

Faktory ovlivňující výskyt vodních makrofyt v nádrži Lipno

Factors affecting the occurrence of aquatic macrophytes in the Lipno reservoir

Monika Krolová^{1,2,*}, Hana Čížková³ & Josef Hejzlar^{1,2}

¹*Přírodovědecká fakulta, Jihočeská univerzita, Branišovská 31, CZ-37005 České Budějovice, Česká republika*

²*Hydrobiologický ústav, Biologické centrum AV ČR, Na Sádkách 7, CZ-37005 České Budějovice, Česká republika*

³*Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita, Studentská 13, CZ-37005 České Budějovice, Česká republika*
*krolovaM@seznam.cz

Abstract

Aquatic macrophytes are an essential component of littoral communities in lakes. Their reasonable development positively affects biodiversity and stability of the aquatic ecosystems and water quality. The aim of this study was to characterise the development of littoral macrophytes in the Lipno reservoir, an artificial impoundment with frequent water level fluctuations, and highlight the factors influencing macrophyte occurrence. The development of macrophytes was examined at 115 segments of the shoreline, each 50 m long, situated along the whole reservoir perimeter in regular 1 km distances. The segments were surveyed for phytocoenology, shore morphology, pedological characteristics of substrate, and anthropogenic impact. The survey identified 53 macrophyte species (24 hydrophilic terrestrial, 17 emergent, 1 floating-leaved, 2 free-floating, 4 submersed, and 5 amphibious). The average vegetation cover of the examined segments was 14%, with approximately one third of the segments without any macrophytes and another third with vegetation cover less than 10%. Macrophytes occurred only in the uppermost eulittoral zone down to the level of 75% probability of water surface exceedance. On the basis of a correlation analysis, the major factors affecting macrophyte occurrence in the littoral zone were shore morphology, light conditions in the water, and erosion effect of waves that together with water level fluctuations caused loss of fine particles from and degradation of the substrate in the littoral zone.

Key words: littoral vegetation, littoral morphology, vegetation cover, erosion effect of waves, water level fluctuation, grain size distribution of substrate

Úvod

Eutrofizace a přítomnost sinicového květu jsou značným problémem u mnoha stojatých povrchových vod (nádrže, rybníky). Proto se v poslední době hledají vhodná řešení, která by vedla ke zvýšení kvality a čistoty vod (DURAS et al. 2006). Jedním z takových řešení je přijetí Rámcové směrnice Evropské unie o vodách (SMĚRNICE 2000/60/ES). Cílem této směrnice je navodit v členských státech EU legislativní podmínky pro postupné zlepšení ekologického stavu stojatých i tekoucích vod. Směrnice o vodách nehodnotí pouze jednotlivé fyzikální, chemické, mikrobiologické a biologické ukazatele vodních útvarů, ale zejména základní společenstva vodního ekosystému (plankton, bentos, perifyton, ryby i makrofyta). Dobrý ekologický stav je směrnici definován jako stav, při němž skladba společenstva vod-

ního ekosystému vykazují pouze mírnou úroveň narušení vzniklého lidskou činností a jen málo se liší od vodních útvarů nacházejících se ve zcela nenarušených podmínkách.

Přítomnost litorálních porostů pozitivně ovlivňuje charakter vodního ekosystému i kvalitu vody (CARPENTER & LONDGE 1986, MOSS 2008). Dobře rozvinuté litorální porosty jsou charakteristické přítomností vodních druhů makrofyt (tj. emerzních makrofyt, makrofyt s plovoucími listy a submerzních makrofyt (SCULTHORPE 1985)), které ve vodních tělesech osidlují převážně podoblast příbřežní oblasti „litorál“, která je označována jako zóna infra-litorálu (SCULTHORPE 1985, WETZEL 1983). S takto dobře rozvinutou litorální vegetací se setkáváme převážně u přirozených vodních ekosystémů, jako jsou mělká jezera bez intenzivního kolísání vodní hladiny s dobrou průhledností vody (MELZER 1999, GU & HOYER 2005).

V uměle vytvořených vodních ekosystémech, jako jsou nádrže (FUREY et al. 2004, MOSS 2008), rybníky (DYKYJOVÁ & KVĚT 1978) a pískovny (SUCHÁ-KŘIVÁČKOVÁ 2005, ŘEHOUNKOVÁ & PRACH 2008), nemusí litorální vegetace být vždy zcela rozvinutá. Přítomnost vodních druhů makrofyt v litorálu těchto ekosystémů bývá ovlivněna hydrologickými faktory, které jsou spojeny s morfologií a klimatologií nádrže (NOVÁK 1968, VOTRUBA & BROŽA 1980, NILSSON 1981), stářím, hloubkou, velikostí vodního útvaru (VAN GEEST et al. 2003) a managementem nádrže (MOSS 2008).

Uměle vytvořená vodní díla jsou velmi často mladé ekosystémy a nacházejí se v různých fázích sukcese (ODUM 1977). Tvorba a zonace litorální vegetace v umělém ekosystému se začíná utvářet po zaplavení území, kdy většina terestrických druhů rostlin odumírá (HETEŠA & MARVAN 1984). Z terestrických druhů zůstávají jen ty, které se dokážou vyrovnat se zaplavením a následným nedostatkem kyslíku v půdě a s jeho důsledky (ARMSTRONG 1979). Zpočátku po zaplavení nastává expanze a rozvoj submerzních druhů makrofyt (např. KRAHULEC & LEPŠ 1994). Tento rozvoj vodních druhů makrofyt je umožněn díky velkému množství živin z rozkladu terestrických druhů rostlin a zejména díky vysoké průhlednosti vody, což je dáno absencí ryb a intenzivní predací fytoplanktonu zooplanktonem v počáteční fázi fungování nádrže (HETEŠA & MARVAN 1984, KRAHULEC & LEPŠ 1994). Po určité době dojde k rozvoji a aktivitě rybní obsádky. Tím vzniká predáční tlak na zooplankton, což vede spolu s přítomností živin k následné podpoře rozvoje fytoplanktonu a zhoršení světelných podmínek ve vodě vegetačním zákalem (JEPPESEN et al. 1997). Propustnost světla vodou může být v mnoha případech také snížena koncentrací rozpuštěných látek, organickým detritem z rozložené vegetace, zastiňováním vegetací na březích (LELLÁK & KUBÍČEK 1991), nebo vířením a odnosem jemného substrátu z litorálu působením vln (WEISNER 1987, WEISNER et al. 1997). Ekosystém uměle vytvořených vodních děl je podstatně ovlivněn rozsahem kolísání vodní hladiny, které výrazně ovlivňuje nejen časovou a prostorovou dynamiku eufotické zóny, ale také bilanci živin, transport a přemístění organického materiálu a jemného substrátu v litorálu a interakci potravních řetězců mezi litorálem a pelagiálem (COOPS & HOSPER 2002). Výška vodní hladiny a její změny v čase určují prostorovou strukturu a časovou dynamiku mokřadních a vodních společenstev rostlin (HEJNÝ & HUSÁK 1978). Důsledkem těchto změn v nádrži dochází k postupnému vymizení vodních druhů makrofyt, jak ukazuje např. sledování dynamiky vegetace na nádrži Rozkoš (KRAHULEC & LEPŠ 1980, KRAHULEC & LEPŠ 1987, KRAHULEC & LEPŠ 1994).

Cílem této práce bylo (1) provést průzkum litorální flóry údolní nádrže Lipno, (2) vyhodnotit současný stav litorálních porostů v této nádrži, a (3) analyzovat faktory, které mohou ovlivňovat přítomnost litorálních porostů v litorálu. Sběr a vyhodnocení dat byly koncipovány tak, aby na podkladě získaných poznatků bylo možné navrhnout opatření pro rozvoj litorálních porostů v nádržích a posoudit, za jakých okolností se ekologický stav nádrží může přiblížit požadavkům Rámcové směrnice EU o vodách.

METODIKA

Popis nádrže Lipno

Nádrž Lipno se nachází na horním toku řeky Vltavy v podhůří Šumavy na území CHKO Šumava. Nádrž byla vybudována jako horní stupeň Vltavské kaskády a byla napuštěna v roce 1960. Objem nádrže Lipno při maximální kótě 726,00 m n. m. činí 306 milionů m³, plocha hladiny 46,5 km², obvod nádrže (břehové čáry) cca 115 km, maximální hloubka u hráze 21,5 m a průměrná hloubka 6,6 m (DOLEJŠÍ 1996). Nádrž Lipno lze podle morfologie rozdělit na tři úseky (NOVÁK 1968): (1) Horní úsek od konce vzduť k obci Horní Planá je sevřen do úzkého profilu o malé průměrné hloubce (3,5 m) a malém průměrném sklonu břehů (0,25°). (2) Střední úsek od obce Horní Planá k obci Hruštice je charakteristický plochým pánvovitým údolím, které dovoluje naakumulované vodě rozlít se do značných vzdáleností od původního řečiště Vltavy. Průměrná hloubka této části je 6 m a průměrný sklon břehu 0,83°. V této oblasti se nachází většina zátok; největší je zátoka Olšina, která je oddělena od nádrže náspem. (3) Spodní úsek začínající za obcí Hruštice a končící hrází u Lipna nad Vltavou je zakleslý v údolí erodující Vltavy. Je charakterizován příkrými břehy se skalními výchozy o průměrném sklonu 11° a různými typy nezapevněných sedimentů v patě svahů. Průměrná hloubka tohoto úseku je 10 m (NOVÁK 1968).

Nádrž je víceúčelová a slouží pro hydroenergetiku, ochranu před povodněmi, regulaci průtoku ve Vltavě a pro rekreaci, od roku 1980 se z nádrže začal také uskutečňovat vodárenský odběr pro úpravnu vody v Loučovicích (DOLEJŠÍ 1996).

Výběr míst pro charakteristiku litorálu nádrže

Pro detailní popis litorálu byl vytvořen řetězec 115 lokalit rozmístěných pravidelně v 1 km intervalech po obvodové čáře nádrže při kótě maximální hladiny 726 m n. m. (Obr. 1). V terénu byly lokality zaměřeny pomocí GPS (Garmin GPS 12XL, Garmin Olanthe, KS, USA). Průzkum proběhl během období červenec–říjen 2006 kromě lokalit 48 a 49 (v oblasti ústí Vltavy u Nové Pece), které byly prostudovány začátkem října v roce 2008.

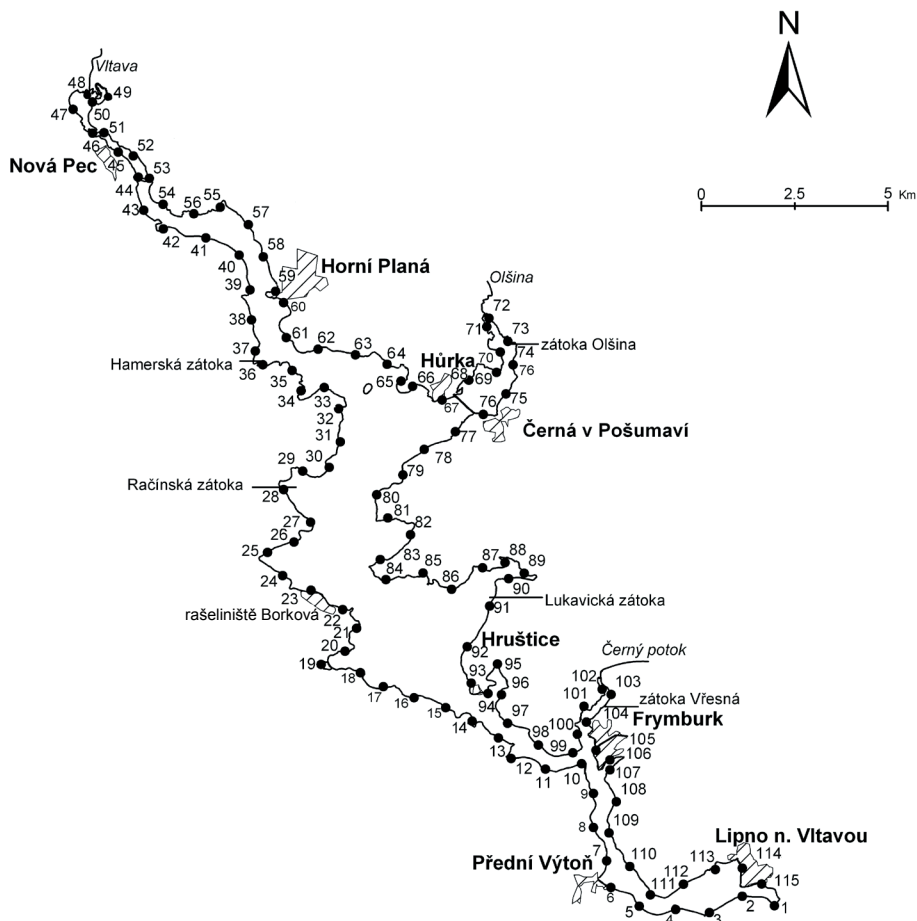
Každá lokalita začínala od vztažného bodu zadaného hodnotou v souřadnicovém systému WGS-84. Od vztažného bodu při pohledu z vody vpravo byl definován obdélník o délce 50 m a šířce, která byla dána maximální šířkou litorální vegetace od paty abrazního srubu směrem do nádrže (Obr. 2). Pokud abrazní srub nebyl vytvořen, byla lokalita vymezena hranicí souvislého porostu mezofytních druhů. V případě, že šířka porostu byla větší než 50 m, byl vymezen čtverec o straně 50 m.

Na lokalitách byly zaznamenány údaje o morfologii terénu, průhlednosti vody, charakteru substrátu, pokryvnosti a druhovém složení litorálního porostu, vlivu lidské činnosti a byla pořízena fotodokumentace lokality. Průzkum makrofyt a získávání dat na lokalitách ve vymezeném obdélníku byl prováděn detailním šetřením na místě a v případě nutnosti i ponorů.

Flóra a vegetace litorálu nádrže

Na vymezené lokalitě bylo zachyceno druhové složení, pokryvnost jednotlivých druhů rostlin, hlavních pater a celková pokryvnost.

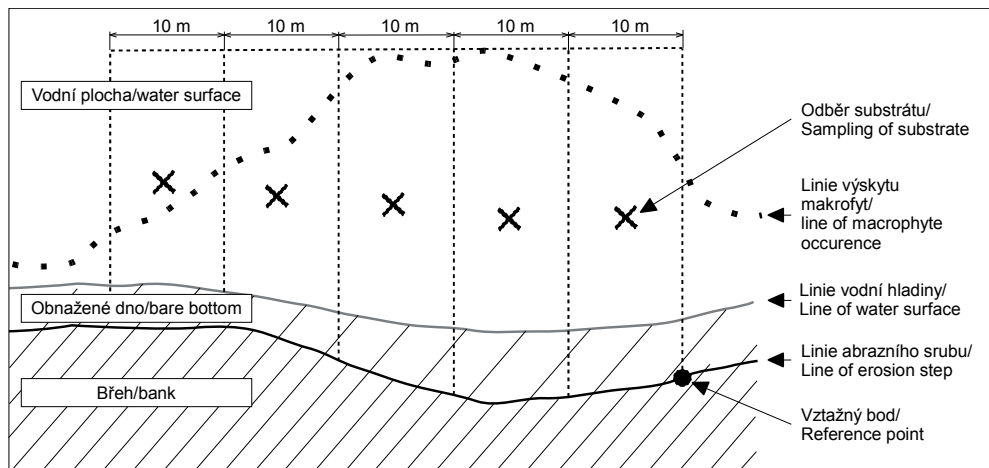
Litorální porost byl rozdělen na patro bylinné a dřevinné podle výšky hlavních funkčních skupin. Do bylinného patra byly zahrnuty rostliny do výšky 2 m včetně druhů *Phalaris arundinacea* a *Phragmites australis*. Do dřevinného patra byly zahrnuty rostliny větší než 2 m (keře, stromy). Základem pro odhadování pokryvnosti jednotlivých druhů byla Braun-Blanquetova stupnice (MORAVEC et al. 1994), která byla rozšířena v kategorii 2 o podkate-



Obr. 1. Lokality průzkumu makrofyt v nádrži Lipno.
Fig. 1. Localities of the macrophyte survey in the Lipno reservoir.

gorie 2a a 2b: r (ojediněle); + (pokryvnost zanedbatelná); 1 (pod 5 %); 2a (5–15 %); 2b (15–25 %); 3 (25–50 %); 4 (50–75 %); 5 (75–100 %). Druhová bohatost (bylin, dřevin, celková) byla popsána jako počet všech druhů vyskytujících se na lokalitě. Na podkladě zastoupení rostlinných druhů a určujících ekologických faktorů byla určena rostlinná společenstva. Pro každou lokalitu bylo určeno jedno převažující společenstvo.

Určování druhů rostlin bylo prováděno podle Klíče ke květeně ČR (KUBÁT et al. 2002) a dalších publikací (DEYL & HÍSEK 1973, HEJNÝ & SLAVÍK 1988, 1990, 1992, DOSTÁL 1989a,b, KREMER & MUHLE 1995, 1998, AICHELE & GOLTEOVÁ-BECHTLEOVÁ 2001, GRAU et al. 2002). Odborné názvy druhů rostlin byly sjednoceny dle Klíče ke květeně ČR (KUBÁT et al. 2002). Herbářové položky jsou uloženy v Jihočeském muzeu v Českých Budějovicích (datum uložení 10. 3. 2010). Zařazení do kategorií ohrožení je uvedeno podle Vyhlášky MŽP ČR



Obr. 2. Vytčení lokality pro zaznamenání pokryvnosti, charakterizaci litorálu a odběr vzorků substrátu.
Fig. 2. Locality delineation for the description of vegetation cover, characterisation of the littoral morphology, and sampling of the substrate.

č. 395/1992 Sb. (CHÁN 1999): C1 – kriticky ohrožené taxony, C2 – silně ohrožené taxony, C3 – ohrožené taxony, C4 – vzácnější taxony vyžadující další pozornost. Názvy rostlinných společenstev jsou sjednoceny dle práce MORAVEC et al. (2005).

Kromě evidence druhů a odhadu pokryvnosti byla na lokalitě měřena maximální hloubka vodního sloupce, ve kterém v době sledování makrofyta kořenila. S pomocí tohoto údaje byla stanovena kóta nejmenší nadmořské výšky, v níž se makrofyta vyskytovala. Tato kóta byla dále porovnána s kótami charakterizujícími změny výšky vodní hladiny v nádrži v období 1991–2005. Denní data o kolísání vodní hladiny poskytlo Povodí Vltavy, s. p.

Morfologické charakteristiky litorálu nádrže

Pro charakteristiku morfologie litorálu nádrže byl na jednotlivých lokalitách měřen sklon břehu a dna, výška abrazního srubu a z mapových podkladů byla odečtena rozběhová dráha vln jako maximální délka průhledu na protější břeh nádrže libovolným směrem.

Sklon břehu a výška abrazního srubu byly zjišťovány na transektu rovnoběžném s břehovou linií (podélná osa obdélníku) na pěti místech ve vzdálenostech 10 m (Obr. 2). Sklon břehu byl měřen ve stupních pomocí úhloměru vybaveného olovnicí. Hodnoty sklonu dna ve srovnání se sklonem břehu se lišily minimálně, tj. o méně než 2 %, proto dále používáme pouze hodnoty sklonu břehu. Výška abrazního srubu byla měřena od paty abrazního srubu. Z naměřených hodnot na lokalitě byl spočítán průměr, který byl využíván při analýzách.

Charakteristika struktury substrátu v litorálu nádrže

Substrát na lokalitách byl charakterizován velikostní distribucí částic a koncentrací organické složky v odebraných vzorcích. Na každé lokalitě bylo z povrchové (0 až cca 10 cm) vrstvy dna odebráno 5 vzorků substrátu o objemu 0,5 l. Každý vzorek byl odebrán v 0,5 m hloubce vodního sloupce v 10 m vzdálenostech na transektu rovnoběžném s břehovou linií. Všech pět dílčích vzorků z lokality bylo smícháno a kvartací byl vytvořen reprezentativní vzorek o objemu 0,5 l. Reprezentativní vzorky byly vysušeny do konstantní hmotnosti při 105 °C a po vysušení rozděleny na sítěch s různou velikostí ok na frakce >2 mm (šterk, valouny) a <2 mm (jemnozeme). Z jemnozeme byla pomocí sít oddělena frakce hrubý písek

(2–0,25 mm). Podíl dalších frakcí ve vzorku – jemný písek (0,25–0,05 mm), prach (0,001–0,05 mm) a jíł (<0,001 mm) – byl zjištěn prostřednictvím sedimentační analýzy (PITTER et al. 1983).

Pro sedimentační analýzu bylo použito 40 g jemnozeme (<2 mm). K naváženému množství sedimentu bylo přidáno 200 ml destilované vody a 40 ml dispergačního činidla (35,7 g $\text{Na}_6(\text{PO}_3)_6$ a 7,94 g Na_2CO_3 v 1 l destilované vody). Suspenze se zamíchala, nechala stát minimálně 2 hodiny a poté se jednu hodinu vařila. Po povaření se suspenze nechala stát do druhého dne. Další den byla suspenze přelita do sedimentačního válce o průměru 6 cm a výšce 30 cm a doplněna odplyněnou destilovanou vodou na objem 850 ml. Před začátkem měření byla suspenze promíchána míchadlem a hustoměrem se prováděno měření hustoty suspenze v časech 0, 1, 5, 30 a 60 minut a 12, 24 a 48 hodin. Z naměřených hodnot hustoty suspenze byla sestrojena distribuční křivka sedimentační rychlosti částic. Pro každou sedimentační rychlost byla vypočtena velikost sedimentujících částic pomocí Stokesova zákona. Hustota částic substrátu potřebná pro výpočet byla stanovena pyknometricky. Ze získané distribuční křivky velikosti částic bylo odečteno množství prachu a jílu ve vzorku substrátu (PITTER et al. 1983).

Koncentrace organické složky byla stanovena ve frakci <0,25 mm jako ztráta žiháním při teplotě 550 °C po dobu dvou hodin.

Velikostní distribuce částic substrátu nebyla analyzována u rašelinných vzorků pro malý podíl jemnozeme. V těchto vzorcích byla stanovena pouze koncentrace organické složky.

Měření průhlednosti vody

Průhlednost vody jako integrální charakteristika dostupnosti světla pro rostliny byla zjišťována standardní hydrobiologickou metodou pomocí Secchiho desky. Průhlednost byla měřena jednak z lodí, ve vzdálenosti cca 100 m kolmo od lokality pro charakterizaci vodního sloupce v dané oblasti nádrže, jednak přímo v litorálu na lokalitě pro charakterizaci aktuálních místních světelných podmínek. Zde se měřilo standardně v hloubce 0,5 m a průhlednost se popisovala pomocí semikvantitativní stupnice o třech stupních: 1 – průhlednost vysoká (dobře viditelné dno), 2 – průhlednost střední (viditelné detaily ve vodním sloupci, Secchiho deska na dně pouze prosvítá), 3 – průhlednost nízká (silný zákal nebo plovoucí vrstva na hladině, nejsou viditelné detaily ve vodním sloupci, Secchiho deska není vidět).

Lidský faktor

Působení lidského faktoru bylo na stanovištích popsáno kvalitativně přítomen/nepřítomen. Jako lokality ovlivněné člověkem byly označeny takové lokality, kde se v navazující břehové zóně nacházely stavby (chaty, obce) či komunikace (silnice, železnice, mosty), anebo kde přímo v litorální zóně byly přístaviště (jachty, hausbóty), rybářská stanoviště s loděmi a rekreační zařízení (pláže, kempy, tábory, dětská hřiště). Bez vlivu člověka byly označeny lokality, kde činnost člověka nebyla jasně patrná.

Korelační analýza

Vztahy mezi charakteristikami litorální vegetace (šířkou porostu, celkovou pokryvností, pokryvností bylin a dřevin, druhovou bohatostí, bylin, dřevin a celkovou) a vybranými vnějšími faktory (rozběhová dráha vln, sklon břehu, výška abrazního srubu, velikostní struktura struktury substrátu, antropogenní vliv a přítomnost přítoku) v litorálu nádrže byly testovány korelační analýzou v aplikaci MS Excel (MELOUN & MILITKÝ 2004).

VÝSLEDKY

Litorální porosty v nádrži Lipno

Pokryvnost porostu v litorálu nádrže

Výsledky průzkumu litorální vegetace podél břehové linie v litorálu nádrže jsou uvedeny v Tab. 1 a Obr. 3.

V litorálu nádrže se nejčastěji (na 63 % lokalit) vyskytovaly porosty s nízkou pokryvností bylinného patra (<10 %). Nacházely se především na lokalitách v nechráněných otevřených částech nádrže. Vyšší pokryvnost bylin (11–40 %) byla zaznamenána u porostů v zátočkách s přítomností přítoků. Ovšem takových lokalit bylo v litorálu nádrže podstatně méně (26 % lokalit). Vysoká pokryvnost bylinného patra (>41 %) byla zjištěna pouze na 11 % celkového počtu lokalit, a to především v horním úseku nádrže od Nové Pece k Horní Plané a v Olšinské zátoce u Černé v Pošumaví. Pokryvnost dřevin v litorálu nádrže byla nízká (<1 % na 80 % prozkoumaných lokalit). Vyšší pokryvnost dřevin (2–10 %) byla zjištěna pouze na 16 % lokalit. Největší pokryvnost dřevin (50 %) měla lokalita č. 20, kde byl litorál pokrytý zejména druhu *Salix* sp. (Obr. 3).

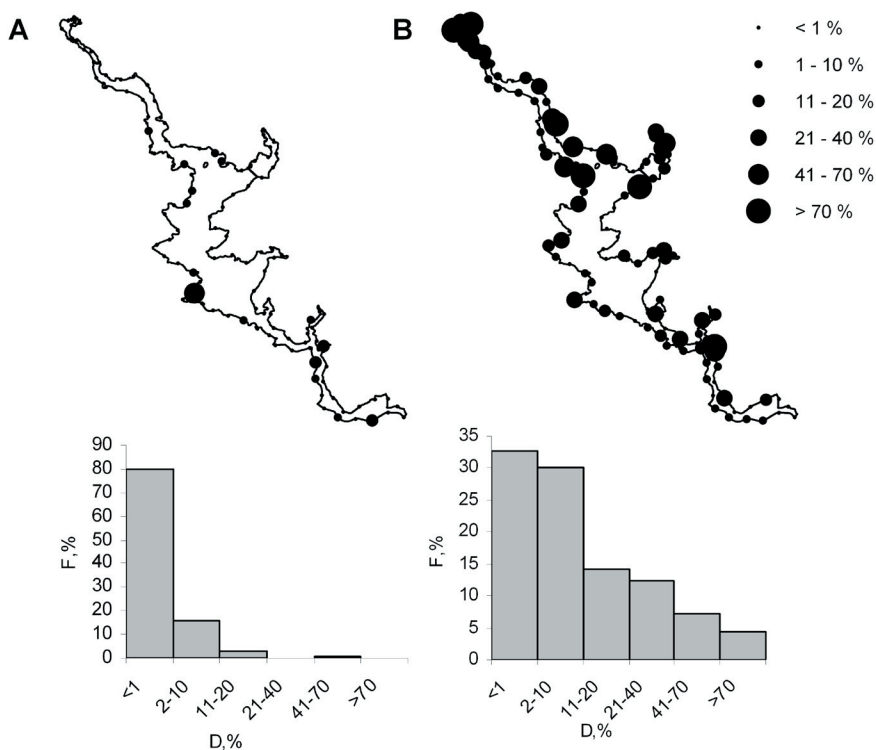
Druhové zastoupení makrofyt v litorálu nádrže

V litorálu bylo zjištěno celkem 53 druhů bylin (Tab. 1). Převažovaly druhy terestrické až vlhkomilné, které přecházely z terestrického prostředí do míst o větší vlhkosti, ale dávaly přednost terestrickým (sušším) podmínkám. Druhy mokřadní a emerzní se nacházely již ve vlhkých až občasné zaplavovaných lokalitách litorálu (zóna eulitorálu). V těchto místech se také nacházely druhy obojživelných makrofyt, které zvládají přežít i období sucha. Na lokalitách se stálou vodní hladinou (na lokalitách s přítoky) byla zjištěna makrofyta s plovoucími

Tabulka 1. Seznam druhů makrofyt zjištěných v litorálu nádrže Lipno.

Table 1. List of species of macrophytes found in the littoral of the Lipno reservoir.

Terestricko-vlhkomilné / Hydrophilic terrestrial
<i>Agrostis canina</i> , <i>Angelica sylvestris</i> , <i>Bidens radiata</i> , <i>Bidens frondosa</i> , <i>Solanum dulcamara</i> , <i>Poa palustris</i> , <i>Mentha arvensis</i> , <i>Deschampsia cespitosa</i> , <i>Impatiens glandulifera</i> , <i>Taraxacum</i> sect. <i>ruderalia</i> , <i>Gnaphalium uliginosum</i> , <i>Persicaria lapathifolia</i> , <i>Persicaria hydropiper</i> , <i>Juncus effusus</i> , <i>Scutellaria galericulata</i> , <i>Crepis paludosa</i> , <i>Scirpus sylvaticus</i> , <i>Galium palustre</i> , <i>Viola palustris</i> , <i>Epilobium ciliatum</i> , <i>Epilobium hirsutum</i> , <i>Ranunculus repens</i> , <i>Caltha palustris</i>
Mokřadní a emerzní / Emergent
<i>Carex acuta</i> , <i>Carex rostrata</i> , <i>Carex vesicaria</i> , <i>Eleocharis ovata</i> , <i>Eleocharis palustris</i> , <i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Oenanthe aquatica</i> , <i>Peplis portula</i> , <i>Iris pseudacorus</i> , <i>Typha latifolia</i> , <i>Equisetum fluviatile</i> , <i>Phragmites australis</i> , <i>Ranunculus flammula</i> , <i>Alopecurus aequalis</i> , <i>Glyceria maxima</i> , <i>Sparganium erectum</i> , <i>Juncus bufonius</i>
Obojživelné / Amphibious
<i>Alisma plantago-aquatica</i> , <i>Glyceria fluitans</i> , <i>Sparganium emersum</i> , <i>Eleocharis acicularis</i> , <i>Persicaria amphibia</i>
S plovoucími listy / Floating-leaved
<i>Potamogeton natans</i>
Ponořená / Submersed
<i>Myriophyllum alterniflorum</i> , <i>Batrachium aquatile</i> , <i>Callitriche hamulata</i> , <i>Callitriche</i> sp.
Volně plovoucí / Free-floating
<i>Lemna minor</i> , <i>Spirodela polyrrhiza</i>

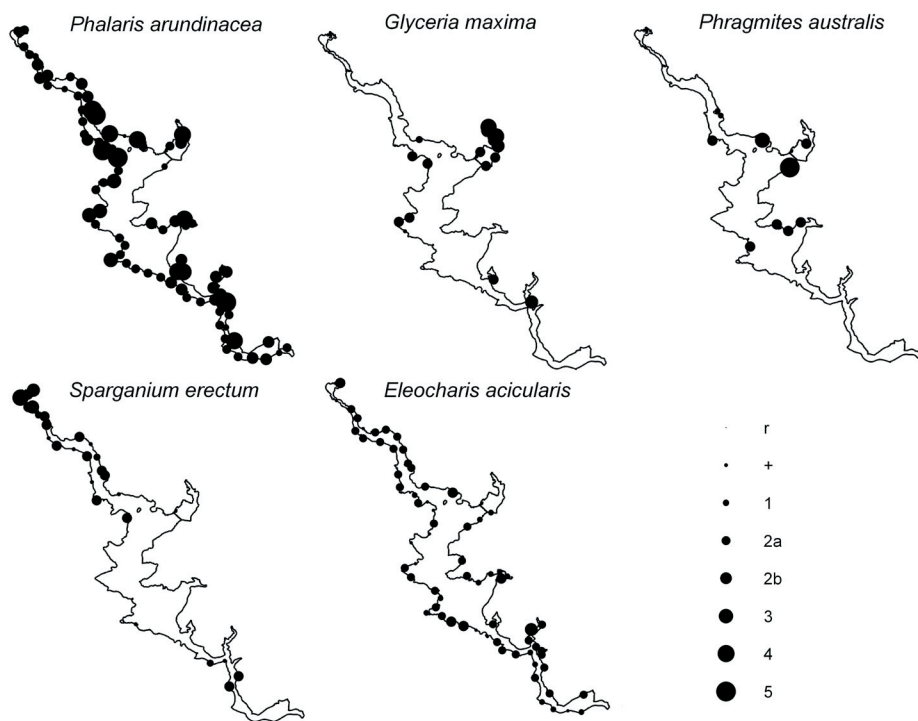


Obr. 3. Mapy a histogramy pokrývnosti makrofyt na monitorovaných lokalitách v litorálu nádrže Lipno: (A) dřeviny, (B) byliny. Legenda je stejná pro dřeviny i byliny.

Fig. 3. Maps and histograms showing macrophyte cover at surveyed localities of the littoral zone of the Lipno reservoir: (A) woody plants, (B) macrophytes. The legend is same for woody plants and macrophytes.

listy a submerzní druhy makrofyt. V nádrži byly zjištěny také volně plovoucí druhy makrofyt (Tab. 1).

Největší stálost výskytu měly druhy *Phalaris arundinacea* (na 92 % lokalit), *Eleocharis acicularis* (75 %), *Carex acuta* (32 %) a *Glyceria fluitans* (39 %). *Phalaris arundinacea* se nacházela i ve vyšších pokrývnostech (>15 %) prakticky po celém litorálu nádrže (Obr. 4). Vyskytovala se v souvislých porostech v zóně eulitorálu na místech, která byla alespoň z části chráněná proti erozi. Na silně erodovaných místech byla *P. arundinacea* přítomna jako jediný druh. Zde však netvořila větší souvislé porosty, ale vyskytovala se pouze v izolovaných trsech či prýtech. V rámci gradientu vlhkosti byla *P. arundinacea* lépe rozvinuta v zóně eulitorálu, která byla po většinu času nezaplavená. V zaplavené části litorálu tvořila pouze trsy nebo jednotlivé prýty. Na lokalitách s porosty *P. arundinacea* se často vyskytovaly také porosty druhu *Eleocharis acicularis*. Tento druh obecně dosahoval nízkých pokrývností (<5 %) (Obr. 4) a vždy se nacházel v hlubším přeplavení než *P. arundinacea*. Ovšem při srovnání kóty výskytu různých makrofyt na všech lokalitách se ukázalo, že maximální hloubka výskytu *E. acicularis* byla podobná hloubce, v níž kořenily další běžné druhy emerzních makrofyt (724,5 m n. m.). *Phragmites australis* (Obr. 4) byl v nádrži méně častý a jeho stálost v litorálu byla 11 %. Nejčastěji se nacházel v oblasti Černé v Pošumaví v pokrývnosti až 50–100 % (Obr. 4).



Obr. 4. Mapy pokryvnosti nejčastěji se vyskytujících druhů bylin na monitorovaných lokalitách v litorálu nádrže Lipno. Pokryvnost druhů makrofyt je uvedena ve stupnici podle Braun-Blanqueta.

Fig. 4. Maps showing the cover of macrophyte species with the most frequent occurrence at surveyed localities of the littoral of the Lipno reservoir. The macrophyte cover is given in the Braun-Blanquet scale.

Jiné druhové složení než v samotné nádrži bylo zjištěno v Olšinské zátocce. V zátocce převládal druh *Glyceria maxima* (Obr. 4). Druh *P. arundinacea* byl přítomen pouze v malých pokryvnostech (<1 %) v sušších oblastech eulitorálu. V porostu *G. maxima* se vyskytovaly dále druhy *Typha latifolia* a *P. australis*. Druh *Persicaria amphibia* se v zátocce nacházel velmi často mimo vymezené lokality. Ve větších porostech (o ploše cca 1 m²) byl zjištěn mezi snímky (č. 71–76).

Oblast hlavního přítoku Vltavy u obce Nové Pec byla také druhově odlišná. Nacházely se zde zejména druhy *P. arundinacea*, *Alisma plantago-aquatica*, *Sparganium erectum* (Obr. 4), *S. emersum*, *Equisetum fluviatile* a *Glyceria fluitans*. Dále zde byly zjištěny v malých pokryvnostech (r, +, 1) druhy makrofyt s plovoucími listy *Potamogeton natans* a submerzní druhy makrofyt jako *Myriophyllum alterniflorum*, *Batrachium aquatile* a *Callitriche hamulata*.

Během průzkumu litorálu byly zjištěny další druhy mimo vymezené lokality. Ve slepém ramenu přítoku Vltavy u lokality č. 49 byl zjištěn větší porost *Nuphar lutea* (porost o ploše cca 2,5 m²). U obce Frymburk (v blízkosti lokality č. 106) byl zjištěn uměle vysazený *Nymphaea* sp. (porost o ploše cca 0,5 m²).

Po zaklesnutí vodní hladiny se na obnaženém dnu nádrže Lipna nacházela raná stádia druhů *Alopecurus aequalis*, *Eleocharis acicularis*, *E. ovata*, *Gnaphalium uliginosum*, *Juncus bufonius*, *Peplis portula*, *Callitriche* sp., *Bidens cernua*, *B. frondosa*, *Taraxacum sect. ruderalia* a semenáčky rodu *Salix*.

V litorálu nádrže byly zjištěny v malých počtech (r, +, 1) druhy uvedené v komentovaném červeném seznamu květeny jižní části Čech (CHÁN 1999): C1 (kriticky ohrožené taxony) – *Myriophyllum alterniflorum* (lokalita č. 46); C4 (vzácnější taxony vyžadující další pozornost) – *Callitriche hamulata* (lokalita č. 8, 46, 47, 56, 57, 62), *Sparganium emersum* (lokalita č. 40, 45, 47, 51, 52, 53, 54, 56) a *Eleocharis ovata* (lokalita č. 85).

Dřeviny v litorálu nádrže kořenily převážně v břehové linii a výrazně nezasahovaly do litorální oblasti, pouze se nad ni nakláněly. Jednalo se převážně o vrby (*Salix aurita*, *S. caprea*, *S. cinerea*, *S. fragilis*, *S. pentandra*, *S. purpurea*, *S. viminalis*, *S. triandra*), ale byly zde přítomny i další druhy dřevin (*Acer pseudoplatanus*, *Alnus glutinosa*, *A. incana*, *Betula pendula*, *Fraxinus excelsior*, *Physocarpus opulifolius*, *Sorbus aucuparia*, *Populus tremula*).

Společenstva litorálu nádrže

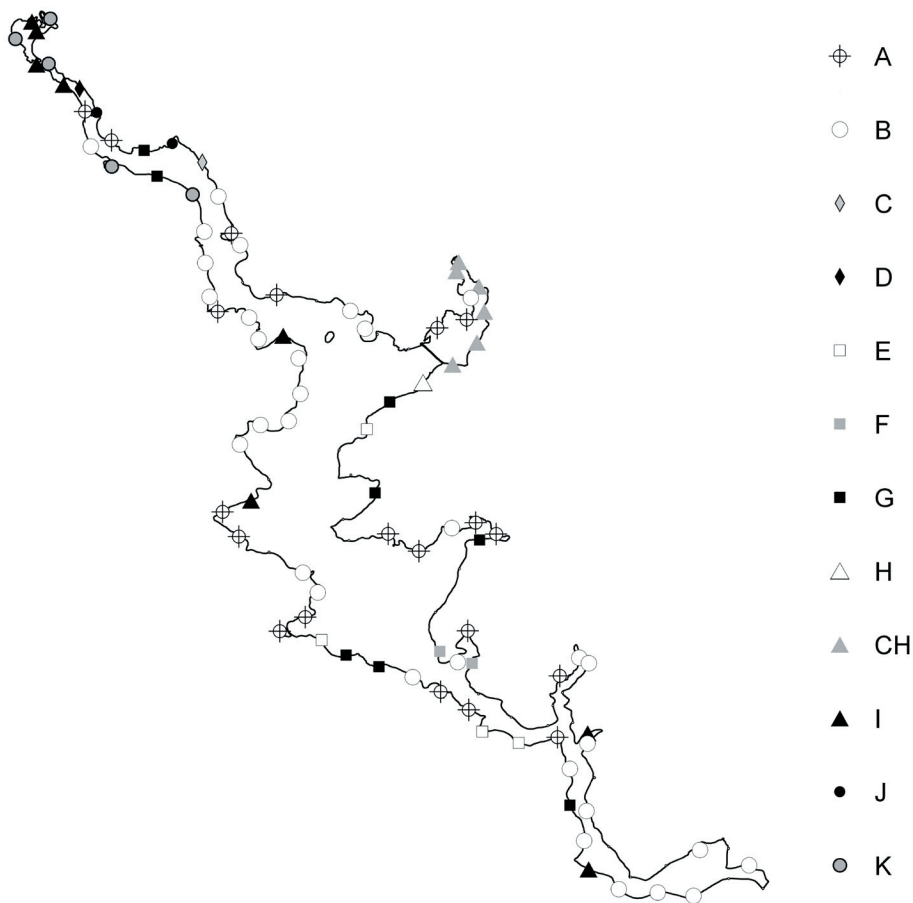
V litorálu nádrže bylo určeno celkem 12 rostlinných společenstev (Tab. 2, Obr. 5).

Nejčastějším společenstvem na sledovaném území bylo *Phalaridetum arundinaceae* (Tab. 3) a společenstvo s převažujícím druhem *Phalaris arundinacea* (Tab. 4). Společenstva byla charakteristická převažujícím druhem *P. arundinacea*, ovšem lišila se svým výskytem. Společenstvo *Phalaridetum arundinaceae* bylo zjištěno převážně v oblastech zátok

Tabulka 2. Rostlinná společenstva zjištěná na lokalitách v litorálu nádrže Lipno.

Table 2. The plant communities found in the littoral of the Lipno reservoir.

<i>Magnocaricion elatae</i> Koch 1926	
	<i>Phalaridetum arundinaceae</i> Libbert 1931
<i>Phalaridion aundinaceae</i> Kopecký 1961	
	společenstvo s převažujícím druhem <i>Phalaris arundinacea</i> / community dominated by <i>Phalaris arundinacea</i>
<i>Phragmition communis</i> Koch 1926	
	<i>Sparganietum erecti</i> Roll 1938
	<i>Glycerietum maximae</i> Hueck 1931
	<i>Typhetum latifoliae</i> Lang 1973
	<i>Phragmitetum communis</i> (Gams 1927) Schmale 1939
<i>Sparganio-Glycerion fluitantis</i> Br.-Bl. et Sissingh in Boer 1942	
	<i>Glycerietum fluitantis</i> Wilozek 1935
<i>Littorellion uniflorae</i> Koch 1926	
	společenstvo s převažujícím druhem <i>Eleocharis acicularis</i> / community dominated by <i>Eleocharis acicularis</i>
<i>Magnocaricion elatae</i> Koch 1926	
	<i>Caricetum gracilis</i> Almquist 1929
	<i>Caricetum rostratae</i> Rübél 1912
<i>Magnopotamion</i> (Vollmar 1947) Den Hartog et Segal 1964	
	společenstvo s převažujícím druhem <i>Persicaria amphibia</i> / community dominated by <i>Persicaria amphibia</i>
<i>Oenanthion aquiticae</i> Hejný ex Neuäusl 1931	
	společenstvo s převažujícím druhem <i>Sparganium emersum</i> / community dominated by <i>Sparganium emersum</i>



Obr. 5. Mapa rozšíření rostlinných společenstev v litorálu nádrže Lipno: (A) – *Phalaridetum arundinaceae*; (B) – společenstvo s převažujícím druhem *Phalaris arundinacea*; (C) – *Typhetum latifoliae*; (D) – *Caricetum rostratae*; (E) – *Caricetum gracilis*; (F) – společenstvo s převažujícím druhem *Persicaria amphibia*; (G) – společenstvo s převažujícím druhem *Eleocharis acicularis*; (H) – *Phragmitetum communis*; (CH) – *Glycerietum maximae*; (I) – *Glycerietum fluitantis*; (J) – společenstvo s převažujícím druhem *Sparganium emersum*; (K) – *Sparganietum erecti*.

Fig. 5. Distribution map of plant communities in the littoral of the Lipno reservoir: (A) – *Phalaridetum arundinaceae*; (B) – community with dominating *Phalaris arundinacea*; (C) – *Typhetum latifoliae*; (D) – *Caricetum rostratae*; (E) – *Caricetum gracilis*; (F) – community with dominating *Persicaria amphibia*; (G) – community with dominating *Eleocharis acicularis*; (H) – *Phragmitetum communis*; (CH) – *Glycerietum maximae*; (I) – *Glycerietum fluitantis*; (J) – community with dominating *Sparganium emersum*; (K) – *Sparganietum erecti*.

a oblastech s přítoky. Společenstvo bylo doplněno druhy vysokých ostřic *Carex acuta*, *C. rostrata* a *C. vesicaria*. Společenstvo s převažujícím druhem *P. arundinacea* bylo zjištěno převážně na lokalitách, která byla na otevřených a nechráněných místech nádrže.

Na rozsáhlém území litorálu bylo zaznamenáno společenstvo s převažujícím druhem *Eleocharis acicularis* (Tab. 5). Zejména na pravém břehu v dolní části nádrže bylo zaznamenáno společenstvo *Caricetum gracilis* (Tab. 6). U obce Hrušnice bylo popsáno společenstvo

Tabulka 5. Lokality se společenstvem s převažujícím druhem *Eleocharis acicularis* A – plocha porostu makrofyt na lokalitě; N – počet druhů makrofyt na lokalitě; E – celková pokrývnost lokality; E1 – pokrývnost bylin; E2 – pokrývnost dřevin.

Table 5. Localities with the community dominated by *Eleocharis acicularis* A – locality area; N – number of species at the locality; E – total plant cover at the locality; E1 – cover of macrophytes; E2 – cover of woody plants.

Lokalita č. / Locality No.	8	16	17	41	55	78	82	90
Datum / Date (2006)	11.8.	17.8.	18.8.	7.9.	11.9.	15.9.	19.9.	18.9.
A (m ²)	250	150	350	225	500	250	25	100
N	6	4	5	5	1	2	2	5
E (%)	7	6	12	2	1	2	1	11
E1 (%)	7	6	12	2	1	2	1	11
E2 (%)	0	0	0	0	0	0	0	0
E1								
<i>Eleocharis acicularis</i>	1	2a	2a	1	1	1	1	2a
<i>Callitriche hamulata</i>	r	–	–	–	–	–	–	–
<i>Carex acuta</i>	–	–	–	–	–	–	–	1
<i>Carex rostrata</i>	–	–	–	r	–	–	–	–
<i>Equisetum fluviatile</i>	–	r	r	–	–	–	–	–
<i>Glyceria fluitans</i>	+	–	–	–	–	–	–	–
<i>Persicaria amphibia</i>	–	–	–	r	–	–	–	1
<i>Phalaris arundinacea</i>	1	1	1	+	–	–	–	1
<i>Ranunculus flammula</i>	1	–	+	–	–	–	–	–
<i>Scirpus sylvaticus</i>	–	+	–	–	–	–	–	–
<i>Sparganium erectum</i>	1	–	–	r	–	–	–	–
E2								
<i>Salix cinerea</i>	–	–	r	–	–	–	–	–

s převažujícím druhem *Persicaria amphibia* (Tab. 7). Společenstvo *Phragmitetum communis* (Tab. 8) bylo zjištěno pouze na jedné lokalitě u obce Černá v Pošumaví. Společenstvo tvořilo monodominantní porost v limózní/terestrické ekofázi, ale do litorální ekofáze charakterizované vyšším vodním sloupcem se nešířilo. (V době pozorování bylo pro nízký stav vodní hladiny na suchu.)

Zcela odlišná společenstva se nacházela v oblasti Nové Pece až k Horní Plané a v Olšinské zátoce. V oblasti mezi Novou Pecí a Horní Planou byla zjištěna společenstva *Sparganietum erecti* (Tab. 8), společenstvo s převažujícím druhem *Sparganium emersum* (Tab. 7), *Glycerietum fluitantis* (Tab. 9), *Caricetum rostratae* (Tab. 6) a *Typhetum latifoliae* (Tab. 8). Společenstvo s převažujícím druhem *S. emersum* se na lokalitách nacházelo v iniciálním stádiu a bylo tvořeno submerzní formou druhu *S. emersum*. V oblasti Olšinské zátoky bylo zjištěno společenstvo *Glycerietum maximae* (Tab. 8). Společenstvo vytvářelo souvislý monodominantní porost, který byl doplněn druhy *Typha latifolia*, *Equisetum fluviatile* a *Phragmites australis*.

Na třech lokalitách (č. 23, 28, 36) se vyskytovaly rašelinné půdy. Na všech třech lokalitách docházelo k erozi břehu a byla zde zjištěna i malá pokrývnost vegetace. Na lokalitě č. 23 docházelo vlivem mechanické činnosti vody k odtrhávání velkých kusů rašeliny a k obnažování kořenů stromů. Odtržené kusy rašeliny vytvářely plovoucí ostrovy s porostem

Tabulka 6. Lokality se společenstvy *Caricetum gracilis* nebo *Caricetum rostratae* (legenda viz Tab. 5).
Table 6. Localities with the *Caricetum gracilis* or *Caricetum rostratae* communities (for legend see Table 5).

Lokalita č. / Locality No.	11	12	18	52	79
Datum / Date (2006)	13.8.	14.8.	19.8.	11.9.	19.9.
A (m ²)	175	150	100	2500	25
N	8	5	18	12	1
E (%)	6	6	10	22	0
E1 (%)	5	6	10	22	0
E2 (%)	1	0	0	0	0
E1					
<i>Carex acuta</i>	1	1	2a	–	r
<i>Carex rostrata</i>	–	1	–	2a	–
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	–	–	+	1	–
<i>Bidens frondosa</i>	–	–	r	–	–
<i>Callitriche sp.</i>	–	–	–	1	–
<i>Crepis paludosa</i>	–	–	r	–	–
<i>Deschampsia cespitosa</i>	–	–	r	–	–
<i>Eleocharis acicularis</i>	1	1	1	1	–
<i>Eleocharis palustris</i>	–	–	–	1	–
<i>Epilobium hirsutum</i>	–	–	+	–	–
<i>Equisetum fluviatile</i>	–	–	r	+	–
<i>Galium palustre</i>	–	–	+	–	–
<i>Glyceria fluitans</i>	–	–	1	+	–
<i>Gnaphalium uliginosum</i>	–	–	r	–	–
<i>Persicaria amphibia</i>	+	–	–	r	–
<i>Phalaris arundinacea</i>	1	1	1	+	–
<i>Poa palustris</i>	–	–	+	–	–
<i>Ranunculus flammula</i>	+	+	r	–	–
<i>Sparganium emersum</i>	–	–	–	1	–
<i>Sparganium erectum</i>	+	–	r	1	–
<i>Spirodela polyrhiza</i>	–	–	–	–	–
<i>Taraxacum sect. ruderalia</i>	–	–	1	–	–
<i>Typha latifolia</i>	–	–	–	1	–
<i>Viola palustris</i>	–	–	r	–	–
E2					
<i>Salix aurita</i>	r	–	–	–	–
<i>Salix purpurea</i>	1	–	–	–	–

Caricetum rostratae. Tyto ostrovy byly unášeny větrem na otevřenou vodní plochu. Některé z nich byly pozorovány až v oblasti Dolní Vltavice na protilehlém břehu nádrže Lipna.

Polovinu (53 %) lokalit v litorálu nádrže Lipno můžeme dle Katalogu biotopů ČR zařadit

Tabulka 7. Lokality se společenstvy s převážujícím druhem *Sparganium emersum* nebo *Pericaria amphibia* (legenda viz Tab. 5).

Table 7. Localities with the communities dominated by *Sparganium emersum* or *Pericaria amphibia* (for legend see Table 5).

Lokalita č. / Locality No.	53	56	93	96
Datum / Date (2006)	6.9.	8.9.	18.9.	16.9.
A (m ²)	50	1000	5	25
N	3	10	1	6
E (%)	2	13	0	33
E1 (%)	2	13	0	33
E2 (%)	0	0	0	0
E1				
<i>Sparganium emersum</i>	1	1	–	–
<i>Pericaria amphibia</i>	+	–	+	2a
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	–	+	–	–
<i>Alopecurus aequalis</i>	–	–	–	r
<i>Bidens frondosa</i>	–	–	–	r
<i>Callitriche hamulata</i>	–	+	–	–
<i>Callitriche sp.</i>	–	1	–	–
<i>Eleocharis acicularis</i>	1	1	–	–
<i>Glyceria fluitans</i>	–	1	–	–
<i>Glyceria maxima</i>	–	–	–	1
<i>Phalaris arundinacea</i>	–	1	–	3
<i>Ranunculus flammula</i>	–	+	–	–
<i>Sparganium erectum</i>	–	1	–	–
<i>Viola palustris</i>	–	–	–	r

do formační skupiny X14 „Vodní toky a nádrže bez ochrannářsky významné vegetace“ (CHYTRÝ 2001a). Jednalo se především o lokality s přítomností společenstva s převážujícím druhem *P. arundinacea* nacházející se na otevřených a nechráněných místech litorálu nádrže (Obr. 5). Lokality v zátokách byly zaznamenány na 21 % prozkoumaného území litorálu. Tyto lokality lze zařadit dle Katalogu biotopů ČR do formační skupiny M1.7 „Vegetace vysokých ostřic“ a v případě Olšinské zátoky do formační skupiny M1.1 „Rákosiny eutrofních stojatých vod“ (ŠUMBEROVÁ et al. 2001). Lokality s přítoky byly v litorálu nádrže zaznamenány na 26 % prozkoumaného území litorálu. Dle Katalogu biotopů ČR lze společenstva lokalit s přítoky zařadit do formačních skupin M1.5 „Pobřežní vegetace potoků“ a M1.3 „Eutrofní vegetace bahnitých substrátů“ (ŠUMBEROVÁ et al. 2001).

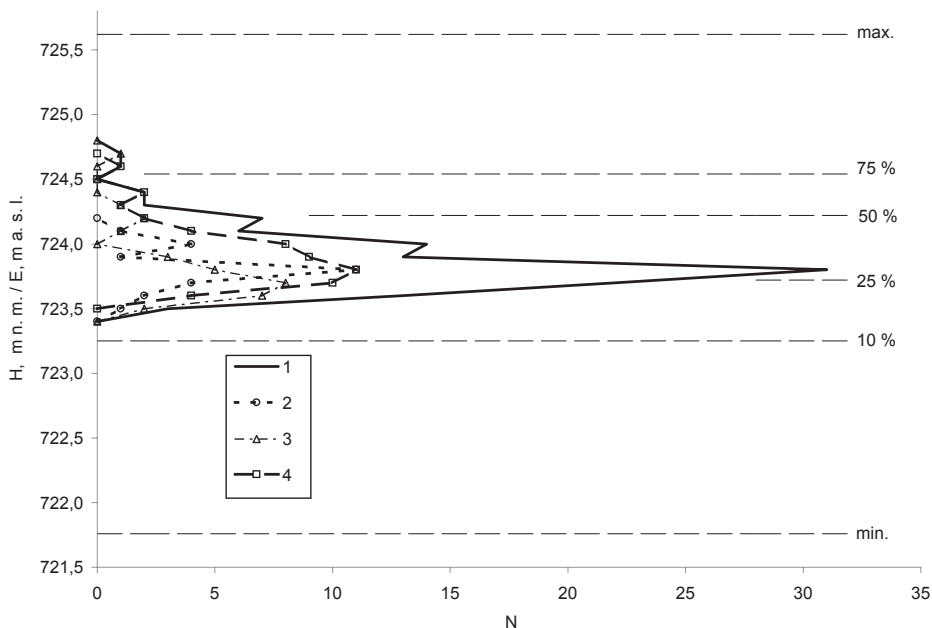
Spodní hranice výskytu makrofyt ve vodním sloupci

Makrofyta v nádrži kořenila až do hloubky odpovídající kótě 723,45 m n. m. (Obr. 6). Do největších hloubek (ke kótě 723,45 m n. m.) makrofyta kořenila v oblasti přítoku Vltavy u Nové Pece. Do nejmenších hloubek (rozmezí kót 724,5–723,7 m n. m.) byla makrofyta schopna prorůst v oblasti mezi obcemi Lipno nad Vltavou a Frymburk. Do celkově menších hloubek kořenila makrofyta na otevřených lokalitách (medián 723,81 m n. m.). Rozložení četnosti výskytu na lokalitách v zátokách bylo obdobné jako v souboru všech lokalit

Tabulka 9. Lokality se společenstvem *Glycerietum fluitantis* (legenda viz Tab. 5).
Table 9. Localities with the *Glycerietum fluitantis* community (for legend see Table 5).

Lokalita č. / Locality No.	6	26	33	45	46	48	50	106
Datum / Date (2006)	9.8.	20.8.	24.8.	11.9.	9.9.	4.10.*	9.9.	8.10.
A (m ²)	250	250	150	100	225	50	650	250
N	5	6	4	9	8	4	10	10
E (%)	7	29	4	25	14	40	38	98
E1 (%)	7	29	2	25	14	40	38	80
E2 (%)	0	0	2	0	0	0	0	18
E1								
<i>Glyceria fluitans</i>	1	2a	1	2a	2a	3	3	3
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	r	–	–	r	r	–	1	–
<i>Agrostis canina</i>	–	–	–	–	–	–	–	1
<i>Batrachium aquatile</i>	–	–	–	–	+	–	–	–
<i>Bidens frondosa</i>	–	–	–	–	–	–	–	1
<i>Callitriche hamulata</i>	–	–	–	–	+	–	–	–
<i>Callitriche sp.</i>	–	–	–	–	–	+	1	–
<i>Carex acuta</i>	–	1	–	–	–	–	–	1
<i>Carex rostrata</i>	–	–	–	–	–	–	1	–
<i>Eleocharis acicularis</i>	+	r	r	–	–	–	–	1
<i>Eleocharis palustris</i>	–	–	–	–	–	–	1	–
<i>Glyceria maxima</i>	–	1	–	–	–	–	–	–
<i>Iris pseudacorus</i>	–	–	–	–	–	–	–	2b
<i>Lemna minor</i>	–	–	–	2a	+	+	–	–
<i>Mentha arvensis</i>	+	–	–	–	–	–	–	–
<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	–	–	–	–	1	–	–	–
<i>Oenanthe aquatica</i>	–	–	–	1	–	–	r	–
<i>Persicaria amphibia</i>	–	–	–	–	–	–	+	–
<i>Phalaris arundinacea</i>	1	2b	1	1	–	1	+	–
<i>Sparganium emersum</i>	–	–	–	1	–	–	–	–
<i>Sparganium erectum</i>	–	–	–	+	1	–	1	–
<i>Spirodela polyrhiza</i>	–	–	–	1	1	–	1	–
<i>Typha latifolia</i>	–	1	–	1	–	–	–	–
E2								
<i>Salix caprea</i>	–	–	–	–	–	–	–	1
<i>Salix cinerea</i>	–	–	1	–	–	–	–	–
<i>Salix fragilis</i>	–	–	–	–	–	–	–	2a
<i>Salix triandra</i>	–	–	–	–	–	–	–	1
<i>Salix viminalis</i>	–	–	–	–	–	–	–	1

* Lokalita 48 vzorkována v říjnu 2008. / The locality No. 48 was sampled in October 2008.



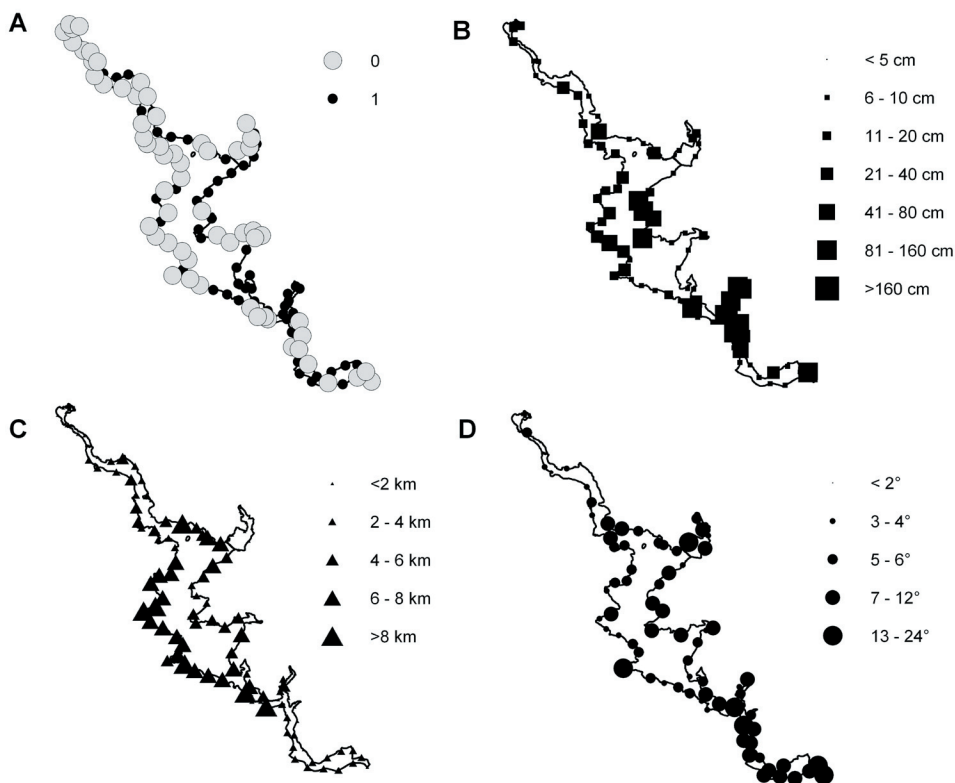
Obr. 6. Histogram četnosti minimální nadmořské výšky výskytu kořenících makrofyt na lokalitách v litorálu nádrže Lipno. Vodorovné čáry vyznačují: maximum, vybrané percentily (75 %, 50 %, 25 %, 10 %) a minimum hodnot výšky vodní hladiny v nádrži v souboru denních dat 1991–2005. Legenda: 1 – všechny lokality; 2 – zátoky; 3 – lokality s přítoky; 4 – otevřené lokality.

Fig. 6. A frequency histogram of the minimum elevation of rooted macrophyte occurrence in the littoral of the Lipno reservoir. Horizontal lines denote maximum, selected percentile values (75%, 50%, 25%, 10%), and minimum of water level in the reservoir within the daily data set 1991–2005. Legend: 1 – all localities; 2 – in bays; 3 – localities with inflows; 4 – open shore.

(medián 723,72 m n. m.). Na lokalitách s přítokem makrofyta kořenila ve větších hloubek (medián 723,70 m n. m., tedy o 7 cm níže než medián všech lokalit).

V období 1991–2005 vodní hladina v nádrži kolísala v rozmezí kót 721,76–725,62 m n. m. (Obr. 6). Medián úrovně vodní hladiny byl 724,26 m n. m.; do této úrovně bylo tedy dno zaplaveno v 50 % doby. Medián nejhlubšího výskytu makrofyt byl v dílčích skupinách lokalit v rozmezí 723,7 až 723,8 m n. m., tedy v úrovni, ve které bylo dno zaplaveno po více než cca 75 % celého období.

Zóna litorálu nádrže Lipno do minimální kóty výskytu vodní hladiny (cca 722 m n. m.) byla ovlivňována kolísáním vodní hladiny, a proto ji lze označit jako zónu eulitorálu. V této zóně jsme zaznamenali výskyt druhů terestrických vlhkomilných makrofyt, mokřadních a emerzních makrofyt a druhy obojživelných makrofyt. Zóna infralitorálu pod úrovní ovlivněnou kolísáním vodní hladiny s charakteristickým výskytem ponořených makrofyt a makrofyt s plovoucími listy (WETZEL 1983) nebyla v nádrži Lipno pozorována, zjevně v důsledku malé průhlednosti vody a tudíž nedostupnosti světla na dně. Výjimkou byly pouze lokality s přítoky (zejména v ústí Vltavy v oblasti Nové Pece), kde byla výška vodní hladiny nezávislá na kolísání objemu vody ve vlastní nádrži a neklesala díky trvalému přítoku vod. Pouze na těchto lokalitách byly zjištěny druhy submerzních makrofyt a makrofyt s plovoucími listy.



Obr. 7. Mapy hodnot vybraných morfologických veličin na monitorovaných lokalitách v litorálu nádrže Lipno. (A) Lidský faktor: 0 – nepřítomen, 1 – přítomen; (B) výška abrazního srubu; (C) rozběhová dráha vln; (D) sklon břehu.

Fig. 7. Maps showing values of selected morphology factors at the monitored localities in the littoral zone of the Lipno reservoir. (A) human impact: 0 – absent, 1 – present; (B) height of erosion step; (C) effective length of wind action; (D) shore slope.

Faktory působící v litorálu nádrže Lipno

Morfologické faktory

Hodnoty morfologických faktorů v litorálu nádrže jsou uvedeny v Tab. 10 a znázorněny na Obr. 7. Sklon břehu (i dna) se pohyboval nejčastěji v rozmezí $1,5\text{--}3^\circ$. Těchto hodnot dosahoval v místech s širokou nivou jako např. u Nové Pece a ve střední části nádrže. Břehy o větším sklonu ($>6^\circ$) byly zjištěny v oblasti mezi obcí Frymburk a hrází v obci Lipno nad Vltavou.

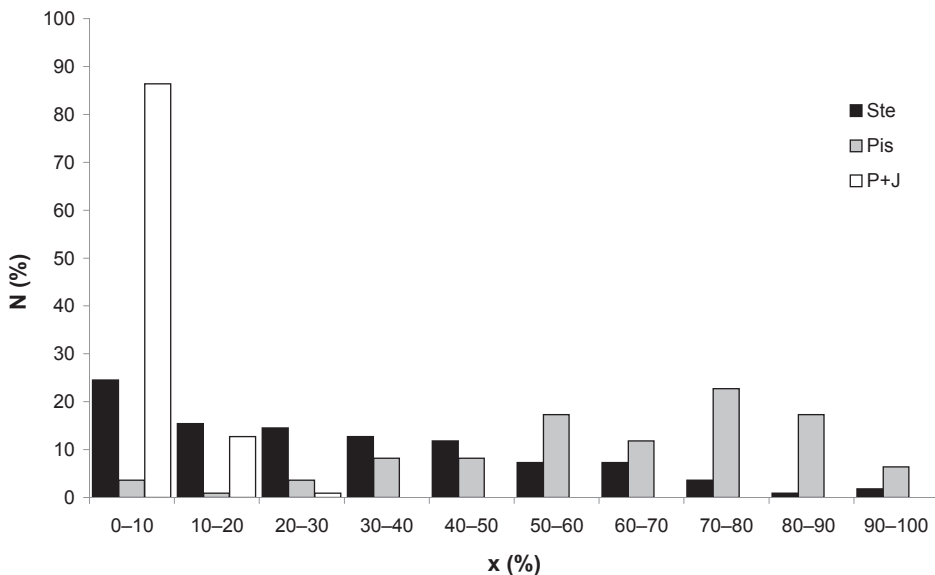
Výška abrazního srubu dosahovala výšky do 5 cm na 34 % lokalit. Jednalo se převážně o místa s malým sklonem břehu ($<3^\circ$), např. v okolí Nové Pece, a o místa, která jsou chráněna před mechanickou činností vln v zátokách (např. Olšinská zátoka u Černé v Pošumaví). V oblastech, kde abrazní sruby dosahovaly výšky $>80\text{ cm}$ i $>160\text{ cm}$, byl často také vyšší sklon břehu ($>6^\circ$, např. oblast od Frymburka k Lipnu n. V.). Velké abrazní sruby (20–40 cm) se nacházely i v místech s malým sklonem břehu ($<3^\circ$), která nebyla chráněna před mecha-

nickou činností vln (tj. místa s rozběhovou dráhou vln > 4 km). Jednalo se zejména o lokality ve střední části nádrže.

Malá délka rozběhové dráhy vln do 2 km byla zjištěna na 32 % lokalit, jednalo se o oblasti v zátokách (Olšinská zátoka) a oblast od Nové Pece k Horní Plané. Vyšší hodnoty rozběhové dráhy vln (4–8 km) byly zjištěny nejvíce ve střední oblasti nádrže (Černá v Pošumaví). Přestože sklon břehu byl v těchto místech malý, byla pozorována silně rozvinutá eroze břehů a tvorba vysokých abrazních srubů. K erozi břehů a k tvorbě vysokých abrazních srubů zřejmě také přispívaly převládající větry. Dle výsledků měření NOVÁKA (1968) v oblasti nádrže Lipno převládají severozápadní (45 %) a jižní větry (21 %). Severozápadním a jižním větrem je více ovlivněno levé pobřeží nádrže. Pravý břeh je vystaven nejvíce působení severních větrů.

Struktura substrátu

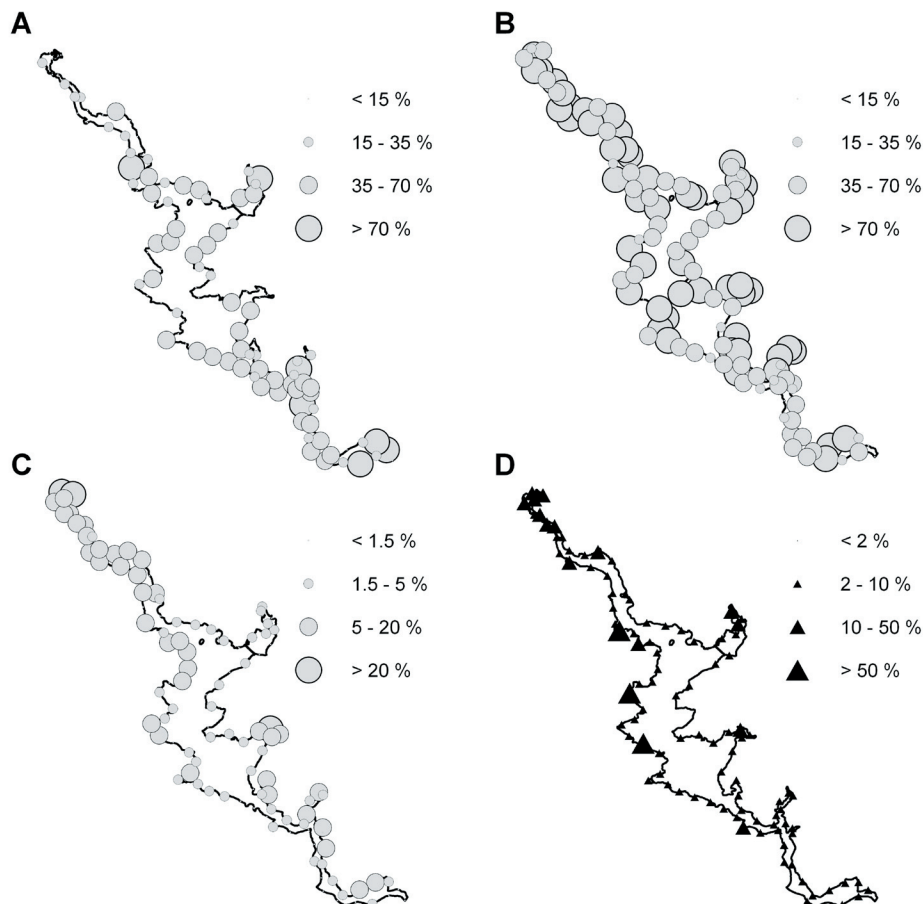
Podíl štěrku v substrátu byl na 50 % lokalit větší než 25 %. Lokality s vysokým obsahem štěrkové frakce (>40 %) byly zaznamenány především v oblasti od obce Hrušnice k hrázi v Lipně nad Vltavou. Podíl frakce písku nejčastěji dosahoval 70–80 %. Lokality s větším zastoupením frakce písku >70 % se nacházely zejména v zátokách (Olšinská, Lukavická) a u Nové Pece. Jílová a prachová frakce nejčastěji tvořila méně než 10 % substrátu. Lokality s větším množstvím jílových a prachových částic (10–26 %) se nacházely v zátokách a v oblasti od Nové Pece k Horní Plané (Tab. 10, Obr. 8, 9).



Obr. 8. Četnost vzorků v jednotlivých zrnitostních frakcích substrátu na monitorovaných lokalitách v litorálu nádrže Lipno. N – četnost zastoupení vzorků s danou frakcí v souboru všech vzorků; x – zastoupení frakce ve vzorku, zrnitostní frakce: Ste – štěrk, Pis – součet frakcí hrubého a jemného písku, P+J – součet frakcí prachu a jílu.

Fig. 8. Frequency of grain size fractions in the samples of substrate at the monitored localities in the littoral zone of the Lipno reservoir. N – frequency of samples of a given fraction in the set of all localities; x – proportion of a given fraction in sample; grain size fractions: Ste – gravel, Pis – sum of coarse and fine sand fractions, P+J – sum of silt and clay fractions.

Organická složka byla v sedimentu zastoupena mezi 2–4 %. Lokality, které byly charakteristické vyšším obsahem této frakce (4–20 %), se nacházely v oblasti mezi obcemi Nová Pec a Horní Planá a v zátokách (Olšinské, Lukavické). Na některých místech byl výskyt organické složky velmi vysoký a její podíl tvořil více než 30 %. Jednalo se o lokality s výskytem rašeliny: č. 23 (rašeliniště Borková), č. 28 (Račinská zátoka) a č. 36 (Hamerská zátoka) (Tab. 10, Obr. 8, 9). Na některých lokalitách nebylo možné provést odběr substrátu k analýzám. Jednalo se o lokality č. 1 u hráze (obec Lipno n. Vlt.), kde byly přítomny balvany větší než 1 m, a dále č. 67 (obec Hůrka) a č. 85 (obec Dolní Vltavice), které se nacházely v obci a byly uměle zavedeny štěrkovým materiálem (Tab. 10).



Obr. 9. Mapy zastoupení zrnitostních frakcí a obsah organických látek v substrátu na monitorovaných lokalitách v litorálu nádrže Lipno: (A) štěrk (>2 mm); (B) písek (0,05–2 mm); (C) prach a jíl (<0,05 mm); (D) ztráta žháním frakce substrátu <0,25 mm.

Fig. 9. Maps of distribution of grain size fractions and content of organic matter in substrate at monitored localities in the littoral zone of the Lipno reservoir: (A) gravel (>2 mm); (B) sand (0,05–2 mm); (C) silt and clay (<0,05 mm); (D) loss on ignition in the substrate fraction <0,25 mm.

Průhlednost vody

Průhlednost vodního sloupce měřená Secchiho deskou mimo litorální zónu se nejčastěji pohybovala v rozmezí 1,0–1,5 m (Tab. 10). Největší průhlednost byla naměřena v oblasti od Frymburku k Lipnu nad Vltavou (1,5 m) a v oblasti Nové Pece. Průhlednost vody v celé oblasti ústí Vltavy do nádrže byla tak vysoká, že Secchiho deska byla zřetelně vidět i na dně, a to i v nejhlubším místě v původním korytu řeky Vltavy, přičemž hloubka vody zde v době měření byla cca 1,2 m. Lukavická zátoka a zátoka u Černého potoka ve Frymburku měly maximální průhlednost 0,8 m. Nejnížší průhlednost byla naměřena v zátoce Olšina, kde dosahovala pouze 0,5 m.

Podle semikvantitativní stupnice (1–3) byla vysoká průhlednost vody v litorálu (označená 1) zjištěna především na lokalitách s přítoky a na otevřených lokalitách, nechráněných okolními břehy. Střední průhlednost (označená 2) byla zjištěna v litorálu v oblastech zátok bez přítoků a na dalších místech chráněných před větry. Velmi nízká průhlednost (označená 3) byla nejčastěji způsobena zejména silným vegetačním zákalem a byla zjištěna v Olšinské zátoce, v zátoce u Černého potoka ve Frymburku a v akumulacích zónách litorálu (lokality č. 15 a 33). Do těchto míst vítr zanesl vodní květ a vegetační zákal (Tab. 10).

Tabulka 10. Morfologické charakteristiky na prozkoumaných lokalitách v litorálu nádrže Lipno: Lok – číslo lokality; N – souřadnice severní šířky; E – souřadnice východní délky; Sde – průhlednost měřená Secchiho deskou cca 100 m od lokality; Pru – průhlednost vody v litorálu: 1 – vysoká (dobře viditelné dno); 2 – střední (viditelné detaily ve vodním sloupci; Secchiho deska na dně pouze prosvítá); 3 – nízká (silný zákal nebo plovoucí vrstva na hladině, nejsou viditelné detaily ve vodním sloupci, Secchiho deska není vidět); Vln – rozběhová dráha vln; Abr – abrazní srub; Skl – sklon břehu; Org – ztráta žháním frakce <0,25 mm; Ste – štěrk; Pis – hrubý a jemný písek; P+J – prach a jíl; Typ – rozdělení lokalit dle morfologie: I – lokality s přítokem; C – lokality v zátokách; E – lokality na otevřeném pobřeží.

Table 10. Morphology characteristics at the surveyed localities in the littoral zone of the Lipno reservoir: Lok – locality No., N – latitude (N); E – longitude (E); Sde – Secchi disc transparency measured cca 100 m away from the localities; Pru – water transparency in the littoral: 1 – high (visible bottom); 2 – intermediate (visible details in the water column; Secchi disk at the bottom visible only partly); 3 – low transparency (strong turbidity or scum on the surface, details in the water column not visible, Secchi disk at the bottom not visible); Vln – effective length of wind action; Abr – height of erosion step; Skl – shore slope; Org – loss on ignition in substrate fraction <0.25 mm; Ste – gravel fraction; Pis – coarse sand and fine sand fraction; P+J – silt and clay fraction; Typ – distribution of localities according to morphology: I – localities with inflows; C – in bays; E – open shore.

Lok	N	E	Sde (m)	Pru	Vln (km)	Abr (cm)	Skl (°)	Org (%)	Ste (%)	Pis (%)	P+J (%)	Typ
1	48°37'53,9"	14°14'09,4"	1,5	1	1	0	17	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	E
2	48°37'58,1"	14°13'25,9"	1,5	1	3	4	8	2,3	31,4	68,3	0,4	E
3	48°37'40,2"	14°12'46,1"	1,5	1	3	8	9	2,7	71,0	27,3	1,6	I
4	48°37'38,8"	14°12'01,8"	1,5	1	3	6	7	1,5	19,1	80,5	0,4	E
5	48°37'37,1"	14°11'13,8"	1,5	1	4	0	10	2,2	61,0	38,8	0,3	E
6	48°37'49,7"	14°10'33,7"	1,5	1	4	1	2	1,6	40,4	58,9	0,7	A
7	48°38'12,2"	14°10'23,3"	1,5	1	3	6	7	1,4	32,3	66,9	0,8	E
8	48°38'39,4"	14°10'00,1"	1,3	1	3	7	8	4,8	62,3	33,7	4,0	E
9	48°39'08,5"	14°09'53,6"	1,3	1	3	240	24	3,9	91,6	8,2	0,2	E
10	48°39'32,7"	14°09'33,1"	1,3	1	3	1	4	2,5	57,2	42,2	0,7	I
11	48°39'23,7"	14°08'46,9"	1,3	1	9	6	2	3,4	66,4	32,4	1,2	E
12	48°39'28,7"	14°08'00,5"	1,0	1	1	5	4	14,6	36,3	61,7	2,0	I

Tabulka 10. Pokračování.

Table 10. Continued.

Lok	N	E	Sde (m)	Pru	Vln (km)	Abr (cm)	Skł (°)	Org (%)	Ste (%)	Pis (%)	P+J (%)	Typ
13	48°39'44,8"	14°07'40,2"	1,3	1	9	208	3	2,4	22,5	76,4	1,0	E
14	48°39'56,1"	14°07'02,9"	1,5	1	1	6	5	2,5	45,7	54,1	0,2	C
15	48°40'04,5"	14°06'26,2"	1,0	3	7	23	5	2,6	68,2	31,5	0,3	E
16	48°40'09,2"	14°05'43,3"	1,3	2	7	13	3	4,7	50,8	44,5	4,8	E
17	48°40'14,8"	14°05'01,2"	1,3	1	8	7	5	4,6	44,7	50,5	4,9	E
18	48°40'24,1"	14°04'28,9"	1,5	1	8	9	1	2,4	12,3	84,7	3,0	E
19	48°40'26,4"	14°03'36,4"	1,0	2	5	21	13	7,8	42,8	53,7	3,5	C
20	48°40'40,7"	14°04'04,9"	1,5	1	6	32	2	8,3	0,0	85,0	15,0	C
21	48°41'01,9"	14°04'15,8"	1,5	1	7	12	5	1,8	4,9	92,5	2,6	E
22	48°41'16,2"	14°03'54,3"	1,3	1	7	35	5	7,9	18,0	77,5	4,5	E
23	48°41'29,1"	14°03'09,3"	1,3	1	6	53	4	72,7	n.s.	n.s.	n.s.	E
24	48°41'38,1"	14°02'30,0"	1,3	1	8	41	3	7,1	4,5	85,5	10,0	C
25	48°41'56,1"	14°02'05,9"	1,3	1	10	17	4	9,4	30,3	63,7	6,0	C
26	48°42'08,5"	14°02'38,5"	1,3	1	9	18	10	7,5	47,6	49,4	3,0	E
27	48°42'27,5"	14°02'56,4"	1,3	1	7	25	2	3,9	5,8	92,2	2,0	E
28	48°42'52,3"	14°02'15,2"	1,1	1	7	21	3	51,0	0,0	95,0	5,0	I
29	48°43'10,4"	14°02'36,8"	1,3	1	8	17	6	3,4	65,2	33,8	1,1	C
30	48°43'16,9"	14°03'10,5"	1,3	1	7	19	5	3,6	51,2	41,8	7,0	E
31	48°43'40,2"	14°03'20,2"	1,0	1	7	32	6	4,6	36,6	51,4	12,0	E
32	48°44'08,6"	14°03'11,9"	0,8	3	4	0	1	5,4	14,2	77,8	8,0	I
33	48°44'25,1"	14°02'49,0"	1,3	1	4	19	5	4,4	26,6	65,4	8,0	E
34	48°44'19,4"	14°02'19,5"	1,0	1	2	4	5	12,2	8,1	79,9	12,0	C
35	48°44'35,8"	14°02'04,2"	1,3	1	5	24	7	4,4	56,6	38,7	4,7	E
36	48°44'37,0"	14°01'25,0"	1,0	2	4	15	1	82,1	n.s.	n.s.	n.s.	I
37	48°44'47,9"	14°01'12,5"	1,3	1	4	1	1	3,9	15,9	74,1	10,0	C
38	48°45'14,8"	14°01'01,2"	1,3	1	6	16	3	3,3	75,7	23,3	1,0	E
39	48°45'39,9"	14°00'54,6"	1,0	1	3	3	5	2,7	21,8	70,6	7,5	E
40	48°46'08,4"	14°00'33,8"	1,3	1	4	16	3	4,0	28,9	52,1	19,0	E
41	48°46'19,2"	13°59'47,4"	1,0	1	2	28	2	3,9	17,9	74,1	8,0	E
42	48°46'21,7"	13°58'50,1"	1,0	1	2	0	1	12,9	0,0	87,9	12,1	I
43	48°46'35,3"	13°58'21,1"	1,0	1	3	5	4	8,4	3,2	78,8	18,0	E
44	48°47'03,0"	13°58'08,1"	2,0	1	2	6	2	8,3	24,3	69,7	6,0	I
45	48°47'22,1"	13°57'37,0"	2,0	1	1	0	2	11,3	32,7	59,3	8,0	I
46	48°47'35,3"	13°57'00,5"	>1,3	1	1	22	2	7,8	11,3	76,7	12,0	I
47	48°47'53,4"	13°56'30,2"	1,3	1	1	0	2	10,6	15,6	68,1	16,3	I

Tabulka 10. Pokračování.

Table 10. Continued.

Lok	N	E	Sde (m)	Pru	Vln (km)	Abr (cm)	Skł (°)	Org (%)	Ste (%)	Pis (%)	P+J (%)	Typ
48	48°48'10,5"	13°56'46,9"	>1	1	1	0	1	10,9	10,6	33,5	26,0	I
49	48°48'13,6"	13°57'45,3"	>1	1	1	20	1	12,5	3,9	39,7	23,0	I
50	48°48'02,1"	13°56'54,3"	>1	1	1	21	0	11,0	7,3	82,7	10,0	I
51	48°47'37,1"	13°57'14,9"	1,0	1	0	0	5	15,5	0,0	82,0	18,0	I
52	48°47'20,8"	13°57'57,4"	1,0	1	2	0	0	23,9	0,0	90,0	10,0	I
53	48°47'03,5"	13°58'22,6"	1,3	1	1	14	2	4,2	24,3	70,7	5,0	I
54	48°46'42,8"	13°58'45,3"	1,3	1	1	4	2	7,7	4,6	88,4	7,0	E
55	48°46'38,5"	13°59'27,0"	1,3	1	3	4	3	5,1	8,1	79,9	12,0	A
56	48°46'47,3"	14°00'00,2"	1,0	2	6	3	2	10,2	48,9	45,1	6,0	I
57	48°46'35,7"	14°00'40,1"	1,0	2	4	2	1	5,5	9,3	78,7	12,0	I
58	48°46'09,9"	14°01'05,6"	1,0	1	4	13	2	1,1	2,6	96,4	1,0	E
59	48°45'41,8"	14°01'28,0"	1,3	1	3	0	0	7,1	1,6	78,4	20,0	I
60	48°45'33,1"	14°01'40,6"	1,3	1	2	6	1	4,1	15,6	82,1	2,3	E
61	48°45'03,3"	14°01'50,3"	1,0	1	2	57	9	1,4	53,2	46,6	0,2	E
62	48°44'57,2"	14°02'34,0"	1,0	2	4	3	7	2,6	17,1	78,9	4,0	I
63	48°44'56,9"	14°03'23,6"	>1	2	9	8	5	2,6	56,6	41,4	2,0	E
64	48°44'52,7"	14°04'06,7"	1,0	2	5	8	2	3,5	36,2	59,8	4,0	E
65	48°44'40,0"	14°04'27,8"	0,9	1	4	6	6	1,2	21,0	77,8	1,2	E
66	48°44'36,9"	14°04'43,8"	1,0	2	6	32	5	2,3	13,8	84,2	2,0	E
67	48°44'28,8"	14°05'24,7"	1,3	2	6	0	5	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	A
68	48°44'49,1"	14°05'56,0"	0,4	3	1	8	13	9,5	51,6	44,9	3,5	C
69	48°44'59,1"	14°06'30,5"	0,5	3	1	4	2	3,6	38,2	59,0	2,8	I
70	48°45'17,1"	14°06'31,7"	>0,4	3	1	15	8	15,1	26,8	70,7	2,5	C
71	48°45'37,2"	14°06'09,5"	0,3	3	2	3	6	12,4	28,7	67,8	3,5	I
72	48°45'44,8"	14°06'10,7"	0,3	3	2	0	3	8,5	14,0	81,5	4,5	I
73	48°45'27,2"	14°06'39,5"	0,4	3	2	20	3	9,8	76,4	23,2	0,4	A
74	48°45'07,6"	14°06'50,5"	0,5	3	2	8	3	1,8	1,9	93,9	4,2	C
75	48°44'41,8"	14°06'46,8"	0,4	3	1	10	7	1,0	10,6	88,3	1,1	C
76	48°44'21,4"	14°06'20,9"	0,4	3	1	0	2	2,1	12,0	86,7	1,3	C
77	48°44'03,2"	14°05'48,0"	1,0	2	5	8	3	3,2	28,9	68,4	2,7	E
78	48°43'44,0"	14°05'10,7"	1,3	1	6	0	7	1,2	46,5	52,7	0,8	A
79	48°43'19,4"	14°04'47,5"	0,8	1	4	20	5	2,8	42,8	54,2	3,0	E
80	48°42'59,2"	14°04'17,1"	0,8	2	4	88	1	7,1	37,5	61,3	1,2	E
81	48°42'40,6"	14°04'35,8"	0,8	2	4	100	11	2,0	25,6	71,9	2,5	C
82	48°42'28,9"	14°05'08,5"	1,0	2	4	63	7	0,8	33,8	64,9	1,3	I

Tabulka 10. Pokračování.

Table 10. Continued.

Lok	N	E	Sde (m)	Pru	Vln (km)	Abr (cm)	Skl (°)	Org (%)	Ste (%)	Pis (%)	P+J (%)	Typ
83	48°42'04,0"	14°04'33,9"	1,0	1	6	0	0	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	A
84	48°41'47,4"	14°04'44,8"	>1,1	1	5	100	7	2,2	14,8	82,9	2,4	E
85	48°41'57,5"	14°05'31,7"	>1,1	2	4	2	1	2,7	7,1	90,4	2,5	I
86	48°41'47,1"	14°06'12,1"	1,1	1	5	12	9	3,3	36,7	60,7	2,6	E
87	48°42'09,3"	14°06'48,2"	1,0	1	4	5	2	3,8	7,5	82,5	10,0	C
88	48°42'16,5"	14°07'16,5"	0,4	2	1	2	1	25,2	0,0	78,0	22,0	I
89	48°42'09,6"	14°07'43,4"	0,8	1	2	19	12	6,3	1,5	92,0	6,5	C
90	48°42'03,0"	14°07'24,1"	1,0	2	1	4	4	6,1	4,8	89,2	6,0	C
91	48°41'37,3"	14°07'04,4"	1,0	2	6	14	5	3,3	50,5	47,5	2,0	A
92	48°40'59,5"	14°06'42,8"	1,0	2	5	11	5	4,0	64,7	33,5	1,8	E
93	48°40'28,6"	14°06'54,9"	1,2	2	7	4	3	1,1	40,1	59,4	0,5	A
94	48°40'21,9"	14°07'18,5"	1,3	1	2	9	2	2,0	22,3	75,2	2,6	C
95	48°40'48,3"	14°07'25,5"	1,3	2	2	2	2	4,9	8,6	85,4	6,0	I
96	48°40'22,5"	14°07'36,3"	1,4	1	2	13	5	4,1	23,5	71,0	5,5	E
97	48°39'58,5"	14°07'49,4"	1,5	2	8	36	9	3,9	45,9	52,0	2,1	E
98	48°39'43,6"	14°08'33,3"	1,5	1	6	0	7	3,7	43,2	54,9	1,9	E
99	48°39'41,0"	14°09'19,5"	1,2	1	1	121	18	4,1	64,9	32,6	2,5	E
100	48°39'57,7"	14°09'22,0"	1,5	1	3	3	2	4,5	20,6	71,9	7,5	C
101	48°40'22,5"	14°09'25,5"	0,8	3	2	0	3	2,9	22,0	75,6	2,5	C
102	48°40'39,3"	14°09'46,0"	0,8	3	0	50	7	9,5	6,2	78,8	15,0	I
103	48°40'35,9"	14°09'58,5"	0,8	3	1	50	1	4,1	15,3	79,7	5,0	C
104	48°40'09,2"	14°09'31,4"	1,3	2	5	116	6	2,4	80,9	18,8	0,3	C
105	48°39'46,2"	14°09'49,3"	1,4	1	2	8	2	2,3	46,6	52,4	1,0	E
106	48°39'39,4"	14°10'09,2"	1,6	1	2	0	1	5,6	35,9	57,1	7,0	C
107	48°39'30,9"	14°10'10,8"	1,4	1	1	56	5	3,6	66,9	32,1	1,0	C
108	48°39'04,2"	14°10'25,1"	1,2	1	2	27	10	2,0	21,3	68,7	10,0	E
109	48°38'36,5"	14°10'21,1"	1,3	1	3	65	10	4,1	44,2	54,1	1,7	E
110	48°38'10,2"	14°10'54,5"	1,3	1	2	8	5	4,5	37,8	59,2	3,0	E
111	48°37'48,2"	14°11'26,3"	0,8	2	3	11	9	3,2	38,1	58,2	3,7	E
112	48°38'01,4"	14°12'07,3"	1,2	1	3	44	10	2,1	8,3	85,7	6,0	E
113	48°38'17,9"	14°12'46,1"	1,3	1	2	8	2	4,3	17,9	71,6	10,5	I
114	48°38'22,3"	14°13'20,6"	1,4	1	3	0	1	3,9	71,8	25,0	3,2	A
115	48°38'11,1"	14°13'48,7"	1,3	2	3	254	20	3,0	97,1	2,7	0,2	E

Antropogenní faktor

Z celkového počtu 115 sledovaných lokalit bylo 52 % ovlivněno lidskou činností (Obr. 7). Lokality bez vlivu člověka se nacházely převážně na pravém břehu nádrže. Pravý břeh nádrže byl a dosud je méně osídlen v souvislosti s ochranou státní hranice před rokem 1989. Levý břeh nádrže je podstatně více osídlen. Nacházejí se zde velké obce (Horní Planá, Černá v Pošumaví, Dolní Vltavice, Frymburk, Lipno n. Vlt.) a řada rekreačních zařízení (chaty, kempy, pláže, přístaviště jachet a rybářských lodí). Přímý antropogenní vliv na litorální porosty byl patrný na místech, kde byly vytvořeny pláže (č. 6, 39, 54, 78, 93, 96, 114) a kotviště jachet a hausbótů (č. 30, 55, 91, 112, 114), popř. kde se nacházely zbytky grafitových dolů (č. 73) či nasypaný šterkovitý podklad (č. 67, 83).

Korelační analýza

Výsledky korelační analýzy jsou uvedeny v Tab. 11. Kladné statisticky významné vztahy ($p < 0,01$) byly zjištěny mezi výskytem makrofyt (celková pokryvnost, pokryvnost bylin, celková druhová bohatost a druhová bohatost bylin) a zrnitostním složením substrátu (množství frakce jemného písku, frakce jílových a prachových částic), šířkou porostu makrofyt a přítomností přítoku na lokalitě. Kladný statisticky významný vztah byl zjištěn také mezi druhovou bohatostí dřevin a přítomností šterkové frakce. Záporné statisticky významné vztahy ($p < 0,01$) byly zjištěny mezi výskytem makrofyt (celková pokryvnost, pokryvnost bylin, celková druhová bohatost a druhová bohatost bylin) a morfologickými charakteristikami (rozběhová dráha vln, výška abrazního srubu, sklon břehu), přítomností šterkové frakce v substrátu a antropogenním faktorem. Záporný statisticky významný vztah byl zjištěn také mezi šířkou porostu a sklonem břehu, přítomností šterkové frakce v substrátu a antropogenním faktorem.

Z výsledků korelační analýzy vyplývá, že největší pokryvnost a největší druhová bohatost bylin byla v místech s malým sklonem břehu, s krátkou rozběhovou dráhou vln, na místech s velkým obsahem jílu a prachu v sedimentu a na místech, která byla trvale ovlivňována přítoky. Šířka porostu makrofyt závisela zejména na sklonu břehu a přítomnosti šterkové frakce. To odpovídá zjištění, že největší šířka porostu makrofyt byla zaznamenána v oblastech zátok a v oblastech s přítoky, kde oba tyto faktory nabývaly malých hodnot.

DISKUSE

Druhové zastoupení a společenstva makrofyt v litorálu nádrže

Průzkum litorálu nádrže probíhal během letního a podzimního období, nezachycuje tedy jarní aspekt vegetace. Přesto se domníváme, že získaná data poskytují dosti reprezentativní přehled o druhovém složení. Jak totiž vyplývá z podrobného sledování sezónní dynamiky vegetace v zátoce Vřesná (KROLOVÁ, nepubl.), na jaře přítomné druhy litorálních makrofyt zůstávají na lokalitách zachovány během celé vegetační sezóny, mění se pouze jejich pokryvnost. Na druhou stranu byly zjištěny výrazné změny v druhovém složení na téže lokalitě v průběhu tří po sobě následujících let. Nejpravděpodobnějším vysvětlením je odlišný vodní režim v jednotlivých letech sledování. Jak uvádějí HEJNÝ & HUSÁK (1978), výška vodní hladiny a její změny v čase určují prostorovou strukturu a časovou dynamiku mokřadních a vodních společenstev rostlin. Je tedy možné, že poloha popsaných porostů se může i v budoucnu měnit podle vývoje vodního režimu.

Otevřené lokality, nechráněné proti účinku větru a vlnobití, nebyly druhově bohaté.

Tabulka 11. Korelační analýza vztahů mezi ukazateli litorálních porostů a vybranými charakteristikami monitorovaných lokalit v litorálu nádrže Lipno. E – celková pokryvnost lokality; E1 – pokryvnost bylin; E2 – pokryvnost dřevin; Dbc – druhová bohatost celková; Dbd – druhová bohatost cellová; Dbb – druhová bohatost dřevin; Dbc – druhová bohatost bylin; Spm – šířka porostu makrofyt; Vln – rozběhová dráha vln; Abr – abrazní srub; Skl – sklon břehu; Ste – frakce štěrku; Pis – frakce hrubého a jemného písku; J+P – frakce jílu a prachu; Org – ztráta žháním frakce substrátu <0,25 mm; Ant – antropogenní faktor; Pri – přítomnost přítoků. Hladina významnosti: ** – $p > 0,99$; * – $p > 0,95$; n.s. – nevýznamné.

Table 11. Correlation analysis of relationships among the indicators of macrophyte stands and selected characteristics of the localities monitored in the littoral zone of the Lipno reservoir. E – total plant cover at localities; E1 – cover by macrophytes; E2 – cover by woody plants; Dbc – richness of all plant species; Dbd – richness of woody plants; Dbb – richness of macrophytes. Vln – effective length of wind action; Abr – height of erosion scar; Skl – shore slope; Spm – width of macrophyte stand; Ste – gravel fraction; Pis – coarse and fine sand fraction; J+P – silt and clay fraction; Org – loss on ignition in substrate fraction <0,25 mm; %, Ant – human impact; Pri – presence of inflows. Significance level: ** – $p > 0,99$; * – $p > 0,95$; n.s. – not significant.

	E	E1	E2	Dbc	Dbb	Dbd	Spm	Vln	Abr	Skl	Ste	Pis	P+J	Org	Ant
E1	0,97**														
E2	0,25**	n.s.													
Dbc	0,55**	0,52**	n.s.												
Dbb	0,52**	0,53**	n.s.	0,97**											
Dbd	n.s.	n.s.	0,42**	0,27**	n.s.										
Spm	0,55**	0,59**	n.s.	0,51**	0,53**	n.s.									
Vln	-0,26**	-0,29**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-0,22*								
Abr	-0,20*	-0,22*	n.s.	n.s.	-0,24*	n.s.	n.s.	n.s.							
Skl	-0,27**	-0,30**	n.s.	-0,31**	-0,35**	n.s.	-0,31**	n.s.	0,53**						
Ste	n.s.	n.s.	n.s.	-0,21*	-0,28**	0,26**	-0,28**	n.s.	0,32**	0,44**					
Pis	n.s.	n.s.	n.s.	0,22*	0,28**	n.s.	0,23*	n.s.	-0,22*	-0,35**	-0,62**				
P+J	0,39**	0,37**	n.s.	0,41**	0,44**	n.s.	0,42**	-0,28**	n.s.	-0,32**	-0,45**	0,31**			
Org	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-0,27**	n.s.	n.s.		
Ant	n.s.	n.s.	n.s.	-0,27**	-0,29**	n.s.	-0,26**	n.s.	n.s.	n.s.	0,23*	n.s.	-0,24*	n.s.	
Pri	0,25**	0,27**	n.s.	0,24*	0,27**	n.s.	0,41**	-0,22*	n.s.	-0,25**	n.s.	n.s.	0,31*	0,26*	n.s.

V naprosté většině se zde vyskytovalo společenstvo s převažujícím druhem *Phalaris arundinacea*. Přítomnost tohoto společenstva není překvapivá, protože se jedná o společenstvo, které se vyskytuje v oblastech se silně kolísající vodní hladinou (MORAVEC et al. 1995). Druh *P. arundinacea* je oproti jiným makrofytům také více odolný vůči mechanickému narušování (ŠUMBEROVÁ et al. 2001). Nevytvářel zde souvislé zapojené porosty, ale spíše mozaikovitě porosty anebo jen trsy, obdobně jako na místech narušovaných mechanickým účinkem proudu u vodních toků a řek (ŠUMBEROVÁ et al. 2001). Dalším společenstvem těchto lokalit bylo společenstvo s převažujícím druhem *Eleocharis acicularis*. Pozorování na těchto lokalitách podporuje názor, že *E. acicularis* obsazuje místa, kde je šíření emerzních makrofyt do hloubky omezeno faktory prostředí (pravděpodobně mechanickým účinkem vln). Jedná se o druh odolný proti kolísavé vodní hladině, hlubokému přeplavení a proti horším světelným podmínkám ve vodě, který nemá vysoké nároky na substrát dna a má schopnost rychlé regenerace po poškození (DURAS et al. 2007). Přestože se uvádí, že druh je schopen přežít i na eutrofních stanovištích (ŠUMBEROVÁ et al. 2001), v nádrži Lipno se na takových lokalitách (v Olšinské zátoce a u konce vzdutí u Nové Pece) téměř nevyskytoval a spíše upřednostňoval písčité až šterkovité substrát. Druh byl pozorován taktéž v nádržích Lučina, Žlutice, Klíčava, Karhov (DURAS et al. 2007) a Nýrsko (HEJZLAR et al. 2005, ŠTĚRBA 2006). Společenstva s převažujícím druhem *E. acicularis* byla občas doplněna druhem *Persicaria amphibia*. Jedná se o druh, který se často nachází v nádržích (ŠUMBEROVÁ 2001b). Vzhledem k bohatému kořenovému systému je tento druh doporučován k protierozním ochranám na březích podléhajících erozi (MORAVEC et al. 1995). V litorálním porostu byl zachycen také výskyt rákosu, ale *Phragmites australis* v nádrži Lipno nebyl tak výrazným druhem, jako se s ním můžeme setkávat v pískovnách (ČURN et al. 2007, ŘEHOUNKOVÁ & PRACH 2008) či rybnících (DYKYJOVÁ & KVĚT 1978, ČURN et al. 2007). Nacházel se jak v oblastech erozně ovlivněných, tak v zátokách, ale pouze v terestrické až limózní ekofázi *sensu* HEJNÝ & HUSÁK (1978), kdežto v litorální ekofázi ho často nahrazovala *Phalaris arundinacea*. Důvodem rozšíření rákosu pouze na okrajích eulitorálu je pravděpodobně nízká odolnost proti vlnobití (GRAU et al. 2002) a ledovým jevům (FAINA, os. sdělení).

V zátokách převažoval druh *P. arundinacea* ve společenstvu *Phalaridetum arundinaceae*, které se šíří na nově vybudovaných přehradách (MORAVEC et al. 1995). Toto společenstvo bylo doplněno nejčastěji druhem *Carex acuta*. Lze se domnívat, že *P. arundinacea* se šíří do míst, která byla původně osídlena ostřicemi. Další společenstva zjištěná v zátokách (svaz *Phragmition communis*) jsou typická pro mělká pobřeží rybníků a zaplavované říční a potůční nivy (ŠUMBEROVÁ et al. 2001). Vegetaci zátok lze tedy spíše srovnávat s vegetací vyskytující se na rybnících (DYKYJOVÁ & KVĚT 1978).

Lokality s přítoky byly v nádrži Lipno druhově nejbohatší. V oblastech s přítoky byly zjištěny vodní druhy makrofyt (submerzní a s plovoucími listy), které nebyly jinde v nádrži přítomny. Submerzní druhy makrofyt a druhy s plovoucími listy byly v oblastech s přítoky pozorovány také v nádrži Nýrsko (HEJZLAR et al. 2005, ŠTĚRBA 2006). K stejnému závěru došli i BINI et al. (1999) při studiu nádrže v odlišných zeměpisných podmínkách (Itaipu v Brazílii). Z hlediska výskytu botanicky cenných druhů i celkové druhové bohatosti byla nejzajímavější oblast přítoku Vltavy u Nové Pece. V této oblasti byly zaznamenány druhy vodních makrofyt (*Myriophyllum alterniflorum*, *Batrachium aquatile*, *Potamogeton natans* a submerzní forma *Sparganium emersum*), které se vyskytovaly také v oblasti horní Vltavy (RYDLO 1995) a v odstavených říčních ramenech horní Vltavy (BUFKOVÁ & RYDLO 2008). Je tedy pravděpodobné, že tyto druhy byly do nádrže Lipno přineseny řekou Vltavou. Jejich výskyt je však stále vázán na oblast původního koryta řeky, které je syceno vodou i v období sucha. Lze předpokládat, že tyto druhy budou zůstávat nadále pouze v této oblasti, která je zásobována čistou vodou a nedochází zde k pravidelnému vysychání. Druhovou bohatost

oblasti u Nové Pece potvrzuje také studie RYDLA (2009), jenž uvádí také některá společenstva, která v naší studii nejsou uvedena. Jednalo se o společenstva s asociací *Sagittaria latifolia*, *Utricularietum neglectae*, *Riccioarpetum natantis*, *Rumici crispi-Alopecuretum aequalis* a *Bidentetum radiatae*. V naší studii tato společenstva nejsou zachycena proto, že se vyskytovala mimo lokality vytyčené podle námi zvolené metodiky. Zřejmě z téhož důvodu jsme nezachytili výskyt druhu *Bolboschoenus yagara* v oblasti ústí Vltavy (HROUDOVÁ et al. 2007), *Carex bohemica*, *Lysimachia thyrsoiflora*, *Rorippa palustris* a *Veronica scutellata* v Lukavické zátoce, *Potentilla norvegica* u Černé v Pošumaví (Raclav) a *Helianthus annuus* a *Scirpus radicans* u bývalé obce Kyselov (EKRT & PŮBAL 2009). Průzkumem litorálu nádrže Lipno potvrzujeme výskyt druhu *Eleocaris ovata* v Lukavické zátoce stejně jako EKRT & PŮBAL (2009). Druh *Bidens radiata* jsme zaznamenali u PR Borková (lokality č. 25); tento druh je známý zejména z oblasti Nové Pece (RYDLO 2009).

Výsledky průzkumu litorálu údolní nádrže Lipno potvrzují celkově menší rozvinutí litorálních porostů než u přirozených ekosystémů (VAN GEEST et al. 2003, FUREY et al. 2004). Obecně lze říci, že v litorálu nádrže Lipno, stejně jako v litorálu nádrží Sooke (FUREY et al. 2004) a Rozkoš (KRAHULEC et al. 1980, KRAHULEC & LEPŠ 1994), dominovaly převážně druhy vlhkomilné terestrické, mokřadní a vodní emerzní druhy makrofyt. Na více než 50 % lokalit se vyskytovaly pouze běžné druhy eutrofních vod nebo zde vegetace nebyla přítomna vůbec. Podle katalogu biotopů ČR by tedy byly mapovány v rámci skupiny biotopů „Vodní toky a nádrže bez ochrany významné vegetace“ (CHYTRÝ 2001a). V oblastech s přítokem a v zátokách se však vyskytovala společenstva, která lze zařadit mezi biotopy v bezprostředním zájmu ochrany přírody (CHYTRÝ et al. 2001b).

Faktory ovlivňující výskyt litorálních porostů

Průzkum potvrdil vliv morfologického utváření břehu na výskyt litorálních porostů. V nádrži Lipno se makrofyta vyskytovala převážně v mělkých oblastech s malým sklonem břehu. Jak ukazuje VAN GEEST et al. (2003) ve studii 216 jezer, hloubka a velikost jezera významně ovlivňují výskyt makrofyt. Výskyt makrofyt v mělkých jezerech dokumentuje také MELZER (1999). Velké sklony břehu jsou méně příznivé pro rozvoj vegetace, protože zesilují efekt mechanické činnosti vln a spolu s kolísáním vodní hladiny při vlnobití přispívají k odnosu jemných částic (jílu a prachu) a živin do větších hloubek (WEISNER 1987, WEISNER et al. 1997).

Pravděpodobně nejvýznamnějším faktorem je kolísání vodní hladiny, spojené s vodohospodářským využíváním nádrže. V nádrži Lipno, v níž je rozsah kolísání vodní hladiny až 3,5 m, nebyla zjištěna žádná společenstva submerzních makrofyt a makrofyt s plovoucími listy typická pro oblast infralitorálu. Tyto vodní druhy se v malých pokryvnostech nacházely pouze v oblastech, které nebyly kolísáním vodní hladiny postiženy (tj. v oblastech s přítoky). Nepřítomnost vodních druhů makrofyt při velkém kolísání vodní hladiny zjistili také WAGNER & FALTER (2002). Vodní druhy makrofyt totiž nemohou díky své fyziologii a morfologii přežít období vysušení (ADAMEC 2001). Na druhou stranu kolísání vodní hladiny může přispět k zvýšení druhové diverzity, protože dočasné obnažení dna vede k semenné obnově řady druhů rostlin (HEJNÝ 1995, HUSÁK 2004). Na obnažených částech břehů nádrže Lipno se vyskytovaly některé druhy typické pro společenstva obnažených dn, které byly popsány také na obnažených dnech rybníků (HEJNÝ 1995), pískoven, bahnitých říčních náplavů a vysychavých mělkých říčních ramen (ŠUMBEROVÁ 2001a). Společenstva však nebyla typicky vyvinutá pravděpodobně proto, že sediment na těchto lokalitách v zimě vymrzal a v jarních měsících rostliny na svažitém písčitém břehu trpěly nedostatkem vody. Zaklesávání vodní hladiny během zimního období a před jarním táním podporuje destrukci dna a ničí druhy rostlin, které by jinak mohly kolonizovat dno během letního období (NILSSON 1981).

Destrukce dna vzniká zejména v místech s větším podílem jílové frakce v substrátu (NOVÁK et al. 1986). Tyto děje byly pozorovány v jarním období (březen–duben 2009) i v nádrži Lipno, kde se podél břehové linie (mezi lokalitami č. 5 a 6) táhl pás propadlého dna o šířce cca 1,5–2 m a hloubce až 30 cm.

Průhlednost vody ovlivňuje zejména submerzní druhy makrofyt, které při malé průhlednosti vodního sloupce nemohou přežít ve větších hloubkách pro nedostatek světla (WEISNER et al. 1997, DONABAUM et al. 1999, KALFF 2001). Rozmezí největších hloubek definované kótami 723,5–724,5 m, v nichž makrofyta v době průzkumu nádrže Lipno ještě kořenila (Obr. 6), odpovídá zóně mezi mediánem výskytu vodní hladiny a hloubkou 1 m. To jsou menší hloubky než průměrná průhlednost, která v nádrži Lipno činí 1–1,5 m. Příkladem, kdy se vodní druhy makrofyt nacházejí ve větších hloubkách díky vyšší průhlednosti vody, je nádrž Nýrsko. Průhlednost vody v této nádrži je vysoká (5–8 m) a makrofyta se zde vyskytují nejméně do hloubky 4 m (HEJZLAR et al. 2005, ŠTĚRBA 2005). Dalším příkladem je také jezero Muskego v USA, kde se po změně rybní obsádky a sanaci sedimentů snížila trofie a zvýšila průhlednost vody a následně se začaly objevovat vodní druhy makrofyt (JAMES et al. 2001).

Jak vyplývá z provedeného průzkumu, v nádrži Lipno byly pokryvnost a druhové složení litorálního porostu ovlivněny kombinací více faktorů, jejichž intenzita působení byla na různých místech různá. Odlišné kombinace působení jednotlivých faktorů se vyskytovaly na místech erozně exponovaných, na místech v zátokách a na místech s přítoky. Na místech otevřených převažoval vliv mechanické činnosti vln, zesílený v místech s velkým sklonem břehu. Na místech v zátokách výskyt makrofyt pravděpodobně limitovala malá průhlednost a možná také anaerobní charakter zaplaveného substrátu, který obsahoval více organické složky (ARMSTRONG et al. 1996). Nejlepší podmínky pro rozvoj makrofyt představovala místa s přítoky, která byla chráněna proti mechanické činnosti vln a díky proudící vodě zde byla zachována vyšší průhlednost vodního sloupce, zásobené živinami a současně dostatečně prokysličené povrchové vrstvy dna.

Rámcová směrnice

Litorální porosty jsou důležitou součástí vodních ekosystémů a jsou významné pro hodnocení ekologického stavu ve vodních útvech (HEJZLAR 2006, MOSS 2008). Jsou proto jednou z biologických složek vodních ekosystémů, které by podle Rámcové směrnice o vodách (SMĚRNICE 2000/60/ES) měly být v nádrži sledovány. Nádrž v dobrém ekologickém stavu by měla mít dobře rozvinutou infralitorální oblast s potenciální přítomností všech morfologických forem vodních makrofyt.

Rámcová směrnice je motivem pro zamyšlení, zda vůbec, a případně jak snadno lze přiblížit dobrému ekologickému potenciálu vodní ekosystém v údolních nádržích se zásobní funkcí, které jsou na jedné straně využívány pro výrobu elektřiny a na druhé straně musí zajišťovat protipovodňovou ochranu. Na příkladu nádrže Lipno lze usuzovat, že omezení managementem jsou takového rázu a takového rozsahu, že celou nádrž není možné uvést do dobrého ekologického stavu, aniž by se zásadně změnil manipulační řád. Ovšem i za těchto okolností lze stanovit kritéria pro ochranu biotopů s relativně příznivými podmínkami pro rozvoj litorální vegetace. Takováto kritéria jsou evidentně potřebná vzhledem k tomu, jak intenzivně je pobřeží Lipna využíváno. Dle výsledků průzkumu jsou nejpříznivější podmínky pro rozvoj vegetace na lokalitách s malým sklonem břehu, s malou rozběhovou dráhou vln a s přítomností přítoků.

ZÁVĚRY

Průzkumem litorálu nádrže Lipno byly popsány morfologické charakteristiky břehu, složení substrátu v litorálním pásmu nádrže a druhové zastoupení, bohatost a pokryvnost litorální vegetace. Bylo zjištěno celkem 53 druhů makrofyt (24 druhů vlhkomilných terestrických a mokřadních, 17 druhů emerzních, 1 druh s plovoucími listy, 2 druhy volně plovoucích, 4 druhy submerzní a 5 druhů obojživelných) a 16 druhů dřevin. Svým výskytem převažovaly druhy *Phalaris arundinacea* (stálost 92 %), *Eleocharis acicularis* (75 %), *Carex acuta* (32 %) a *Glyceria fluitans* (39 %). Pokryvnost vegetace v litorálu nádrže Lipna v průměru dosahovala pouze 14 %, přičemž 30 % lokalit bylo zcela bez vegetace a pokryvnost nad 10 % byla zjištěna na 37 % lokalit.

Pomocí korelační analýzy byly jako hlavní faktory ovlivňující přítomnost a rozšíření makrofyt prokázány jednak morfologické charakteristiky pobřeží nádrže (sklon břehu a délka rozběhové dráhy vln), jednak přítomnost prachových, jílovitých a organických částic v substrátu v litorální oblasti. K degradaci a odnosu substrátu přispívalo kromě činnosti vln také kolísání vodní hladiny. Kolísání vodní hladiny v období 1999–2005 bylo značné a dosahovalo cca 3,5 m, čímž byla vytvořena široká zóna eulitorálu. Infralitorální zóna byla v nádrži potlačena a nacházela se pouze v oblastech se stálou vodní hladinou (koryta přítoků a slepá ramena řeky Vltavy), což byla jediná oblast, kde se vyskytovala submerzní makrofyta. Jejich výskyt souvisel také silně s průhledností vody, která byla v nádrži Lipno nízká pro vegetační zákal a přítomnost huminových látek. Lidská činnost litorální vegetaci ovlivňovala zejména úpravou břehů, vytvářením písčitých pláží a kotvišť pro lodě.

Přestože v litorálu nádrže převažovala erozní místa s potlačenou vegetací a s přítomností pouze *P. arundinacea* a *E. acicularis* o malé pokryvnosti (do cca 5 %), nacházely se zde i lokality s větší pokryvností litorální vegetace (nad 20 %). Jednalo se převážně o místa s přítoky anebo vývěry podzemní vody, charakterizovaná malou rozběhovou dráhou vln, malým sklonem břehu a přítomností substrátu o větším obsahu prachových, jílovitých a organických částic. Zátoky s přítoky představují vhodná místa pro podporu rozvoje litorálních porostů.

Poděkování. Tento výzkum byl financován z prostředků grantového projektu AV ČR 1QS600170504 a s podporou výzkumných programů AV0Z60170517 a MSM6007665801. Děkujeme Š. Husákovi za určení rostlinných společenstev a M. Lepšímu za pomoc s determinací druhů makrofyt.

LITERATURA

- ADAMEC L., 2001: Ekofyziologická adaptace ponořených vodních rostlin [The ecophysiological adaptation of submerged aquatic vegetation]. *Živa*, 49: 156–157 (in Czech).
- AICHELE C. & GOLTEOVÁ-BECHTLEOVÁ M., 2001: *Co tu kvete? Kvetoucí rostliny střední Evropy ve volné přírodě* [What is flowering here? The flowering plants of Central Europe in free nature]. Průvodce přírodou. Euromedia Group, 430 pp. (in Czech).
- ARMSTRONG J., ARMSTRONG W., ZENBIN W. & AFREEN-ZOBAYED F., 1996: A role of phytotoxins in the *Phragmites* die-back syndrome? *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica*, 31: 127–142.
- ARMSTRONG W., 1979: Aeration in higher plants. In: *Advances in Botanical Research* 7, WOOLHOUSE H.W. (ed.) Academic Press, London: 225–332.
- BINI L.M., THOMAZ S.M., MURPHY K.J. & CAMARGO A.F.M., 1999: Aquatic macrophyte distribution in relation to water and sediment conditions in the Itaipu Reservoir, Brazil. *Hydrobiologia*, 415: 147–154.
- BUFKOVÁ I. & RYDLO J., 2008: Vodní makrofyta a mokřadní vegetace odstavených říčních ramen horní Vltavy (Hornovltavský luh, NP Šumava) [Water macrophytes and wetland vegetation in old cut meanders of the upper Vltava River (Šumava National Park)]. *Silva Gabreta*, 14: 93–134 (in Czech).
- CARPENTER S.R. & LODGE D.M., 1986: Effects of submersed macrophytes on ecosystem processes. *Aquatic Botany*, 26: 341–370.
- COOPS H. & HOSPER S.H., 2002: Water-level management as a tool for the restoration of shallow lakes in the Netherlands. *Lake and Reservoir Management*, 18: 293–298.

- ČURN V., KUBÁTOVÁ B., VÁVŘOVÁ P., KRÍVÁČKOVÁ-SUCHÁ O. & ČÍŽKOVÁ H., 2007: Phenotypic and genotypic variation of *Phragmites australis*: Comparison of populations in two human-made lakes of different age and history. *Aquatic Botany*, 86: 321–330.
- DEYL M. & HÍSEK K., 1973a: *Naše květiny 1* [*Our flowers 1*]. Albatros Praha, 1–306 pp. (in Czech).
- DEYL M. & HÍSEK K., 1973b: *Naše květiny 2* [*Our flowers 2*]. Albatros Praha, 308–698 pp. (in Czech).
- DOLEŠÍ Z., 1996: *Manipulační řád pro vodohospodářské dílo Lipno I. (v ř. km 329,543) a Lipno II. (v ř. km 319,108) na Vltavě* [*The handling regulations for the Lipno I reservoir (river km 329,543) and Lipno II reservoir (river km 319,108) on the Vltava River*]. Vodní díla – technicko-bezpečnostní dohled, a.s., Praha, 40 pp. (in Czech).
- DONABAUM K., SCHAGERL M. & DOKUTIL M.T., 1999: Integrated management to restore macrophyte domination. *Hydrobiologia*, 396: 87–97.
- DOSTÁL J. (ed.), 1989a: *Nová Květena ČSSR 1* [*New flora of Czechoslovakia 1*]. Academia Praha, pp. 1–758 (in Czech).
- DOSTÁL J. (ed.), 1989b: *Nová Květena ČSSR 2* [*New flora of Czechoslovakia 2*]. Academia Praha, pp. 765–1548 (in Czech).
- DURAS J., HEJZLAR J., CHOCHOLOUŠKOVÁ Z. & KUČERA T.Č., 2006: Vodní nádrže – nové příležitosti pro uplatnění vodních makrofyt (a botaniků) [Water reservoirs – new opportunities for aquatic macrophytes (and botanists)]. *Zprávy České botanické společnosti*, 21: 167–171 (in Czech).
- DURAS J., CHOCHOLOUŠKOVÁ Z. & KUČERA T., 2007: Průzkum vodních makrofyt vodárenských nádrží [Survey of aquatic macrophytes in water-supply reservoirs]. In: *Sborník konference Vodárenská biologie 2007*. Vodní zdroje Ekomonitor, s.r.o., Praha: 94–99 pp. (in Czech).
- DYKYJOVÁ D. & KVĚT J. (eds), 1978: *Pond littoral ecosystems. Structure and functions*. Springer-Verlag, Berlin, 464 pp.
- EKRT L. & PŮBAL D., 2009: Novinky v květeně cévnatých rostlin české Šumavy a přiléhajícího Předšumaví. II. [Novelties in the flora of vascular plants of the Czech Bohemian Forest and adjacent foothills. II.]. *Silva Gabreta*, 15: 173–196 (in Czech).
- FUREY P.C., NORDIN R.N. & MAZUMDER A., 2004: Water level drawdown affects physical and biogeochemical properties of littoral sediments of a reservoir and a natural lake. *Lake and Reservoir Management*, 20: 280–295.
- GRAU J., KREMER B.P., MÖSELER B.M., RAMBOLD G. & TRIEBEL D. (eds), 2002: *Trávy* [*The Graminoids*]. Edice Původce přírodou, Ikar, Praha, 287 pp. (in Czech).
- GU B. & HOYER M.V., 2005: Community structure and environmental condition in Florida shallow lakes dominated by submerged aquatic vegetation. *Lake and Reservoir Management*, 21: 403–410.
- HEJNÝ S. & HUSÁK Š., 1978: Higher plant communities. In: *Pond littoral ecosystems. Structure and function*. Dykyjová D. & Květ J. (eds) Springer-Verlag, Berlin: 23–64 pp.
- HEJNÝ S. & SLAVÍK B. (eds), 1988: *Květena České socialistické republiky 1* [*The flora of the Czech Republic 1*]. Academia, Praha, 557 pp. (in Czech).
- HEJNÝ S. & SLAVÍK B. (eds), 1990: *Květena České republiky 2* [*The flora of the Czech Republic 2*]. Academia, Praha, 540 pp. (in Czech).
- HEJNÝ S. & SLAVÍK B. (eds), 1992: *Květena České republiky 3* [*The flora of the Czech Republic 3*]. Academia, Praha, 542 pp. (in Czech).
- HEJNÝ S., 1995: Mizení druhů a společenstev obnažených dnů [Disappearance of species and communities of bare bottoms]. *Sborník Jihočeského muzea v Českých Budějovicích, Přírodní vědy*, 35: 45–49.
- HEJZLAR J., 2006: Rámcová směrnice vodní politiky EU a kvalita vody v nádržích [The EU framework directive for water policy and water quality in reservoirs]. *Vodní hospodářství*, 56: 190–196 (in Czech).
- HEJZLAR J., HOHAUSOVÁ E., KOMÁRKOVÁ J., KOPÁČEK J., PETERKA J. & DURAS J., 2005: Vodárenská nádrž Nýrsko – vliv makrofyt na jakost vody [The water-supply reservoir Nýrsko – effect of macrophytes on water quality]. In: *Sborník konference Vodárenská biologie 2005*, Vodní zdroje Ekomonitor, s.r.o., Praha: pp. 173–179 (in Czech).
- HETEŠA J. & MARVAN P. (eds), 1984: *Biologie nově napuštěné nádrže* [*Biology of a newly filled reservoir*]. Academia, Praha, 15 pp. (in Czech).
- HRŮDOVÁ Z., ZÁKRAVSKÝ P., DUCHÁČEK M. & MARHOLD K., 2007: Taxonomy, distribution and ecology of *Bolboschoenus* in Europe. *Annales Botanici Fennici*, 44: 81–102.
- HUSÁK Š., 2004: Obnažená dna jako specifické mokřadní biotopy [Bare bottoms as a specific wetland]. *Ochrana přírody*, 59: 304–306.
- CHÁN V. (ed.), 1999: Komentovaný červený seznam květeny jižní části Čech [The annotated red index of the flora of South Bohemia]. *Příroda*, 16: 1–284 (in Czech).
- CHYTRÝ M., 2001a: Biotopy silně ovlivněné nebo vytvořené člověkem [Habitats strongly influenced or created by man]. In: *Katalog biotopů České republiky* [*The index of habitats of the Czech Republic*], CHYTRÝ M., KUČERA T. & KOČI M. (eds) Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha: 231–233 pp. (in Czech).
- CHYTRÝ M., KUČERA T. & KOČI M. (eds), 2001b: *Katalog biotopů České republiky* [*The index of habitats of the Czech Republic*]. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 304 pp. (in Czech).

- JAMES W.F., BARKO J.W., EAKIN H.L. & HELSEL D.R., 2001: Changes in sediment characteristics following draw-down of Big Muskego Lake, Wisconsin. *Archiv für Hydrobiologie*, 151: 459–474.
- JEPPESEN E., JENSEN J.P., SØNDERGAARD M., LAURIDSEN T., PEDERSEN L.J. & JENSEN L., 1997: Top-down control in freshwater lakes: the role of nutrient state, submerged macrophytes and water depth. *Hydrobiologia*, 342/343: 151–164.
- KALFF J., 2001: *Limnology: inland water ecosystems*. Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 592 pp.
- KRAHULEC F. & LEPS J., 1994: Establishment success of plant immigrants in a new water reservoir. *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica*, 29: 3–14.
- KRAHULEC F., LEPS J. & RAUCH O., 1980: Vegetation of the Rozkoš Reservoir near Česká Skalice (East Bohemia) 1. The vegetation development during the first five years after its filling. *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica*, 15: 321–362.
- KRAHULEC F., LEPS J. & RAUCH O., 1987: Vegetation succession on a new lowland reservoir. *Archiv für Hydrobiologie Beihefte, Ergebnisse der Limnologie*, 27: 83–93.
- KREMER B.P. & MUHLE H., 1995: *Stromy [The trees]*. Ikar, Praha, 287 pp. (in Czech).
- KREMER B. P. & MUHLE H., 1998: *Lišejníky, mechorosty, kapradorosty [Lichens, bryophytes, ferns]*. Ikar, Praha, 286 pp. (in Czech).
- KUBÁT K., HROUDA L., CHRTEK J. jun., KAPLAN Z., KIRSCHNER J. & ŠTĚPÁNEK J. (eds), 2002: *Klíč ke květeně České republiky [The key to the flora of the Czech Republic]*. Academia, Praha, 927 pp. (in Czech).
- LELLÁK J. & KUBÍČEK F., 1992: *Hydrobiologie [Hydrobiology]*. Univerzita Karlova, Praha, 256 pp. (in Czech).
- MELOUN M. & MILITKÝ J., 2004: *Statistická analýza experimentálních dat [Statistical analysis of experimental data]*. Academia, Praha, 953 pp. (in Czech).
- MELZER A., 1999: Aquatic macrophytes as tools for lake management. *Hydrobiologia*, 395/396: 181–190.
- MORAVEC J., BALÁTOVÁ-TULÁČKOVÁ E., BLAŽKOVÁ D., HADAČ E., HEJNÝ S., HUSÁK Š., JENÍK J., KOLBEK J., KRAHULEC F., KROPÁČ Z., NEUHÄUSSL R., RYBNÍČEK K., ŘEHOŘEK V. & VICHEREK J., 1995: Rostlinná společenstva České republiky a jejich ohrožení [Red list of plant communities of the Czech Republic and their endangerment]. Ed. 2. *Severočeskou přírodou*, Supplementum 1995: 1–206 (in Czech).
- MORAVEC J., BLAŽKOVÁ D., HEJNÝ S., HUSOVÁ M., JENÍK J., KOLBEK J., KRAHULEC F., KREČMER V., KROPÁČ Z., NEUHÄUSSL R., NEUHÄUSSL-NOVOTNÁ Z., RYBNÍČEK K., RYBNÍČKOVÁ E., SAMEK V. & ŠTĚPÁN J., 1994: *Fytocenologie [Phytocenology]*. Academia, Praha, 403 pp. (in Czech).
- MOSS B., 2008: The kingdom of the shore: achievement of good ecological potential in reservoirs. *Freshwater Reviews*, 1: 29–42.
- NILSSON, C. 1981: Dynamics of the shore vegetation of a North Swedish hydro-electric reservoir during a 5-year period. *Acta Phytogeographica Suecica* 69, Uppsala, 96 pp.
- NOVÁK L., IBLOVÁ M. & ŠKOPEK V., 1986: *Vegetace v úpravách vodních toků a nádrží [Vegetation in management of streams and reservoirs]*. SNTL, Praha, 243 pp.
- NOVÁK M., 1968: *Údolní nádrž Lipno, geograficko-limnologická studie [Geographic-limnological study of the Lipno reservoir]*. Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M., Praha, 161 pp. (in Czech).
- ODUM E.P., 1977: *Základy ekologie [Fundamentals of ecology]*. Academia, Praha, 376 pp. (in Czech).
- PITTER P., TUČEK F., CHUDOBA J. & ŽÁČEK L., 1983: *Laboratorní metody v technologii vody [Laboratory methods in water technology]*. SNTL, Praha, 304 pp. (in Czech).
- RYDLO J., 1995: Vodní makrofyta Horní Vltavy [Water macrophytes of the upper reaches of the Vltava River]. *Museum a současnost, řada přírodovědná*, 9: 115–128 (in Czech).
- RYDLO J., 2009: Příspěvek k poznání vegetace vodních makrofyt v okolí Nové Pece [A contribution to the knowledge of the vegetation of aquatic macrophytes in the surroundings of the Nová Pec village (Šumava Mts., South Bohemia)]. *Museum a současnost, řada přírodovědná*, 24: 69–76 (in Czech).
- ŘEHOUNKOVÁ K. & PRACH K., 2008: Spontaneous vegetation succession in gravel-sand pits: A potential for restoration. *Restoration Ecology*, 16: 305–312.
- SCULTHORPE C.D., 1985: *The biology of aquatic vascular plants*. Koeltz Scientific Books, Königstein, Germany, 610 pp.
- SMĚRNICE 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady z 23. října 2000 ustávající rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky [Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy]. Pracovní překlad s anglickým originálem. Ministerstvo životního prostředí, Praha, 2001, 96 pp. (in Czech and English).
- SUCHÁ-KŘIVÁČKOVÁ O., 2005: The primary production and the plant succession in hydrosystems of the floodplain of the upper Lužnice River. Part 2. MS, PhD. thesis, Faculty of Agriculture, University of South Bohemia, České Budějovice, 59 pp. (in Czech). (Library of the University of South Bohemia, České Budějovice)
- ŠTĚRBA O., 2006: The significance of macrophytes for phosphorus balance in the Nýrsko Reservoir. MS, Bachelor thesis, Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, 32 pp. (in Czech). (Library of the University of South Bohemia, České Budějovice)

- ŠUMBEROVÁ K., 2001a: Vegetace vytrvalých obojživelných bylin [Vegetation of perennial amphibious herbs]. In: *Katalog biotopů České republiky [The index of habitats of the Czech Republic]*, CHYTRÝ M., KUČERA T. & KOČI M. (eds) Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha: 45–46 (in Czech).
- ŠUMBEROVÁ K., 2001b: Makrofytní vegetace přirozeně eutrofních a mezotrofních stojatých vod [Macrophyte vegetation of naturally eutrophic and mesotrophic stagnant waters]. In: *Katalog biotopů České republiky [The index of habitats of the Czech Republic]*, CHYTRÝ M., KUČERA T. & KOČI M. (eds) Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha: 15–17. (in Czech).
- ŠUMBEROVÁ K., CHYTRÝ M. & SÁDLO J., 2001: Rákosiny a vegetace vysokých ostřic [Reed ant tall-sedge beds]. In: *Katalog biotopů České republiky [The index of habitats of the Czech Republic]*, CHYTRÝ M., KUČERA T. & KOČI M. (eds) Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha: 26–37. (in Czech).
- VAN GEEST G.J., ROOZEN F.C.J.M., COOPS H., ROJACKERS R.M.M., BUIJSE A.D., PEETERS E.T.H.M. & SCHEFFER M., 2003: Vegetation abundance in lowland flood plain lakes determined by surface area, age and connectivity. *Freshwater Biology*, 48: 440–454.
- VOTRUBA L. & BROŽA V., 1980: *Hospodaření s vodou v nádržích [Water management in reservoirs]*. SNTL, Praha, 323 pp. (in Czech).
- WAGNER T. & FALTER C.M., 2002: Response of an aquatic macrophyte community to fluctuating water levels in an oligotrophic lake. *Lake and Management*, 18: 52–65.
- WEISNER S.E.B., 1987: The relation between wave exposure and distribution of emergent vegetation in a eutrophic lake. *Freshwater Biology*, 18: 537–544.
- WEISNER S.E.B., STRAND J.A. & SANDESTEN H., 1997: Mechanisms regulating abundance of submerged vegetation in shallow eutrophic lakes. *Oecologia*, 109: 592–599.
- WETZEL R.G., 1983: *Limnology, second edition*. Saunders College Publishing, Forth Worth, 767 pp.

Received: 21 April 2009

Accepted: 27 May 2010