

Bakalářská práce Biologické fakulty
Jihočeské univerzity České Budějovice

Rozsivky v bentosu Šumavských jezer

MAREK HARTYCH

vedoucí práce: RNDr. Jaromír Lukavský

rok vypracování: 1996



Prohlašuji, že jsem uvedenou práci vypracoval samostatně,
pouze s použitím uvedené literatury.

16. května 1996

Jaruz Hartych

Obsah :	Úvod	1
	Geologie	2
	Geomorfologický vývoj	2
	Původ jezer	2
	Podnebí	3
	Teplota	3
	Srážky	4
	Hydrochemie	4
	Řasy	5
	Lokality	5
	Metody a materiál	6
	Výsledky a diskuze	7
	Soupis druhů	8
	Literatura	9

Příloha

Tabule I	12
Tabule II	13
Tabule III	14
Tabule IV	15
Tabule V	16
Tabule VI	17
Mapa a lokality	18
Přehled druhů v jednotlivých jezerech	19
Podnebí	21
Chemismus	22

Úvod

Šumavská příroda je beze sporu jedním z nejrozsáhlejších a nejzachovalejších ekosystémů na území České republiky. Má osobitý ráz a je rozčleněna na řadu širokých hřbetů s plochými temeny. Celé její území bylo modelováno pleistocénními ledovci, jejichž pozůstatkem jsou glaciální jezera. Šumava je souvisle zalesněna, hlavní dřevinou je smrk, přirozené smrkové a bukové porosty se však vyskytují ojediněle (Žofínský prales a Boubín). Dnešní smrkové porosty pocházejí z 18. a 19. století a byly uměle vysazeny (Chábera 1987).

Pro svou jedinečnost byla Šumava již roku 1963 (27.12.) vyhlášena Chráněnou krajinnou oblastí o rozloze 1630 km². O necelých 30 let později (20.3.1991) byl nařízením vlády zřízen na území stávající CHKO národní park Šumava s rozlohou 685,2 km². Po vyhlášení této oblasti za biosférickou rezervaci UNESCO a po navázání užší spolupráce se správou národního parku Bavorský les (SRN), se Národní park Šumava zařadil mezi nejznámější bilaterální velkoplošná chráněná území v Evropě. Mezi perly šumavské přírody patří perlorodka říční, rak kamenáč, myšivka horská, kos horský, rys ostrovid, borovice blatka, bříza zakrslá a vrba borůvková; ze vzácných ekosystémů pak zbytky původních porostů (pralesy), slatě a glaciální jezera.

Ta na sebe opět upozornila poté, co se ukázalo, že v důsledku lidské činnosti dochází k acidifikaci sladkovodních ekosystémů (Likens & Bormann 1974; Wright & Henriksen 1978; Psenner & Catal 1994). Proces acidifikace se tak stal hlavním faktorem ovlivňujícím, a dokonce určujícím, kvalitu vody a tím i biotickou složku jezerních ekosystémů (Henriksen 1980; Charles et al. 1989). Pokusy s umělou acidifikací jezer ukázaly (Schindler et al. 1985; Brezonik et al. 1993), že změna chemismu je doprovázena změnou v druhovém složení fytoplanktonu a zooplanktonu, což je doloženo i z přehledných studií týkajících se jezer, které se nacházejí v regionech s vysokou hodnotou kyselých depozic (Schindler 1988, 1994). Podobné změny jsou též doloženy z území bývalého Československa, a to jak z Vysokých Tater, tak i ze Šumavy (Stuchlík et al. 1985; Fott et al. 1987, 1992, 1994; Lukavský 1994). Dopad lidské činnosti na kvalitu vod a biotickou složku šumavských jezer je dobře dokumentován díky více jak stoleté tradici limnologických výzkumů v této oblasti. Acidifikace jezer, doprovázená poklesem pH, začala v šedesátých letech (Fott et al. 1987; Veselý & Majer 1992). Dnes jsou jezera bez ryb a až na jedno jezero též bez metazooplanktonu. Změny v složení zooplanktonu a rozsivkových seskupení (ovlivněné změnou pH) a změny v rychlosti depozice těžkých kovů jsou dobře doloženy z výzkumu jezerních sedimentů (Schmidt et al. 1993; Veselý et al. 1993; Pražáková & Fott 1994). Během posledních dvou dekad probíhá na Šumavě intenzivní hydrobiologický výzkum, který přináší nové informace především o změnách v chemismu jezer (Veselý & Majer 1992; Fott et al. 1994; Kopáček et al. 1995). Bohužel, do současné doby chybí souborná práce, která by se zabývala druhovým složením rozsivek v jezerech Šumavy a Bavorského lesa, i když je prokázáno, že jsou důležitou fotosyntetizující složkou těchto narušených ekosystémů.

Cílem mé práce je doplnit naše znalosti šumavských jezer o přehlednou studii rozsivkových společenstev. Soupis druhů je nezbytným základem pro navazující hodnocení druhové diverzity. Druhým cílem je přinést co nejucelenější přehled znalostí týkající se jezer Šumavy a Bavorského lesa.

Geologie

Šumava patří k jižní části Českého masívu, zvané „oblast vltavsko-dunajské elevace“ čili moldanubikum, a to jeho šumavské větvi. Je to soubor krystalických břidlic, metamorfovaných většinou hlubinně a zčásti středohlubinně. Na bavorské straně se šumavské moldanubikum noří podél tektonických linií pod alpské vnější flyšové pásmo.

Moldanubické horniny tvoří zhruba tři série geosynklinálních usazenin. Nejstarší, hlubinná, se nazývá jednotvárná série. Má největší plošnou rozlohu a tloušťku asi 1 km. Hlavní horninou této vrstvy jsou břidličnaté pararuly, středně zrnité, slabě migmatické, s vložkami vápenců, erlanů, amfibolitů i kvarcitů. Osahují hrubozrnější arteritové ruly a migmatické ortoruly. Mladší -regresní- je faciálně rozmanitější a nazývá se „pestrá série“. Osahuje biotické pararuly s kvarcitem, vápencem (ve svrchní části), erlany, grafity, amfibolity (na spodu) a ortorulami. Nejmladší -svorová série- má flyšovou podobu, obsahuje svorové ruly a svory. Hranice mezi sériemi jsou jednak neostře, jednak tektonické (Kunský 1968).

Geomorfologický vývoj

Geomorfologický vývoj Šumavy započal v křídě na okrajové části české paroviny mezi alpskou geosynklinou a sníženinami jezer vznikajících Jihočeských kotlin. Odvodňování většiny území však směřovalo k jihovýchodu, nejspíše horní Vltavou a souběžnými toky. Předpokládá se, že na modelování Šumavy se více podílely hloubkový výmol od obou krajů, který se podřizoval výběrově různé tvrdosti hornin, a obnovené staré a nově vzniklé saxonské poruchy. Ty jsou také hojnější v oblastech okrajových než ve vnitřní části pohoří. Jako celek byla Šumava zdvižena jak sama ve svých horopisných hranicích, tak jako účastník celkové zdviho ve tendence Českého masívu v saxonském období, která vyvrcholila nejspíše v pleistocénu. Šumava byla v starším pleistocénu periglaciální oblastí, s výjimečným karovým zaledněním několika svahových kotlinů dnes většinou jezerních. Plošně i hloubkově velké účinky na pronikavě zvětralém povrchu Šumavy měla pleistocenní solifukace a mrazové zvětrávání. Denudační obnažování vápencových složek vedlo k vývoji pootavského a krumlovského krasu, s malými povrchovými i podzemními tvary. Starší nebo pleistocenní výplně zvětralinové tento kras nezachoval ani v povrchových, ani v podzemních dutinách (Kunský 1968).

Původ jezer

Všech pět českých jezer se nachází v blízkosti jihovýchodní a jižní hranice ČR. O původu malých jezer uprostřed rozlehlých šumavských lesů v nadmořské výšce 1000 až 1100 m kolovaly dlouhou dobu pochybné až fantastické pověsti. Dokonalost a nápaditost morény u Prášílského jezera, vysoké 10 metrů, byla vysvětlována jako násep postavený starým domorodým kmenem; místní obyvatelé této pověře věřili až do druhé poloviny 19. století (Bayberger 1886). Na základě rozdílů nalezených v druhovém složení zooplanktonu usoudil

Frič, že Plešné (Plöckensteiner) a Roklanské (Rachel) jezero vzniklo za jiných okolností a v jiném čase než ostatní šumavská jezera (Frič 1873).

Souvislost mezi ledovým pokryvem a vznikem jezer byla poprvé jasně formulována Partschem (1882). Dnešní názory na zalednění jsou však převážně založeny na práci Rathsburga (1930), podle kterého se Šumava před více jak 10,000 lety nacházela v periglaciálním regionu, který ležel mezi komplexem ledovců v severní Evropě a v Alpách. Tenkrát se v nejvyšších polohách Šumavy a Bavorského lesa zformovalo celkem jedenáct svahových ledovců. Dva ledovce na svazích hory Javor (Grosse Arber) daly vznik Velkému a Malému Javorskému jezeru; další tři se podílely na formování Roklanského jezera na svahu hory Roklan (Rachel). Další ledovce vyhloubily kary pro Prášílské j., jezero Stará (Suchá) Jímka (pod horou Poledník); obdobně vznikla i ostatní jezera: Čertovo, Černé, Plešné a Laka. Délka ledovců Prášílského a Černého byla 1650 m a 1450 m, proto se délka jezer pohybovala kolem 900 metrů. Nezvyklá výška morény u Plešného jezera (40 m) se obvykle vysvětluje odlišnou distribucí valounů hrubozrné žuly v periglaciálním, zvětrávajícím povrchu. Podrobněji se studiem zalednění Šumavy zabýval Wagner (1897), Kunský (1933) a Chábera (1975, 1987).

Dna všech jezer byla vytvarována ledovci a uzavřena čelními morénami, které obsahovaly i balvany o objemu větším než 1 m³. Škvíry mezi navršeným materiálem byly postupně zaneseny jemným sedimentem, až nakonec vznikly přirozené nepropustné hráze schopné zadržet vodu a dát vznik jezerům. Činnost ledovců je patrná i dnes. Například pod Prášílským jezerem lze dobře rozpoznat ustupující morény (Kunský 1933) a ledovcové rýhy ve skalnatém podkladu (Pelíšek 1978). U čtyř jezer (Malé a Velké Javorské, Ráchelské a Plešné) byla naměřena největší hloubka v blízkosti čelních morén, kde je skalnaté podloží v kontaktu s patou morény. Na druhou stranu u dalších třech (Černé, Čertovo a Prášílské) byla max. hloubka naměřena u jezerní stěny.

Ledovcových jezer bylo původně deset, ale kar Staré jímky (1100 m.n.m., jihovýchodně od Prášílského j.) a kar na severním svahu Roklanu v nadmořské výšce 1120 m byly zaneseny mohutnou vrstvou sedimentu. Stejný osud čekal i mělké jezero Laka, proto byl sediment roku 1906 vybagrován. Toto jezero bylo podstatně menší, dříve než byla v 30-tých letech postavena hráz, jak tomu nasvědčuje velké množství pařezů v jižní části jezera (Švarnbera 1915). Úpravy a zvyšování přirozených hrází byly provedeny i u ostatních jezer.

Podnebí

Podnebí Šumavy patří k středoevropskému středohorskému typu. Má přechodný ráz mezi klimatem oceánickým (přímořským) a kontinentálním (vnitrozemským), tj. má poměrně malé roční výkyvy teploty a poměrně vysoké srážky s přibližně stejnoměrným rozložením během celého roku (Kolektiv 1958). Podle klimatického dělení České republiky náleží Šumava k chladné oblasti (mírně chladný a chladný okrsek).

Teplota

Centrální oblast Šumavy patří k nejchladnějším oblastem jižních Čech. Všechna jezera náležejí k území, které obepíná roční izoterma 4°C (průměrná teplota). Nejchladnějším měsícem je leden s průměrnou teplotou -5°C, tato teplota se většinou udrží i v únoru a ještě v březnu se průměrná teplota pohybuje pod bodem mrazu. Fyzická zima (dny, jejichž průměrná teplota je nižší nebo se rovná 0°C) začíná koncem října a končí až koncem března či počátkem dubna (Nekovář 1958). V zastíněných lokalitách nad 1,000 m nad. výšky se udrží malé sněhové

ostrůvky až do poloviny května a v nich byly nalezeny sněžné řasy (Lukavský 1993). Vegetační období, tj. dny s průměrnou teplotou min. 5°C, začíná kolem 20. dubna (v té době jsou již průměrné teploty na českobudějovicku kolem 10°C), letního vrcholu dosahuje v poslední dekádě července (s teplotami kolem 12-14°C) a končí s příchodem září. To znamená, že plné vegetační období trvá v centrální části Šumavy pouze cca 100 dní (celé vegetační období pak asi 150 dní).

Srážky

V důsledku své polohy jsou srážky na Šumavě rozděleny přibližně rovnoměrně průběhu roku. Listopadové srážky, srážky zimní čtvrtiny a většina srážek říjnových a březnových spadne v podobě sněhu. Průměrný počet dnů se sněhovou pokrývkou je 120 až 150 dnů. Průměrná výška sněhové pokrývky se pohybuje mezi 60-100 cm. V arktických a na sníh bohatých zimách však sněhová pokrývky dosahuje tloušťky až 2 m a doba trvání se může protáhnout až na 200 dní. Celkové roční množství srážek se pohybuje mezi 1200-1400 mm (Nekovář 1954, 1957).

Hydrochemie

Hodnota pH byla poprvé stanovována roku 1936 kolorimetricky, porovnáním zabarvení vyvolaném Clarkovým agens se standardy obsahující chloridy železa, kobaltu a mědi zaplombovaných ve skleněných ampulích (Jírovec a Jírovcová 1937). Černé j. mělo u hladiny v době vegetačního klidu hodnotu pH v rozmezí 6.3-6.4. Voda z Černého j. byla jistě více kyselá než naznačují jarní měření, kdy docházelo k biokonsumpci CO₂ fytoplanktonem. Nicméně, 21. června roku 1956 byla voda tohoto jezera velmi kyselá (pH=4.7-Landa et al. 1984), podobně jako o dva roky později voda v Plešném j. - pH=4.6 až 5.4 (Smíšek et Vostradovský in Veselý 1994).

V srpnu 1960 a v červnu a srpnu 1961 prováděla analýzy vod šumavských jezer Procházková (in Veselý 1994). Porovnání výsledků analýzy s daty z roku 1936 poukazuje na probíhající acidifikaci jezer (Hruška 1979, Veselý 1988). Pokud je správné tvrzení, že tato acidifikace byla důsledkem dálkového přenosu emisí, pak by Šumava patřila mezi první regiony s prokázaným antropogenním vlivem na acidifikaci přirozeného ekosystému.

Acidifikace Černého j., zjištěná během výzkumů prováděných v letech 1979-1980 (Fott et al. 1980, Růžička et al. 1981), byla jako první spojena s procesem dálkového přenosu emisí, to jest s fenoménem, který byl do té doby znám pouze ze Skandinávie a Severní Ameriky. Hodnoty pH z jara 1979 jsou překvapivě vyšší, než by odpovídalo letním hodnotám ze stejného roku.

Počínaje rokem 1984 je hydrochemie šumavských jezer systematicky sledována týmem vědeckých pracovníků z Českého geologického ústavu, Praha (Veselý 1984; 1987 a, b ; 1988). Tak se zjistilo, že od počátku osmdesátých let dochází k pozvolnému návratu do původního stavu v důsledku snižování množství SO₂ v atmosféře a ubývání kyselých depozic (Veselý 1988, 1990 a). Acidifikace jezer (speciálně Černého j.) je výrazně ovlivněna depozicemi sloučenin dusíku, hlavně NH₄ (Veselý et Majer 1992). Z tohoto hlediska je acidifikace jezer na Šumavě výrazně odlišná od té, jak ji známe ze Skandinávie či Severní Ameriky. Umělé zvýšení koncentrace fosforu by mohlo v jezeře vyvolat zvýšení produkce řas až o 350 % (Havens et DeCosta 1986), tím by mohlo dojít k poklesu acidity zvýšením spotřeby nitrátů, jejichž obsah za posledních 50 let výrazně stoupl.

Také Černé j. bylo koncem minulého století světlejší (XII°-XIII°) než v roce 1936, kdy už mělo sytě zelenou barvu (IX°-X°). Dnes je těžké rozhodnout, do jaké míry se na změně zabarvení tohoto jezera podílelo přečerpávání vody z řeky Úhlavy do jezera (jezero sloužilo jako přečerpávací nádrž pro špičkovou výrobu elektřiny, či zda byly příčiny tohoto procesu jiné.

Řasy

Na konci minulého století popsal Hansgirg (in Frič et Vávra 1898) v Černém j. na 23 druhů řas. Následná zkoumání prokázala malou druhovou bohatost fytoplanktonu (Fott 1936, 1938; Rosa 1941; Sládeček 1983; Růžička et al. 1981; Schmidt et al. 1993). V roce 1980 převahovalo v epilimniu *Peridinium conspicuum*, podobně jako v jiných acidifikovaných jezerech, doprovázené druhy *Dinobryon sertularia* a *Mallomonas sp.*; v hypolimniu byly nalezeny druhy *Chlamydomonas sp.*, *Mallomonas sp.*, *Cryptomonas sp.* a *Chlorogonium sp.* Zajímavé jsou druhy, které v Černém j. našel B.Fott: *Gymnodinium bohemicum*, *Katodinium planum* a *Bitrichia ollula*. První dva uvedené druhy nebyly v letech 1979-1980 nalezeny, stejně jako druh *Monallantus stichococcoides*, který zde v třicátých letech dominoval. V roce 1989 bylo 60-80 % fytoplanktonu Čertova a Černého j. tvořeno druhy *Peridinium umbonatum* (= *P. inconspicuum*) a *Peridinium sp.*, což představovalo přibližně 0.8 až 3.5 mm³ biomasy / l. Ve stejném roce bylo 60 až 90 % fytoplanktonu Prášílského j. tvořeno druhy *Bitrichia ollula* a *Dinobryon sertularia* (Prochalová in Veselý 1994).

Množství fytoplanktonu, charakterizované koncentrací chlorofylu *a* bylo v roce 1980 velmi nízké, většinou kolem 1,5 µg/ l (s rozptylem od 0.5 do 5.5 µg/ l), a bylo vždy o něco vyšší u hladiny než v hloubce 10-20 m (Růžička et al. 1981). V roce 1979 byl během vegetační sezóny pozorován nezvykle velký nárůst fytoplanktonních druhů. Větší rozvoj je však pravděpodobně limitován nízkými koncentracemi fosforu; nalezené hodnoty se pohybují mezi 0.6-3.3 µg/ l u P-PO₄ a mezi 2.3-7.0 µg/ l u celkového P (J.Fott et al. 1980).

Lokalita

Černé jezero

Je největším jezerem na české straně. Leží na severovýchodním svahu *Jezerní hory* (1343 m.n.m.) zahloubené do svoru. Je odvodňováno do *Úhlavy* (Severní moře).

Čertovo jezero

Leží na jihovýchodním svahu *Jezerní hory* pod 313 m vysokou karovou stěnou. Je též zahloubeno ve svoru; odvodňováno je do *Řezné* (Dunaj, Černé moře !).

Plešmé jezero

Nachází se na severovýchodním svahu hory *Plechý* (1378 m.n.m.) pod 220 m vysokou žulovou stěnou, v žule je také zahloubeno. Je odvodňováno do *Vltavy* (Severní moře).

Prášílské jezero

Je situováno na východním svahu hory *Poledník* (1315 m.n.m.) pod 150 m vysokou karovou stěnou. Je zahloubeno v rule a žule a odvodňováno do *Křemelné* (Severní moře).

Laka (Pleso)

Nejmenší z jezer na české straně leží na severovýchodním svahu *Debrníku* (1336 m.n.m.). Je zahloubeno v rulovém karu a odvodňováno do *Křemelné* (Severní moře).

Klein Arber See

Nejmenší z jezer na německé straně se nachází na severním svahu *Malého Javoru* (1389 m.n.m.). Je zahloubeno v karu-rule a odvodňováno do *Řezné* (Dunaj, Černé moře).

Grosser Arber See

Největší z jezer na německé straně leží na jihovýchodním svahu *Javoru* (1457 m.n.m.). Stejně jako předchozí je zahloubeno v karu-rule a odvodňováno do *Řezné* (Dunaj, Černé moře).

Rachelsee

Ze všech jezer nejvýše položené je situováno na severním svahu *Roklanu* (1454 m.n.m.). I ono je hloubeno v karu-rule, odvodňováno je do řeky *Ilz* (Dunaj, Černé moře).

Všechna jezera jsou původu ledovcového a jsou to hloubená i hrazená karová jezera s pánví vyhloubenou malým karovým ledovcem a zčásti hrazena čelní morénou. Prozatím jsou považována za jezera würmského stáří. Morény dosahují značné velikosti jen u Černého jezera (svor), u Prášilského jezera jsou zřetelné ústupové morény, z nichž jen vnitřní hradí jezero. Nejnižší morénový val leží v rozmezí 830 m.n.m. (u Černého a M. Javorského) až 1025 m.n.m. (u jezera Laka).

Šumavská jezera jsou odtoková. Kromě srážek jsou zásobována trvalými potůčky i potoky (Geigenbach u V. Javorského) buď přímým ústím, nebo prostřednictvím průtoku rašeliništi při úpatí jezerní stěny. Odtok tvoří trvalý jezerní potok, u některých jezer se stavílovou regulací (dnes již nepoužívanou) na jaře k plavení dříví. Voda přiváděná k jezerům je studená, bohatá kyslíkem a chudá minerálními látkami (Ca, Mg, SiO₂); odtékající má vlastnosti opačné. Jezera mají vodu velmi měkkou, tvrdost vody v Černém j. je 0,21 něm. stupňů, v Čertově 0,31 n.s., v jezeře Laka 0,19 n.s. Průhlednost vody je v létě 4 až 5 m. Barva vody je hnědá, XIV° až XV° Uleho stupnice. Nejtmavší barvu má Roklanské j.; Černé j. mívá v létě i X°.

Termicky jsou šumavská jezera typu mírného pásma: v létě teplejší voda tvoří vrstvu nad spodní chladnou vodou, v zimě naopak. Metalimnion je v červnu v 5 až 12 m hloubce. V létě je povrchová voda až do hloubky 2 nebo 3 m asi o 4°C teplejší než vzduch.

Jezera zamrzají v prosinci, rozmrzají v dubnu až počátkem května. Toto zamrzání způsobuje poměrnou organickou chudobu jezer. Led dosahuje tloušťky 0.75 m a s přeměněnými vrstvami sněhu až 2.5 m (j. Černé a V. Javorské). Sníh začíná padat v listopadu, poslední v dubnu-květnu (Kunský 1968).

Metody a materiál

Odběr vzorků pro tuto studii byl prováděn v letech 1990 až 1992. První vzorky byly odebrány na Ráchelském jezeře v srpnu 1990. O rok později, v srpnu 1991, byl proveden odběr vzorků z jezera Laka a dva měsíce na to z jezer Grosser Arber a Klein Arber. Vzorky z jezer Černé, Plešné a Prášilské byly sebrány v roce 1992, poprvé v květnu a podruhé v říjnu. Odběr byl prováděn jak ze dna jezer (epipelón), tak i z různých ponořených předmětů (epidendron, epilítón). Vzorky z povrchu sedimentu byly odebírány pipetou, vzorky z kamenů oškrabem

(zubním kartáčkem) a vzorky z ponořených větví byly odříznuty i s částí podkladu. Všechny vzorky byly uloženy do 100 ml PVC lahví, řádně popsány a odvezeny do laboratoře k dalšímu zpracování. Fixace prováděna nebyla, neboť k determinaci rozsivek se využívá rozdílů v morfologii jejich křemičitých schránek, frustul (Hindák 1978).

V laboratoři byly vzorky vypáleny na podložním skle v přítomnosti H₂O₂ coby silného oxidačního činidla. Po důkladném vypálení byly takto upravené vzorky zality do pleuraxu a mikroskopovány. Podrobněji viz Fott (1954).

Celkem bylo k mikroskopii připraveno 110 trvalých preparátů, z toho: Černé 26, Grosse Arber 27, Kleine Arber 15, Laka 4, Plešné 12, Prášilské 18 a Ráchelské 8. O Čertově jezeře se všeobecně předpokládá že díky své blízké poloze a stejnému geologickému podloží se jeho flóra a fauna výrazně neliší od Černého jezera. Proto na tomto jezeře odběry prováděny nebyly.

Výsledky a diskuze

V bentosu šumavských jezer bylo nalezeno 40 druhů rozsivek. Počty pro jednotlivá jezera jsou v tabulce 1.

Tab 1.

jezero	Černé	Grosser A.	Klein A.	Laka	Plešné	Prášilské	Rachelsee
počet druhů	34	26	24	25	22	19	15

Druhově nejbohatším je tedy jezero Černé nejchudším Rachelsee.

Pozoruhodný je výskyt druhů, které se považují za indikátory alkalický či salinních podmínek. Možnost vysvětlení :1) chybné určení, 2) zavlečení již mrtvých schránek z lokalit v povodí, 3) nedostatečná znalost ekologie těchto druhů čili chybné zařazení v tabulce indikátorů. Nejzajímavějším se jeví přítomnost druhů : *Diatoma hiemale*, *Diatoma tenue*, *Stauroneis anceps*, *Nitzschia obtusa*.

Kvantitativní hodnocení diverzity nebylo možné pro nepřítomnost počtů jednotlivých druhů, to bude náplní další navazující studie.

Pro srovnání výskytu ostatních taxonů řas a ostatních mikroorganismů uvádím výsledky studie, kterou na bavorských jezerech prováděli Lukavský et Lederer (in. prep.)

jezero	Grosser Arber See		Klein Arber See		Rachelsee	
	bentos	plankton	bentos	plankton	bentos	plankton
bakterie	3		1			
Fungi	2		5		1	
Cyanophyta	17	2	17	1	5	
Chrysophyceae	16	2	12	2	5	2
Bacillariophyceae	14		14	1	11	
Chlorophyta (Zygnem.)	25 (13)	(1)	18 (7)	1 (2)	7 (2)	(1)

Soupis druhů a jejich ekologických a indikačních charakteristik

Determinaci rozsivek jsem prováděl za použití literatury : Hindák J. Sladkovodné riasy

SPN Bratislava 1978

Siemská J. Okrzeszki

PWN Warszawa 1964

Kramer & Lange Bacillariophyceae

G. F. Verlag 1991

Bacillariophyceae

Coscinodiscales

Coscinodiscaceae

Aulacoseira alpingena (GRUNOW) KRAMMER ... horská oligotrof. j.K&L

Aulacoseira lirata (EHRENB.) ROSS ...oligotrofní horská jezera.....K&L

Aulacoseira pfafliana (REINSCH) KRAMMER ..oligotrofní horská jez.....K&L

Aulacoseira sp.

Melosira distans (EHRENB.) KUTZ. ...acidofilní a frigidofilní druh, x-o H

Naviculales

Achnanthaceae

Achnanthes lanceolata (BREB.) GRUN.S

Achnanthes linearis (W. SM.) GRUN.H

Achnanthes ploenensis HUST. ...typický pro horská jezera.....S

Achnanthes sp.

Eunotiaceae

Eunotia bigibba KUTZ. ...horské vody a vlhké skály, x.....H

Eunotia curvata (KUTZ.) LAGERST...dystrofní vody, x-o.....H

Eunotia exigua (KUTZ.) RABENH. ...dystrofní vody či vlhký mech.....H

Eunotia monodon EHRENB.....S

Eunotia valida HUST. ...čisté horské vody a vlhké skályH

Peronia fibula (KUTZ.) ROSS. ...málo hojný druh, v nárostu stoj. vod.....H

Fragilariaceae

Diatoma hiemale (ROTH) HEIB. ...alkalofilní d., rychle tekoucích vod, x.....H

Diatoma sp.

Diatoma tenue AG. ...alkalofilní druh, v planktonu i litorálu, o-bm.....H

Fragilaria sp

Meridion circulare (GREV.) AG. ...acidofilní a frigidofilní druh, x-oH

Tabellaria flocculosa (ROTH) KUTZ. ...stojaté dystrofní vody, x-o.....H

Naviculaceae

Anomoneis seriens (BRÉB.) CL. ...sladkovodní, litorální druhS

Cymbella hebridica (GREG.) GRUN. ...sladkovodní d., známý z KrkonošS

Frustulia rhomboides (EHRENB.) DE TONI ...dystrofní vody, x-oH

Gomphonema cf. *parvulum* (KUTZ.) KUTZ ekologicky velmi plastický
druh, málo citlivý na pH, salinitu, saprobitu, prouděníH

<i>Navicula radiosa</i> KUTZ.	S
<i>Navicula rostellata</i> (KUTZ.) CLEVE ...epipelon a epiliton jezer	K&L
<i>Navicula</i> sp.	
<i>Neidium iridis</i> (EHRENB.) CL. ...široká ekologická amplituda	H
<i>Pinnularia appendiculata</i> (AG.) CLEVE	S
<i>Pinnularia biceps</i> GREG. ...především v čistých vodách, ☉	H
<i>Pinnularia nobilis</i> (EHRENB.) EHRENB. ...acidofilní druh, v bentosu čistých stojatých vod	H
<i>Pinnularia gibba</i> GRUN. ...sladkovodní, v bahnitěm dně	S
<i>Pinnularia</i> cf. <i>viridis</i> (NITZSCH.) EHRENB. ...široká ekologická amplituda...H	
<i>Stauroneis anceps</i> EHRENB. ...hojný především v neutr. až alk.vodách.....H	
<i>Synedra</i> sp.	
Nitzschiaceae	
<i>Nitzschia obtusa</i> W. SMITH ...druh známý ze slaných vod	H
<i>Nitzschia recta</i> HANTZSCH	S
<i>Nitzschia</i> sp.	
Surirellaceae	
<i>Surirella biseriata</i> BRÉB. ...sladkovodní, litorální druh	S
<i>Surirella linearis</i> W. SMITH ...druh typický pro čisté vody.....H	

Literatura

BREZONIK P. L., EATON J. G., FROST T. M., GARRISON P. J., KRATZ T. K., MACH C. E., MCCORMICK J. H., PERRY J. A., ROSE W. A., SAMPSON C. J., SHELLEY B. C. L., SWENSON W. A. & WEBSTER K. E. (1993) : Experimental acidification of Little Rock Lake, Wisconsin : Chemical and biological changes over the pH range 6.1 to 4.7. - Canad. Jour. Fisheries and Aquatic Sci. 50 : 1101-1121.

CHARLES D. F., BATTARBEE R. W., RENBERG I., VAN DAM H. & SMOL J. (1989) : Paleolimnological analysis of lake acidification trends in North America and Europe using diatom and chrysophytes. - In : Norton S. A., Lindberg S. E. & Page S. L. [eds.] Acid precipitation, Vol. 4, Soils, aquatic processes and lake acidification, Springer Verlag, New York, p. 207-276.

FOTT B. (1954) : Pleurax, syntetická pryskyřice pro preparaci roztivků.- Preslia (Praha) 26 : 163-194

FOTT J., PRAŽÁKOVÁ M., STUHLÍK E. & STUHLÍKOVÁ Z. (1994) : Acidification of lakes in Šumava (Bohemia) and in the High Tatra Mountains (Slovakia). - Hydrobiologia 274 : 37-47.

FOTT J., STUHLÍK E. & STUHLÍKOVÁ Z. (1987) : Acidification of the lakes in Czechoslovakia. - In : MOLDAN B., PAČES T. [eds.] Extended abstracts of international workshop on geochemistry and monitoring in representative basins (GEOMON), Prague, p. 77-79.

FOTT J., STUHLÍK E. & STUHLÍKOVÁ Z. (1987) : Acidification of the lakes in Czechoslovakia. - In : MOLDAN B., PAČES T. [eds.] Extended abstracts of international workshop on geochemistry and monitoring in representative basins (GEOMON), Prague, p. 77-79.

FOTT J., STUHLÍK E., STUHLÍKOVÁ Z., STRAŠKRABOVÁ V., KOPÁČEK J. & ŠIMEK K. (1992) : Acidification of lakes in the Tatra Mountains (Czechoslovakia) and its ecological consequences. - In : MOSELLO R., WATHNE B. M., GIUSSANI G. [eds.] Limnology of groups of remote mountain lakes : ongoing and planned activities. Documenta Istituti Italiano dirobiologia 32 : 69-81.

HENRIKSEN A. (1980) : Acidification of freshwaters - a large scale titration. - Proceedings of the international conference on ecological impact of acid precipitation, Norway, SNSF project, p. 68-74.

CHÁBERA S. (1987) : Příroda na Šumavě. - Jihočeské nakladatelství, České Budějovice, p. 128-140.

KOLEKTIV (1958) : Atlas podnebí ČSSR.- Hydrometeorologický ústav Praha.

KOPÁČEK J., PROCHÁZKOVÁ L., STUHLÍK E. & BLAŽKA P. (1995) : The nitrogen-phosphorus relationship in mountain lakes : Influence of atmospheric input, watershed, and pH. - Limnol. Oceanogr. 40 : 930-937.

KRAMER K. & LANGE - BERTALOT H. (1991) : Bacillariophyceae 1-4.- In Ettl H., Gerloff J., Heynig H. & Mollenhauer D. [eds.] Süsswasserflora von Mitteleuropa. Gustav Fischer Verlag : Stuttgart, New York, pp. 2485

KUNSKÝ J. (1968) : Fyzický zeměpis Československa.-Státní pedagogické nakladatelství, Praha, p.204-207, 290-292

LIKENS G. E. & BORMAN F. H. (1974) : Acid rain : a serious regional environmental problem. Science 184 : 1176-1179

LUKAVSKÝ J. (1993) : First record of cryoseston in the Bohemian forest.- Algological studies 69 : 83-89.

LUKAVSKÝ J. (1994) : Algal flora of lakes in High Tatra Mountains (Slovakia). - Hydrobiologia 274 : 65-74.

NEKOVÁŘ F. (1954) : Srážkové poměry jižních Čech. - Sborník Čs. Spol. zeměpisné 59 : 165-185. Praha

(1957) : Sněžné poměry jižních Čech. - Sborník Čs. Spol. zeměpisné 62 : 210-228. Praha

(1958) : Tepelné poměry jižních Čech. - Sborník krajského vlastivědného muzea v Č. Budějovicích, přírodní vědy 1 : 3-52. České Budějovice

PRAŽÁKOVÁ M. & FOTT J. (1994) : Zooplankton decline in the Černé lake (Šumava Mountains, Bohemia) as reflected in the stratification of cladoceran remains in the sediment. - *Hydrobiologia* 274 : 121-126.

PSENNER R. & CATALAN J. (1994) : Chemical composition of lakes in crystalline basins : a combination of atmospheric deposition, geologic background, biological activity and human action. - In : Margalef R. [ed.] : *Limnology now. A paradigm of planetary problems*, Elsevier, p. 255-314, Amsterdam

SCHINDLER D. W. (1988) : Effects of acid rain on freshwater ecosystems. - *Science* 239 : 149-157.

SCHINDLER D. W. (1994) : Changes caused by acidification to the biodiversity: Productivity and biochemical cycles of lakes. - In : STEINBERG C. E. W. & WRIGHT R. F. [eds.] *Acidification of freshwater ecosystems : Implications for the future*, J. Willey & Sons, , p.153-164, Chichestr

SCHMIDT R., ARZET K., FACHER E., FOTT J., IRLWECK K., ŘEHÁKOVÁ Z., ROSE N., STRAŠKRABOVÁ V. & VESELÝ J. (1993) : Acidification of Bohemian lakes. Recent trends and historical development. - Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung [GZ 45. 168/1-27b (91)], 158 pp.

SIEMINSKA J. (1964) : *Bacillariophyceae (Okrzemki)*.- Państwowe wydawnictwo naukowe, Warszawa, pp. 609

STUHLÍK E., STUHLÍKOVÁ Z., FOTT J., RŮŽIČKA L. & VRBA J. (1985) „ Vliv kyselých srážek na vody na území Tatranského národního parku. - In : Zborník prác o Tatranskom národnom parku 26, Bratislava, p. 173-210.

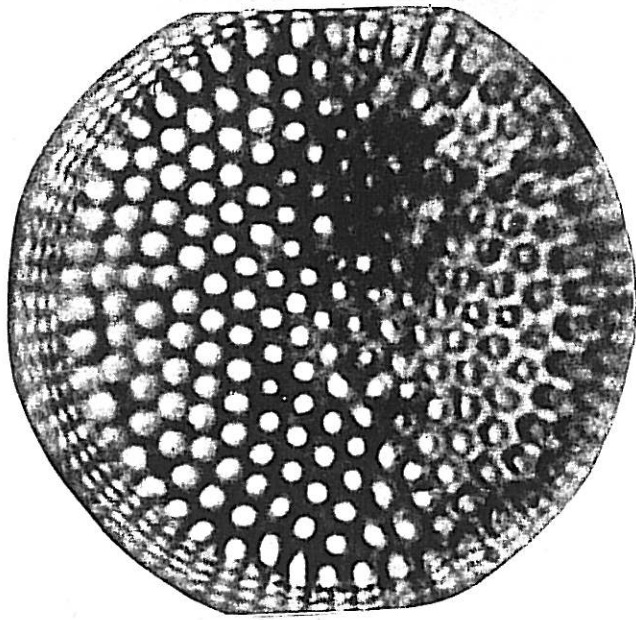
VESELÝ J. (1994) : Investigation of the nature of the Šumava lakes : a review. - *Časopis Národního Muzea, Řada přírodovědná* 163 : 120-130

VESELÝ J., ALMQUIST-JACOBSON H., MILLER L., NORTON S. A., APPLEBY P., DIXIT A. S. & SMOL J. P. (1993) : The history and impact of air pollution at Čertovo Lake, southwestern Czech Republic. - *Journ. Paleolimnol.* 8 : 211-231.

VESELÝ J. & MAJER V. (1992) : The major importance of nitrate increase for the acidification of two lakes in Bohemia. - In : Moello R., Wathne B. M., Giussani G. [eds.] *Limnology on groups of remote mountain lakes : ongoing and planned activities*. Documenta Istituto Italiano di Idrobiologia 32 : 83-92.

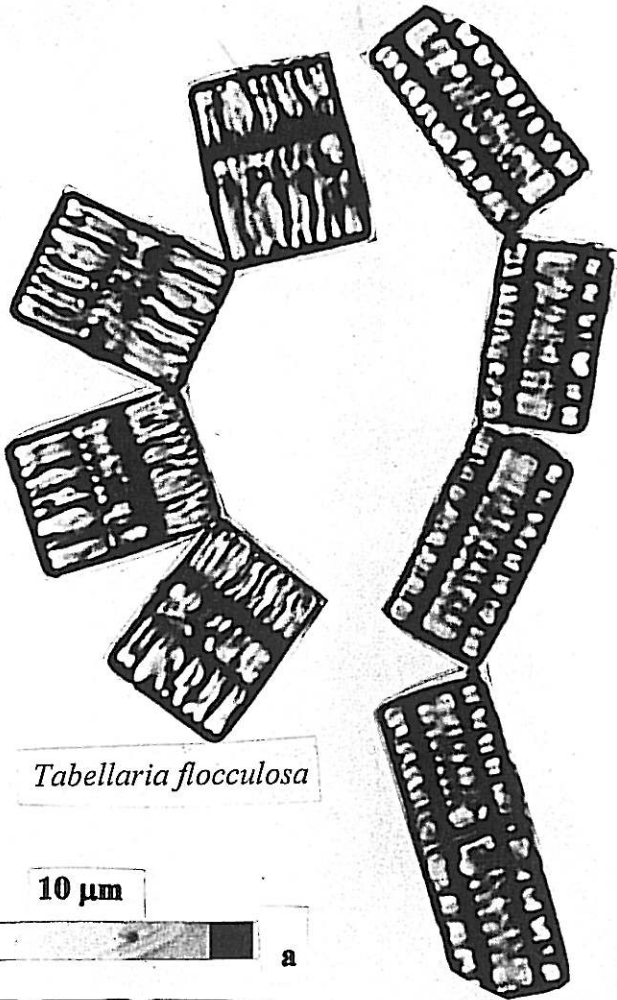
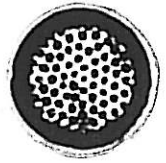
WRIGHT R. F. & HENRIKSEN A. (1978) : Chemistry of small norwegian lakes, with special reference to acid precipitation. - *Limnol. Oceanogr.* 23 : 487-498.

Tabule I



a

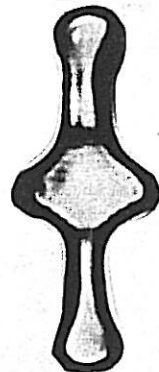
Aulacoseira lirata



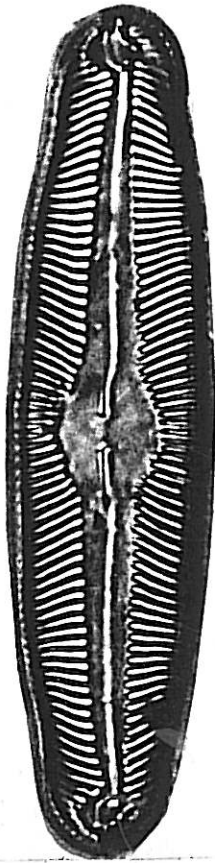
Tabellaria flocculosa



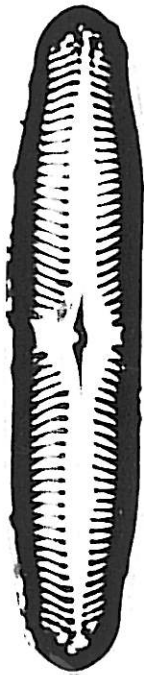
a



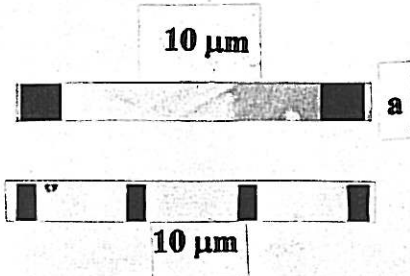
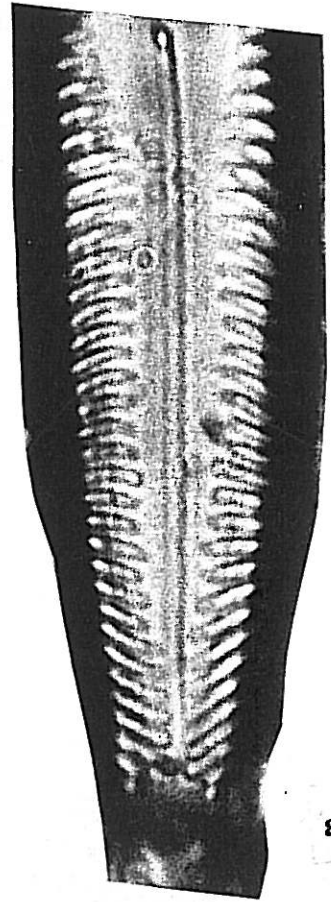
Tabule II



Pinnularia cf. viridis



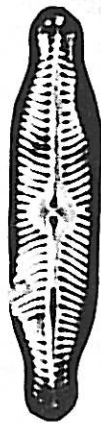
Pinnularia appendiculata



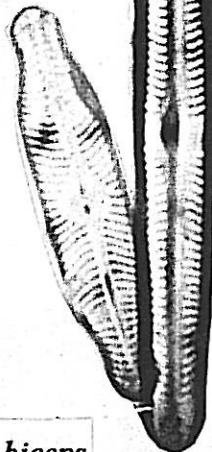
Achnanthes lanceolata



Navicula radiosa



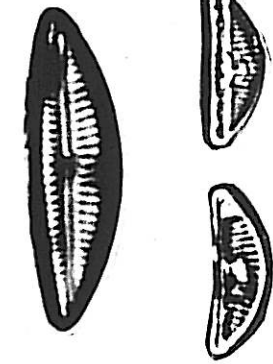
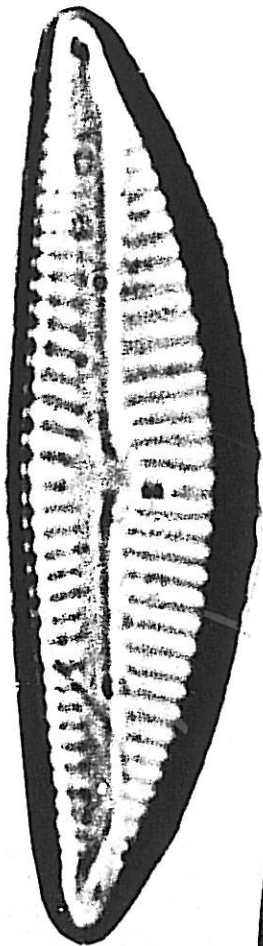
Pinnularia biceps



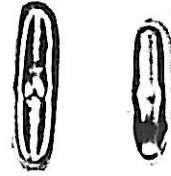
Pinnularia gibba



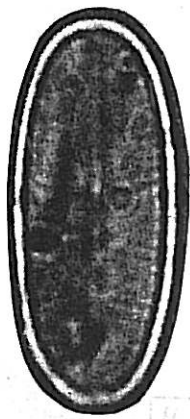
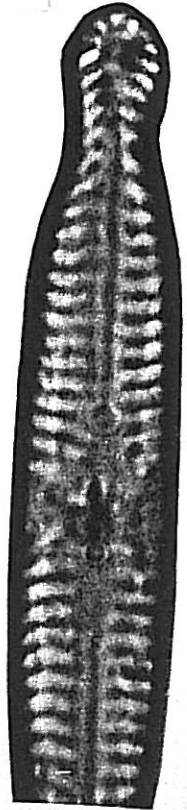
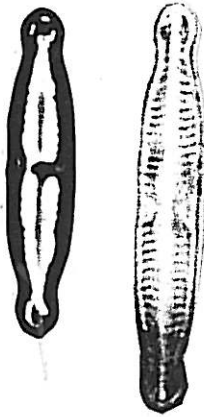
Tabule III



Cymbella hebridica



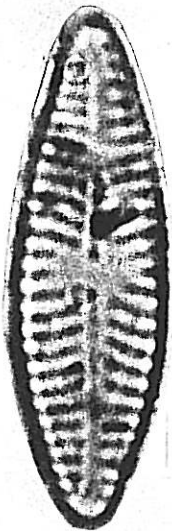
Achnanthes linearis



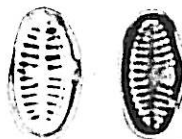
Navicula roseana



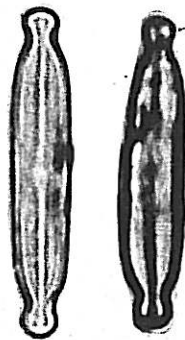
Achnanthes linearis



Navicula sp.



Achnanthes lanceolata



Stauroneis anceps



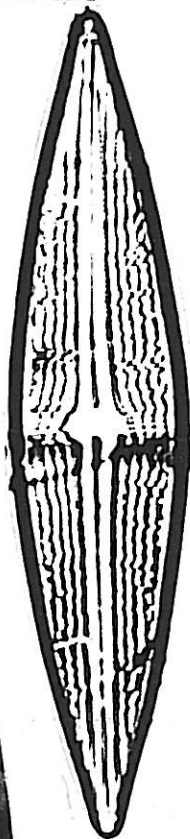
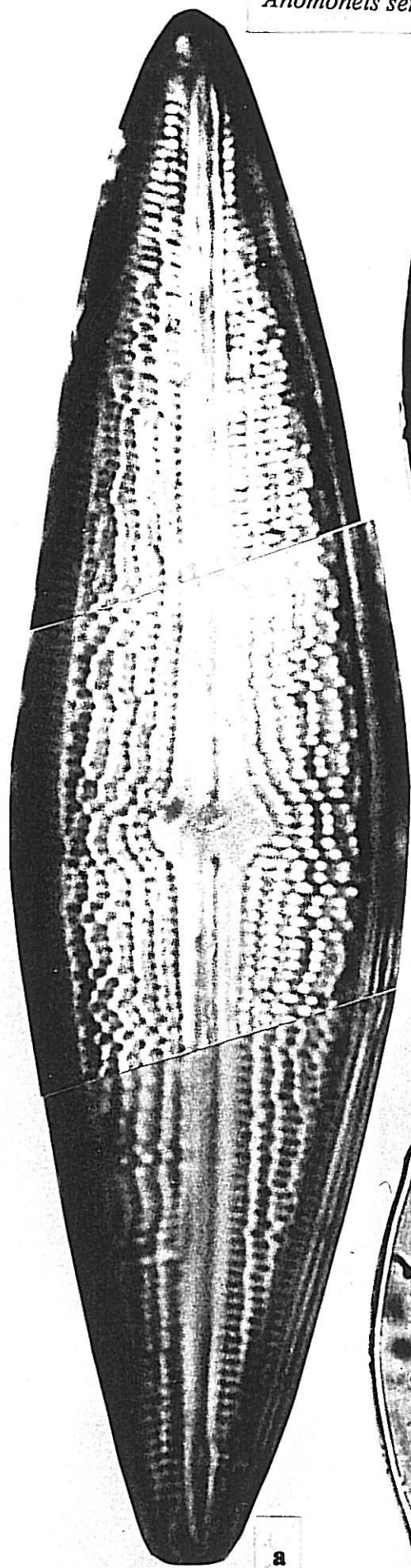
10 μ m



10 μ m

Tabule IV

Anomoneis seriens



Peronia fibula

Nitzschia obusa



Fragillaria sp.

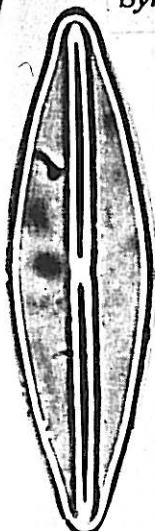
10 μ m



Synedra sp.

a

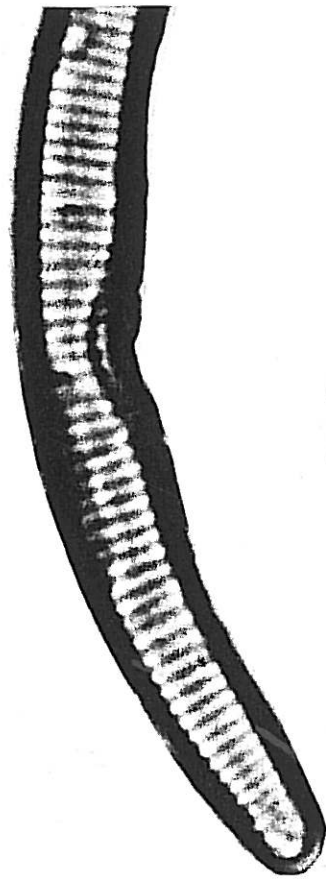
10 μ m



Nitzschia recta

Frustulia rhomboides

Tabule V



Eunotia bigibba



Eunotia exigua

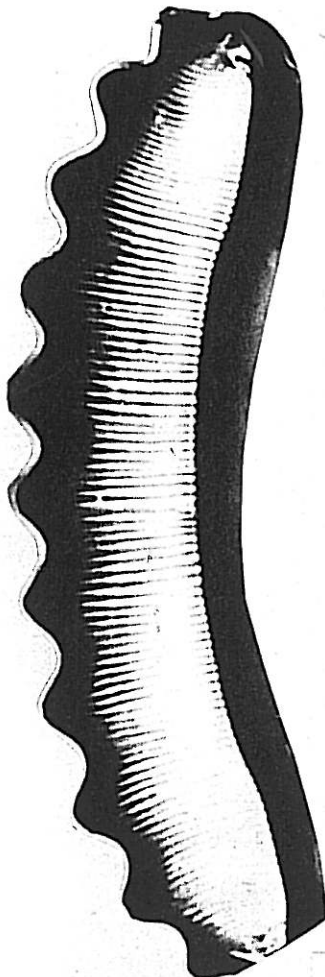
Eunotia valida

10 μ m

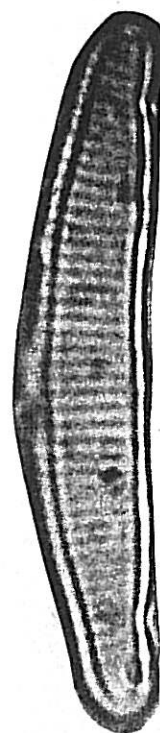


a

10 μ m



Eunotia robusta



Eunotia monodon



a

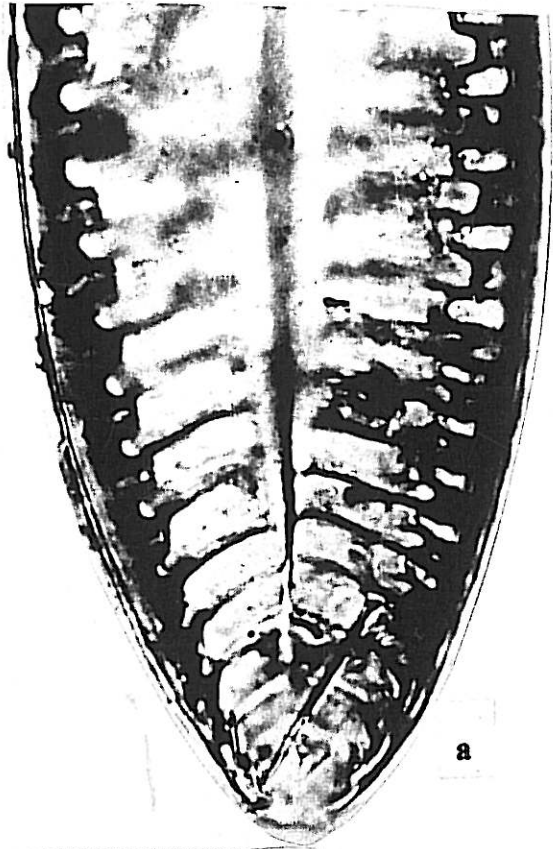
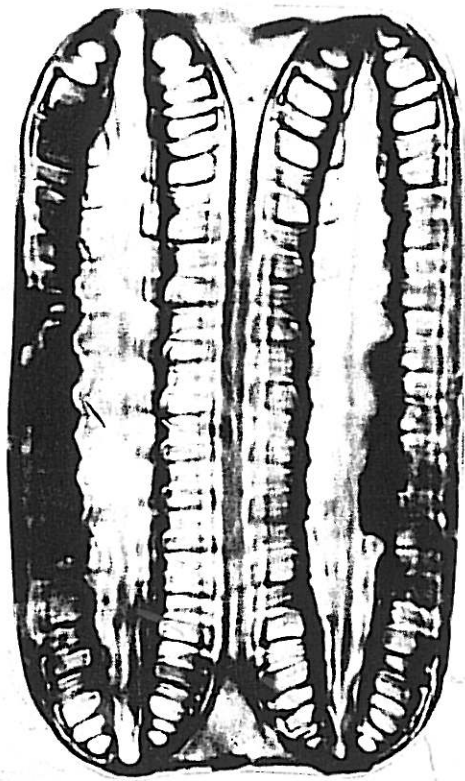
a

a

a

a

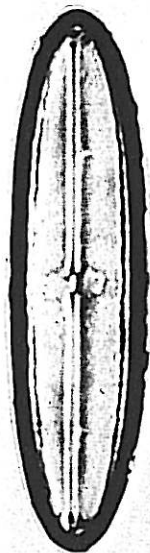
Tabule VI



Surirella biserratia



Surirella linearis

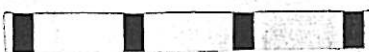


Neidium iridis

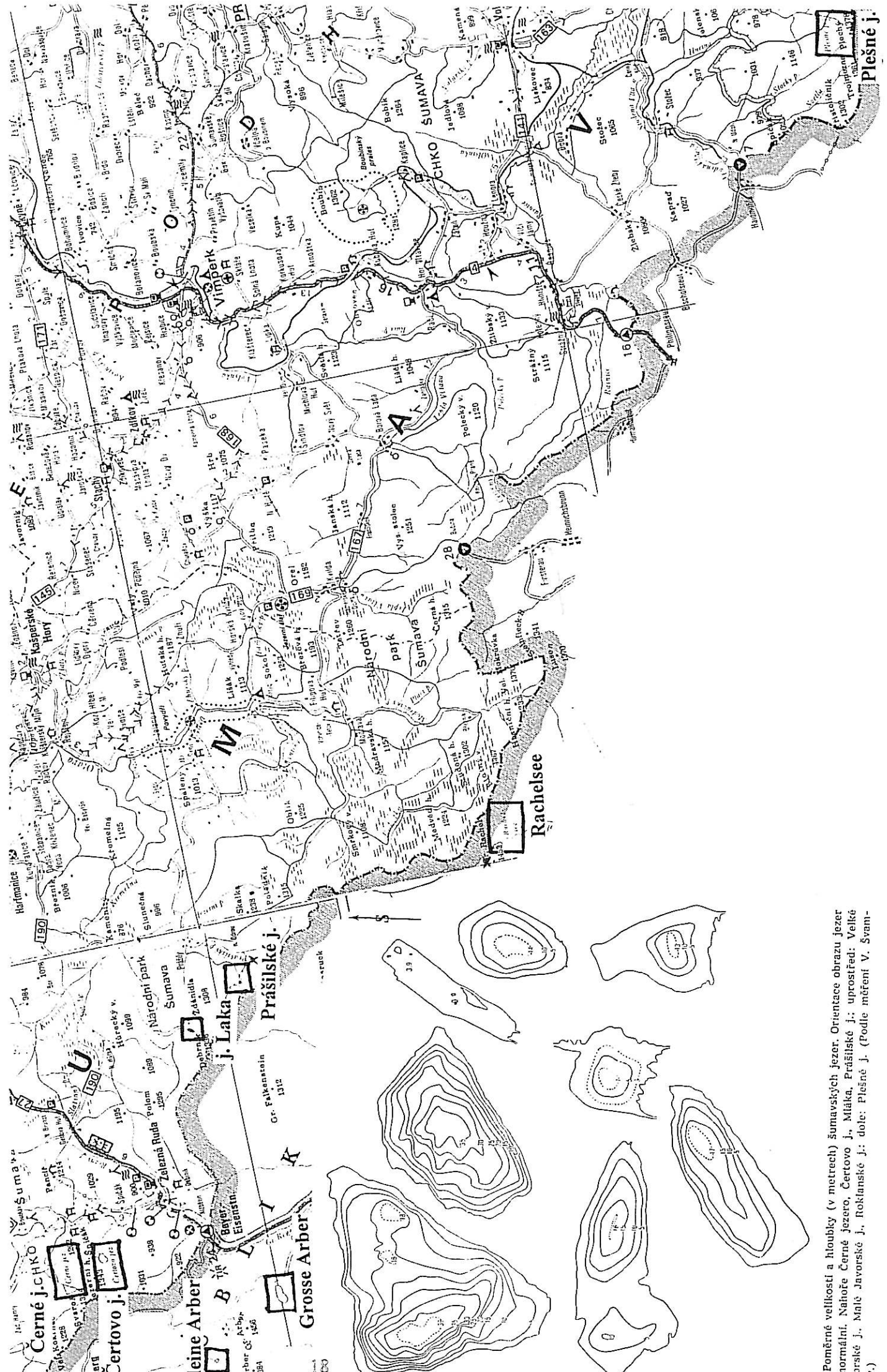
10 μ m



a



10 μ m



1. Poměrné velikosti a hloubky (v metrech) šumavských jezer. Orientace obrazu jezer normální. Náhoře Černé jezero, Certovo j., Mlýnský náhon, Prášilské j.; uprostřed: Velké Javorské j., Mláč Javorské j., Roklanské j.; dole: Plešné j. (Podle měření V. Švam-
py.)

druh	ekolog, charakteristiky										L	K	A	L	I	T	A
	R	H	N	O	S	T	M	Černé j.	K.Arbersee	G.Arbersee e							
Achnanthes sp.																	
Achnanthes lanceolata	4	2	2	3	3	5	3	+									+
Achnanthes linearis	-	3	-	-	-	-	-		+								
Achnanthes ploenensis	4	2	1	1	1	4	-	+									+
Anomoneis serians	1	1	1	2	1	1	2	+									+
Aulacoseira alpingena	2	1	1	1	1	1	1	+									+
Aulacoseira lirata	-	1	-	-	-	-	-	+									+
Aulacoseira pfaffiana	-	2	1	1	1	1	2	+									+
Aulacoseira sp.								+									+
Cymbella hebridica	-	2	1	1	1	1	2	+									+
Diatoma elongatum	4	1	1	1	1	-	2	+									+
Diatoma hiemale								+									+
Diatoma sp.								+									+
Eunotia bigibba	2	1	1	1	1	1	4	+									+
Eunotia exigua	1	2	2	2	3	7	3	+									+
Eunotia monodon	2	1	1	1	1	1	3	+									+
Eunotia robusta								+									+
Eunotia valida ?								+									+
Fragillaria sp.								+									+
Frustulia rhomboides	2	1	1	1	1	1	2	+									+
Gomphonema cf. parvulum	3	2	3	4	4	5	3	+									+
Melosira distans								+									+
Meridion circulare	4	2	2	2	2	7	1	+									+
Navicula radiosa	3	2	2	2	2	4	3	+									+
Navicula sp.								+									+
Neidium iridis	3	2	1	1	2	3	1	+									+
Nitzschia obtusa								+									+
Nitzschia recta	4	2	2	2	2	2	2	+									+
Nitzschia sp.								+									+
Peronia fibula	2	1	1	1	1	2	3	+									+

Pinnularia appendiculata	2	1	1	1	1	2	4										
Pinnularia biceps								+									
Pinnularia nobilis	2	1	1	1	1	1	3	+									+
Pinnularia gibba	3	2	2	3	3	7	2	+									+
Pinnularia cf. viridis	3	2	2	3	2	7	3	+									+
Stauroneis anceps	3	2	2	2	2	4	2	+									+
Surirella biseriata	4	2	-	-	2	5	1	+									+
Surirella linearis	3	2			2	2	3	+									+
Synedra sp.																	+
Tabellaria flocculosa	2	1	1	1	2	3	3	+									+
počet druhů								34	24	26	15	19	22	25			

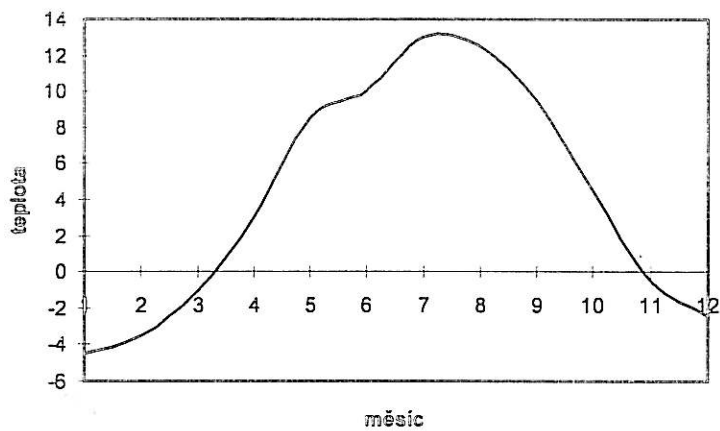
Cl⁻ (mg/l) salinita %

Vysvětlivky: R (pH) ... 1 acidobiontní HI (salinita) ... 1 < 100 N (příjem dusíku) ... 1 N-autotrof. druh, toleruje nízké koncentrace
 2 acidofilní 2 < 500 < 0,2 N (příjem dusíku) ... 2 N-autotrof., toleruje nízké koncentrace org. N
 3 cirkumneutr. 3 500-1000 0,9-1,3 3 fakultativně N-heterotrofní, potřeba
 4 alkalofilní 4 1000-5000 1,8-9,0 periodického příjmu org. N
 5 alkalobiontní 5 obligátně N-heterotrofní, potřeba
 6 bez optima 6 kontinuálního příjmu org. N

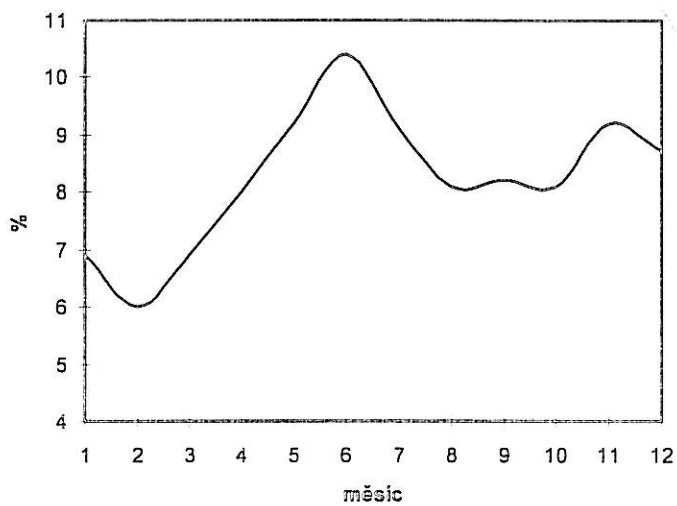
O (kyslík. požadavky) ... 1 < 100% saturace S (saprobita) ... 1 oligosaprobní T (troffe) ... 1 oligotrofní
 2 < 75 % saturace 2 β-mezosaprobní 2 oligo-mezotrofní
 3 < 50 % saturace 3 α-mezosaprobní 3 mezotrofní
 4 < 30 % saturace 4 α-mezo/ polysap. 4 mezo-eutrofní
 5 < 10 % saturace 5 polysaprobní 5 eutrofní
 6 hypertrofní
 7 oligo- až eutrofní druh

Mí (vlhkost) ... 1 téměř nikdy se nevyskytují mimo vodní prostředí
 2 hlavní výskyt ve vodě, někdy na vlhkých stejných
 3 hlavní výskyt ve vodě, běžně také na vlhkých stanovištích
 4 hlavní výskyt na vlhkých či dočasně suchých stanovištích
 5 výskyt téměř vždy mimo vodní prostředí

roční průběh teplot



procentuální rozdělení srážek



celkové množství srážek : 1200-1400 mm

Table 2. Chemical characteristics of the surface samples for the Šumava lakes. Mean values (range in parentheses) are given for the sampling period and number of samples (n) as indicated.

Lake	Černé	Čertovo	Prášilské	Plešné	Laka
Sampling period	1986-1994	1986-1994	1988-1994	1990-1994	1986-1993
n	12	6	11	14	4
NH ₄ -N	24 (5-46)	36 (9-57)	53 (6-130)	50 (10-150)	5 (<5-9)
NO ₂ -N	<1-17)	<1-1)	<1-5)	<1-19)	<1-2)
NO ₃ -N	1056 (908-1230)	694 (490-970)	635 (280-1020)	370 (220-720)	724 (520-1130)
TON	178 (130-240)	223 (149-320)	312 (210-450)	311 (245-460)	286 (220-350)
TP	4.1 (2.2-6.3)	4.2 (2.5-6.4)	5.0 (4.0-7.2)	8.9 (5.6-13.0)	6.8 (4.2-8.3)
COD	3.6 (1.8-7.7)	5.3 (4.3-6.6)	8.9 (5.8-15.8)	7.7 (4.5-11.8)	8.7 (6.4-11.8)
DOC	1.25 (0.67-1.8)	1.76 (1.42-2.1)	3.62 (2.7-4.5)	2.53 (1.34-4.6)	3.36 (3.0-3.6)
Chl a*	2.31 (0.30-3.7)	(3.0, 3.25)	3.39 (0.4-7.2)	4.90 (1.5-12.1)	(1.2, 3.4)
	(4.45-4.87)	(4.05-4.50)	(4.60-4.89)	(4.53-4.99)	(4.86-5.80)
SO ₄ ²⁻	6.0 (5.4-7.4)	7.7 (6.7-9.3)	4.3 (3.2-6.5)	7.3 (6.6-8.6)	2.23
Cl ⁻	830 (760-940)	800 (690-940)	690 (630-720)	630 (550-710)	830 (810-840)
Ca ²⁺	950 (730-1120)	680 (440-780)	690 (500-870)	1180 (910-1580)	860 (770-920)
Mg ²⁺	550 (440-650)	440 (300-520)	380 (270-460)	270 (130-390)	460 (370-500)
Na ⁺	870 (770-960)	690 (590-810)	620 (510-720)	850 (220-1110)	1220 (1150-1260)
K ⁺	590 (420-750)	430 (300-500)	380 (220-500)	430 (230-700)	350 (190-500)
Altot	570 (340-680)	650 (550-730)	360 (280-500)	730 (550-970)	120 (90-150)