním sloupci i samotné nasycení vody kyslíkem vykazuje sezónní i denní změny v závislosti na teplotním zvrstvení, světelných podmínkách, minerálním složení a biologickém oživení vody (eutrofizaci). Množství rozpuštěného kyslíku ve vertikálním profilu oligotrofního jezera při letní stratifikaci popisuje tzv. ortográdní křivka, která je charakteristická vzestupem množství kyslíku směrem ke dnu jezera v závislosti na snižující se teplotě (graf č. 40). Naopak u jezer eutrofních je kyslík se zvětšující se hloubkou spotřebováván v respiračních a rozkladných procesech a křivka jeho průběhu (tzv. klinográdní) prakticky kopíruje křivku průběhu teploty s tím rozdílem, že kyslík může v určité hloubce zcela vymizet (graf č. 28). Tyto dva modelové příklady však ve skutečnosti bývají ovlivněny různými výkyvy (tzv. pozitivní a negativní heterográdní křivka), které jsou způsobeny nahromaděním fotosyntetizujících (graf č. 3) či naopak kyslík spotřebovávajících organismů v určité hloubce jezera. V takovéto vrstvě se můžeme za slunečných dnů setkat i s dvojnásobným množstvím rozpuštěného kyslíku, než by odpovídalo naměřené teplotě. Na případné zvýšení množství kyslíku v hypolimnionu pak může mít vliv přísun chladnější vody z povrchového či podzemního přítoku (podle Wetzela in Lellák a Kubíček, 1992).

Z kyslíkových poměrů, které jsou shrnuty v grafu č. 3, je patrné, že jezero je v průběhu celého roku dobře prokysličeeno téměř v celém vertikálním profilu. V letním profilu lze v hloubce 5 metrů spatřit výrazný výkyv v nasycení vody kyslíkem, který je patrně způsoben nahromaděním fotosyntetizujícího fytoplanktonu na hranici metalimnionu, na níž dochází k náhlému poklesu teploty (graf č. 1). Výrazný vzestup je však záhy vystřídán poměrně rychlým úbytkem způsobeným dýcháním ve vodě přítomného zooplanktonu, patrně ještě v kombinaci se spotřebou kyslíku k mikrobiologickému rozkladu (zejména při dně). Podobná situace se v menší míře vyvinula i u zimního profilu v hloubce kolem dvou metrů. Můžeme si též povšimnout typicky vyrovnaných průběhů křivek kyslíku u podzimní a jarní cirkulace.



Graf 3: Průběh kyslíku ve vodním sloupci na lokalitě Lom u Karlových varů

Subjektivními doplňkovými ukazateli, které velmi pěkně reflektují základní vlastnosti a povahu jezerní vody, jsou zbarvení a průhlednost. Průhlednost ovlivňuje hned několik faktorů, jako teplota vody a s ní související teplotní zvrstvení, množství nerozpuštěných látek (zákal), obsah planktonu (míra eutrofizace), pH, atmosférické podmínky, zastínění aj. Pro porovnání jednotlivých měření je proto třeba brát ohled na konkrétní čas měření i soudobý stav atmosféry (viz tab. č. 2). Zbarvení vody je ovlivňováno především rozpuštěnými a nerozpuštěnými minerálními látkami, huminovými koloidy, množstvím planktonu a celou řadou vnějších pozorovacích podmínek. Ačkoliv se jedná o hnědouhelný lom a dalo by se tak předpokládat, že průhlednost vody bude značně omezená, podařilo se zde v zimě naměřit druhou největší průhlednost vody ze všech zkoumaných lokalit. Zbarvení vody během roku značně kolísá a osciluje mezi zelenými a žlutými tóny podle Forel-Uleovy stupnice.

	léto	podzim	zima	jaro
průhlednost (m)	4	2,7	7,85	5,4
barva FU	15	10	15	10

Tab. 3: Průhlednost a zbarvení vody na lokalitě Lom u Litvínova

7.1.4. Chemismus jezerní vody

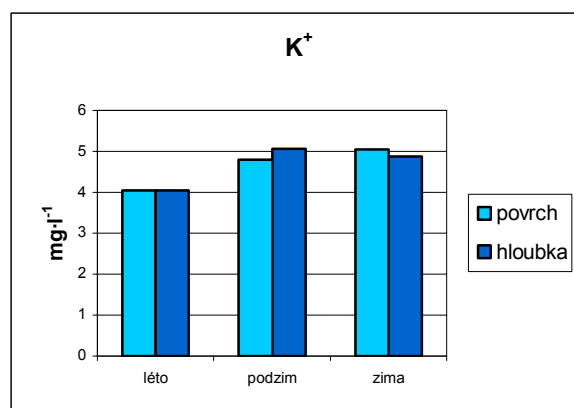
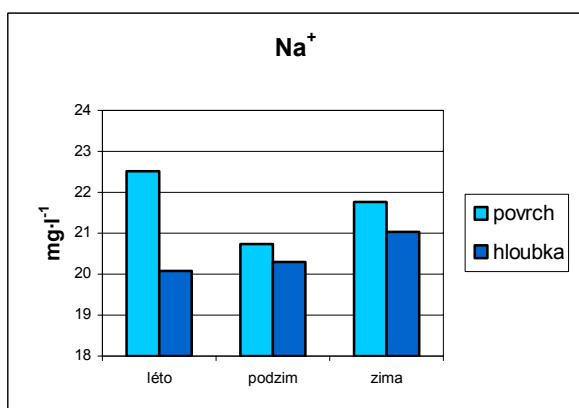
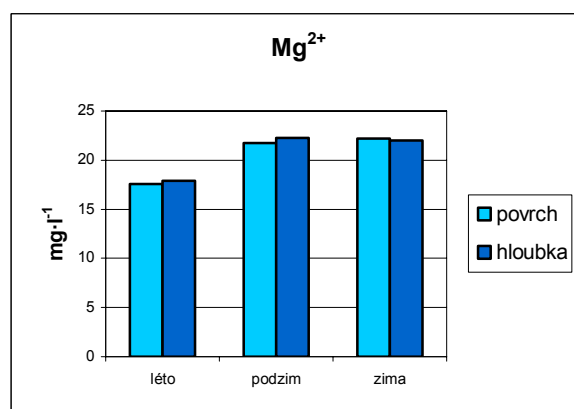
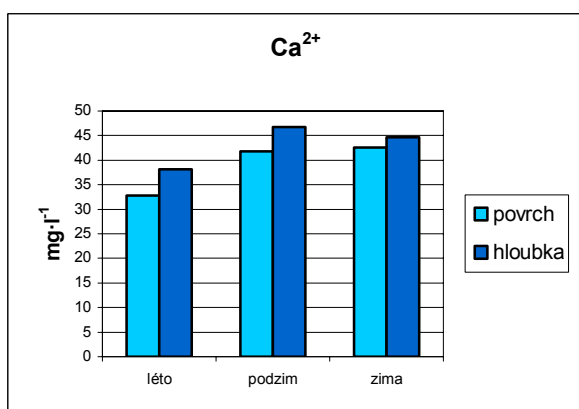
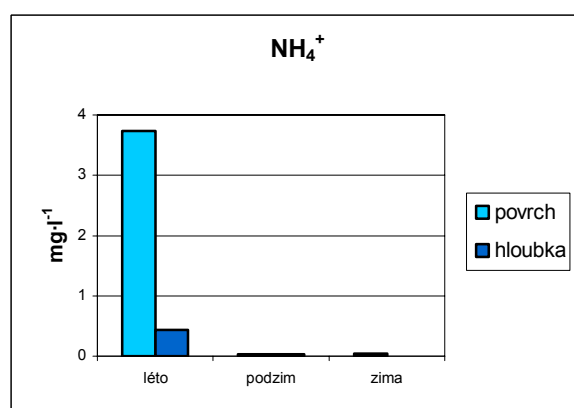
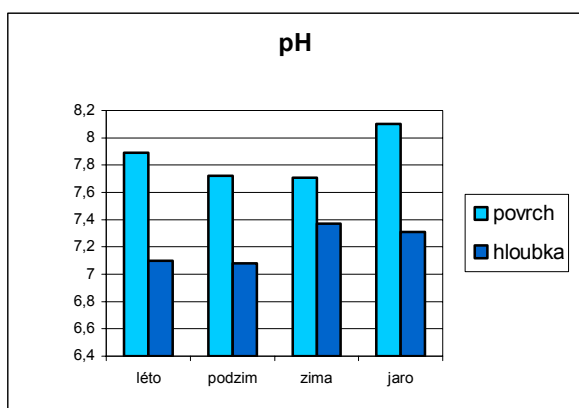
Koncentrace rozpuštěných minerálních a organických látek má zcela zásadní vliv na povahu vody, a to především na její hygienické a organoleptické vlastnosti. Minerální látky, které jsou ve vodě většinou disociovány v kladně či záporně nabitě ionty, se v určitém množství nacházejí v jakékoliv přírodní povrchové i podzemní vodě bez ohledu na její původ. Tyto látky se do vody dostávají nejčastěji reakcí s geologickým podložím, vymýváním z půdy a atmosféry a prostřednictvím rozkladu odumřelé organické hmoty rostlinného i živočišného charakteru. S rostoucím zatížením přírody člověkem se pak k přírodním vlivům přidává i nemalý vliv antropogenní, ať už přímý nebo zprostředkovaný.

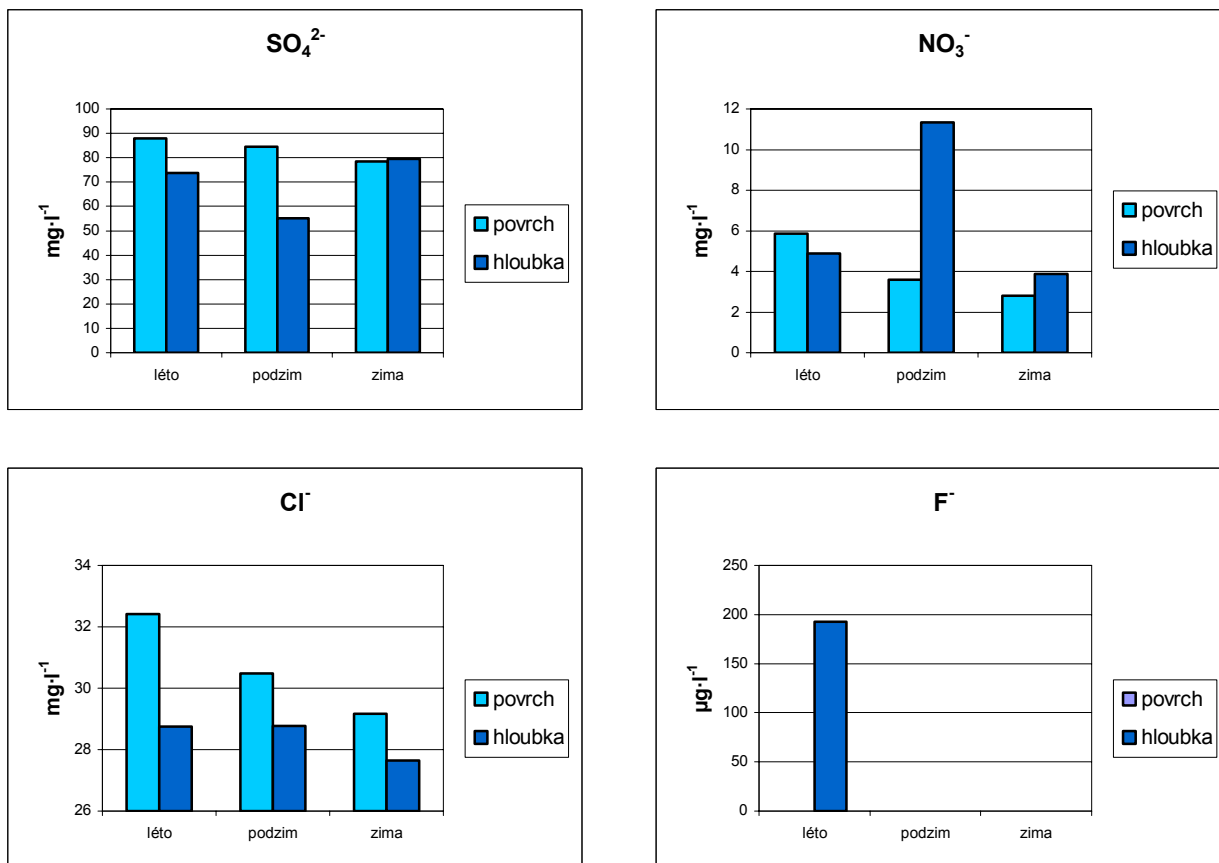
V následujících grafech jsou shrnuty výsledky základní chemické analýzy vzorků vody odebraných na lokalitě během čtyř ročních období, přičemž poslední, jarní analýza nebyla až na měření pH z důvodu dlouhodobé nefunkčnosti měřicího přístroje v laboratoři v Blatné bohužel provedena. Stejně je tomu i u čtyř níže popsaných lokalit.

Z analýzy rozpuštěných kationtů na první pohled vybočuje nápadně zvýšená koncentrace amonných iontů, která bývá nejčastěji primárním výsledkem rozkladu odumřelé organické hmoty heterotrofními bakteriemi v kombinaci s produkty zvýšeného metabolismu v době vyšší teploty vody (Wetzel, 2001). Amonné ionty však také mohou indikovat čerstvé znečištění organického charakteru. Vzhledem k povaze vody (oligotrofní) v lomu a nejbližšímu okolí se proto domnívám, že na zvýšení měla vliv především masová rekreace a činnosti s ní spojené. Koncentrace ostatních iontů zůstávají bez větších změn stejné a nijak nevybočují z normy na pitnou vodu (viz tab. č. 16). U koncentrací iontů vápníku a hořčíku si můžeme povšimnout jejich těsné vzájemné závislosti vyplývající z jejich podobné chemické povahy.

Při porovnání grafu koncentrace dusičnanů s grafem koncentrace amonných iontů zjistíme, že vzorky z hloubky vykazují zvýšený obsah dusičnanů při současném malém množství amonných iontů. To je typický obraz pro holomiktní jezera, kdy s promícháváním

vody dochází k zanášení okysličené vody do hloubek a za spoluúčasti nitrifikačních bakterií k následné oxidaci amonných iontů vznikajících při rozkladu odumřelé organické hmoty. Tento jev je pak zvláště patrný na podzim. Zajímavé je, že koncentrace dusičnanů při povrchu nepřevyšuje $6 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, přičemž norma na pitnou vodu [45] 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.





Graf 4-13: Vývoj koncentrace rozpuštěných iontů na lokalitě Lom u Litvínova

7.1.5. Potenciální využití jezera

Jezero se značně čistou vodou, která ve vizuálním srovnání nemá ve své kvalitě v širším okolí Litvínova obdoby, je v současnosti využíváno především k rekreačním aktivitám a koupání. Jeho výhodná poloha na okraji města kombinovaná s rekreačně-obytnou zástavbou v bezprostředním okolí z něj zejména v teplejší polovině roku činí vyhledávaný cíl místních obyvatel. Díky velké návštěvnosti jsou však břehy i okolí znečištěny množstvím odpadků, které kontrastují s vizuální čistotou vody v jezeře. V době snížené návštěvnosti zde místní občané provozují rekreační rybaření. Zajímavostí je výskyt až několik metrů dlouhých, hustých podvodních porostů.

Dosavadní morfometrická měření v kombinaci s fyzikálními a chemickými rozbory vody potvrdily, že se jedná o holomiktní, středně velké jezero s nadstandardní kvalitou vody v celém vodním sloupci – alespoň co se základního chemismu týče, které by se po zavedení

určitých opatření mohlo zjevně vodohospodářsky využívat k místnímu zásobování pitnou, popřípadě velmi kvalitní užitkovou vodou. Důležitým limitujícím faktorem by se případně mohl stát dodatečný rozbor mikrobiologický či rozbor zaměřený na obsah těžkých kovů. Z dosavadních výsledků se tak problémem jeví pouze přechodné nadlimitní zvýšení obsahu amonných iontů, které by se regulací rekreace dalo určitě snížit. 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.



Foto 39: Letecký snímek zatopeného hnědouhelného dolu v Lomu u Litvínova (VGHÚř Dobruška)



Foto 40: Celkový pohled na jezero v lokalitě Litvínov s detailem průzračnosti vody



Foto 41: Výchoz hnědouhelné sloje na jihozápadním břehu jezera

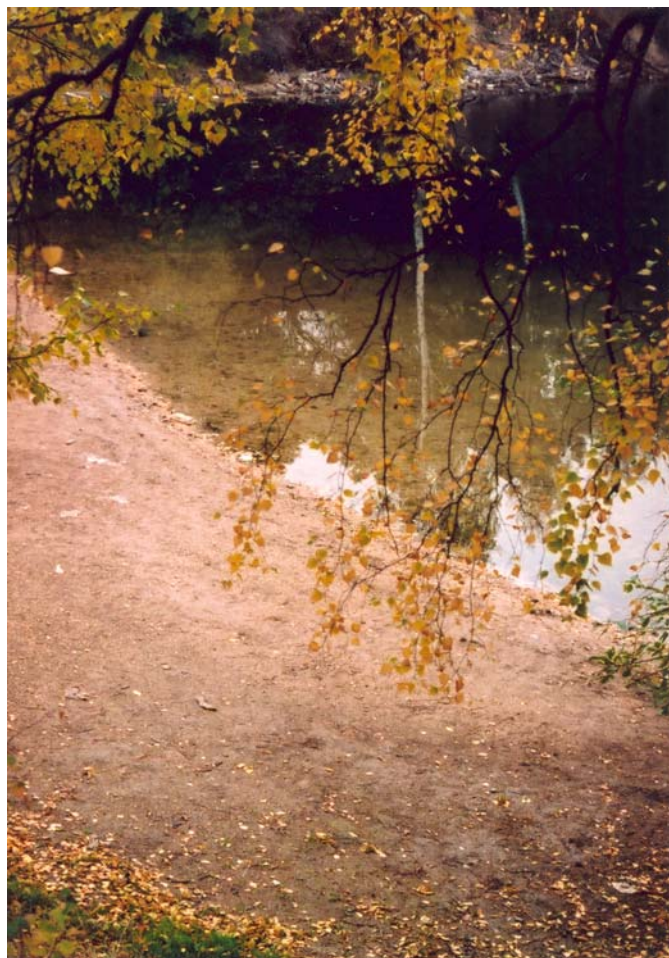
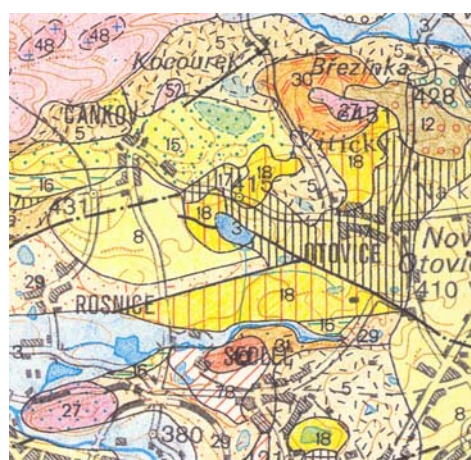


Foto 42: Přístupová část jezera tvořená hrubozrnnými štěrkopísky

7.2. Jezero v kaolínovém dole u Karlových Varů

7.2.1. Geografická poloha, přírodní poměry, historie těžby

Jezero se nachází v bývalém kaolínovém dole přibližně 4 km SSZ od centra Karlových Varů mezi městskou částí Otovice a obcí Čankov na zeměpisných souřadnicích 50° 15' 19" sev. šířky a 12° 51' 28" vých. délky. Bývalý povrchový důl, známý pod místním názvem Jáma či Šachta, leží na jihovýchodním okraji Sokolovské pánve v nadmořské výšce 405 m.



Obr. 6: Okolí lokality ve výřezu topografické mapy M = 1: 50 000. **Obr. 7:** Okolí lokality ve výřezu geologické mapy 1: 50 000. Vysvětlivky: 3 – aluvia a splachy, 5 – svahoviny (holocén-pleistocén), 8 – spraše a sprašové hlíny (pleistocén), 15 – písčité cyprisové souvrství (miocén), 17 a 18 – hlavní hnědouhelné souvrství (miocén), 29 – pyroklastika, tufy a tufity (oligocén-miocén)

Důl se nachází v mírně teplé klimatické oblasti s průměrnou dlouhodobou roční teplotou vzduchu 7–8 °C a průměrnými dlouhodobými ročními srážkami kolem 660 mm. Okraje těžní jámy lemují břehové porosty s několika řadami vzrostlých stromů (vrby, olše, břízy), v mělčí severní části přistupují četné rákosiny. Při severním a jihovýchodním okraji těžní jámy se na rozsáhlých výsypkách vytvořilo společenstvo březového háje s hustým keřovým podrostem (ostružiník). Nejbližší okolí jezera je intenzivně zemědělsky obhospodařováno. Asi 50 m od západního okraje jezera se v místě dalšího bývalého dolu nachází nepatrně vyvýšená menší vodní plocha s občasným přítokem do hlavního jezera,

který však vzhledem k malé vydatnosti a objemu velkého jezera nemá na vlastnosti jezerní vody podstatnější vliv. V jižní části jezera byl vytvořen umělý odtok odvádějící přebytečnou vodu meliorační strouhou směrem na jihozápad. Dno jezera je při okrajích tvořeno jemným, částečně bahnitým kaolinovým sedimentem místy s hrubší písčitou frakcí. Na několika místech je dobře patrné sesouvání nezpevněných břehových partií.

Počátky těžby sahají do roku 1844. V této době byla započata těžba nadloží, které tvořila hnědouhelná sloj Antonín s proplásky jílu a písků krytá cyprisovým souvrstvím. V podloží hnědouhelné formace se až do ukončení těžby v roce 1949 těžil kaolin vzniklý kaolinickým zvětráním žulového podloží (krušnohorská žula). V okolí dolu se nachází četné zásoby kaolinové suroviny (Macháček, 1965).

7.2.2. Morfometrie jezera

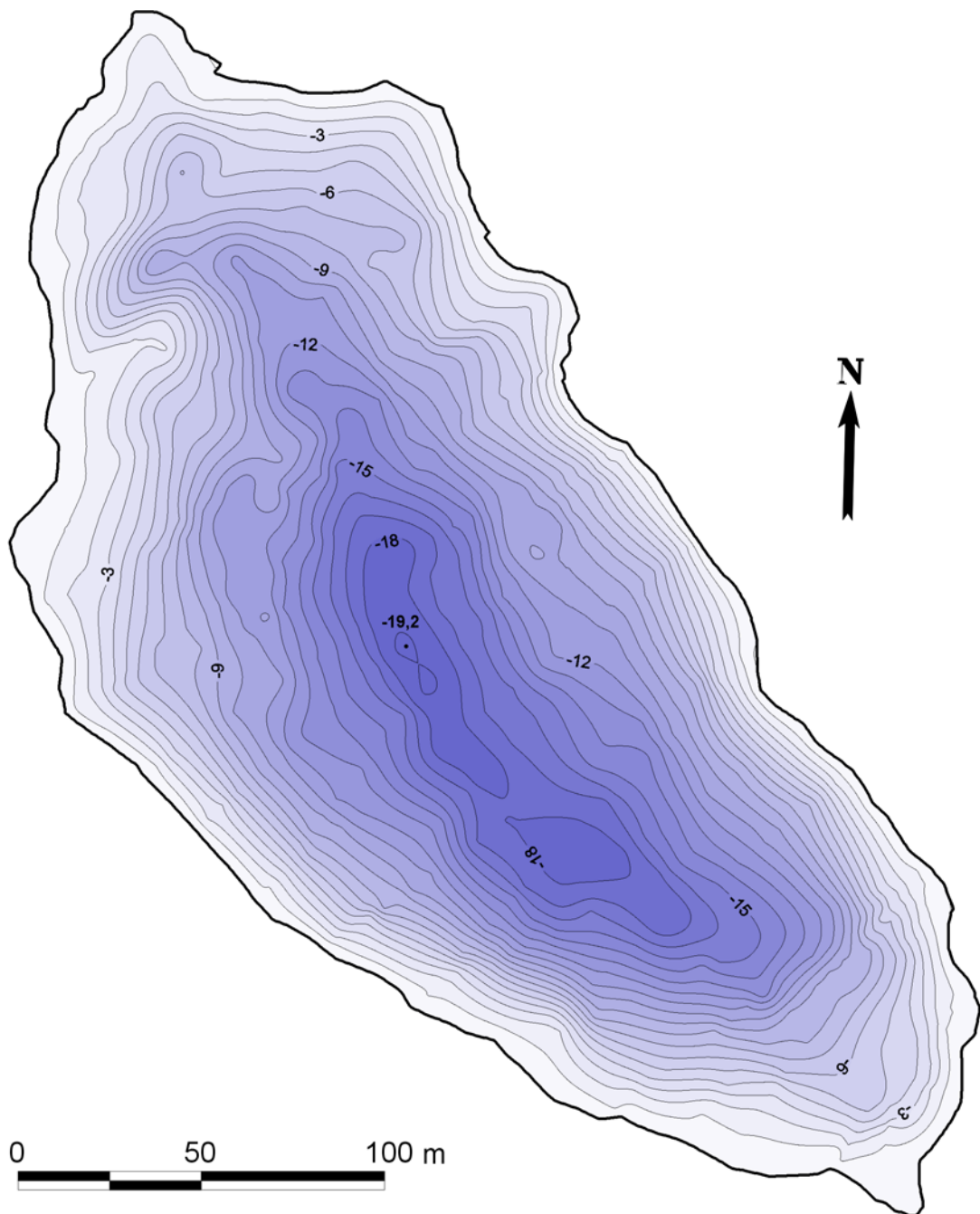
Jezero nepravidelného oválného tvaru, protažené v delší ose ve směru severozápad–jihovýchod, charakterem svého dna plně odpovídá způsobu těžby měkkého kaolinu, kdy dno ve všech směrech plynule poklesává až k samotnému středu těžní jámy, kde najdeme největší hloubky. Výsledky morfometrických měření, které proběhlo dne 23. 6. 2003, jsou shrnuty v následující tabulce.

Kaolín u Karlových Varů (23.06.2003)		
obvod	950	m
plocha	44780	m ²
objem	361500	m ³
max. délka	385,9	m
max. šířka	167,7	m
max. hloubka	19,2	m
prům. hloubka	8,1	m

Tab. 4: Základní morfometrické charakteristiky jezera v kaolinovém dole u Čankova u K. Varů

Vyhotovená batymetrická mapa jezera jen dokresluje jednoduché morfometrické poměry dna jezerní pánve, kde nemnohé nerovnosti jsou patrně způsobeny dílčími překládkami vytěženého materiálu, výjezdovými cestami apod.

Jezero v kaolínovém dole u Karlových Varů



Obr. 8: Batymetrická mapa jezera v kaolínovém dole u Čankova u Karlových Varů. Hloubnicový interval je 1 m.

7.2.3. Fyzikální vlastnosti jezerní vody

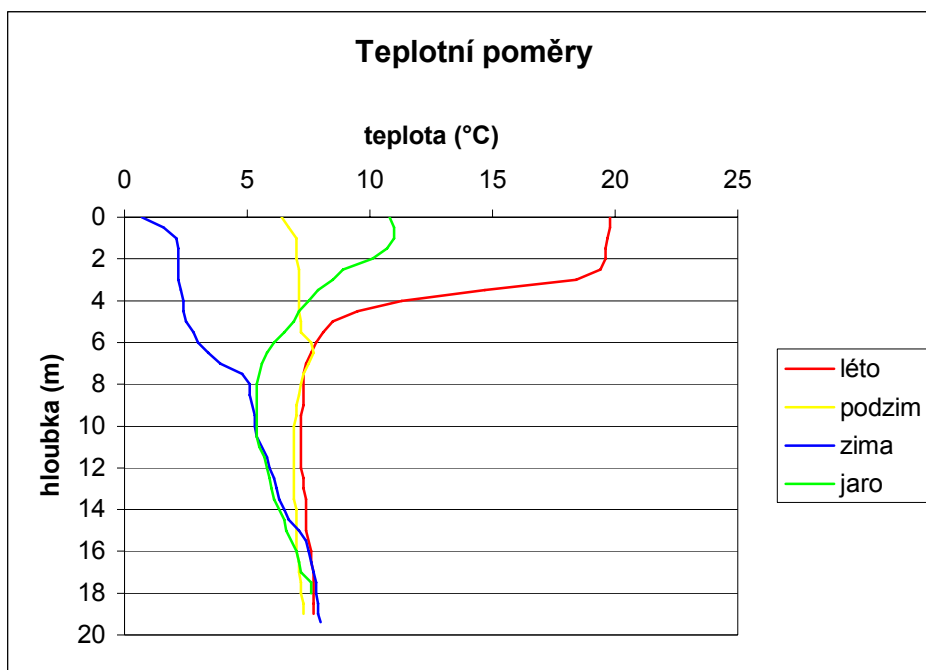
Cirkulace vody u hlubších, zejména lomových jezer obvykle neprobíhá v celém vodním sloupci, ale pouze do určité hloubky – jde o tzv. meromiktní jezera. Tento jev souvisí se specifickými hustotními poměry vody v antropogenních jezerech, kde se ve větších hloubkách vytváří roztok rozpuštěných minerálních i organických látek o vyšší hustotě, než má čistá voda při 4 °C. Tato hustší spodní vrstva, označovaná jako monimolimnion, bývá od svrchní promíchávané vrstvy (mixolimnion) vody oddělena tzv. chemolimnionem, ve kterém se na malé vertikální vzdálenosti skokově mění salinita, prezentovaná náhlým zvýšením konduktivity (Wetzel, 2001).

Datum, čas a konkrétní atmosférické podmínky jednotlivých měření zjištěné na lokalitě shrnuje následující tabulka:

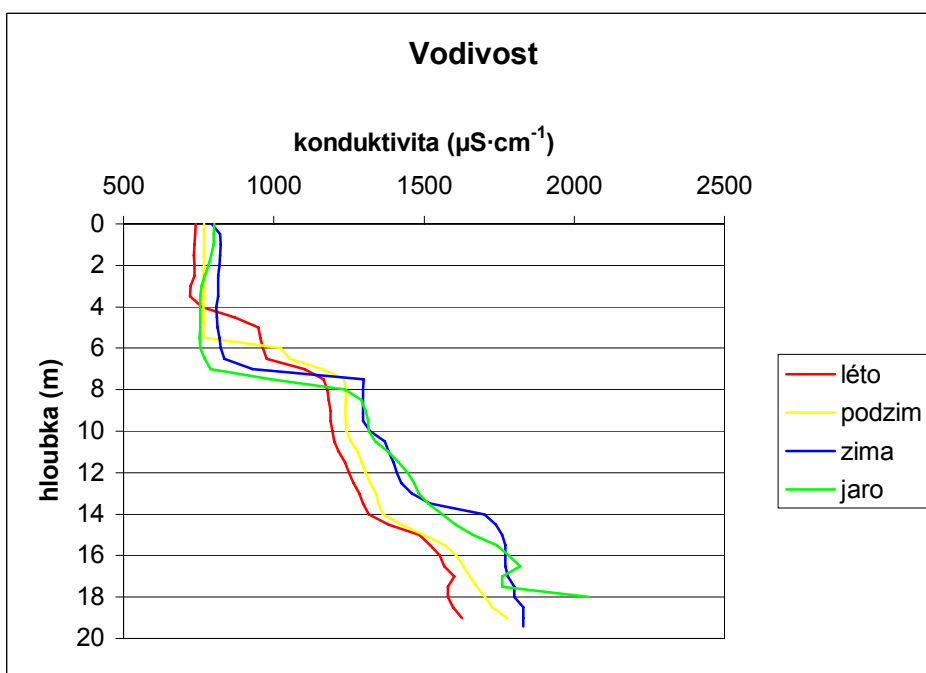
Jezero v kaolínovém dole u Karlových Varů						
měření	datum	čas	oblačnost	vítr	teplota (°C)	jiné
léto	4.7.2003	14:00	oblačno	slabý	19,5	po dešti
podzim	20.10.2003	13:00	zataženo	slabý	3,5	po dešti
zima	12.1.2004	12:30	oblačno	slabý	4	led 13 cm
jaro	19.4.2004	13:30	zataženo	slabý	7,9	

Tab. 5: Termíny a podmínky měření na lokalitě Čankov u Karlových Varů

Na grafech č. 14 a 15 je uveden průběh teploty a vodivosti v závislosti na hloubce jezera. Již na první pohled je patrné, že výrazné změny v průběhu teplot během jednoho roku úzce souvisí s naměřenou vodivostí. Vodivost udává koncentraci rozpuštěných minerálních látek disociovaných v ionty a lze ji proto brát jako nepřímý ukazatel hustoty vody.



Graf 14: Průběh teploty ve vodním sloupci na lokalitě Čankov u Karlových Varů

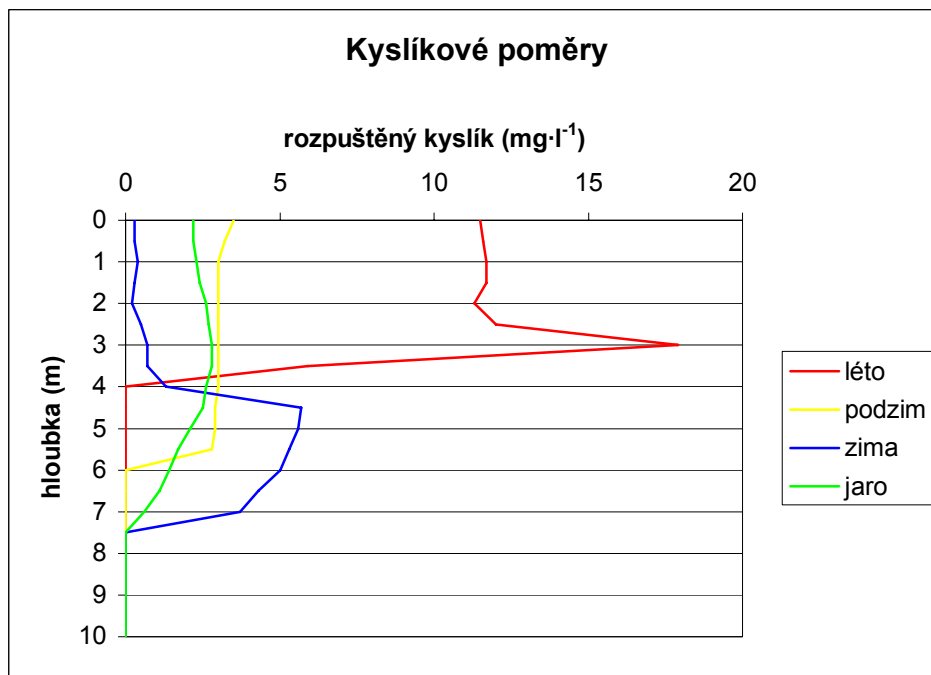


Graf 15: Průběh vodivosti ve vodním sloupci na lokalitě Čankov u Karlových Varů

Pro toto jezero se jako zlomové jeví hloubky 7 a 14 metrů, kde se náhle zvyšuje konduktivita a tím je omezen proces vertikální výměny vody ve vodním sloupci během roku. Od hloubky 7 m již nebyl zaznamenán rozdíl mezi letním/podzimním respektive

zimním/jarním zvrstvením a od této hodnoty také dochází k postupnému narůstání teploty vody až ke dnu jezera. Díky tomuto jevu, který podle Wetzela (2001) souvisí s poklesáváním příbřežní, minerálně nasycenější vody ke dnu jezera, je cirkulace v celém vodním sloupci znemožněna. Na zvyšování teploty směrem ke dnu jezera se podílí i činnost mikroorganismů rozkládajících odumřelou organickou hmotu za uvolňování reakčního tepla (Wetzel, 2001). Z grafu č. 15 je patrné více než dvojnásobné zvýšení konduktivity při dně jezera oproti povrchu na hodnoty kolem $1800 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, což je vůbec nejvyšší hodnota ze všech lokalit popisovaných v této práci.

Letní křivka grafu kyslíkových poměrů opět ukazuje na přechodné zvýšení nasycení vody kyslíkem na hranici metalimnionu, jako tomu bylo na lokalitě Litvínov. Strmý vzestup je však vlivem zvýšené eutrofizace záhy vystřídán úplným vymizením kyslíku od hloubky 4 metrů. Zajímavá je rovněž zimní zvýšená produkce kyslíku v hloubce 5–6 metrů.



Graf 16: Průběh kyslíku ve vodním sloupci na lokalitě Čankov u Karlových Varů

Následující tabulka svými údaji potvrzuje sníženou průhlednost jezerní vody v průběhu celého roku (zejména však po vydatných deštích) vyplývající z povahy kaolinu a jeho

přítomnosti ve vodě ve formě jemné suspenze. Zabarvení vody se celoročně pohybuje v žlutých až hnědožlutých tónech.

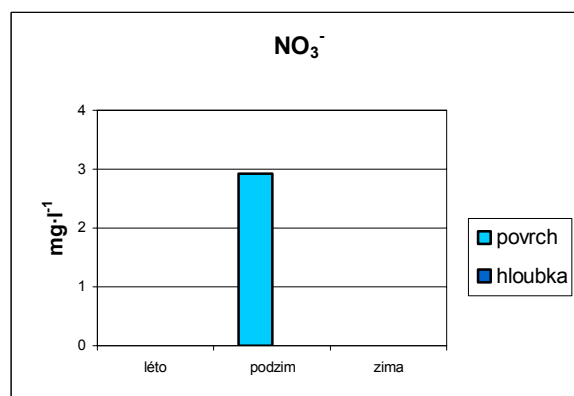
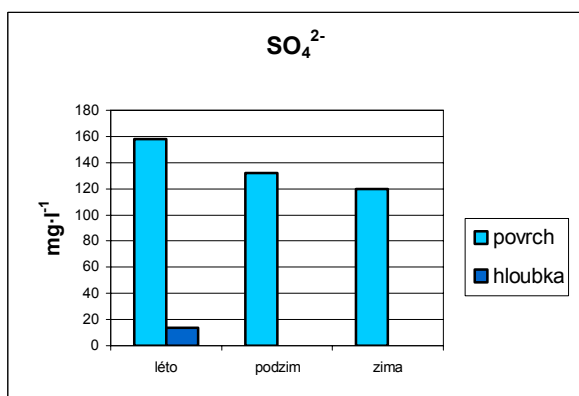
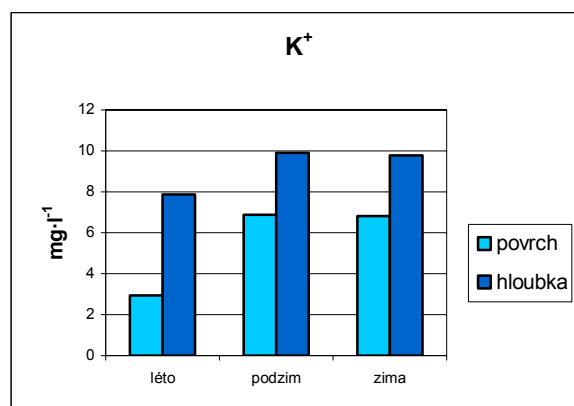
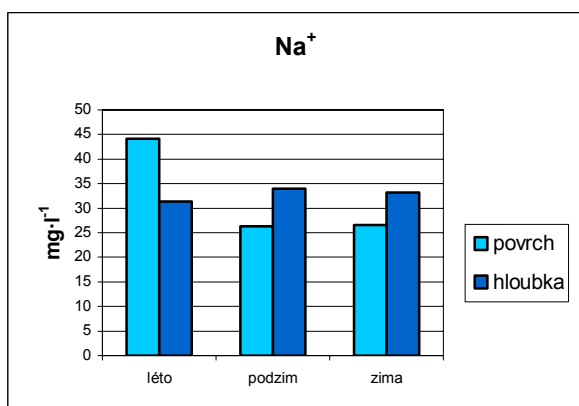
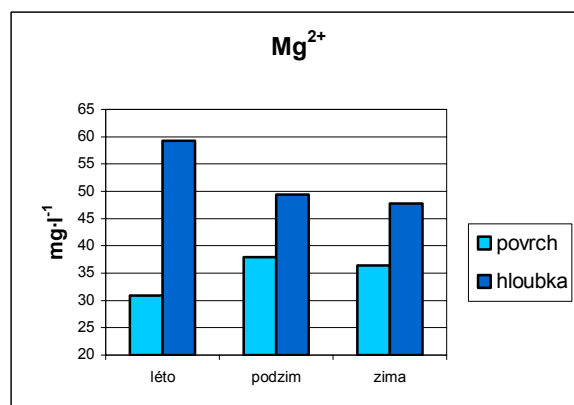
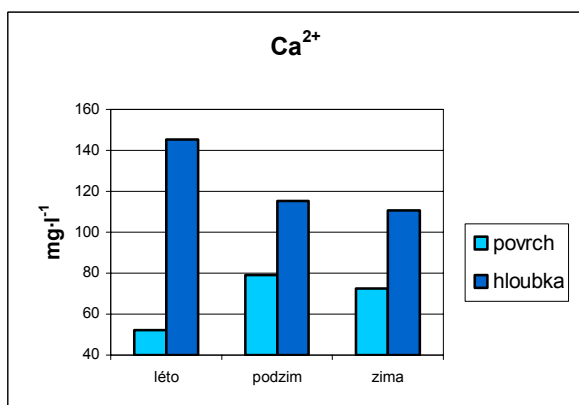
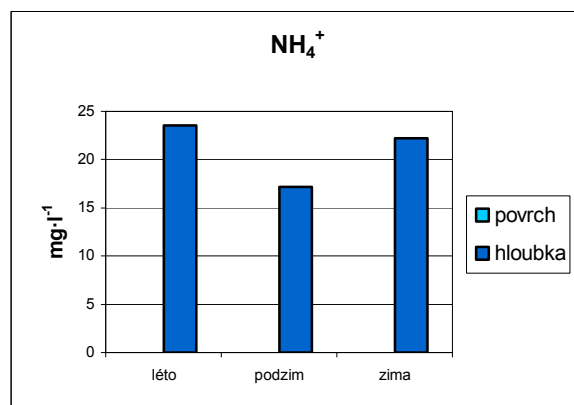
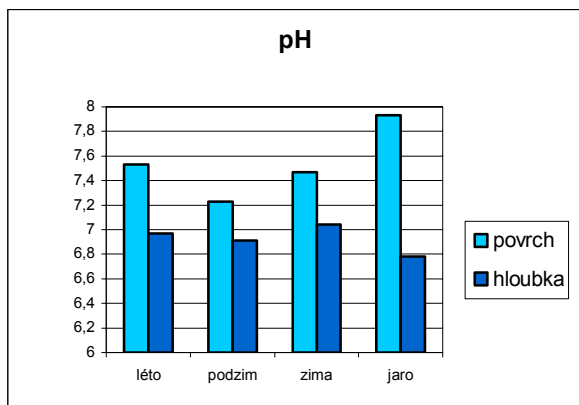
	léto	podzim	zima	jaro
průhlednost (m)	2,3	0,35	1,85	1,5
barva FU	18	18	15	17

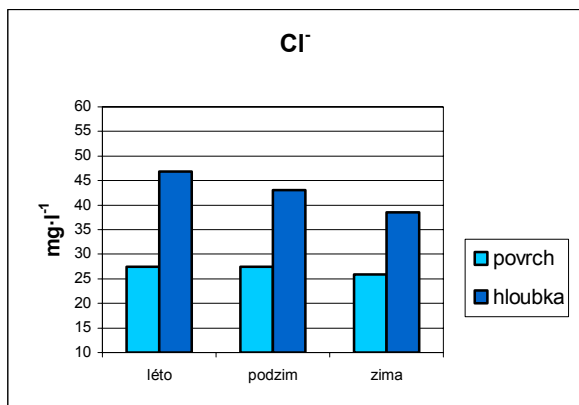
Tab. 6: Průhlednost a zabarvení vody na lokalitě Čankov u Karlových Varů

7.2.4. Chemismus jezerní vody

Z následujících grafů je patrné, že se jedná o meromiktní jezero s omezeným promícháváním vody s výrazně vyvinutým monimolimnionem, ve kterém vzrůstá koncentrace rozpuštěných iontů. Anoxické prostředí u dna nejlépe vystihuje graf koncentrace amonných iontů, které téměř padesátinásobně převyšují normu na pitnou vodu. Podobně zvýšené koncentrace nalezneme i u ostatních iontů, zejména pak u iontů vápníku, jejichž množství je patrně výsledkem vyluhování vápenatých živců z kaolinicky zvětralé žuly. Je zajímavé, že se u tohoto rekreačně značně vytiženého jezera nevyskytlo přechodné zvýšení koncentrace amonných iontů v letním povrchovém odběru, jako tomu je u ostatních lokalit. Tato skutečnost je patrně způsobena velkou plochou jezera, v níž se případné lokální znečištění lépe rozptýlí.

V letním vzorku z povrchového odběru pak byla zaznamenána nejvyšší koncentrace síranů ze všech sledovaných lokalit, která lépe než v případě lomu u Litvínova odráží povahu kdysi těžené nerostné suroviny, kterou bylo ještě před započítím těžby kaolínu méně kvalitní hnědé uhlí. Množství síranů je však stále ještě pod limitem pro pitnou vodu, který činí $250 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. U hlubinných vzorků je koncentrace síranových a dusičnanových iontů prakticky nulová. Nepatrně zvýšený obsah dusičnanů v podzimním odběru by mohl souviset se sezónním promícháváním vody v připovrchové vrstvě s následnou biochemickou oxidací amonných iontů v kombinaci s přínosem dusičnanů ze splachů z přilehlé zemědělské půdy. Hodnota pH se při povrchu pohybuje v průměru okolo 7,5.





Graf 17-25: Koncentrace rozpuštěných iontů na lokalitě Čankov u Karlových Varů

7.2.5. Potenciální využití jezera

Vodní plocha o rozloze téměř 4,5 ha tvoří významné rekreační zázemí pro severní část Karlových Varů i obce v okolí. Vzhledem k příjemnému bezprostřednímu okolí a dobré přístupnosti bývá jezero v letních měsících lokalitou soustředění mnoha rekreačně-sportovních aktivit, jako je například plavecká část místního triatlonu. Jezero je vlivem vyšší eutrofizace vody (poloha uprostřed polí, hustá doprovodná vegetace) celkem dobře zarybněno a v průběhu roku využíváno místními obyvateli k rekreačnímu rybaření.

V kontrastu s jezerem v lomu u Litvínova není voda z tohoto jezera vhodná téměř k žádnému jinému účelu, než k rekreačnímu využití a extenzivnímu chovu ryb. Jedinou výhodou by v případě odběru vody pro jiné účely byl velký objem vody v jezeře, kvalita vody se však ve vertikálním profilu značně mění. S narůstající hloubkou postupně vzrůstá salinita a roste i obsah nerozpuštěných látek, který je i při hladině během roku až na výjimky značně vysoký (nízká průhlednost). Od poloviny hloubky jezera již přetrvává permanentní anoxie s extrémním nárůstem koncentrace amonných iontů.



Foto 43: Letecký snímek zatopeného kaolinového dolu u Čankova u Karlových Varů (VGHÚř Dobruška)



Foto 44: Celkový pohled na zatopený kaolinový důl v lokalitě Čankov u Karlových Varů

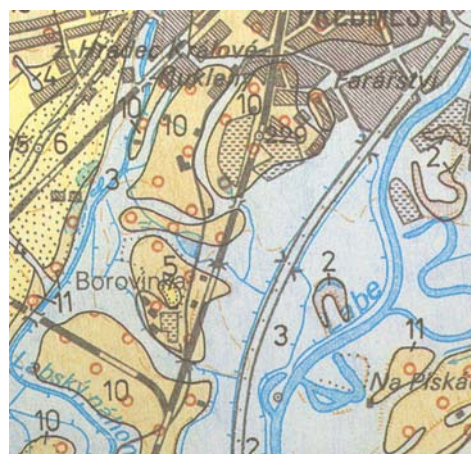


Foto 45: V popředí snímku nepatrný přítok z horního jezírka do hlavního jezera

7.3. Jezero v pískovém dole u Hradce Králové

7.3.1. Geografická poloha, přírodní poměry, historie těžby

Jezero se nachází v bývalém pískovém dole přibližně 3 km jihovýchodně od centra Hradce Králové mezi městskou částí Pražské předměstí a obcí Březhrad na zeměpisných souřadnicích 50° 11' 26" sev. šířky a 15° 47' 48" vých. délky. Bývalý povrchový důl leží ve východní části Východolabské tabule na labské terase v nadmořské výšce 230 m.



Obr. 9: Okolí lokality ve výřezu topografické mapy M = 1: 50 000. **Obr. 10:** Okolí lokality ve výřezu geologické mapy 1: 50 000. Vysvětlivky: 2 – slatiny (subrecent-recent), 3 – fluvialní hlinité a hlinitopísčité sedimenty, 5 – naváté písky v přesypech (holocén), 6 – naváté písky rytmicky zvrstvené (holocén-ml. pleistocén), 10 a 11 – fluvialní štěrkopísky (würm)

Důl se nachází v teplé klimatické oblasti s průměrnou dlouhodobou roční teplotou vzduchu 8–9 °C a průměrnými dlouhodobými ročními srážkami kolem 590 mm. Okraje těžní jámy lemují břehové porosty s vrbami, břízami, olšemi a rozsáhlými porosty rákosin. Jižní okolí jezera pokrývá hustý dubohabrový les s příměsí břízy, východní přístupová část je tvořena hustým listnatým hájem na hrubém písčitém podkladu. Nejbližší okolí severní části jezera je intenzivně zemědělsky využíváno. Dno jezera je při březích kromě přístupové části (tvořené štěrkopískem) pokryto jemným bahnitým sedimentem na písčitém podkladu, zejména pak v oblastech rákosin.

Těžený materiál tvořily kvartérní fluvialní štěrkopísky kryté asi metrovou vrstvou vátých písků. Obsah valounů různého petrografického složení ve velikosti do 3 cm činil asi 30 %. Intenzivní těžba byla pravděpodobně ukončena v 50. letech 20. století, kdy bylo dosaženo hladiny spodní vody [35].

7.3.2. Morfometrie jezera

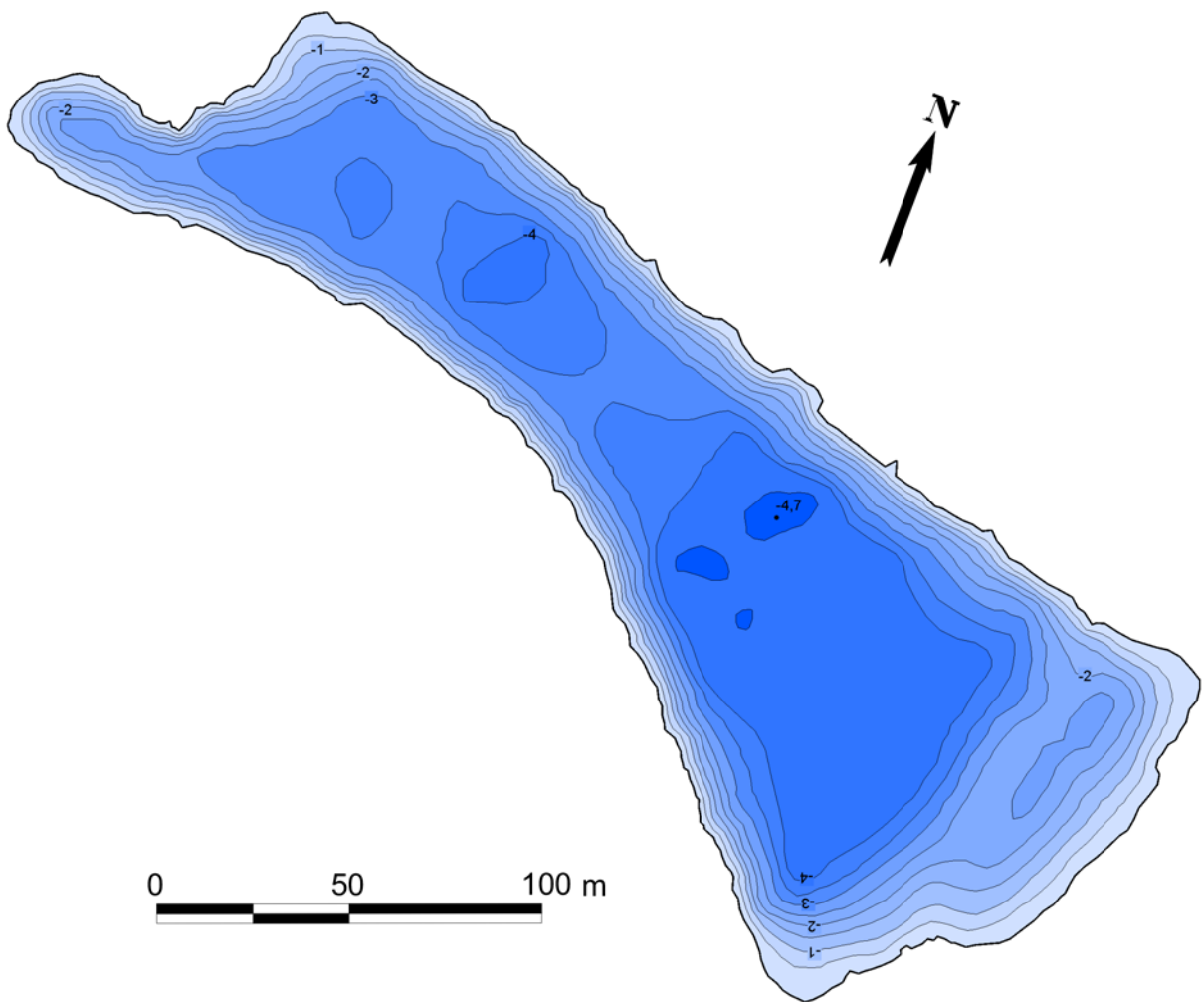
Jezero obdélníkového tvaru, protažené ve směru severozápad–jihovýchod, vyplňuje morfometricky jednoduchou pánev s téměř plochým dnem lemovaným poměrně příkrými svahy. Charakter jezerní pánve tím odráží jeden ze způsobů těžby písku, kdy je těžba vedena od prvotně vyhloubené jámy směrem do stran při zachování morfometrických tvarů podobajících se etážové těžbě v pevných horninách. Výsledky měření, které proběhlo dne 4. 4. 2004, shrnuje následující tabulka.

Písek u Hradce Králové (04.04.2004)		
obvod	899	m
plocha	24510	m ²
objem	66000	m ³
max. délka	344,3	m
max. šířka	127,2	m
max. hloubka	4,7	m
prům. hloubka	2,7	m

Tab. 7: Základní morfometrické charakteristiky jezera v pískovém dole u Březhradu u H. Králové

Dílní charakteristiky jezerní pánve podrobně dokresluje na následující straně vyhotovená batymetrická mapa.

Jezero v pískovém dole u Hradce Králové



Obr. 11: Batymetrická mapa jezera v pískovém dole u Březhradu u Hradce Králové. Hloubnicový interval je 0,5 m.

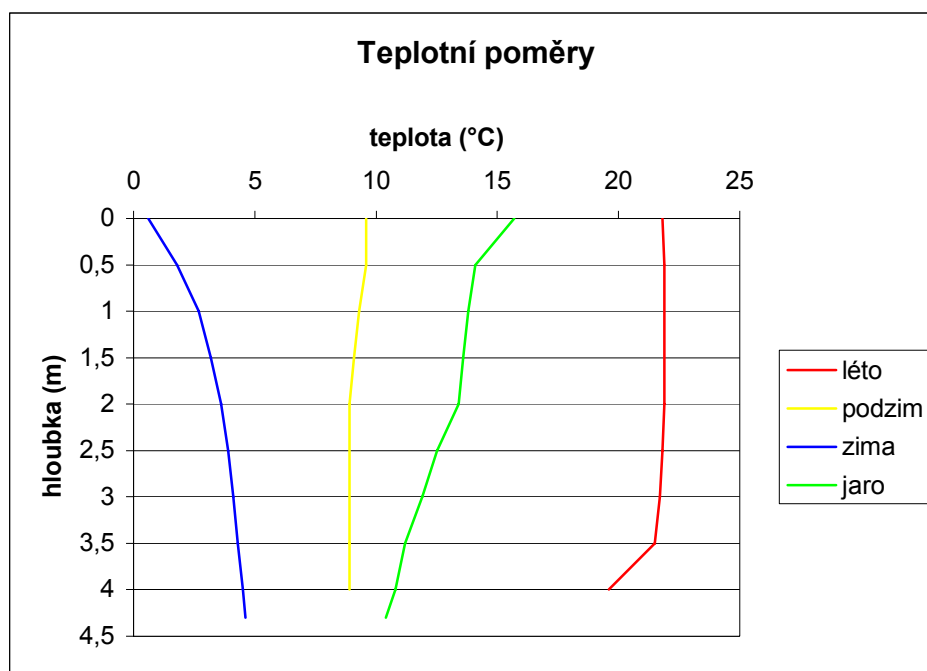
7.3.3. Fyzikální vlastnosti jezerní vody

Na lokalitě pískovny u Březhradu byly během roku při jednotlivých měřeních zjištěny následující vnější podmínky:

Jezero v pískovém dole u Hradce Králové						
měření	datum	čas	oblačnost	vítr	teplota (°C)	jiné
léto	3.7.2003	14:00	zataženo	čerstvý	16	děšť
podzim	17.10.2003	17:00	jasno	slabý	10,5	
zima	14.1.2004	13:30	polojasno	čerstvý	3,1	led 13 cm
jaro	22.4.2004	12:00	jasno	bezvětrí	18,8	

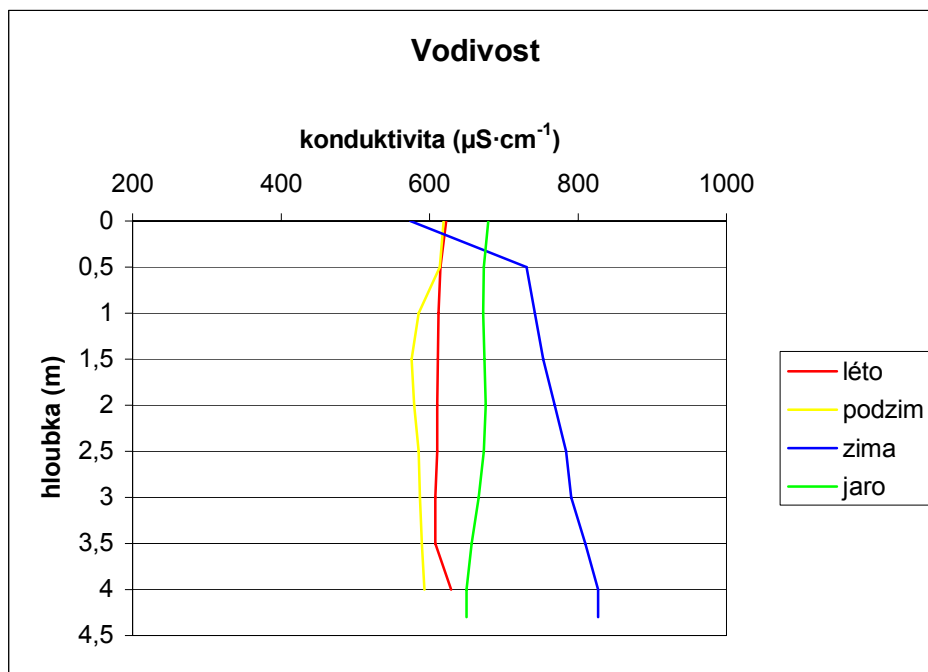
Tab. 8: Termíny a podmínky měření na lokalitě Březhrad u Hradce Králové

Zdejší velmi mělké jezero velmi rychle reaguje na změny teploty vzduchu během roku a průběh teplot je v jednotlivých ročních obdobích v celém vodním sloupci velmi vyrovnaný. Prakticky zde chybí hypolimnion, náznak metalimnionu je zcela nepatrný. Poloha jezera v nížině Labe způsobuje i nejvyšší průměrnou hladinovou teplotu ze všech zkoumaných lokalit.



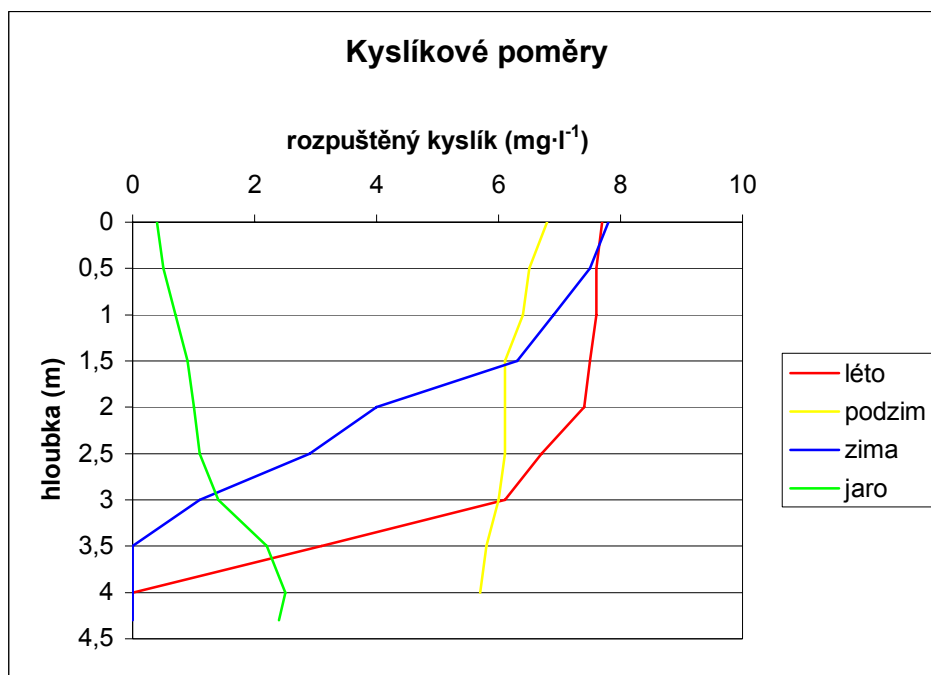
Graf 26: Průběh teploty ve vodním sloupci na lokalitě Březhrad u Hradce Králové

S vyrovnanými teplotními poměry a cirkulací vody v celém profilu jezera souvisí i poměrně vyrovnaná vodivost, která se pohybuje kolem $750 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.



Graf 27: Průběh vodivosti ve vodním sloupci na lokalitě Březhrad u Hradce Králové

Díky své malé průměrné hloubce a vyšší povrchové teplotě vykazuje jezero v písčivém dolu u Březhradu pokročilý stupeň eutrofizace, který je ve svých důsledcích patrný z následujícího grafu kyslíkových poměrů. 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 bylo v zimní části roku způsobeno prosekáváním otvorů do ledu místními rybáři kvůli chovu ryb.



Graf 28: Průběh kyslíku ve vodním sloupci na lokalitě Březhrad u Hradce Králové

Průhlednost byla v teplejší polovině roku vlivem větší míry eutrofizace a přivalovým srážkám mírně omezena. Zabarvení vody se v průběhu roku značně měnilo od žluté až po žlutohnědou.

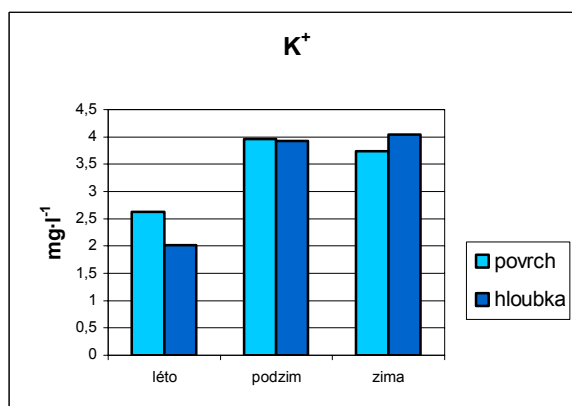
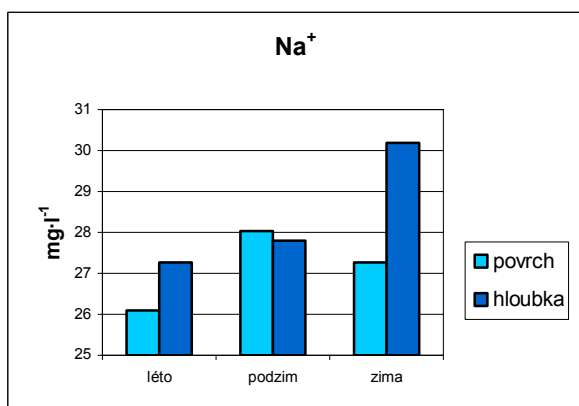
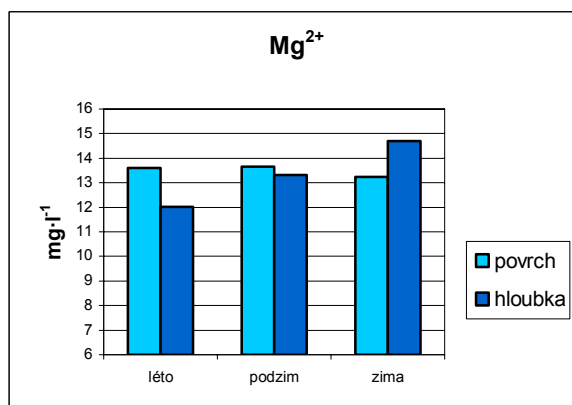
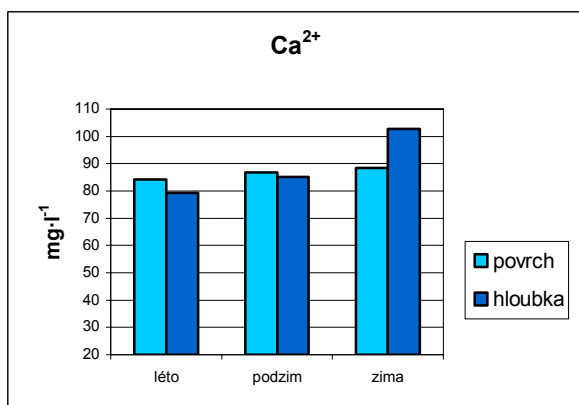
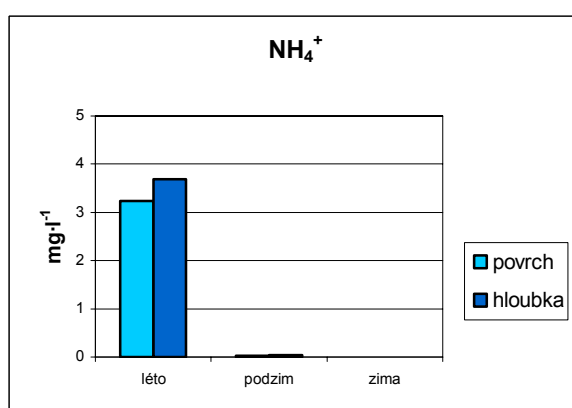
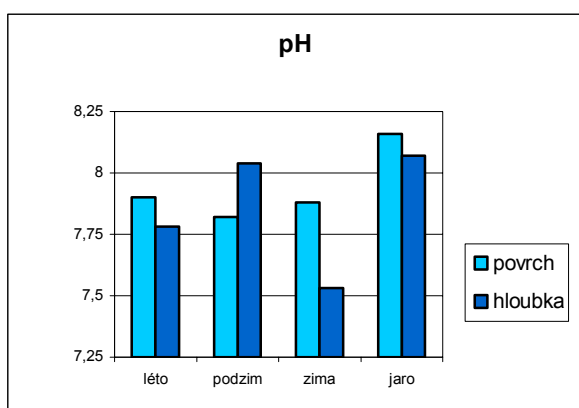
	léto	podzim	zima	jaro
průhlednost (m)	1,8	1,5	3,25	2,6
barva FU	15	18	15	11

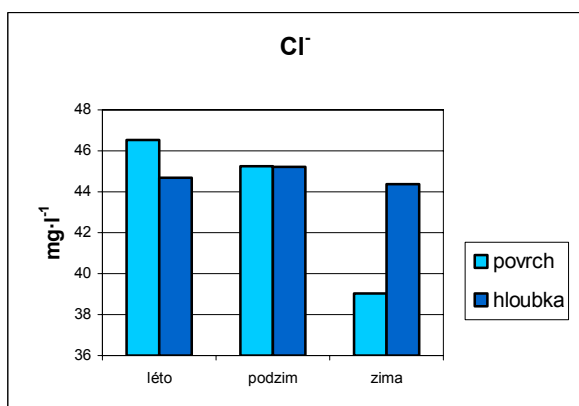
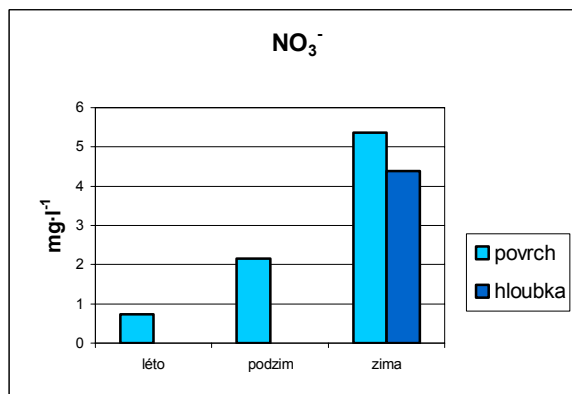
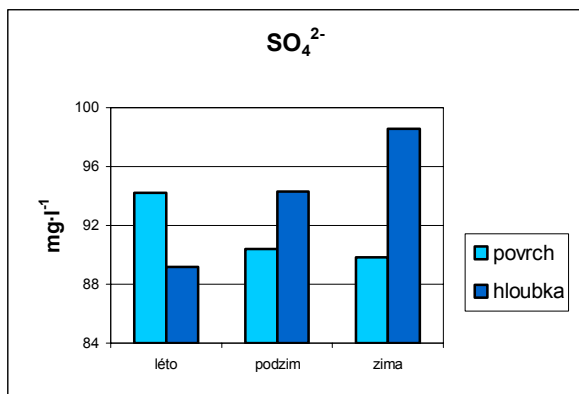
Tab. 9: Průhlednost a zabarvení vody na lokalitě Březhrad u Hradce Králové

7.3.4. Chemismus jezerní vody

Jezero v pískovém dolu u Hradce Králové je z hlediska rozpuštěných minerálních látek asi nejméně zajímavé. Za povšimnutí stojí překročení limitní hodnoty u amonných iontů z letního odběru, které nepochybně souvisí se zvýšeným metabolismem vodní bioty v poměrně eutrofním jezeře a jeho značným zatížením rekreační činností. Vysoký obsah vápenatých iontů by pak vzhledem ke geografické poloze jezera mohl pocházet z přimíšené sprašové frakce. Poměrně vysoká hodnota pH se u hladiny pohybuje v průměru okolo 7,9.

Zvýšené množství dusičnanů u zimního odběru si vysvětlují nahromaděním dusíku z podzimních smyvů z okolní zemědělské půdy v kombinaci s příznivými kyslíkovými podmínkami v jezeře, které souvisí s vysekáváním otvorů do ledu kvůli extenzivnímu chovu ryb. Na této lokalitě byl také zaznamenán nejvyšší obsah chloridových aniontů, který však nepřevyšuje stanovenou normu pro pitnou vodu, která činí 100 mg·l⁻¹.





Graf 29-37: Koncentrace rozpuštěných iontů na lokalitě Březhrad u Hradce Králové

7.3.5. Potenciální využití jezera

Jezero v pískovém dolu u Březhradu u Hradce Králové je patrně rekreačně nejvytíženějším jezerem z pěti zmiňovaných lokalit. Poloha v bezprostřední blízkosti velkoměsta navíc v těsné blízkosti místní komunikace umožňuje snadný přístup obyvatelům nedalekého Pražského předměstí (městská část Hradce Králové). Vzhledem k bezprostřednímu okolí jezera (orná půda, rákosiny), nižší nadmořské výšce, relativně malé hloubce a masovému rekreačnímu využívání je toto jezero rovněž nejvíce eutrofizované a také nejvíce zarybněné. Řízené využití jezera k chovu ryb potvrzuje prosekávání otvorů do ledu v zimních měsících.

Výše uvedené charakteristiky pravděpodobně neumožňují u tohoto jezera jiné potenciální využití, než je stávající rekreace a chov ryb. Malý objem a vyšší eutrofizace (zajímavý by byl mikrobiologický rozbor a rozbor na celkový fosfor) jsou největší překážkou

využití vody pro jiné účely, které by však vzhledem k charakteru nejbližšímu okolí bylo stejně nedefinovatelné. Jistou alternativou by mohla být předběžná ochrana pozvolna zarůstajícího písničku jako refugia ptačí fauny a obojživelníků, což by se však neslučovalo s masovým rekreačním využitím.



Foto 46: Celkový pohled na zatopený písňový důl u Březhradu u Hradce Králové



Foto 47: Přístupovou část tvoří holý štěrkopískový podklad, břehy lemují četné rákosiny

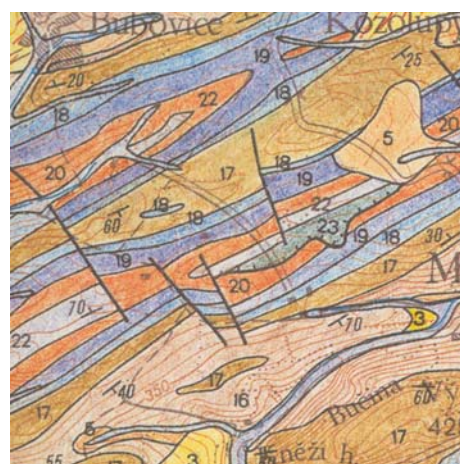


Foto 48: Letecký snímek zatopeného pískového dolu u Březhradu u Hradce Králové (VGHŮř Dobruška)

7.4. Jezero ve vápencovém lomu u Berouna

7.4.1. Geografická poloha, přírodní poměry, historie těžby

Jezero se nachází na dně bývalého, přibližně 70 m hlubokého jámového vápencového lomu přibližně 8,5 km východně od centra Berouna mezi obcemi Mořina a Kozolupy na zeměpisných souřadnicích 49° 57' 32" sev. šířky a 14° 11' 44" vých. délky. Bývalý vápencový lom, zvaný Velká Amerika, leží v severní části Hořovické pahorkatiny v nadmořské výšce 410 m.



Obr. 12: Okolí lokality ve výřezu topografické mapy M = 1: 50 000. **Obr. 13:** Okolí lokality ve výřezu geologické mapy 1: 50 000. Vysvětlivky: 16 – šedé prachovce a pískovce (srbské souvrství, devon) 17/18/19 – organodetritické vápence, místy vápnité břidlice a rohovce (chotečské/zlíchovské/pražské souvrství – devon), 20 – biodetritické a dolomitické vápence (lochkovské souvrství, devon), 22/23 – biogenní vápence, vápnité břidlice (předolské/liteňské souvrství – silur)

Lom se nachází v mírně teplé klimatické oblasti s průměrnou dlouhodobou roční teplotou vzduchu 7–8 °C a průměrnými dlouhodobými ročními srážkami kolem 480 mm. Břehy jezera lemují sporadické náletové dřeviny s převahou břízy a různých druhů keřů, přičemž převážnou část břehů tvoří holá hornina bez vegetace. Ve východní části lomu se z náletů vytvořil řídký březový háj, který však na kvalitu vody v jezeře nemá výraznější vliv. Samotné okraje jámového lomu lemují husté křovité porosty s hlohem, šípem, vtroušeným jeřábem, dubem, habrem a ptačí třešní, které jej oddělují od zemědělsky intenzivně využívaných ploch v bezprostředním okolí. Při západním okraji lomu jsou dobře patrné valy

ze skrývkové zeminy. Vzhledem k povaze lomu a těženého kamene tvoří dno jezera pevná hornina krytá jen tenkou vrstvičkou mazlavého vápnitého sedimentu bez přítomnosti odumřelé organické hmoty.

Na lokalitě byly pro různorodé účely těženy devonské a částečně také silurské vápence koněpruského a sliveneckého souvrství. Těžba, započatá kolem roku 1900, byla ukončena po zřícení části jižní stěny v roce 1963. Vzhledem ke značným zásobám vápencové suroviny lze o lokalitě do budoucna hovořit jako o potenciálním ložisku (Krottil, 2001, Chybík 1963).

7.4.2. Morfometrie jezera

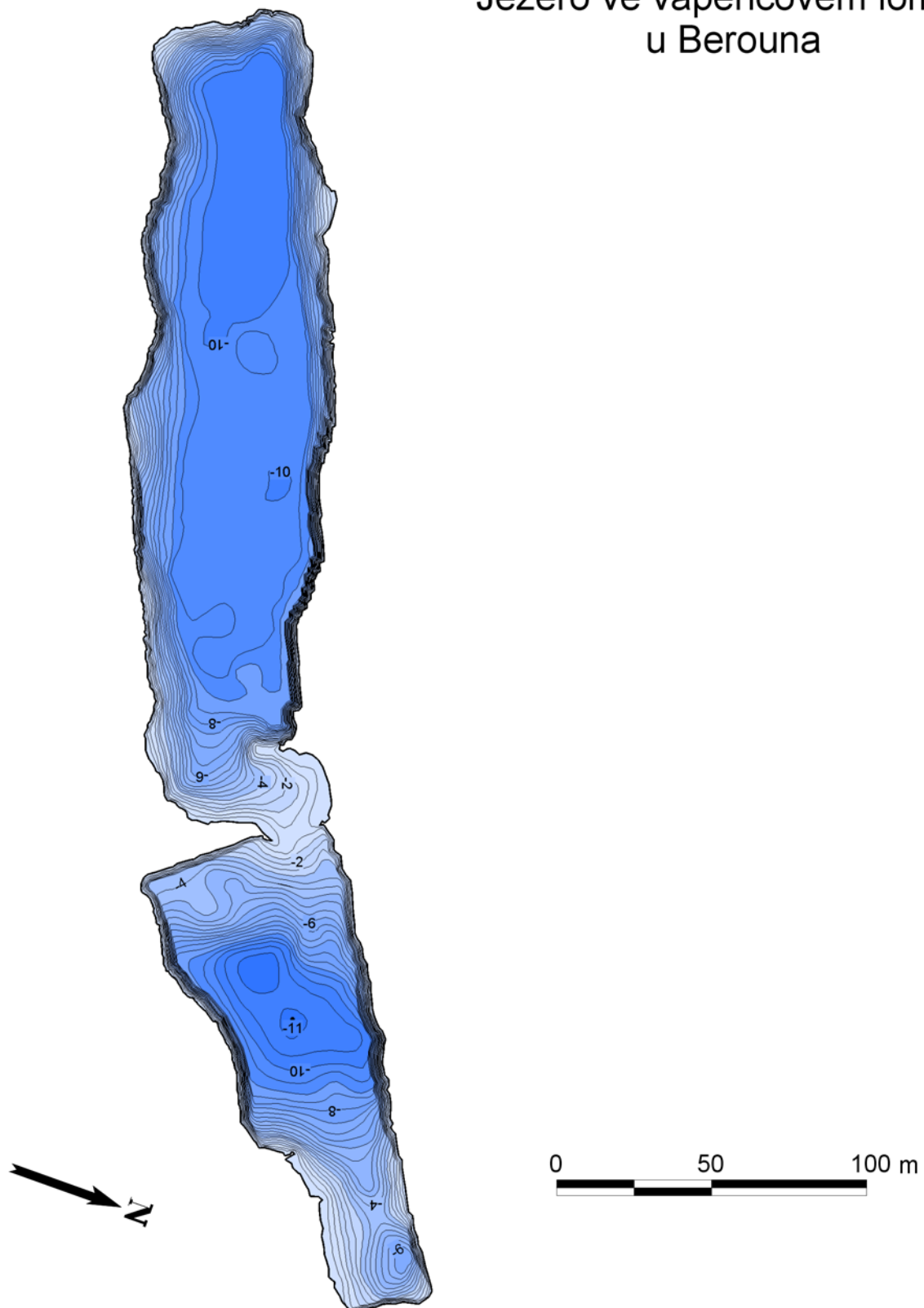
Morfometrie jezera nepravidelného obdélníkového tvaru, s hlavní osou protaženou ve směru severovýchod–jihozápad, je typickým příkladem povrchové lomové těžby pomocí odstřelů bloků horniny v jednotlivých etážích. V současnosti zatopená, jámovitě zahloubená dvojetáž s plochým dnem a kolmými stěnami, se nachází na dně hlavní těžní jámy hluboké kolem 70 metrů. Charakteristická je poměrně velká průměrná hloubka blízcí se svojí hodnotou maximální hloubce zjištěné v plošně méně rozsáhlé, severovýchodní části jezera. Následující tabulka shrnuje základní morfometrické charakteristiky naměřené dne 24. 10. 2003.

Vápenec u Berouna (24.10.2003)		
obvod	1060	m
plocha	20860	m ²
objem	151500	m ³
max. délka	413,8	m
max. šířka	67,6	m
max. hloubka	11	m
prům. hloubka	7,3	m

Tab. 10: Základní morfometrické charakteristiky jezera ve vápencovém lomu u Mořiny u Berouna

Na vyhotovené batymetrické mapě je zřetelně patrný práh, rozdělující jezerní pánev na dvě nestejně velké části s odlišnými morfometrickými poměry.

Jezero ve vápencovém lomu u Berouna



Obr. 14: Batymetrická mapa jezera ve vápencovém lomu u Mořiny u Berouna. Hloubnicový interval je 0,5 m.

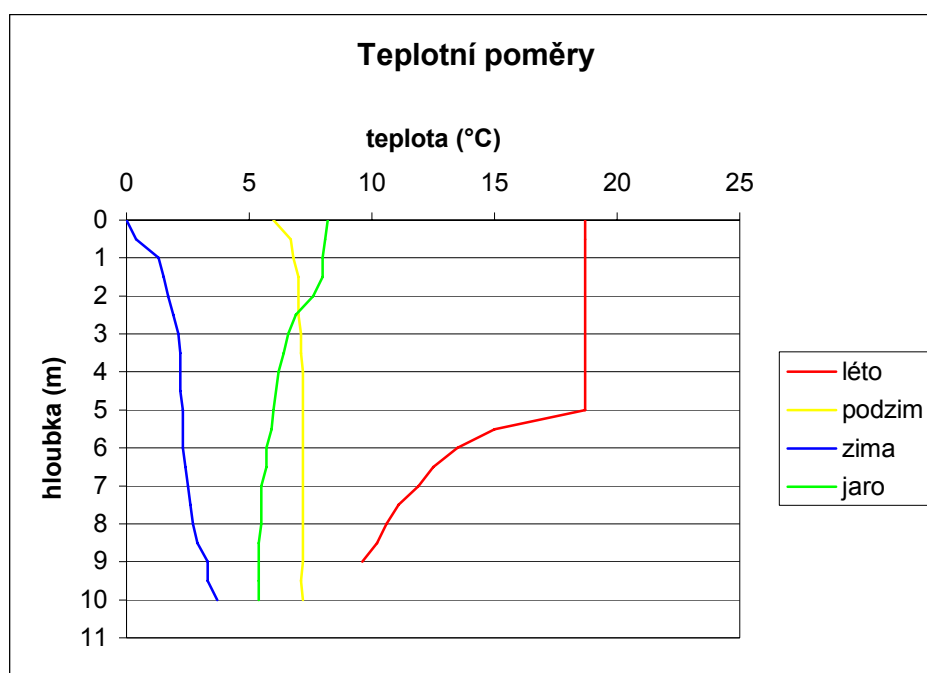
7.4.3. Fyzikální vlastnosti jezerní vody

Základní údaje o termínech měření a vnějších pozorovacích podmínkách shrnuje následující tabulka:

Jezero ve vápencovém lomu u Berouna						
měření	datum	čas	oblačnost	vítr	teplota (°C)	jiné
léto	3.7.2003	19:00	oblačno	čerstvý	18	
podzim	24.10.2003	12:30	zataženo	slabý	1,6	
zima	13.1.2004	10:30	zataženo	slabý	1,7	led 12 cm
jaro	21.4.2004	10:00	jasno	bezvětrí	9,7	

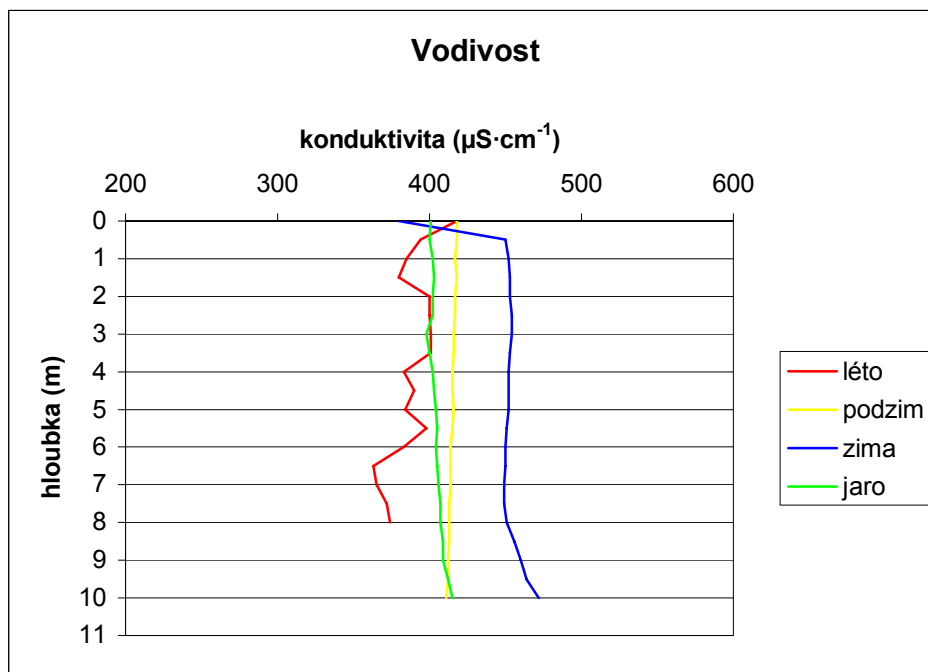
Tab. 11: Termíny a podmínky měření na lokalitě Amerika u Berouna

Jak naznačují grafy teplotních poměrů a vodivosti, jezero v lomu Velká Amerika je vysoce oligotrofním, holomiktním jezerem s velmi čistou vodou, která zejména v letních měsících umožňuje dokonalé prohřívání vody do značných hloubek, o čemž svědčí výrazně vyvinutý epilimnion s izotermií teploty do hloubky 5 metrů. Následně se v podzimním termínu podařilo zachytit téměř dokonalé promíchávání vody v celém vodním sloupci s amplitudou teploty do 1 °C.



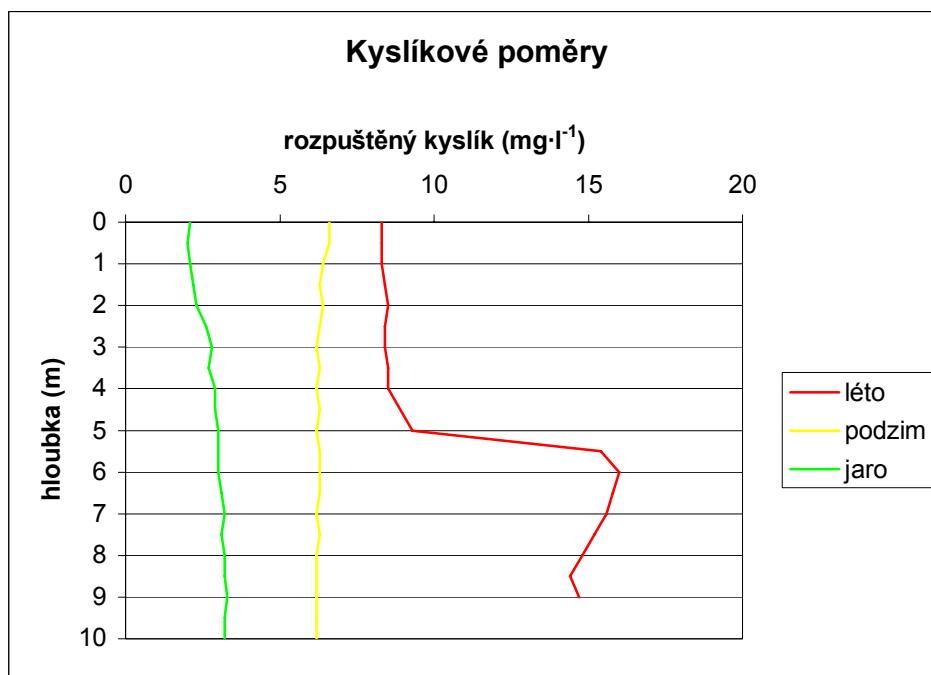
Graf 38: Průběh teploty ve vodním sloupci na lokalitě Amerika u Berouna

Pro předpoklad výrazné cirkulace v podzimním a jarním období svědčí i velmi vyrovnané křivky vodivosti, která se v průměru pohybuje kolem $420 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.



Graf 39: Průběh vodivosti ve vodním sloupci na lokalitě Amerika u Berouna

Z následujícího grafu kyslíkových poměrů je zřetelně patrný průběh izográdní křivky nasycení vody kyslíkem při letní stratifikaci, kdy s prudkou změnou teploty v metalimnionu dochází v oligotrofních jezerech k razantnímu zvýšení rozpuštěného kyslíku na relativní hodnoty kolem 100 %. Zimní měření nebylo provedeno z důvodu momentální nefunkčnosti měřícího přístroje.



Graf 40: Průběh kyslíku ve vodním sloupci na lokalitě Amerika u Berouna

Jezero se vyznačuje vodou o mimořádné průhlednosti v průběhu celého roku, která byla přechodně snížena silným promícháváním vody v podzimním a zvláště jarním termínu. Velmi malá úživnost kombinovaná s vysokým obsahem rozpuštěných HCO_3^- iontů způsobuje modrozelené až zelené zbarvení vody s odstíny z první poloviny Forel-Uleovy stupnice.

	léto	podzim	zima	jaro
průhlednost (m)	7,2	6,7	8,1	5,2
barva FU	6	6	6	8

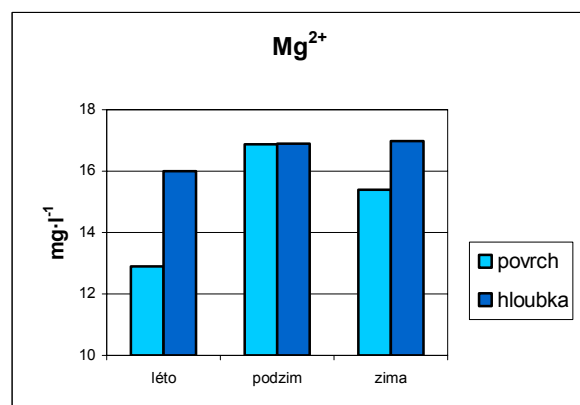
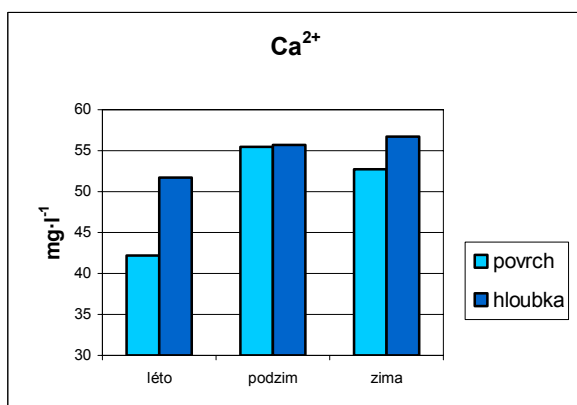
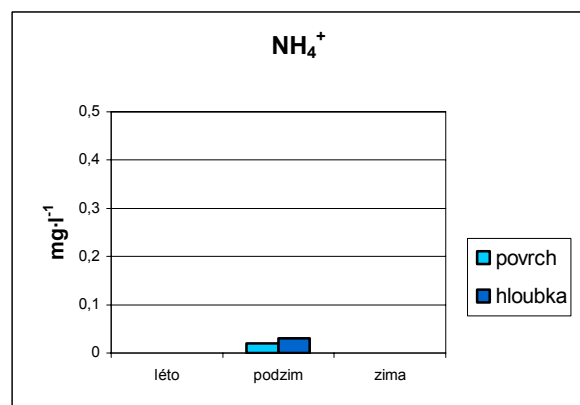
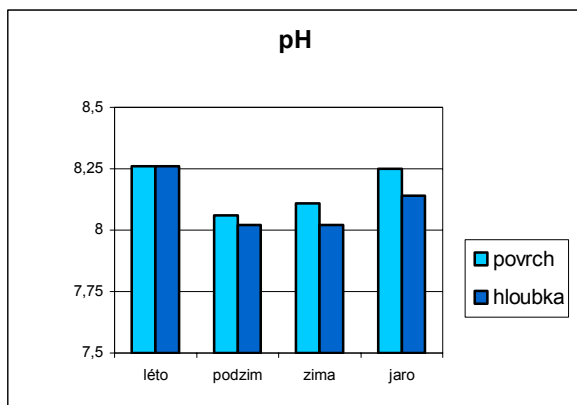
Tab. 12: Průhlednost a zbarvení vody na lokalitě Amerika u Berouna

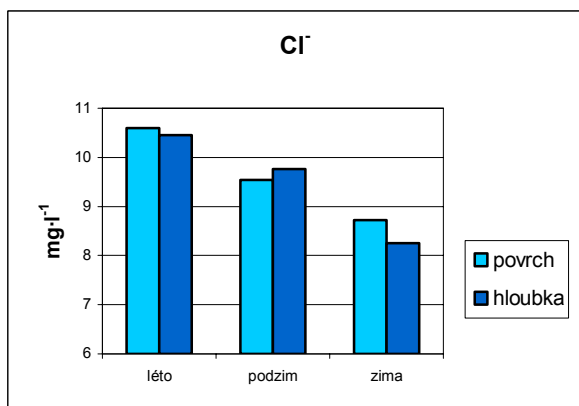
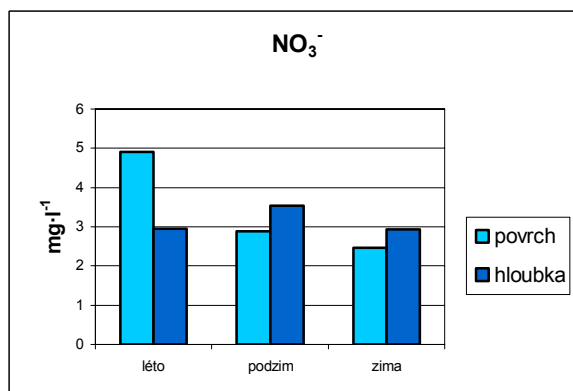
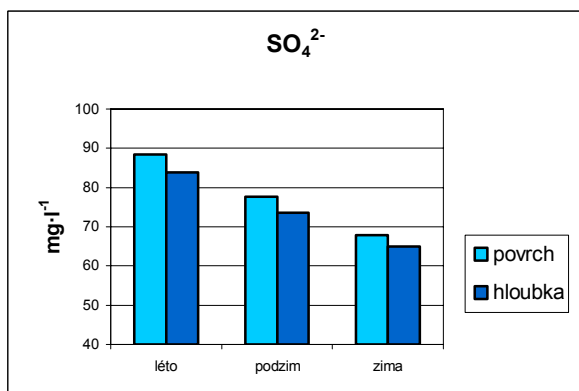
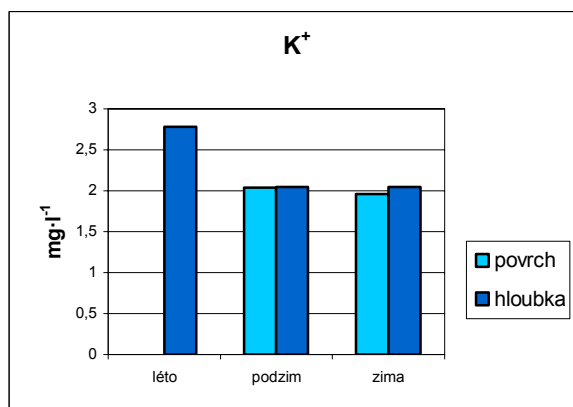
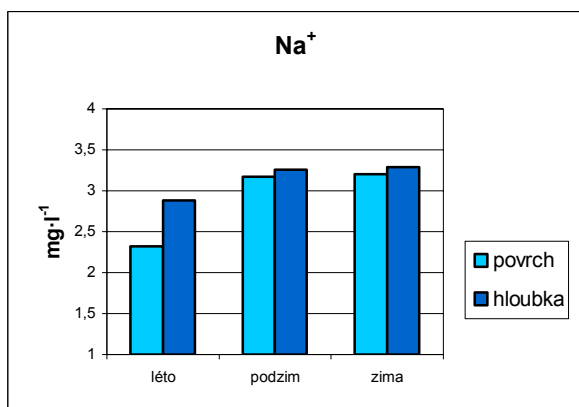
7.4.4. Chemismus jezerní vody

Celoročně nízký či nulový obsah amonných iontů naznačuje, že se jedná o vysoce oligotrofní, holomiktní jezero nijak nenarušené občasnou rekreací. Na dalších grafech vidíme poměrně vysoký obsah iontů vápníku a hořčíku daný chemickou povahou těžené horniny a naopak nízké množství sodíku a draslíku. Překvapivé je, že obsah vápenatých iontů ve vodě jezera v kaolinovém dolu u Karlových Varů (viz výše) je vyšší než v případě tohoto lomu,

kde se těžil prakticky čistý vápenec. Je jen škoda, že nebyla provedena analýza (hydrogen)uhličitanových iontů, která by v tomto případě byla jistě reprezentativnější. 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.

Se zanedbatelným obsahem amonných iontů kontrastuje zvýšený obsah dusičnanů v hlubinných vzorcích v průběhu celého sledovaného období, který spíše než jako finální produkt metabolických procesů uvnitř jezera pochází ze zdrojů podzemní vody, které jezero dotují (Wetzel, 2001) a jen dokresluje příznivé kyslíkové poměry v celém vertikálním profilu.





Graf 41-49: Koncentrace rozpuštěných iontů na lokalitě Amerika u Berouna

7.4.5. Potenciální využití jezera

Jezero na dně vápencového lomu Velká Amerika je vzhledem ke své výjimečnosti a blízké poloze hlavního města Prahy jednou z turisticky nejvyhledávanějších „přírodních“ zajímavostí České republiky. Díky své poloze na dně hlubokého vápencového lomu, poměrně malému stáří a pomalé sukcesi břehových porostů je voda tohoto jezera jednou

z nejoligotrofnějších v České republice a také jednou z vizuálně nejčistších. Vstup do lomu není dovolen, nepovolené rekreační aktivity vedly zejména v 2. pol. 90. let ke snížení kvality vody, rozvoji řas a ke znečištění bezprostředního okolí jezera odpadky. V současnosti se stav jezera díky důmyslnému uzavření lomu opět zlepšil.

Z komplexního průzkumu jezera vyplývá, že z čistě chemického hlediska a fyzikálních vlastností vody se jedná o jezero s kvalitní pitnou vodou, která by mohla v budoucnu sloužit jako důležitý náhradní zásobovací zdroj pro malé obce v okolí. Podobné využití mají podzemní vody jímané v sousedním lomu zvaném Mexiko, které slouží jako zdroj vody pro místní podnik Lomy Mořina a. s. a jako náhradní zdroj zásobování pro obec Mořina. Menším problémem by mohla být pouze zvýšená tvrdost vody a poměrně vysoká hodnota pH, což jsou však ukazatele, které se dají snadno upravit. K detailnějšímu posouzení by bylo zapotřebí mikrobiologického rozboru, avšak domnívám se, že vzhledem k izolovanosti jezera v těžební jámě a velmi nízké úživnosti by jen potvrdil výše zmíněnou tezi. Případné rekreační využití není možné z důvodu nestability lomové stěny, důvodem k potenciální ochraně by měl být četný výskyt kriticky ohroženého raka kamenáče, jehož stavy v 90. letech vlivem rekreace značně poklesly.



Foto 49: Převážně holé břehy jezera osídlené sporadickými keříky a stromy



Foto 50: Letecký snímek vápencového lomu Velká Amerika u Mořiny u Berouna (VGHÚř Dobruška)



Foto 51: Celkový pohled na zatopený vápencový lom Amerika

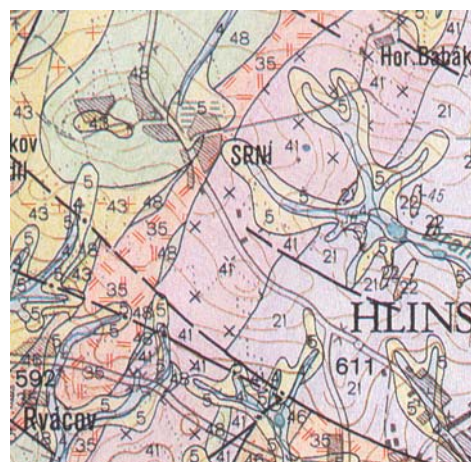


Foto 52: Mimořádná průhlednost vody oligotrofního jezera

7.5. Jezero v žulovém lomu u Hlinska

7.5.1. Geografická poloha, přírodní poměry, historie těžby

Jezero se nachází v bývalém, původně asi 50 m hlubokém jámovém žulovém lomu přibližně 2 km severozápadně od centra Hlinska na katastru obce Srní na zeměpisných souřadnicích 49° 46' 38" sev. šířky a 15° 52' 54" vých. délky. Bývalý žulový lom leží v jižní části Sečské vrchoviny v nadmořské výšce 630 m.



Obr. 15: Okolí lokality ve výřezu topografické mapy M = 1: 50 000. **Obr. 16:** Okolí lokality ve výřezu geologické mapy 1: 50 000. Vysvětlivky: 5 – deluviální hlinité sedimenty (holocén-pleistocén), 21 – fylitické břidlice, 35 – křemenný porfyr, 41 – amfibol-biotitický granodiorit až křemenný diorit (skutečský typ), 43 – biotitický migmatit, 48 – migmatitizované metagabro a metadiorit

Lom se nachází v mírně teplé klimatické oblasti s průměrnou dlouhodobou roční teplotou vzduchu 6–7 °C a průměrnými dlouhodobými ročními srážkami kolem 790 mm. Strmé, skalnaté břehy jezera lemují zejména při západním okraji poměrně husté náletové porosty s dominantním smrkem a vtroušenou borovicí, severní a východní část pak uzavírá březový háj na rozsáhlých skrývkách. Západně od lomu se nachází vzrostlá smrková monokultura. Vzdálenější okolí jezera je tvořeno zemědělskou půdou, vybíhající k okrajům lomu zvláště v jižní, přístupové části. V roce 2002 došlo k odlesnění bezprostředních okrajů jezera kvůli zlepšení kvality vody za účelem rozvoje sportovního potápění. Dno jezera je

při březích tvořeno buď hrubozrnným pískem nebo čistou horninou bez přítomnosti mocnější vrstvy sedimentu.

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 (v okolí pozůstatky železného šrotu) (Vodička, 1959) [38].

7.5.2. Morfometrie jezera

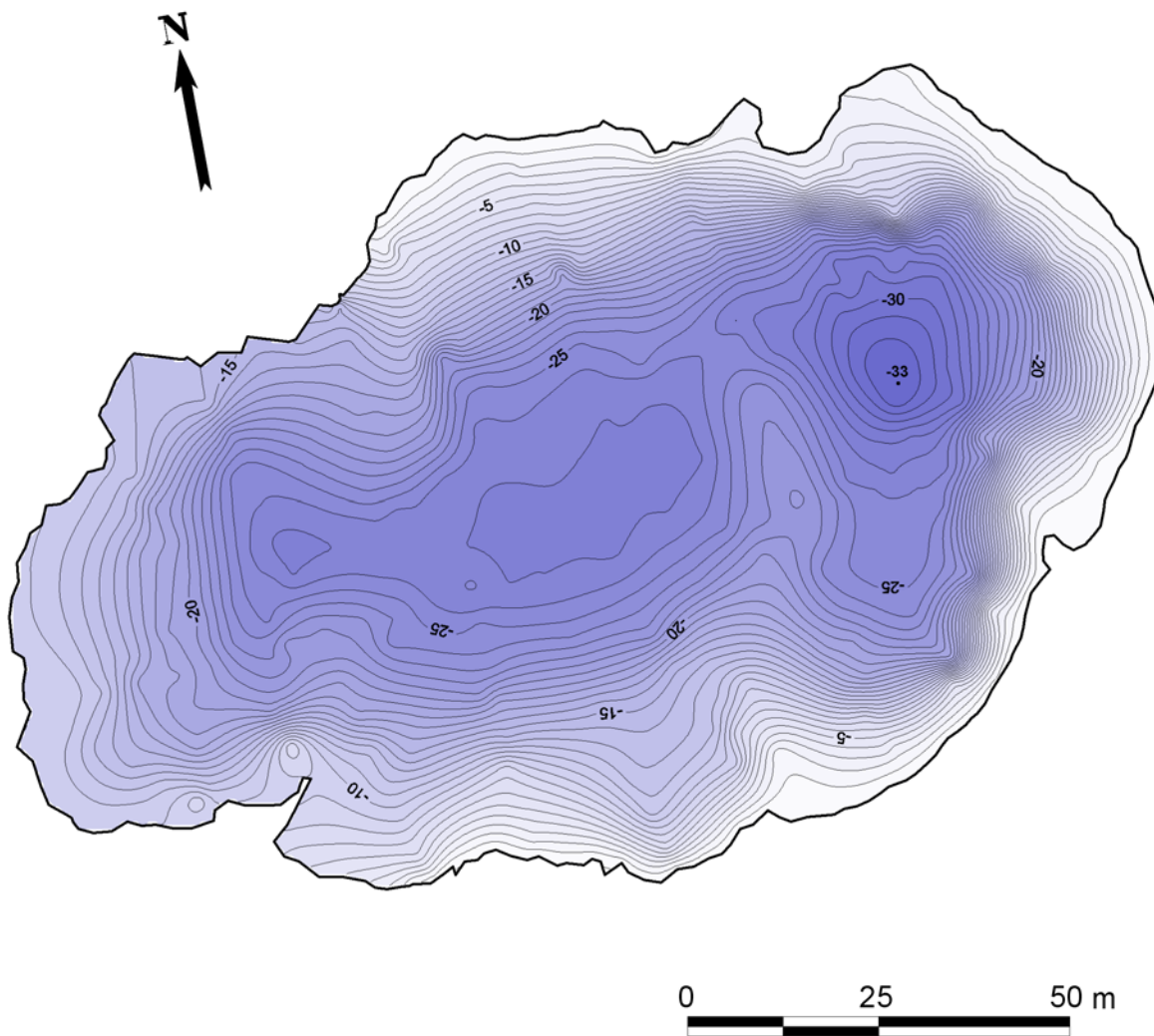
Jezero nepravidelného oválného tvaru, s hlavní osou protaženou ve směru západ–východ, je dalším typickým příkladem jezera s pánví vyhloubenou v pevných horninách. Etážové metodě těžby plně odpovídá charakter dna jezera sestávající z několika kolmých stupňů oddělených jednotlivými terasami. S etážovou těžbou souvisí i značná průměrná a maximální hloubka jezera, která byla zjištěna při východním okraji lomu. Základní morfometrické charakteristiky naměřené dne 17. 10. 2003 shrnuje následující tabulka.

Žula u Hlinska (17.10.2003)		
obvod	485	m
plocha	11510	m ²
objem	189500	m ³
max. délka	162,5	m
max. šířka	98,6	m
max. hloubka	33	m
prům. hloubka	16,5	m

Tab. 13: Základní morfometrické charakteristiky jezera v žulovém lomu u Srní u Hlinska

Výsledná batymetrická mapa prezentuje složité poměry jezerní pánve se dvěma hlavními etážemi, z nichž první je přímou součástí kolmé skalní stěny v západní části lomu a druhá se nachází ve vzdálenosti asi 10 metrů od východního okraje jezera.

Jezero v žulovém lomu u Hlinska



Obr. 17: Batymetrická mapa jezera v žulovém lomu u Srní u Hlinska. Hlubnicový interval je 1 m.

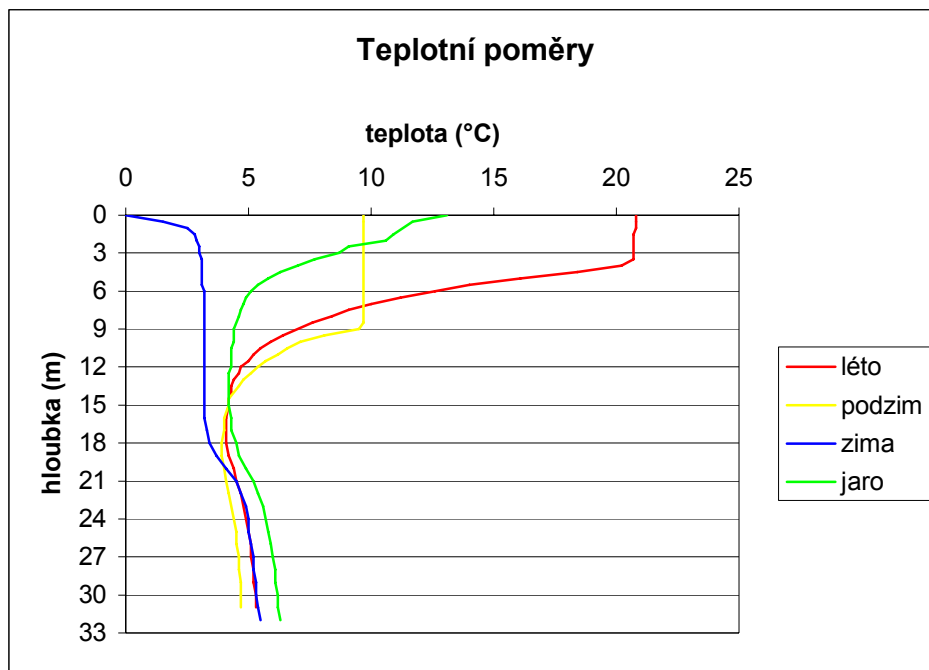
7.5.3. Fyzikální vlastnosti jezerní vody

Na lokalitě žulového lomu u Srní nedaleko Hlinska byly během jednotlivých měření zjištěny následující vnější podmínky:

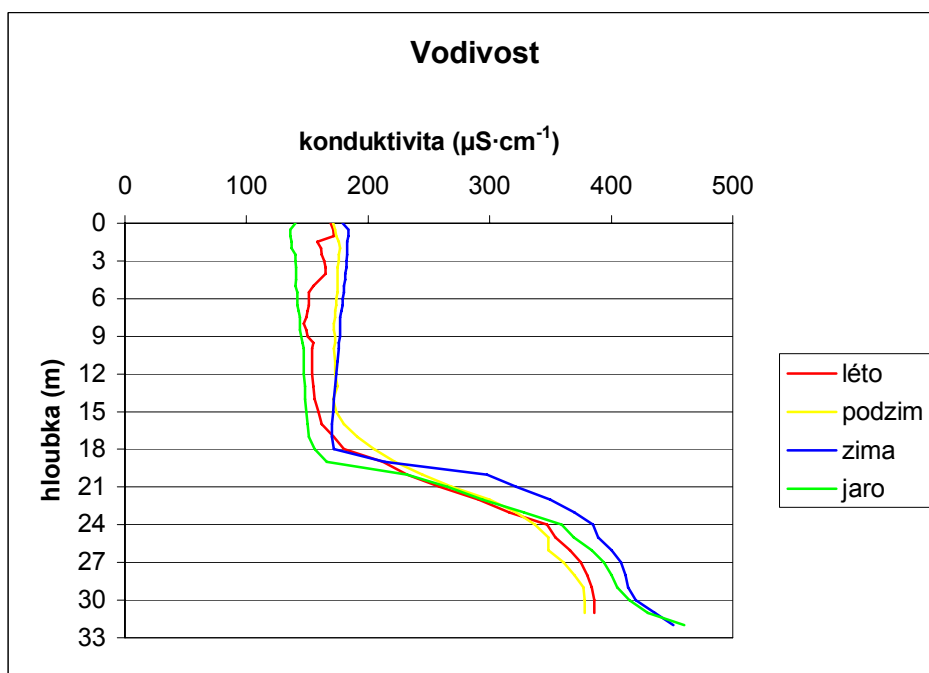
Jezero v žulovém lomu u Hlinska						
měření	datum	čas	oblačnost	vítr	teplota (°C)	jiné
léto	3.7.2003	10:00	polojasno	slabý	21,2	
podzim	17.10.2003	10:30	jasno	bezvětří	8,6	
zima	14.1.2004	11:00	oblačno	čerstvý	0,4	led 12 cm
jaro	22.4.2004	15:30	jasno	bezvětří	23	

Tab. 14: Termíny a podmínky měření na lokalitě Srní u Hlinska

Podíváme-li se u tohoto na svou velikost velmi hlubokého jezera na graf průběhu vodivosti ve vertikálním profilu, zjistíme celoroční, velmi nápadný vzestup konduktivity v hloubkách 18–21 metrů ohraničující spodní, stabilní monimolimnion. Podobně jako tomu bylo v případě jezera v kaolinovém dole 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. Skutečnost, že se jedná o velmi hluboké jezero s poměrně malou hladinovou plochou dokazuje i značná setrvačnost v ochlazování vody v druhé polovině roku, kdy průběh teploty vody z podzimního měření stále nese četné znaky letního zvrstvení.



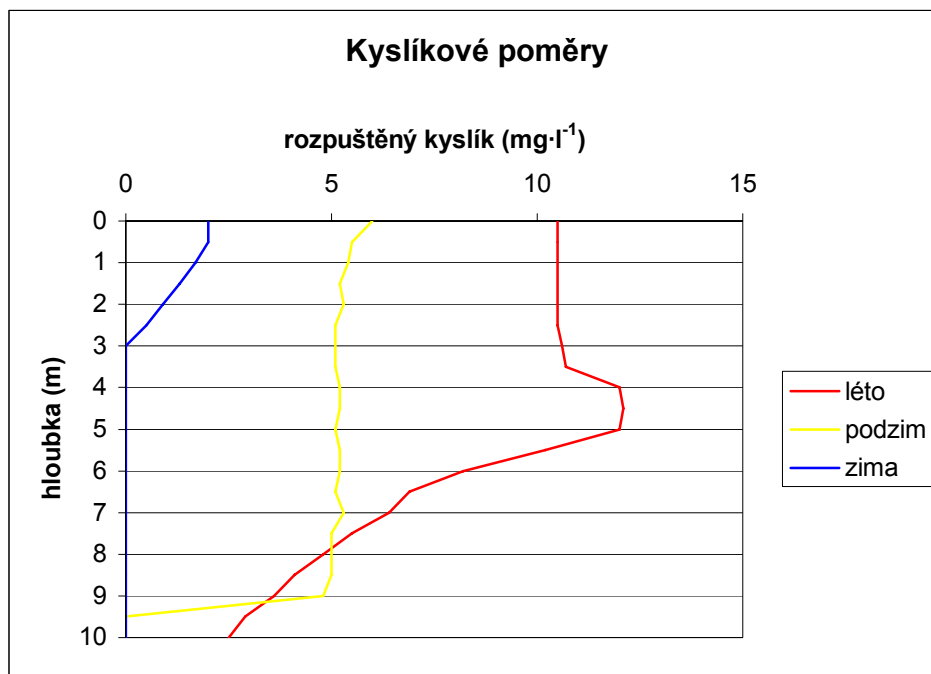
Graf 50: Průběh teploty ve vodním sloupci na lokalitě Srní u Hlinska



Graf 51: Průběh vodivosti ve vodním sloupci na lokalitě Srní u Hlinska

U kyslíkových poměrů je zajímavé náhlé vymizení kyslíku již v hloubce 3 metry pod hladinou, stejně tak jako náhlý pokles rozpuštěného kyslíku u podzimního profilu v hloubce 9 metrů v porovnání s poklesem teploty v obdobné hloubce. Na obsah rozpuštěného kyslíku

zde tedy neměla zásadní vliv teplota, ale patrně spotřeba kyslíku nahromaděnými mikroorganismy. Jarní profil nebyl změřen z důvodu poruchy měřicího přístroje.



Graf 52: Průběh kyslíku ve vodním sloupci na lokalitě Srní u Hlinska

V průběhu roku byla na lokalitě naměřena proměnlivá průhlednost vody kolem 3,5 metru. Stejně se měnilo i zbarvení vody sahající od modrozelené po žlutou podle odstínů Forel- Uleovy stupnice.

	léto	podzim	zima	jaro
průhlednost (m)	2,9	5,5	4	3,5
barva FU	8	13	10	14

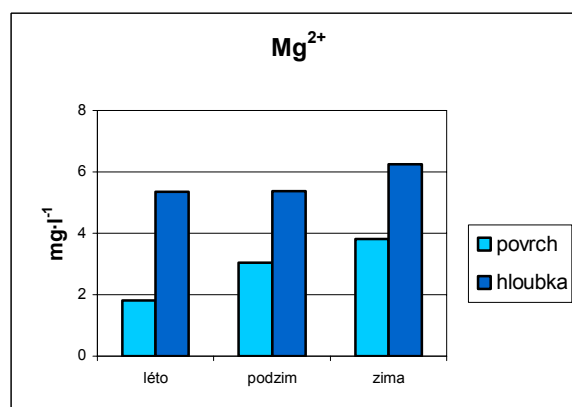
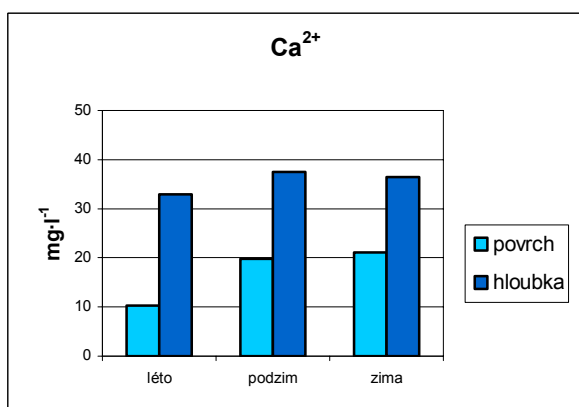
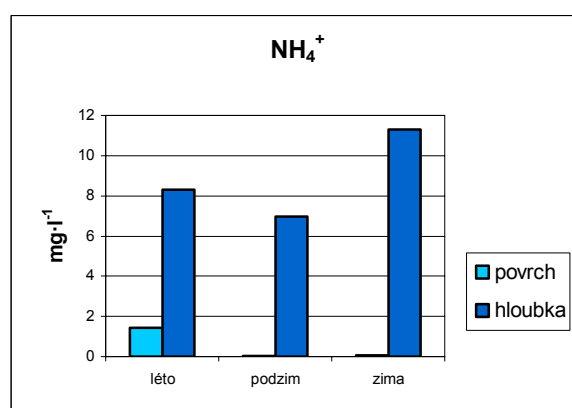
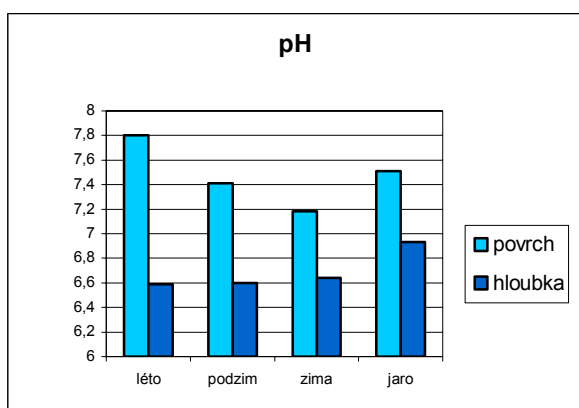
Tab. 15: Průhlednost a zbarvení vody na lokalitě Srní u Hlinska

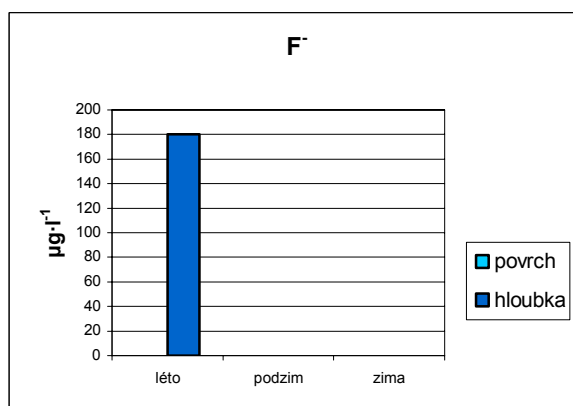
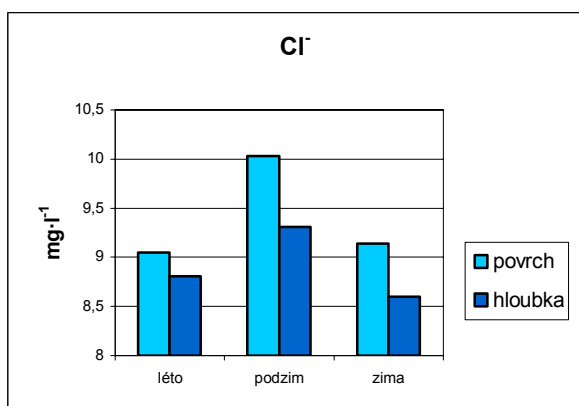
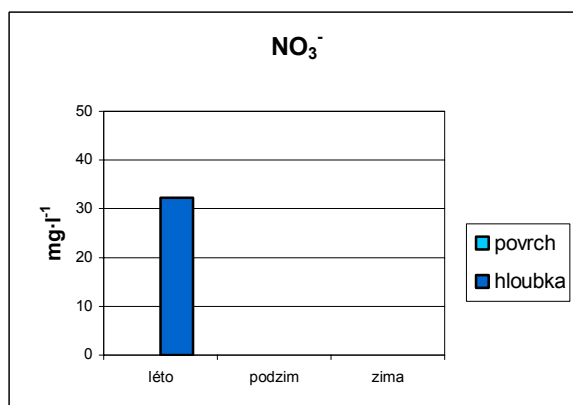
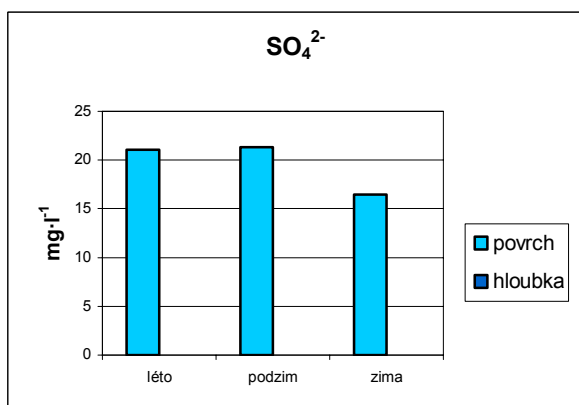
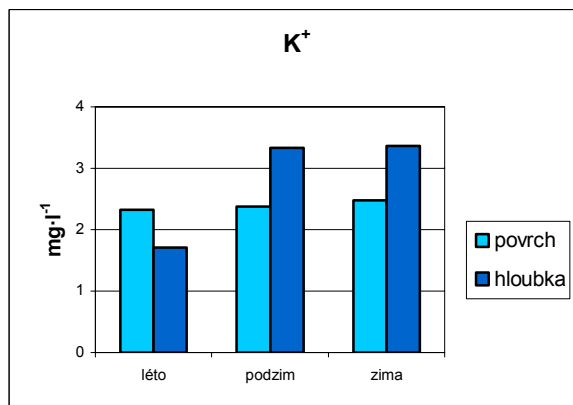
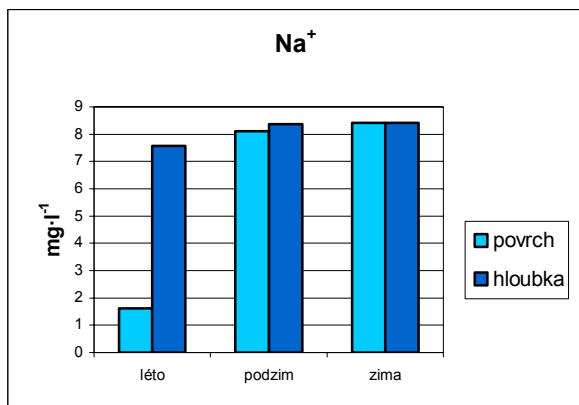
7.5.4. Chemismus jezerní vody

Podobně jako tomu bylo u jezera v kaolinovém dolu u Karlových Varů, i zde je výrazně vyvinut stabilní monimolimnion s promícháváním vody pouze do určité hloubky. Anoxické prostředí při dně jezera potvrzují vysoké koncentrace amonných iontů vznikající rozkladem organických látek (v jezeře je poměrně hojná medúzka sladkovodní), které dvacetinásobně

převyšují normu na pitnou vodu. Nadlimitní byla i koncentrace v přípovrchové vrstvě z letního odběru, způsobená patrně opět zvýšenou rekreační zátěží s přispěním produktů zrychlených metabolických procesů vodních organismů. 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. Jelikož bylo jezero součástí areálu Sběrných surovin, byla by jistě zajímavá bilance iontů železa. Hodnota pH se u hladiny pohybuje v průměru okolo 7,9.

Bez rozumnějšího vysvětlení však zůstává náhlé zvýšení koncentrace dusičnanů v hlubinném vzorku letního odběru, které by vzhledem k anoxickému prostředí (nulová koncentrace síranů) mělo být rovněž blízké nule a je tedy možné předpokládat, že zde došlo k chybnému stanovení. Podobně jako u jezera na lokalitě Lom u Litvínova byla i zde zjištěna měřitelná koncentrace fluoru, která je však hluboko pod terapeuticky využitelným limitem.





Graf 53-62: Koncentrace rozpuštěných iontů na lokalitě Srní u Hlinska

7.5.5. Potenciální využití jezera

Jezero v žulovém lomu u Hlinska je vzhledem k nadprůměrné kvalitě vody, výhodné poloze v zázemí města a dobré přístupnosti vyhledávanou rekreačně-sportovní lokalitou. Přes 30 metrů hloubky a zajímavá historie (dříve pozemek Kovošrotu) z něj činí poměrně významnou potápěčskou lokalitu. Kolem roku 2000 byly na březích jezera kvůli lepšímu přístupu a zvýšení kvality vody vykáceny husté náletové porosty.

Z výsledků chemických rozborů vody vyplývá, že se na první pohled jedná o jezero s podobnými vlastnostmi, jako je tomu v případě kaolinového dolu u Karlových Varů. Jedná se o velmi hluboké jezero, u kterého nedochází k pravidelné cirkulaci vody a v anoxickém prostředí tak dochází k prudkému nárůstu amonných iontů, takže voda z hlubších vrstev značně zapáchá a není jí proto možné využít k vodárenským účelům. Na druhou stranu velice slabá mineralizace mixolimnionu, nízký obsah nerozpuštěných látek a dostatečná rozloha umožňují potenciální využití povrchové vody pro jiné, různorodé účely, jako je tomu v případě hnědouhelného dolu u Litvínova (například budoucí lokální průmysl na pozemku bývalých Sběrných surovin). Další rozvoj rekreace by měl patrně vliv na výskyt zajímavé a v Česku poměrně vzácné medúzky sladkovodní.



Foto 53: Letecký snímek zatopeného žulového lomu u Srní u Hlinska (VGHÚř Dobruška)



Foto 54: Celkový pohled na lokalitu žulového lomu u Srní u Hlinska



Foto 55: Předběžný průzkum jezera při prvotním hledání vhodné lokality



Foto 56: Doprovodné břehové porosty tvoří chudé březové porosty s vtroušenou borovicí

8. SHRnutí

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 (značná maximální hloubka), které v případě lokalit Čankov u Karlových Varů a Srní u Hlinska brání lepší cirkulaci a okysličení jezerní vody. Tento jev 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).

Následující srovnávací tabulka shrnuje nejneprůzračnější ukazatele chemismu povrchové vody naměřené na lokalitách za celou dobu pozorování a srovnává je s kvalitativní normou na pitnou vodu [45].

ukazatel	hnědé uhlí	kaolin	písek	vápenec	žula	pitná voda (limit)	jednotky
vodivost (25°C)	518	796	679	430	201	2500	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$
pH	7,89	7,53	7,9	8,26	7,8	6,5-9,5	-
NH_4^+	3,74	0,02	3,24	0,02	1,42	0,5	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$
Ca^{2+}	42,54	79,17	88,52	55,48	21,07	30 (min.)	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$
Mg^{2+}	22,19	37,89	13,64	16,88	3,82	10 (min.)	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$
Na^+	22,51	44,16	28,03	3,2	8,42	200	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$
SO_4^{2-}	87,92	157,79	94,23	88,45	21,33	250	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$
NO_3^-	5,86	2,92	5,37	4,91	0	50	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$
Cl^-	32,42	27,51	46,52	10,59	10,03	100	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$

Tab. 16: Porovnání nejvíce nepříznivých ukazatelů chemismu povrchové vody naměřených na lokalitách za celou dobu pozorování s normou na pitnou vodu

Jako nevyhovující se zde ukázaly pouze nadlimitní hodnoty amonných iontů, které byly naměřeny na třech lokalitách v letních odběrech a jsou patrně následkem 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 lokality Amerika u Berouna a Lom u Litvínova, přičemž na lokalitě u Litvínova by muselo dojít k zabezpečení jezera před nežádoucím vlivem rekreace. Minerálně nejvíce chudá voda na lokalitě Srní u Hlinska pak předurčuje potenciální využití přívodových 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 na tom je 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 kamenáče) a Srní u Hlinska (naleziště medůzky sladkovodní).

Porovnáme-li hodnoty z tabulky č. 16 s hodnotami pro jakost povrchových vod [46], většina ukazatelů pak spadne do tříd čistoty 1 a 2 s výjimkou koncentrace síranových iontů a vodivosti na lokalitě Čankov u Karlových Varů (třída 3) a koncentrací amonných iontů na lokalitách Lom u Litvínova, Březhrad u Hradce Králové a Srní u Hlinska (třídy 3 a 4).

Je však nutné podotknout, že veškeré úvahy o potenciálním využití výše zmíněných lokalit jsou založeny pouze na posouzení základních fyzikálně-chemických vlastností vody, které by měl v případě definitivního posouzení doplnit chemický rozbor na organické látky a těžké kovy a především rozbor mikrobiologický, který je z vodárenského hlediska naprosto nepostradatelný. Výsledky morfometrických a fyzikálně-chemických měření by se v blízké budoucnosti měly u jednotlivých lokalit objevit na místních informačních tabulích, aby tak v nejednom případě rozkryly mnohá tajemství a polopravdy obestírající jezera vzniklá po těžbě nerostných surovin.

9. ZÁVĚR

Výsledky této práce dokumentují rozmanitost pěti vybraných jezer antropogenního původu, která se svými základními morfometrickými parametry od sebe příliš neliší. V České republice však existuje několik set podobných jezer skrývajících v sobě ohromný potenciál, který se člověk může v budoucnosti naučit efektivně využívat. Jak bylo již uvedeno v první části práce, antropogenní jezera vynikají nesmírnou variabilitou, přičemž hlavní role hrají druh těžené horniny, charakter nejbližšího okolí a čas, který uplynul od opuštění těžebního území. Některá jezera se díky již historické těžbě stala chráněnými územími s refugii pro nejrůznější druhy rostlin a živočichů, jiná se vlivem druhotného antropogenního ovlivnění stala prakticky bezcennými. Jsou zde ale desítky dalších, převážně mladších opuštěných těžeben s nadstandardní kvalitou vody, jejichž využití pouze jako lokalit

příležitostné rekreace a sportovního rybaření by byla jistě škoda. Příkladem tak mohou být opuštěné štěrkovny na jižní Moravě, které se staly důležitými nádržemi na pitnou vodu. Takovéto využití jezer antropogenního původu je patrně nejprogressivnějším řešením vůbec, neboť kvalitní pitné vody nebude v budoucnosti nikdy dostatek a jako náhradní zdroje místního zásobování mají jistě své opodstatnění. Pro uchování stávajících kvalitativních parametrů si však tato jezera zaslouží status předběžné prevence a ochrany před rušivými účinky okolí, kterých je v současnosti velmi mnoho. Spíše zajímavostí je pak skupina jezer vzniklých v souvislosti s těžbou specifických nerostných surovin s unikátními vlastnostmi vody, která jsou dnes většinou zajímavými, přírodně-technickými památkami.

Postihnout onu nesmírnou rozmanitost jezer antropogenního původu v sobě skýtá jistý příslib do budoucna, stejně tak jako prezentace výsledků v Atlasu jezer České republiky, který by měl svou osvětou přispět k veřejnému povědomí o nedílné součásti naší krajiny, kterou přírodní i antropogenní jezera určitě jsou.



10. SEZNAMY A PŘÍLOHY

Seznam použité literatury

1. DAVID, P., SOUKUP, V. (1999): *999 turistických zajímavostí ČR*. Kartografie, Praha, 392 s.
2. GABRIELOVÁ, I. (1996): *Kamencové jezero*. Diplomová práce, PřF UK, Praha, 286 s.
3. HRDINKA, T., JANSKÝ, B., ŠOBR, M. (2003): *Genetická klasifikace jezer České republiky*, s. 12–23. In: JANSKÝ, B., ŠOBR, M. a kol.: *Jezera České republiky*. PřF UK, katedra fyzické geografie a geoekologie, Praha, 216 s.
4. HRDINKA, T. (2002): *Genetická klasifikace a geografické rozmístění jezer České republiky se zaměřením na antropogenní jezera*. Ročníková práce, PřF UK, Praha, 31 s.
5. HROMAS, J., KUČERA, B., SKŘIVÁNEK, F. (1981): *Jeskyně a propasti v Československu*. Academia, Praha, 252 s.
6. CHYBÍK, J., NOVÁK, V., NOVOTNÁ, M., ZAHŘÁDKOVÁ, A., ŽELEZNÝ, M. (1963): *Zpráva k výpočtu zásob silničních a stavebních vápenců lokality Mořina. Železnorudné doly a hrudkovny, Nučice*.
7. JANSKÝ, B., ŠOBR, M. a kol. (2003): *Jezera České republiky*. Katedra fyzické geografie a geoekologie PřF UK, Praha, 216 s.
8. JANSKÝ, B. (2003): *Mladotické jezero – vývoj jezerní pánve*. Geomorfologický sborník 2, ČAG, Západočeská univerzita, Plzeň, s. 87–93.
9. JANSKÝ, B. (1996): *Mladotické jezero – jedinečný přírodní výtvar*. Geografické rozhledy, 5, č. 3, Česká geografická společnost, Praha, s. 87–88.
10. JANSKÝ, B. (1996): *Tradice geografických výzkumů jezer na Karlově univerzitě*. Geografie, Sborník ČGS, 101, č.1, Academia, Praha, s. 59–63.
11. JANSKÝ, B. (1975): *Mladotické hrazené jezero*. Rigorózní práce, PřF UK, Praha, 96 s.
12. KESTŘÁNEK, J. a kol. (1984): *Vodní toky a nádrže*. Zeměpisný lexikon ČSR, Academia, Praha, 316 s.
13. KOCHÁNEK, L. (1976): *1000 československých rekordů*. Olympia, Praha, 187 s.
14. KROTIK, K. a kol. (2001): *Lomy Mořina 1891–2001*. Lomy Mořina, Mořina, 60 s.
15. KŘÍŽ, V. (1999): *Vodní nádrže a jezera České republiky*. Tematický sešit, zeměpis. Atelier Milata, Ostrava, 32 s.
16. KUKLÍK, K., HRBÁČEK, J. (1984): *České a moravské rybníky*. Pressfoto ČTK, Praha, 83 s.

17. KUNSKÝ, J. (1933): *Zalednění Šumavy a šumavská jezera*. Sborník ČZS, 39, Praha, s. 1–6, 33–40.
18. KVĚTOŇ, V. (2001): *Normály teplot vzduchu na území ČR v období 1961–1990*. Národní klimatický program ČR, Praha, 197 s.
19. LELLÁK, J., KUBÍČEK, F. (1992): *Hydrobiologie*. Karolinum, Praha, 260 s.
20. MACHÁČEK, V., OPAVSKÁ, I. (1965): *Výpočet prognózních zásob kaolinu u Otovic*. Ústřední ústav geologický, Praha.
21. MANDÁK, F. (1981): *Šumavská jezera*. Šumava, 9, č. 15, Správa NP a CHKO Šumava, Vimperk, s. 5–8.
22. 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.
23. NETOPIIL, R. a kol. (1984): *Fyzická geografie I*. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 273 s.
24. POŠTA, P. (2002): *Organogenní jezera v České republice se zaměřením na jezera vrchovištního typu*. Ročníková práce, PřF UK, Praha, 51 s.
25. ŠOBR, M. (1999): *Jezero Laka*. Diplomová práce, PřF UK, Praha, 89 s.
26. ŠTĚRBOVÁ, I. (1987): *Rybníkářství v Třeboňské pánvi*. Diplomová práce. PřF UK, Praha, 106 s.
27. ŠTÝS, S. a kol. (1981): *Rekultivace území postižených těžbou nerostných surovin*. SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha, 680 s.
28. ŠVAMBERA, V. (1939): *Jezera na české straně Šumavy*. Sborník ČZS, 45, Praha, s. 15–23.
29. VODIČKA, J. (1959): *Geologický a petrografický výzkum východní části nasavrckého plutonu v Železných horách*. Ústřední ústav geologický, Praha.
30. VRÁNEK, T. (1999): *Plešné jezero*. Diplomová práce, PřF UK, Praha, 96 s.
31. WETZEL, R. G. (2001): *Limnology*. Academic Press, San Diego, 1006 s.
32. ZBOŘIL, A. (1994): *Prášílské jezero*. Diplomová práce, PřF UK, Praha, 91 s.
33. Chráněná území přírody. Shokart, Zlín, 1999.
34. Ilustrovaný encyklopedický slovník ve třech svazcích. Academia, Praha, 1980.

35. Inventarizace ložisek stavebních nerostných surovin na listu mapy M–33–68B. Geofond, 1968.
36. Letecké snímky 1993–2002. VGHÚř Dobruška.
37. Podnebí ČSSR – tabulky. Hydrometeorologický ústav, Praha, 1961, 379 s.
38. Průzkum ložiska granodioritu – 1960 Srní. Geologický průzkum, Brno, 1961.
39. Rámcová směrnice Evropského společenství o vodní politice 2000/60/ES ze dne 23. 10. 2000.
40. Soubor geologických map 1 : 50 000. Český geologický ústav, Praha, 1986–1999.
41. Soubor turistických map 1 : 50 000. Edice Klubu českých turistů, Vojenský kartografický ústav, Harmanec, 1995–2001.
42. Turistický průvodce ČSSR – Šumava. Olympia, Praha, 1986, 379 s.
43. Všeobecná encyklopedie Diderot v osmi svazcích. Diderot, Praha, 1999.
44. www.ecmost.cz/ver_cz/voda/koupani/vyhlaska.htm (vyhláška MZ č. 464/2000 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na koupaliště, sauny a hygienické limity venkovních hracích ploch)
45. www.ecmost.cz/ver_cz/voda/pitna_voda/vyhlaska.htm (vyhláška MZ č. 376/2000 Sb., kterou se stanoví požadavky na pitnou vodu a rozsah a četnost její kontroly)
46. www.monet.cz/zp/rocnk98/kap_021.htm (hodnocení jakosti vody podle ČSN 75 7221 Klasifikace jakosti povrchových vod)
47. www.stranypotapecke.cz (potápěčské stránky s odkazy na zatopené lomy v ČR)

Seznam fotografií

Foto 1: Jezero v hnědouhelném dole Barbora u Teplic	2
Foto 2: Plešné jezero na Šumavě se žulovými balvany	8
Foto 3: Mechové jezírko – jediné ledovcové jezero na české straně Krkonoš (foto M. Šobr) ..	8
Foto 4: Opuštěný meandr Labičko s rákosem a vodním ptactvem u Čelákovic.....	10
Foto 5: Eutrofizace vod opuštěného meandru Dyje u Lanžhota.....	11
Foto 6: Jezírko na dně Hranické propasti u Teplic nad Bečvou	12
Foto 7: Soustava jezírek hrazených potočními travertiny na Bubovickém potoce.....	13
Foto 8: Pohled z hráze na Mladotické jezero u Odlezel	14
Foto 9: Jezírko v sesuvu na území PR Březina v Českém Středohoří (foto J. Česák).....	15
Foto 10: Rašelinné jezírko s porosty kleče v NPR Velké Jeřábí jezero v Krušných horách ..	17
Foto 11: Soustava rašelinných jezírek na Blatenské slati na Šumavě	17
Foto 12: Rekreační jezero vzniklé po těžbě glaciáluviálních štěrkopísků u Písečné	24
Foto 13: Soustava zatopených těžeben u Ostrožské Nové Vsi (VGHÚř Dobruška).....	24
Foto 14: Vodárenská nádrž na místě bývalé těžby štěrkopísků u Ostrožské Nové Vsi.....	25

Foto 15: Jezero v kaolinovém dolu u Božičan poblíž Chodova u Karlových Varů	26
Foto 16: Soustava jezer po historické těžbě kaolinu u Horní Břízy (VGHÚř Dobruška)	26
Foto 17: Jezero ve starém kaolinovém dolu v polesí Tok u Horní Břízy	27
Foto 18: Rekreační jezero v hnědouhelném dolu Barbora u Oldřichova poblíž Teplic	28
Foto 19: Jezero na výsypce dolu Vilém u Svatavy poblíž Sokolova	29
Foto 20: Soustava jezer je součástí rozsáhlé rekultivace Hornojřetínské výsypky (Dobruš.)	29
Foto 21: Kaliště Chemopetrolu Litvínov u Braňan s patrnou skvrnou hydrokalu	30
Foto 22: Rekreační jezero po těžbě droby u Veselíčka u Lipníka nad Bečvou	32
Foto 23: Jezero v opuštěném lomu na pokrývačskou břidlici	32
Foto 24: Rekreační jezero ve vápencovém lomu Jasenice u Valašského Meziříčí	32
Foto 25: Rekreační jezírko v žulovém lomu u Černé Vody poblíž Žulové	34
Foto 26: Antropogenní jezera v žulových lomech poblíž Žulové (VGHÚř Dobruška)	34
Foto 27: Eutrofizovaná voda jezírka ve starém Teletínském lomu poblíž Štěchovic	35
Foto 28: Kalné jezírko po těžbě hlíny u Zruče poblíž Třemošné využité k chovu ryb	36
Foto 29: Rekreační jezero v cihelně u Ratiškovíc poblíž Hodonína	36
Foto 30: Rekreační velmi přetížené Kamencové jezero u Chomutova	38
Foto 31: Načervenalá voda v Hromnickém jezírku po těžbě vitriolové břidlice u H. Břízy ..	39
Foto 32: Pozvolna zarůstající jezírko v galenitovém lomu u Jestřabí poblíž Fulneku	40
Foto 33: Koupaliště v sádrovcovém lomu při severním okraji Opavy	40
Foto 34: Měření polygonu totální stanicí Leica na lokalitě Amerika u Berouna	46
Foto 35: Měření hloubek echolotem Garmin na lokalitě Srní u Hlinska	46
Foto 36: Přístroje používané k měření fyzikálních vlastností	48
Foto 37: Zimní měření vodivosti na lokalitě Amerika u Berouna	48
Foto 38: Zimní odběr hlubinné vody k chemickému rozboru (lokalita Amerika u Berouna)	49
Foto 39: Letecký snímek zatopeného hnědouhelného dolu v Lomu u Litvínova (Dobruš.) ..	61
Foto 40: Celkový pohled na jezero v lokalitě Litvínov s detailem průzračnosti vody	62
Foto 41: Výchoz hnědouhelné sloje na jihozápadním břehu jezera	62
Foto 42: Přístupová část jezera tvořená hrubozrnnými stěrkopísky	63
Foto 43: Letecký snímek zatopeného kaolinového dolu u Čankova u Karlových Varů (D.) ..	73
Foto 44: Celkový pohled na zatopený kaolinový důl v lokalitě Čankov u Karlových Varů ..	73
Foto 45: V popředí snímku nepatrný přítok z horního jezírka do hlavního jezera	74
Foto 46: Celkový pohled na zatopený pískový důl u Březhradu u Hradce Králové	83
Foto 47: Přístupovou část tvoří holý štěrkopískový podklad, břehy lemují četné rákosiny ...	84
Foto 48: Letecký snímek zatopeného pískového dolu u Březhradu u Hradce Králové (D.) ..	84
Foto 49: Převážně holé břehy jezera osídlené sporadickými keříky a stromy	93
Foto 50: Letecký snímek vápencového lomu Velká Amerika u Mořiny u Berouna	94
Foto 51: Celkový pohled na zatopený vápencový lom Amerika	94
Foto 52: Mimořádná průhlednost vody oligotrofního jezera	95
Foto 53: Letecký snímek zatopeného žulového lomu u Srní u Hlinska (VGHÚř Dobruš.) ..	104
Foto 54: Celkový pohled na lokalitu žulového lomu u Srní u Hlinska	105
Foto 55: Předběžný průzkum jezera při prvotním hledání vhodné lokality	105
Foto 56: Doprovodné břehové porosty tvoří chudé březové porosty s borovicí	106
Foto 57: Pohled ze štoly na jezero ve vápencovém lomu Velká Amerika u Berouna	109

Seznam obrázků

Obr. 1: Bodové pole lokality Litvínov určené k interpolaci	47
Obr. 2: Forel-Uleova stupnice barev	48
Obr. 3: Okolí lokality Lom u Litvínova ve výřezu topografické mapy M = 1: 50 000	51

Obr. 4: Okolí lokality Lom u Litvínova ve výřezu geologické mapy 1: 50 000.....	51
Obr. 5: Bathymetrická mapa jezera v hnědouhelném dole u Lomu u Litvínova.....	53
Obr. 6: Okolí lokality Čankov u Karl. Varů ve výřezu topografické mapy M = 1: 50 000....	64
Obr. 7: Okolí lokality Čankov u Karl. Varů ve výřezu geologické mapy 1: 50 000.....	64
Obr. 8: Bathymetrická mapa jezera v kaolinovém dole u Čankova u Karlových Varů.....	66
Obr. 9: Okolí lokality Březhrad u Hr. Král. ve výřezu topografické mapy M = 1: 50 000....	75
Obr. 10: Okolí lokality Březhrad u Hradce Králové ve výřezu geologické mapy 1: 50 000..	75
Obr. 11: Bathymetrická mapa jezera v pískovém dole u Březhradu u Hradce Králové.....	77
Obr. 12: Okolí lokality Amerika u Berouna ve výřezu topografické mapy M = 1: 50 000....	85
Obr. 13: Okolí lokality Amerika u Berouna ve výřezu geologické mapy 1: 50 000.....	85
Obr. 14: Bathymetrická mapa jezera ve vápencovém lomu u Mořiny u Berouna.....	87
Obr. 15: Okolí lokality Srní u Hlinska ve výřezu topografické mapy M = 1: 50 000.....	96
Obr. 16: Okolí lokality Srní u Hlinska ve výřezu geologické mapy 1: 50 000.....	96
Obr. 17: Bathymetrická mapa jezera v žulovém lomu u Srní u Hlinska.....	98

Seznam grafů

Graf 1: Průběh teploty ve vodním sloupci na lokalitě Lom u Litvínova.....	55
Graf 2: Průběh vodivosti ve vodním sloupci na lokalitě Lom u Litvínova.....	55
Graf 3: Průběh kyslíku ve vodním sloupci na lokalitě Lom u Karlových varů.....	57
Graf 4-13: Vývoj koncentrace rozpuštěných iontů na lokalitě Lom u Litvínova.....	60
Graf 14: Průběh teploty ve vodním sloupci na lokalitě Čankov u Karlových Varů.....	68
Graf 15: Průběh vodivosti ve vodním sloupci na lokalitě Čankov u Karlových Varů.....	68
Graf 16: Průběh kyslíku ve vodním sloupci na lokalitě Čankov u Karlových Varů.....	69
Graf 17-25: Koncentrace rozpuštěných iontů na lokalitě Čankov u Karlových Varů.....	72
Graf 26: Průběh teploty ve vodním sloupci na lokalitě Březhrad u Hradce Králové.....	78
Graf 27: Průběh vodivosti ve vodním sloupci na lokalitě Březhrad u Hradce Králové.....	79
Graf 28: Průběh kyslíku ve vodním sloupci na lokalitě Březhrad u Hradce Králové.....	80
Graf 29-37: Koncentrace rozpuštěných iontů na lokalitě Březhrad u Hradce Králové.....	82
Graf 38: Průběh teploty ve vodním sloupci na lokalitě Amerika u Berouna.....	88
Graf 39: Průběh vodivosti ve vodním sloupci na lokalitě Amerika u Berouna.....	89
Graf 40: Průběh kyslíku ve vodním sloupci na lokalitě Amerika u Berouna.....	90
Graf 41-49: Koncentrace rozpuštěných iontů na lokalitě Amerika u Berouna.....	92
Graf 50: Průběh teploty ve vodním sloupci na lokalitě Srní u Hlinska.....	100
Graf 51: Průběh vodivosti ve vodním sloupci na lokalitě Srní u Hlinska.....	100
Graf 52: Průběh kyslíku ve vodním sloupci na lokalitě Srní u Hlinska.....	101
Graf 53-62: Koncentrace rozpuštěných iontů na lokalitě Srní u Hlinska.....	103

Seznam tabulek

Tab. 1: Základní morfometrické charakteristiky jezera v hnědouhelném dole u Litvínova...	52
Tab. 2: Termíny a podmínky měření na lokalitě Lom u Litvínova.....	54
Tab. 3: Průhlednost a zabarvení vody na lokalitě Lom u Litvínova.....	57
Tab. 4: Základní morfometrické charakteristiky jezera v kaolinovém dole u Karl. Varů.....	65
Tab. 5: Termíny a podmínky měření na lokalitě Čankov u Karlových Varů.....	67
Tab. 6: Průhlednost a zabarvení vody na lokalitě Čankov u Karlových Varů.....	70
Tab. 7: Základní morfometrické charakteristiky jezera v pískovém dole u Hr. Králové.....	76
Tab. 8: Termíny a podmínky měření na lokalitě Březhrad u Hradce Králové.....	78
Tab. 9: Průhlednost a zabarvení vody na lokalitě Březhrad u Hradce Králové.....	80

Tab. 10: Základní morfometrické charakteristiky jezera ve vápencovém lomu u Berouna ...	86
Tab. 11: Termíny a podmínky měření na lokalitě Amerika u Berouna	88
Tab. 12: Průhlednost a zbarvení vody na lokalitě Amerika u Berouna	90
Tab. 13: Základní morfometrické charakteristiky jezera v žulovém lomu u Hlinska	97
Tab. 14: Termíny a podmínky měření na lokalitě Srní u Hlinska	99
Tab. 15: Průhlednost a zbarvení vody na lokalitě Srní u Hlinska	101
Tab. 16: Porovnání ukazatelů chemismu povrchové vody s normou na pitnou vodu	107