

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta



Bakalářská práce

**Kompetiční a regenerační schopnosti
mechu *Hamatocaulis vernicosus*
(Calliergonaceae)**



Alžběta Manukjanová

2008

Školitel: RNDr. Táňa Štechová

Manukjanová, A. (2008): Kompetiční a regenerační schopnosti mechu *Hamatocaulis vernicosus* (Calliergonaceae) [Competitive and regeneration abilities of the moss *Hamatocaulis vernicosus* (Calliergonaceae, Bryophyta). Bc. Thesis, in Czech]. – 24 p., Faculty of Sciences, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

ANNOTATION

Competitive and regeneration abilities of the rare moss *Hamatocaulis vernicosus* were studied in the field and in the common garden experiments. A transplation experiment was carried out to study whether replacement of *H. vernicosus* into its potential competitive mosses, *Calliergonella cuspidata* and *Sphagnum fallax*, will effect the growth. The growth of *H. vernicosus* was not effected amidst *C. cuspidata*; however there was a significant decrease of biomass production amidst *S. fallax*. The second experiment compared regeneration of *H. vernicosus* and *C. cuspidata* from different parts of the stems. *C. cuspidata* regenerated better and it was able to produce new shoots even from leaves, while *H. vernicosus* regenerated only from larger parts of stems.

Práce byla financována z prostředků katedry botaniky Přírodovědecké fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, výzkumného záměru MSM 6007665801 a z grantu GAAV IAA601410703.

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě – v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Přírodovědeckou fakultou – elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích, dne 30. 4. 2008

Poděkování

Ráda bych poděkovala především své školitelce Táně Štechové za to, že mi vymyslela téma, pečlivě mě vedla při terénní práci i psaní a neustále mi dodávala nejen články a dobré rady, ale i odvalu a optimismus. Díky ní jsem si ty malé zelené rostlinky docela oblíbila. Dále děkuji jejímu manželu Milanovi, že nás vozil po lokalitách, radil a pomáhal mi sbírat vzorky. Koutřovi děkuji za pomoc se statistikou, Tomáši Hauerovi za odvezení vzorků do Třeboně a Katce Zemanové za půjčování filtrační aparatury. Honzovi Kučerovi, Jirkovi Košnarovi a Evče Holé děkuji za články a lidem z pracovny za rady, podporu a trpělivost. Rodině za zázemí i podporu a taky za shovívavost, když jsem se doma objevovala maximálně jednou měsíčně, vyjedla ledničku a jela zpět do školy ☺. Katedře za místo v pracovně, která mi byla při psaní útočištěm, a za proplácení cest na lokality. Děkuji také grantové agentuře za finanční podporu tohoto projektu a omlouvám se všem laskavým lidem, na které jsem tady snad zapomněla.



Se školitelkou v terénu

Obsah

1. Úvod	1
1.1. Rašeliništní mechorosty	1
1.1.1. Rašeliništní biotopy	1
1.1.2. Rozmnožování rašeliništních mechorostů.....	2
1.1.3. Ohrožení	3
1.2. Hamatocaulis vernicosus	4
1.2.1. Popis	4
1.2.2. Rozšíření a ekologie	5
1.3. Cíle práce	5
2. Metodika	6
2.1. Kompetice	6
2.1.1. Lokality	6
2.1.2. Přesazování.....	7
2.1.3. Chemické analýzy	9
2.2. Regenerace	10
2.2. Regenerace	10
2.3. Statistické zpracování dat	11
2.3.1. Kompetice	11
2.3.2. Regenerace	11
3. Výsledky	12
3.1. Kompetice	12
3.1.1. Charakteristiky prostředí	12
3.1.2. Přírůstek biomasy	12
3.2. Regenerace	15
4. Diskuse	17
4.1. Kompetice	17
4.2. Regenerace	18
5. Závěr	20
6. Literatura	21
7. Přílohy	25

1. Úvod

1.1. Rašeliništní mechorosty

1.1.1. Rašeliništní biotopy

Rašeliniště odnepaměti přitahují pozornost botaniků a zvláště bryologů. Jsou totiž jedním z mála biotopů, kde dominují mechorosty, a navíc se zde vyskytuje řada vzácných a ohrožených druhů rostlin i mechorostů (Rocheport L. 2000, Mälson & Rydin 2007). Za rašeliniště v širším slova smyslu považujeme trvale zamokřená místa, kde dochází k ukládání uhlíku a živin do organogenních sedimentů. Vegetace je nízkoproduktivní, živinově limitovaná a adaptovaná na trvalý nadbytek vody. V mechovém patře dominují rašeliníky nebo tzv. „hnědé mechy“ (např. *Calliergonaceae*) (Hájek & Hájková 2007). Nejvíce rašelinišť se nachází v boreální zóně, v jiných částech světa je jejich rozšíření pouze ostrůvkovité.

V průběhu let byly uplatňovány různé úhly pohledu na klasifikaci rašelinišť (členění na základě hydrologie, chemie, vegetace, či dalších hledisek), proto je terminologie těchto biotopů značně komplikovaná. Díky tomu se v anglickém českém názvosloví vyskytují různé nejasnosti způsobené odlišným vymezením pojmů.

Již před více než 100 lety rozdělil německý ekolog Weber (1902) rašeliniště na ombrotrofní a minerotrofní. Ombrogenní rašeliniště je sycené srážkovou vodou, zatímco minerotrofní sytí voda podzemní. Toto pojetí se dnes překrývá s pojmy fen (odpovídající český název je slatiniště) pro minerotrofní a bog (vrchoviště) pro ombrotrofní rašeliniště (Warner & Rubec 1997). Slatiniště se od vrchovišť dále liší například vyšším pH a větším množstvím živin (Zoltai & Vitt 1995). Tyto podmínky mají vliv nejen na druhové složení cévnatých rostlin, ale také na skladbu mechorostů. Zatímco na slatiništích většinou dominují v mechovém patře tzv. „hnědé mechy“, na kyselých vrchovištích jsou to již téměř výhradně rašeliníky. Proto také některé ze starších pohledů vymezovaly hranici mezi slatiništěm a vrchovištěm přítomností rašeliníků. Jelikož ale současné klasifikační pohledy upřednostňují zohlednění více hledisek, tak se toto pojetí většinou nepoužívá.

V této práci je použita klasifikace slatinišť podle Hájek et al. (2006) a Hájek & Hájková (2007). Toto rozdělení, zaměřující se na oblast střední Evropy, rozlišuje pět základních typů slatinišť, které se vzájemně liší jak vegetačně, tak hodnotou pH či konduktivity.

Nejbazičtějši a zároveň nejvíce minerálně bohatá jsou vápnitá slatiniště se srážením pěnovec (calcareous fens, svaz *Caricion davallianae*). O něco méně bazická jsou extrémně

bohatá slatiniště (extremely rich fens, svaz *Caricion davallianae*), kde se sice již pěnovec nesráží, ale koncentrace minerálů jsou stále velmi vysoké. V mechovém patře dominují například *Scorpidium cossonii* nebo *Campylium stellatum*. Slatiniště a slatinné louky s kalcitolerantními rašeliníky (rich fens, svaz *Sphagno warnstorffii-Tomenthypnion*) mají průměrné pH kolem 6,2, které umožňuje růst rašeliníků, ale díky sycení spodní vodou a výskytu trav se tyto biotopy neřadí k vrchovištím. Mírně bohatá slatiniště a slatinné louky (moderately rich fens, svaz *Caricion canescentis-nigrae*) se vyznačují nižší až střední koncentrací minerálů, absencí kalcikolních druhů cévnatých rostlin a výskytem rašeliníků převážně ze sekce *Subsecunda* a *Cuspidata*. Přechodová rašeliníště (poor fens, svaz *Sphagno recurvi-Caricion canescentis*) jsou již značně kyselá, jejich pH se pohybuje kolem 5 a z mechu dominují rašeliníky. Hlavním rozdílem, který je odlišuje od vrchovišť (bogs), je zásobení spodní vodou přinášející živiny.

1.1.2. Rozmnožování rašeliníštních mechorostů

U mechorostů se setkáváme jak s pohlavním, tak nepohlavním rozmnožováním. Pohlavní rozmnožování představuje tvorba sporofytu a je důležité zejména pro udržení genetické variability a rozšiřování na velké vzdálenosti. Nepohlavní rozmnožování má mnoho podob a u některých druhů dokonce převažuje nad pohlavním. To platí zvláště pro dvoudomé druhy (Söderström & During 2005), jichž je mezi mechorosty více jak polovina (Wyatt 1985, Tan & Pócs 2000). Vegetativní rozmnožování lze rozdělit do šesti typů. Vývoj většího počtu gametoforů z protonematu jedné spory, oddělení a rozpad starší části gametofytu, vývoj většího počtu větví z rhizomů a stolonů, vývoj gametoforů z rhizoidů, regenerace z fragmentů a vývoj specializovaných propagulí (Glime 2007).

Většina rašeliníštních mechorostů tvoří sporofyty poměrně zřídka (Smith 1978), u nás se většinou rozmnožují fragmenty stélky, některé druhy jsou dokonce schopny zregenerovat z lístků (Miller & Ambrose 1976, Poschlod & Schrag 1990). Tato životní strategie, kdy mech dlouhodobě setrvává na jednom místě a věnuje malé úsilí do tvoření sporofytů, je označována jako „perennial stayer“ (During 1979, Dierssen 2001). I když je vegetativní rozmnožování velmi účinné, neboť mortalita vegetativních částí je mnohem menší nežli u spór (Mälson & Rydin 2007), má i své nevýhody. Jednou z nejvýraznějších je kromě ztráty genetické variability i omezení vzdálenosti šíření. Lehké spory překonají díky větru mnohakilometrové vzdálenosti, zatímco úlomky lodyžek jsou odkázány na šíření vodou, zvířaty nebo velmi silným větrem. To se mnohým druhům může při současné fragmentaci biotopů stát osudné (Kooijman et al. 1994, Mälson & Rydin 2007).

Možnost činného využití regenerace lodyžky z vegetativních částí gametofytu při revitalizaci mokřadních biotopů byla testována na vytěžených rašeliništích a později i při obnově odvodněných slatinišť. Pro obnovení biotopu nestačí pouze upravení hydrologických podmínek, ale je nutno zajistit i navrácení původních druhů mechového patra, které krom jiného i chrání lokalitu před expanzí invazních druhů rostlin (Rochefort 2000, Mälson & Rydin 2007). Mechorosty ale díky zmiňovaným překážkám v šíření obsazují nový biotop pouze velmi pomalu. Jak zjistili Kooijman et al. (1994), reintrodukce malých trsů mechu *Scorpidium scorpioides* do obnoveného slatiniště, ve kterém tento druh zatím chyběl, proběhla úspěšně a trsy se dále rozrůstaly. Jako možné vysvětlení absence druhu na jinak příznivé lokalitě navrhuje právě omezené možnosti šíření. Mälson & Rydin (2007) se pokoušeli optimalizovat metodiku obnovy slatinišť použitím vegetativních fragmentů mechového gametofytu z apikální i neapikální části lodyžky a přidáním vápna na lokalitu kvůli zvýšení pH a snížení iontů NH_4^- .

1.1.3. Ohrožení

Pokles výskytu rašeliništních mechů je spojen hlavně s ubýváním vhodných biotopů (Kooijman 1992). Mechorosty mají jinou stavbu těla než cévnaté rostliny. Vodu a živiny absorbují celým povrchem stélky a díky tomu reagují mnohem rychleji na změny prostředí (Proctor 1982, Bates & Farmer 1992, Vitt 2000). Proto jsou významnými bioindikátory narušení ekosystému a změny v jejich společenstvech se pravděpodobně časem projeví i na skladbě cévnatých rostlin (Rybníček et al. 1984, Kooijman et al. 1994).

Mnoho slatinišť je v současné době ohroženo acidifikací. Ta probíhá jednak spontánně vlivem postupné expanze rašeliníků, jednak vlivem činnosti člověka. Schopnost rašeliníků aktivně okyselovat své bezprostřední okolí byla několikrát podrobně zkoumána. Podstatou snížení pH je výměna kationtů bazí za H^+ a tvorba organických kyselin rašeliníkem (Clymo 1964). Tyto procesy jsou součástí přirozené sukcese od minerotrofního slatiniště k ombrogennímu rašeliništi (Glime 1982, Bragazza & Gerdol 1999). Často jsou ale člověkem značně urychleny, zvláště přítomností kyselých dešťů a snížením hladiny bázemi bohaté spodní vody, která má schopnost částečně toto okyselování vyrovnávat (Kooijman 1992, Kooijman & Bakker 1994, Haesebroeck 1997).

Dalším faktorem ohrožujícím rašeliniště a tedy i existenci rašeliništních mechorostů je narušení vodního režimu – meliorace a kolísání hladiny podzemní vody. Odvodňování zamokřených ploch za účelem získání půdy pro pole, lesy či pastviny ohrozilo nebo zničilo mnoho lokalit (Rybníček et al. 1984, Kooijman et al. 1994, Mälson & Rydin 2007). Většina

mokřadních mechorostů je sice schopna přežít krátkodobé vysušení, avšak při delší absenci vody dochází k řídnutí porostu až k úplnému vymizení citlivějších druhů (Štechová & Štech 2007). Je-li vodní hladina vysoká, je navíc růst většiny cévnatých rostlin blokován jednak nedostatkem kyslíku u kořenů, jednak nepřístupností živin. Při nízkém stavu podzemní vody nejsou mokřadní mechorosty schopny dlouhodobě přežít a jsou zde nahrazeny cévnatými rostlinami, kterým jsou zpřístupněny živiny (Gunnarson 2002).

Nemenším problémem je eutrofizace. Jejými hlavními zdroji jsou splachy živin z polí, hnojení rybníků a zvýšení obsahu dusičnanů v dešťové vodě. Vysoké koncentrace NH_4^+ se ukázaly být pro některé „hnědé mechy“ toxické (Paulissen et al. 2004). Také acidifikace a s ní spojená sukcese směrem ke kyselému rašeliništi probíhá v eutrofních podmínkách rychleji (Kooijman & Paulissen 2006). Při zvýšeném obsahu dusíku a fosforu začne ve slatiništi expanze cévnatých rostlin jako *Carex riparia.*, *Typha latifolia*, *Phragmites australis* a kompetičně silnějších mechorostů jako *Calliergonella cuspidata* či *Calliergon cordifolium* (Kooijman 1992, 1993b, Kooijman & Bakker 1995) které zastínění cévnatými rostlinami snášejí lépe, i když přímý vliv dusíku na produkci *Calliergonella cuspidata* zjištěn nebyl (Bergamini & Peintinger 2002).

1.2. *Hamatocaulis vernicosus*

1.2.1. Popis

Hamatocaulis vernicosus (MITT.) HEDENÄS je bokoplodý mech z čeledi *Calliergonaceae* (dříve *Amblystegiaceae*). Rostliny jsou středně velké až statné, zelené nebo hnědozelené, na bázi listů občas s hnědočerveným lemem, lodyhy vystoupavé až vzpřímené, větvené, na koncích hákovitě zakřivené. Na průřezu lodyhy jsou patrné 1–2 vrstvy drobných korových buněk se ztlustlými stěnami, dřevňové buňky jsou tenkostěnné, centrální svazek nediferencovaný, hyalodermis chybí. Lodyžní listy jsou vejčité, 2–3 mm dlouhé, vyduté, silně řáskaté, srpovité, postupně zúžené do špičky, Žebro silné, jednoduché, obvykle mizí za polovinou listu. Větevní listy menší, většinou neřáskaté. Buňky listů jsou čárkovité, tenkostěnné, bazální buňky kratší, křídelní buňky chybí (Hedenäs 1989).

Hamatocaulis vernicosus tvoří sporofyty poměrně zřídka (Smith 1978, Hedenäs et al. 2003). Druh je dvoudomý. Válcovitá, mírně ohnutá tobolka s kuželovitým víčkem vyrůstá na dlouhém, načervenalém štětu. Prsteneček je třířadý, opadavý. Zuby exostomu postupně zúžené, oranžové, v horní části papilnaté, endostom hladký, žlutavý, bazální membrána dosahující do poloviny délky zubů, brvy 2–4. Výtrusy jsou žlutozelené, papilnaté (Hedenäs 1989).

1.2.2. Rozšíření a ekologie

Hamatocaulis vernicosus je druhem s boreálně–montánním rozšířením (Wynne 1944). Vyskytuje se na nížinných a přechodových rašeliništích severní polokoule a v horách Jižní Ameriky (Hedenäs 1989). V Evropě je těžiště jeho výskytu Skandinávie. Během posledních padesáti let byl zaznamenán výrazný pokles tohoto druhu v různých zemích světa (Glime 1982, Janssens 1983, Heras 2000, Church 2001, Hedenäs et al. 2003, Štechová & Kučera 2007). Ve většině středoevropských zemí je *Hamatocaulis vernicosus* charakterizován jako druh zranitelný (VU), stejně tak na území ČR (Kučera & Váňa 2003). Je také jedním ze čtyř českých mechorostů, které byly zařazeny do soustavy Natura 2000. Příčina jeho ohrožení spočívá především v ústupu vhodných biotopů, neboť *Hamatocaulis vernicosus* má značně specifické ekologické nároky. Vyskytuje se v trvale zamokřených otevřených místech na minerotrofních slatiništích (moderately rich fen, rich fen, extremely rich fen) se slabě kyselým až slabě zásaditým pH, vyšším množstvím iontů, ale menším podílem Ca^{2+} .

1.3. Cíle práce

Otestovat, zda je *Hamatocaulis vernicosus* schopen přežít přesazení mezi mechy z okraje svého biotopu reprezentující částečně odlišné nároky na prostředí.

Zjistit schopnost regenerace *Hamatocaulis vernicosus* z různých částí lodyžky a porovnat ji s regenerací druhu *Calliergonella cuspidata*, který na stanovištích představuje významného kompetitora.

2. Metodika

Pokusy byly prováděny v terénu nebo v klimaboxu na katedře botaniky PřF JCU. Hlavními kritérii při výběru lokality byla jejich dostupnost a zároveň dostatečná velikost populace *Hamatocaulis vernicosus*, aby provádění pokusu výskyt druhu na lokalitě neohrozilo.

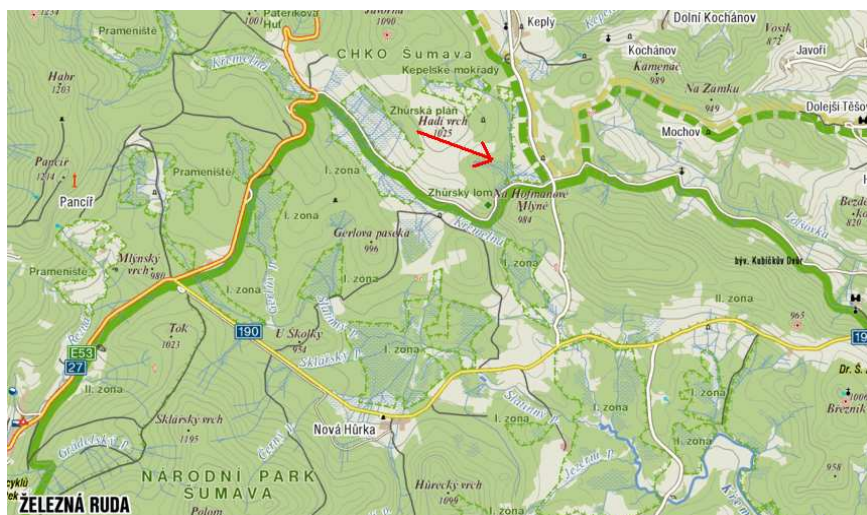
Jména taxonů mechorostů byla sjednocena podle Kučera & Váňa (2003), jména cévnatých rostlin podle Kubát et al. (2002).

2.1. Kompetice

2.1.1. Lokality

Zhůří

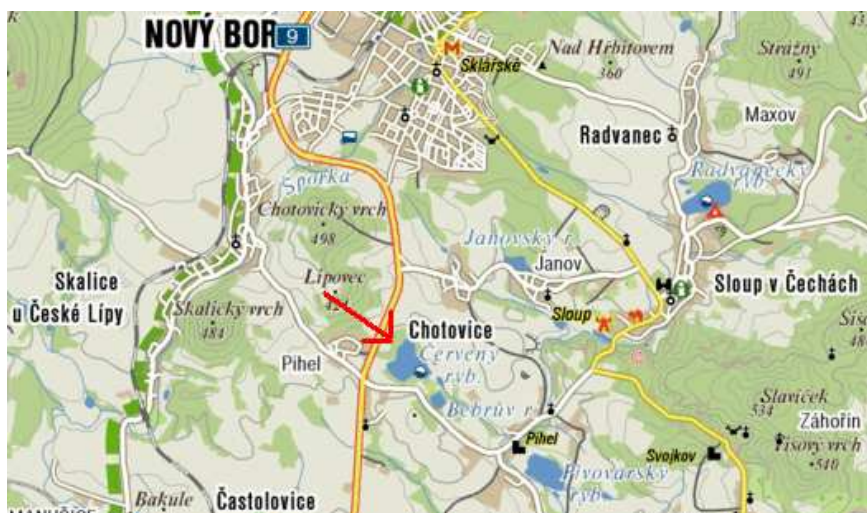
Údolí Křemelné u zaniklé obce Zhůří se nalézá v 2. zóně NP Šumava cca 7 km SV od Železné Rudy ve fytochorionu Šumavské pláně (Skalický 1988). Vlastní prameniště se nachází na JZ orientovaném svahu v nadmořské výšce kolem 950 m n. m. (obr. 1). Mechové patro je tvořeno především druhy *Calliergon giganteum*, *Campylium stellatum*, *Hamatocaulis vernicosus*, *Polytrichum strictum*, *Scorpidium cossonii*, *Sphagnum fallax*, *S. contortum* a *S. warnstorffii*. Cévnaté rostliny jsou poměrně slabě zastoupeny, dominují *Agrostis canina*, *Carex echinata*, *Nardus stricta*, *Oxyccocus palustris*, *Valeriana dioica*, roztroušeně nalezneme i *Picea abies*, *Betula pendula* nebo *Vaccinium uliginosum*. Na lokalitě není prováděn žádný management.



Obr. 1 Poloha lokality Zhůří. www.mapy.cz

Pihel

Červený rybník u Pihele je jednou z mála lokalit *Hamatocaulis vernicosus*, která nepatří do žádného chráněného území. Jedná se o zrašelinělý břeh na severním okraji Červeného rybníka u obce Pihel, 2 km od Nového Boru (obr. 2). Lokalita se nachází v nadmořské výšce 300 m. n. m. a spadá do fytochorionu Českolipská kotlina (Skalický 1988). Mechové patro tvoří především *Aulacomnium palustre*, *Bryum pseudotriquetrum*, *Calliergonella cuspidata*, *Hamatocaulis vernicosus*, *Philonotis caespitosa*, *Sphagnum fimbriatum*, *Sphagnum squarrosum* a *Straminergon stramineum*. Z cévnatých rostlin zde nalezneme např. *Carex acutiformis*, *Dactylorhiza incarnata*, *Lotus uliginosus*, *Lythrum salicaria*, *Phragmites australis*, *Typha latifolia* nebo *Viola palustris*. Lokalitu postupně zarůstají nálety vrb, olší a bříz, žádný management se zde neprovádí.



Obr. 2 Poloha lokality Pihel. www.mapy.cz

2.1.2. Přesazování

Tento pokus byl prováděn v létě roku 2007 s druhy *Hamatocaulis vernicosus*, *Calliergonella cuspidata* a *Sphagnum fallax*. Cílem pokusu bylo zjistit reakci *Hamatocaulis vernicosus* na přesazení mezi tyto dva mechorosty. I když by bylo vhodné tento experiment dělat v rámci jedné lokality, aby výsledky byly porovnatelné, nebylo to bohužel možné. Bylo by zapotřebí nalézt lokalitu, kde se všechny tři zkoumané druhy vyskytují společně v dostatečném množství a v jednodruhových porostech. Zároveň se na lokalitě nemůže provádět management, neboť by byly zničeny pokusné čtverce. Jelikož se na celém území ČR nachází pouze 40 lokalit *Hamatocaulis vernicosus* z nichž na mnoha z nich je populace tohoto

mechu tak malá, že manipulace by ji mohly ohrozit, bylo od tohoto záměru upuštěno a pokusy probíhaly odděleně na dvou lokalitách.

Calliergonella cuspidata byla vybrána jako konkurent *Hamatocaulis vernicosus* na eutrofizovaných lokalitách, neboť díky své širší ekologické toleranci a lepším kompetičním schopnostem zároveň obsazuje i biotopy, jako jsou eutrofizovaná slatiniště nebo vlhké louky. Pro tento pokus bylo vybráno místo, kde se *Calliergonella cuspidata* v dostatečně velké jednodruhové ploše vyskytovala asi 30 m od porostu *Hamatocaulis vernicosus*, v těsné blízkosti břehu rybníka, kde bylo předpokládáno výraznější ovlivnění chemismu rybníční vodou.

Sphagnum fallax je šlenkový druh (Daniels & Eddy 1990), který si s *Hamatocaulis vernicosus* může konkurovat na kyselých lokalitách. Pro realizaci experimentu bylo vybráno místo nacházející se přibližně 50 m od porostu *Hamatocaulis vernicosus*, na kterém *Sphagnum fallax* zarůstá vlhký příkop.

Z kompaktního porostu *Hamatocaulis vernicosus* byly vyrýpnuty čtverce 10 x 10 cm a přesazeny do trsů *Calliergonella cuspidata* na lokalitě Pihel nebo *Sphagnum fallax* na lokalitě Zhůří. Stejně velké části byly přesazeny vzájemně jako kontrola. Každý zásah byl prováděn v deseti opakováních. Z každého přesazeného čtverce bylo vybráno pět lodyžek, které byly ovázány 1 cm pod vrcholem silnou nití z PES (Kooijman & Whilde 1993). Druhý konec nitě byl přivázán k barevnému brčku zapíchnutému do trsu, aby ji i po delší době bylo možno najít (obr. 3).

Po 10 týdnech byly lodyžky vyhledány a část nad nití odstříhnutá. U každé části lodyžky byla změřena její délka a počet větví. Odstříhnuté části lodyžek z každého čtverce byly poté sušeny 48 hodin při teplotě 70 °C (Kooijman 1993b) a jejich biomasa byla společně pro každý čtverec zvážena na analytických vahách.

2.1.3. Chemické analýzy

Na obou lokalitách byly z každého pokusného čtverce i kontroly odebrány vzorky vody, které byly do 24 hodin zfiltrány přes skleněný filtrační papír a zamraženy.

V každém vzorku byla měřena koncentrace NO_3^- , NH_4^- , celkového N (TN), PO_4^{3-} , Ca^{2+} a celkového Fe. V místě každého odběru bylo změřeno pH (Vario pH, WTW, Germany) a průměrná výška hladiny podzemní vody pomocí změny zbarvení PVC elektroizolační pásky na bambusové tyčce (blíže viz Belyea 1999, Navrátilová & Hájek 2005).

Obsah Ca^{2+} a Fe byl měřen ing. Bastlem na katedře ZF JU metodou atomové absorpční spektrofotometrie, plamenovou technikou v plameni N_2O – acetylen ($\lambda = 422,7$ nm) pro Ca^{2+} a vzduch – acetylen ($\lambda = 248,3$ nm) pro Fe. Analýzy byly prováděny na přístroji SpectrAA 640, Australia.

Obsah NO_3^- , NH_4^- , TN a PO_4^{3-} byl měřen metodou kontinuální průtokové kolorimetrie (FIAstar 5012 analyzátor, Sweden) pí Struskovou na botanickém ústavu AV ČR v Třeboni.



Obr. 3 Kompetiční pokus; ovázané lodyžky v trsu *Hamatocaulis vernicosus*

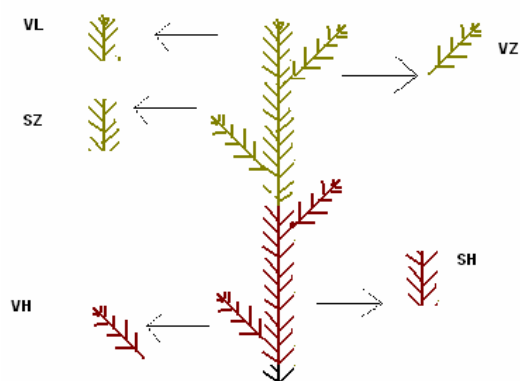
2.2. Regenerace

Tento pokus byl prováděn v zimě roku 2007 s druhy *Hamatocaulis vernicosus* a *Calliergonella cuspidata*. *Calliergonella cuspidata* byla vybrána proto, že se vyskytuje na všech českých lokalitách *Hamatocaulis vernicosus*, ale díky své širší ekologické toleranci a lepším kompetičním schopnostem zároveň obsazuje i jiné biotopy, jako jsou eutrofizovaná slatiniště nebo vlhké louky. Stává se tak často pro *Hamatocaulis vernicosus* konkurentem, podobně jako pro *Scorpidium scorpioides* (Kooijman & Bakker 1995).

Cílem pokusu bylo zjistit u obou mechorostů schopnost regenerace z lístků a z různých částí lodyžky. Těmito částmi byly vrcholky lodyžek, větvičky a střední části lodyžek ze zelené a z hnědé části rostlin (obr. 4) a byly vybrány na základě podobného pokusu prováděného v Německu na družích *Aulacomnium palustre*, *Calliergon gigantum*, *Campylium stellatum*, *Scorpidium revolvens*, *Scorpidium scorpioides* a *Straminergon stramineum* (Poschlod & Schrag 1990).

Do Petriho misky se dvěma vrstvami mokrého filtračního papíru bylo vždy umístěno 15 kousků lodyžky o velikosti 1 cm. To bylo uděláno vždy ve čtyřech opakováních. Od každé části lodyžky bylo tedy použito celkem 60 kusů. Lístky byly pěstovány v jedné Petriho misce po 60 kusech. Petriho misky byly umístěny v klimaboxu při teplotě 18 °C a světelné periodě 12 h.

Po třech měsících bylo zaznamenáno, zda jsou rostlinky stále živé a jaká byla délka nejdelšího výhonku. Za živou byla pro účely tohoto pokusu rostlinka považována tehdy, když nějakým způsobem pokračovala v růstu.



Obr. 4 Zkoumané části lodyžky. VL - vrcholky lodyžek, VZ – větvičky zelené, VH – větvičky hnědé, SZ – středy zelené, SH – středy hnědé

2.3. Statistické zpracování dat

2.3.1. Kompetice

Hmotnost biomasy, počet větviček a délka lodyžky byly upraveny logaritmickou transformací. Korelace mezi biomasou lodyžek, jejich délkou a počtem větviček byla testována pomocí korelační matice.

Rozdíl velikosti přírůstku biomasy lodyžek ve čtvercích se zásahem a v kontrolních čtvercích byl testován pomocí analýzy variance (ANOVA) na každé lokalitě.

Stejně tak i rozdíl v měřených charakteristikách prostředí ve čtvercích se zásahem a v kontrolních čtvercích byl testován pomocí analýzy variance na každé lokalitě.

2.3.2. Regenerace

Bylo spočítáno procento přeživších lodyžek v každé Petriho misce. Následně byla data upravena arcsinovou transformací a vyhodnocena pomocí analýzy variance (ANOVA). Rozdílná schopnost druhů zregenerovat a interakce mezi druhy a částmi lodyžky byla vyhodnocena pomocí faktoriální analýzy variance. Poté byly porovnány interakce Tukeyho HSD testem.

Schopnost mechorostů zregenerovat z lístků nebyla do statistických analýz zahrnuta kvůli odlišnému designu pokusu. Počet lístků, které vytvořily novou lodyžku, byl pouze vyjádřen v procentech.

3. Výsledky

3.1. Kompetice

3.1.1. Charakteristiky prostředí

V rámci přesazovacího pokusu byly na pokusných plochách měřeny základní charakteristiky prostředí. Průměrné hodnoty charakteristik prostředí jsou zobrazeny v tabulce 1. Na lokalitách se mikrostanoviště s *Hamatocaulis vernicosus* a druhým mechem vždy v některých z nich odlišovala.

Na lokalitě Zhůří se místa se *Sphagnum fallax* od kontrolních ploch průkazně lišila nižším pH, nižší hladinou podzemní vody, nižší koncentrací Ca^{2+} , PO_4^{3-} a vyšší koncentrací Fe a NO_3^- . Na lokalitě Pihel místa s *Calliergonella cuspidata* od kontrolních ploch průkazně lišila nižším pH, nižší koncentrací Fe a vyšší koncentrací NH_4^- a TN (příloha 1).

*Tab. 1 Průměrné hodnoty charakteristik prostředí. Hodnoty označené * se v rámci lokality průkazně lišily ($p < 0,05$).*

zásah	Fe	Ca^{2+}	N-NH_4^-	N-NO_3^-	P-PO_4^{3-}	TN	pH	voda
jednotka	mg/l	mg/l	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	mg/l		cm
Zhůří <i>Sphagnum</i>	0,84*	2,94*	49,54	324,03*	10,71*	1,39	6,36*	14,00*
Zhůří kontrola	0,42*	4,20*	160,52	143,27*	18,29*	1,37	6,87*	2,80*
Pihel <i>Calliergonella</i>	1,46*	12,52	38,28*	76,27	15,64	0,67*	6,50*	6,57
Pihel kontrola	2,33*	12,12	12,67*	38,98	14,14	0,50*	6,81*	7,78

3.1.2. Přírůstek biomasy

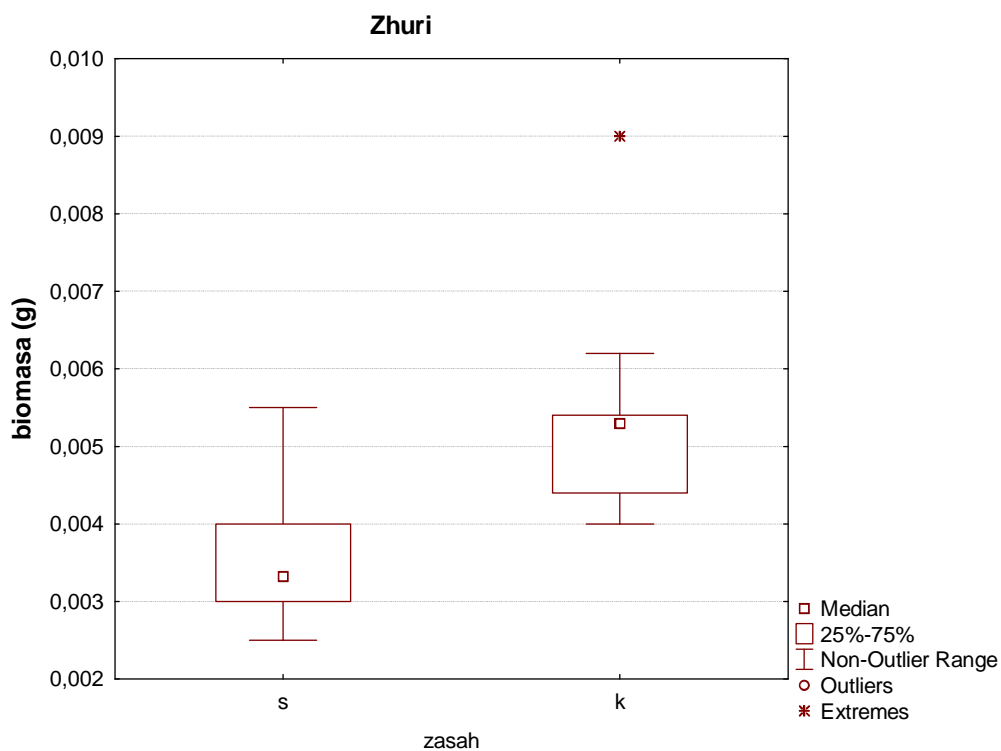
V rámci tohoto experimentu byl měřen jak přírůstek suché hmotnosti biomasy *Hamatocaulis vernicosus*, tak přírůstek délky lodyžek nebo počet větviček. S přírůstkem biomasy koreloval počet větviček, zatímco délka přírůstku nikoli. Počet větviček koreloval i s délkou přírůstku (tab. 2).

Tab. 2 Korelační matice logaritmu přírůstku biomasy, délkového přírůstku a počtu větvíček. Tučně vyznačené hodnoty jsou signifikantně korelované ($p < 0,05$).

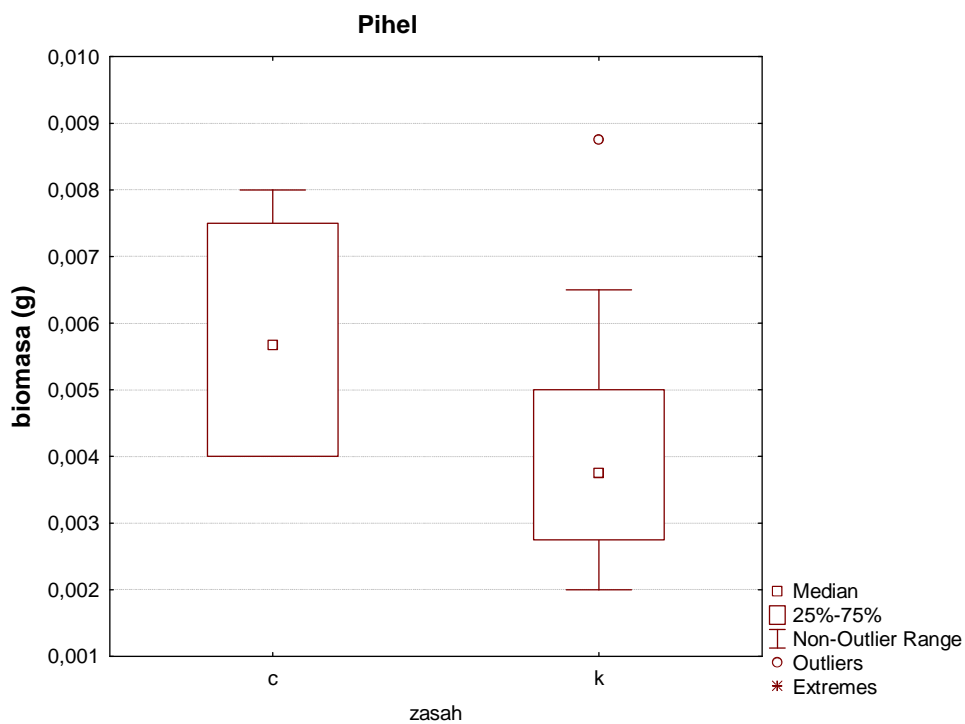
korelace	log biom	log prír	log vetv
log biom	1,00	0,28	0,62
log prír	0,28	1,00	0,34
log vetv	0,62	0,34	1,00

Na lokalitě Zhůří se průkazně lišila průměrná biomasa lodyžek *Hamatocaulis vernicosus* přesazených mezi *Sphagnum fallax* od lodyžek kontrolních ($p = 0,00348$, obr.5). Kontrolní rostlinky byly sice kratší, ale statnější, vypadaly vitálněji a jejich biomasa byla podstatně vyšší. Velikost přírůstku se pohybovala mezi 0,5–7,6 cm u pokusných lodyžek a 1,2–5,6 cm u kontrolních lodyžek. Průměrná biomasa přírůstku lodyžky ve čtverci se pohybovala mezi 0,0025–0,0055 g u pokusných lodyžek a 0,004–0,009 cm u kontrolních lodyžek.

Na lokalitě Pihel se sice délka i biomasa pozorovaných lodyžek lišila, rozdíl byl však mnohem menší a statisticky neprůkazný ($p = 0,14$, obr. 6). Příčinou může být kromě odlišných podmínek i skutečnost, že ne všechny pokusné trsy *Hamatocaulis vernicosus* byly na konci pokusu dohledány a tudíž bylo méně dat pro analýzy. Několik brček, ke kterým byly přivázány bavlnky, bylo vytaženo zvěří a některé další trsy byly pošlapány, takže některé lodyžky byly polámané. Velikost přírůstku se pohybovala mezi 1,6–6,1 cm u pokusných lodyžek a 0,6–6,6 cm u kontrolních lodyžek. Průměrná biomasa přírůstku lodyžky ve čtverci se pohybovala mezi 0,004–0,008 g u pokusných lodyžek a 0,002–0,009 cm u kontrolních lodyžek.



Obr. 5 Rozdíl v hmotnosti přírůstku biomasy lodyžek *Hamatocaulis vernicosus* přesazených mezi *Sphagnum fallax* (*s*) a kontrolou (*k*) na lokalitě Zhůří ($F(1;18) = 11,2939$; $p = 0,0035$)



Obr. 6 Rozdíl v hmotnosti přírůstku biomasy lodyžek *Hamatocaulis vernicosus* přesazených mezi *Calliergonella cuspidata* (*c*) a kontrolou (*k*) na lokalitě Pihel ($F(1;14) = 2,4382$; $p = 0,1407$)

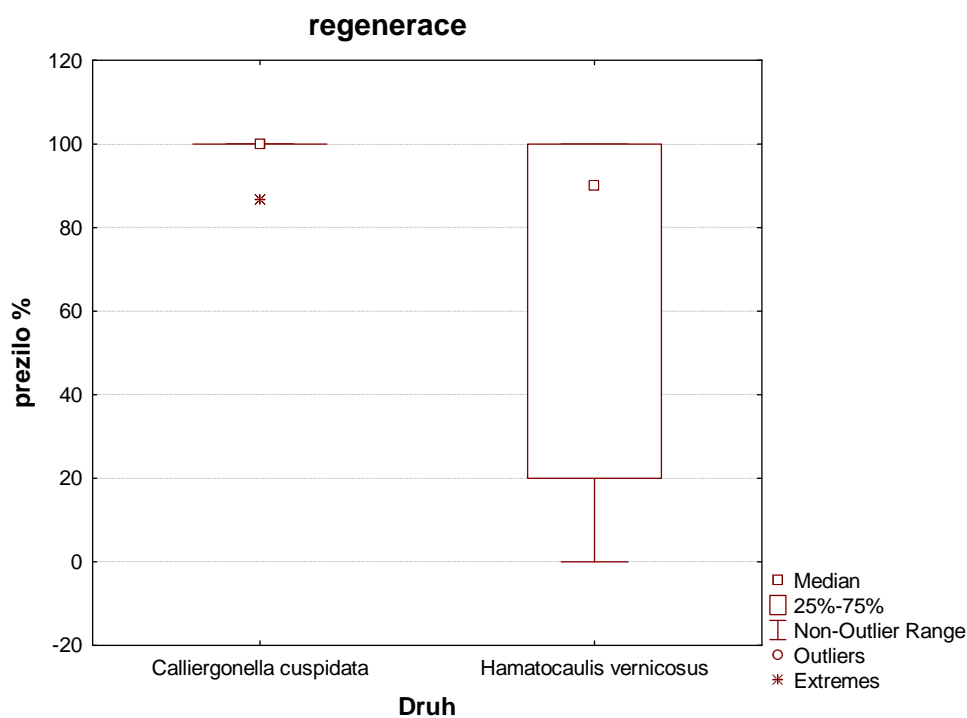
3.2. Regenerace

Calliergonella cuspidata i *Hamatocaulis vernicosus* jsou schopny zregenerovat z různých částí lodyžky. Tato schopnost se však mezi oběma druhy statisticky průkazně liší (tab. 3, obr. 7). Zatímco *Calliergonella cuspidata* zregenerovala ze všech částí kromě hnědých větviček se 100% úspěšností, takováto úspěšnost byla u *Hamatocaulis vernicosus* pouze u vrcholků lodyžek a zelených středů. Hnědé větvičky regenerovaly u *Calliergonella cuspidata* z 83% a u *Hamatocaulis vernicosus* pouze z 5% (obr. 8). Ze zelených větviček regeneroval *Hamatocaulis vernicosus* v 92% a z hnědých středů v 27% případů.

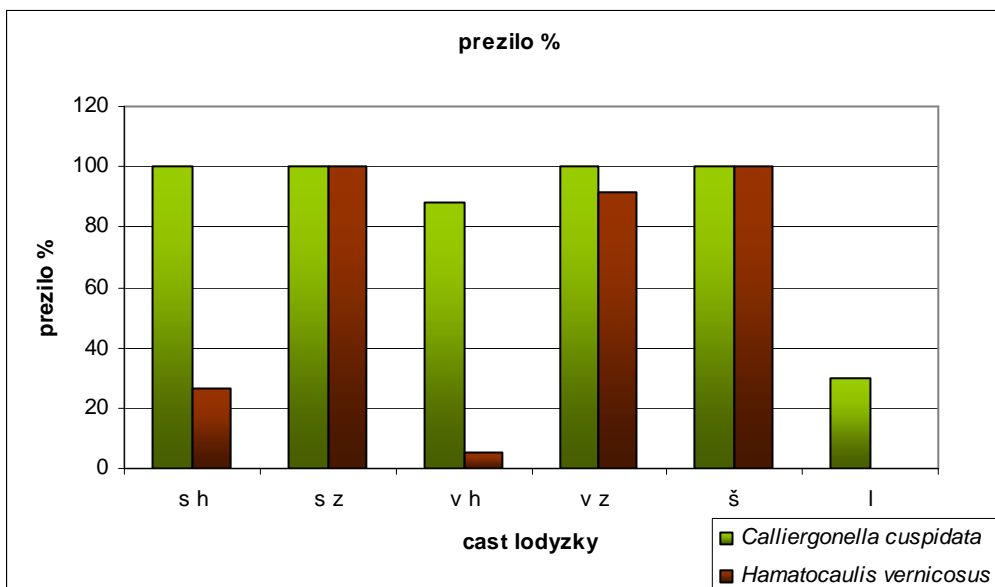
Byla také zkoumána schopnost obou mechů zregenerovat z lodyžních lístků. Zatímco v případě *Hamatocaulis vernicosus* nezregeneroval ani jeden ze šedesáti lístků, u *Calliergonella cuspidata* jich zregenerovalo 18, což je 30 %.

Tab. 3 ANOVA - výsledky regenerace

Effect	F	p
druh	236,008	0,000000
cast	111,502	0,000000
druh*cast	62,314	0,000000

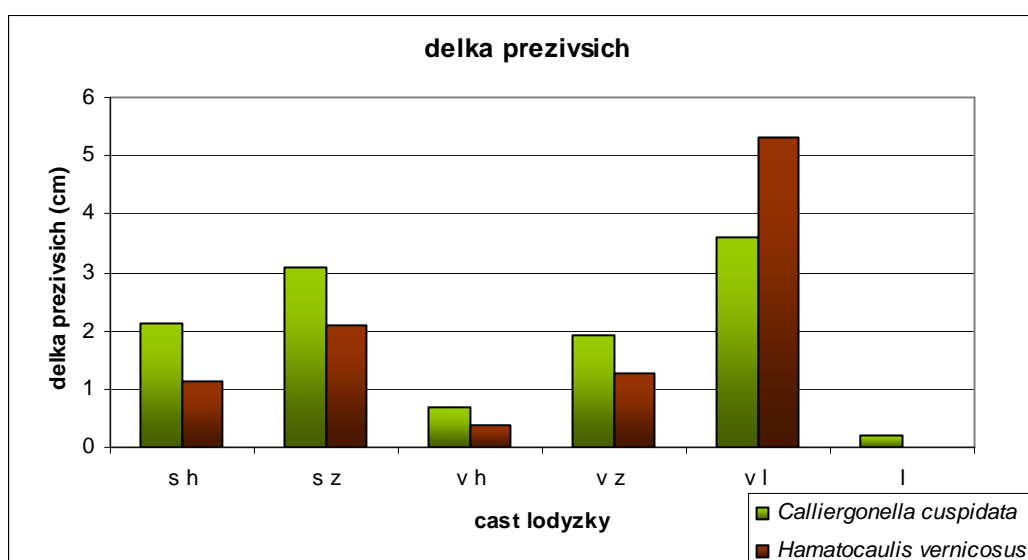


Obr. 7 Regenerace; procento přeživších lodyžek – rozdíl mezi druhy



Obr. 8 Regenerace; procento přeživších lodyžek – rozdíl mezi částmi lodyžky

Pro úplnost byla měřena délka nejdelší větvičky nebo vrcholu přeživších lodyžek, aby se zjistilo, jak vitální a růstuschné jsou mladé výhonky. Výsledky měření korespondovaly s celkovou schopností dané části přežít, tj. nejdelší větvičky vyrůstaly u obou druhů na vrcholcích lodyžek, zatímco nejkratší na hnědých větvičkách (obr. 9). Vrcholové části lodyžek obou druhů pokračovaly většinou v růstu, zatímco větvičky častěji regenerovaly vytvořením nového růstového vrcholku. Středové části lodyžky také pochopitelně vytvořily nový růstový vrchol.



Obr. 9 Regenerace; délka nejdelší větvičky vyrůstající z přeživších lodyžek

4. Diskuze

4.1. Kompetice

Rašeliništní mechy jsou známé citlivou reakcí na změny v biotopu (Rybníček et al. 1984, Kooijman et al. 1994). Proto byly na pokusných plochách měřeny základní charakteristiky prostředí. Průměrné hodnoty chemismu na stanovištích s druhým mechem se neodchylují od hodnot udávaných pro místa s výskytem *Hamatocaulis vernicosus* (Hedenäs & Kooijman 1996, Štechová nepubl.), takže by se nemělo jednat o podmínky, kde druh již není schopen tolerovat.

V rámci tohoto experimentu byl měřen jak přírůstek suché hmotnosti biomasy, tak přírůstek délky lodyžek *Hamatocaulis vernicosus*. Jelikož narozdíl od experimentů prováděných Kooijmanovou a Bakkerem na *Calliergonella cuspidata*, *Scorpidium scorpioides*, *Sphagnum squarrosum* a *Sphagnum subnitens* (Kooijman & Bakker 1995) nekorelovala hmotnost biomasy s délkou lodyžky, byl přírůstek popisován pomocí hmotnosti biomasy, která jej charakterizuje lépe, neboť nezávisí tolik např. na světelných podmínkách nebo hladině vody.

Přírůstek biomasy na Zhůří byl v mikrostanovišti mezi *Sphagnum fallax* nižší než v kontrolních plochách. Lodyžky byly tenké, vytáhlé a méně větvené. To může být způsobeno jednak odlišnými podmínkami prostředí, jednak kompeticí s rašeliníkem. Růstová rychlost *Sphagnum fallax* byla očividně vyšší než rychlost růstu *Hamatocaulis vernicosus*. To by odpovídalo výsledkům Kooijman (1993a), která dělala podobný experiment s příbuzným druhem *Scorpidium scorpioides*. Zjistila, že *Scorpidium scorpioides* nebylo schopno vyvinout stejnou růstovou rychlost jako *Sphagnum squarrosum*, které jej přerůstalo.

Přírůstek biomasy na lokalitě Pihel byl v mikrostanovišti mezi *Calliergonella cuspidata* nepatrně vyšší než v kontrolních plochách a lodyžky vypadaly zdravě. Zdá se tedy, že podmínky nebyly pro *Hamatocaulis vernicosus* nepříznivé a *Calliergonella cuspidata* na jeho růst neměla negativní vliv. Okolní podmínky zřejmě nebyly dostatečně odlišné, aby limitovaly růst *Hamatocaulis vernicosus*. Jelikož oba mechy často rostou ve smíšených porostech, aniž by se výrazně vytěsňovaly, nelze *Calliergonella cuspidata* označit za druh, který by v příznivých podmínkách populaci *Hamatocaulis vernicosus* přímo ohrožoval. Při degradaci lokality ale *Calliergonella cuspidata* patrně *Hamatocaulis vernicosus* vytlačuje,

neboť změněné podmínky lépe toleruje. Pro přesnější pochopení vzájemných kompetičních vztahů těchto mechorostů by bylo třeba dalších pokusů. Například by bylo vhodné zjistit, jaké faktory prostředí ovlivňují růst druhu *Hamatocaulis vernicosus*, což by umožnilo přesněji odlišit ovlivnění konkurenčním druhem od ovlivnění vlhkostí, světlem, chemismem apod. Bohužel se nepodařilo realizovat obdobu tohoto pokusu v klimaboxu, kde by mohly být eliminovány některé okolní vlivy a zjištěna kompetice druhů v různých hladinách živin.

4.2. Regenerace

Regenerační schopnost „hnědých mechů“ je značně vysoká (Miller & Ambrose 1976, Poschlod & Schrag 1990, Mälson & Rydín 2007). Z výsledků pokusu je zřejmé, že *Calliergonella cuspidata* i *Hamatocaulis vernicosus* jsou schopny alespoň částečně zregenerovat z různých částí gametofytu (obr. 8). Tato schopnost se ale liší, neboť *Hamatocaulis vernicosus* zdaleka neregeneruje s takovou efektivitou jako *Calliergonella cuspidata*. Zvláště patrné je to u lístků. Bylo bohužel chybou v metodice, že nebyly odlišeny lístky z hnědé a zelené části a tudíž výsledek není porovnatelný s ostatními měřeními. Počet regenerujících zelených lístků by byl pravděpodobně výrazně vyšší, zatímco lístky z hnědé části by patrně téměř neregenerovaly. Jelikož v případě lístků nebyl dodržen design, protože nebyly pěstovány ve čtyřech opakováních po 15 kusech, nebyly statisticky vyhodnoceny společně s fragmenty lodyžky, pouze byl procentuelně vyjádřen počet zregenerovaných kusů.

Zatímco lístky *Hamatocaulis vernicosus* netvořily nový gametofyt vůbec, u *Calliergonella cuspidata* byl nový gametofyt nalezen ve 30% případech. Porovnáme-li tyto výsledky se zmiňovanou studií prováděnou v Německu na příbuzných druzích mechů (*Aulacomnium palustre*, *Calliergon giganteum*, *Campylium stellatum*, *Scorpidium revolvens*, *Scorpidium scorpioides* a *Straminergon stramineum*) (Poschlod & Schrag 1990), můžeme nalézt několik podobností. *Hamatocaulis vernicosus* regeneruje podobně jako druhy rodu *Scorpidium*, které jsou mu velmi blízce příbuzné (Hedenäs et al. 2005). Zajímavé ale je, že v případě lístků *Calliergonella cuspidata* vyrůstalo sekundární protonema a nový vrcholek z báze listu, zatímco v případě *Calliergon giganteum* a *Straminergon stramineum*, které jako jediné ve zmíněné studii z lístků regenerovaly, vyrůstala nová lodyžka z apikální části listku. Pro tento rozdíl se bohužel zatím nepodařilo najít žádné uspokojivé vysvětlení.

Další rozdíl je vidět u hnědě zbarvených částí lodyžky. *Calliergonella cuspidata* regeneruje nepatrně hůře (83 %) z hnědých větviček než z ostatních částí. Naproti tomu u

Hamatocaulis vernicosus nepřekročil počet regenerujících jedinců z hnědých lodyžek ani 30%. I to by odpovídalo výsledkům zmiňované německé studie, kdy příbuzné druhy slatinných mechů prokazovaly podobnou regenerační schopnost (Poschlod & Schrag 1990).

Vzhledem k tomu, že *Hamatocaulis vernicosus* tvoří sporofyty poměrně zřídka (Smith 1978, Štechová et al. in prep.) a je tedy povětšinou odkázán na vegetativní rozmnožování fragmenty stélky, může jeho nižší regenerační schopnost představovat kompetiční znevýhodnění při obsazování uvolněných míst, např. nově vzniklých gapů. Dalším znevýhodněním, které *Calliergonella cuspidata* má, je kromě častější tvorby sporofytů i zmíněná schopnost zregenerovat z lístků, které jsou malé, lehké a tudíž mohou překonat větší vzdálenosti například při silnějším větru. Miller & Ambrose (1976) zkoumali v severní Kanadě fragmenty mechorostů nalezené ve sněhu a zjistili, že i vítr může hrát v rozšiřování vegetativních částí nezanedbatelnou roli. V zimě může hnát drobné fragmenty lodyžek po sněhu, což umožňuje jejich šíření na větší vzdálenosti.

Díky značné efektivitě vegetativního stylu rozmnožování by snad bylo možné lépe chránit místa, kde díky narušení podmínek byl stav populace *Hamatocaulis vernicosus* snížen natolik, že hrozí jeho úplné vymizení z dané lokality. Uskutečnitelností podobných experimentů se zabývaly například práce Kooijman et al. (1994) nebo Mälson & Rydin (2007). I když je otázka tak velkého zasahování do obnovy lokalit značně diskutabilní a názory na vhodnost takového počínání se různí, lze o podobných aktivitách alespoň uvažovat. Bylo by možné představit si lokalitu, kde i přes snahy o rekultivaci zbývá tak malý porost ohroženého mechorostu, že jeho větší rozšíření je na lokalitě nepravděpodobné a spíše hrozí jeho vymizení vlivem kompetice a nedostatečně rychlé obnovy původních hydrologických a vegetačních podmínek. Pak by namnožení mechu v laboratorních podmínkách mohlo usnadnit jeho reintrodukcii na obnovující se lokalitu, aniž by docházelo k zanášení cizího genotypu.

V takovém případě by bylo vhodné vzít několik zelených lodyžek, nastříhat je na části cca 1cm velké a v Petriho miskách pěstovat několik měsíců na mokřím filtračním papíře. Poté rostlinky převést zpět na lokalitu a umístit na vhodné místo do mělkého gapu, aby nebyly zcela ponořené (Štechová & Kučera 2007). Problémem této metody by ale mohla být vysoká náchylnost kultury k plísňovým onemocněním, která byla při pěstování v klimaboxu několikrát pozorována.

5. Závěr

Kompetice

Hamatocaulis vernicosus je na slatiništích krátkodobě schopen růstu mezi *Calliergonella cuspidata* i *Sphagnum fallax*. Zatímco růst mezi *Calliergonella cuspidata* nevykazoval signifikantní změny oproti kontrole, mezi *Sphagnum fallax* se mu dařilo výrazně hůře a dlouhodobě by patrně nepřežil, neboť jej konkurenční druh přerůstal.

Regenerace

Hamatocaulis vernicosus je schopen zregenerovat z různých částí lodyžky, ale z hnědých jen velmi špatně a z lístků vůbec. Druh *Calliergonella cuspidata* regeneruje výrazně lépe, je schopen i regenerace z lístků. Právě tato vyšší regenerační úspěšnost může být jedním z důvodů, proč zvláště při narušení lokality představuje *Calliergonella cuspidata* pro *Hamatocaulis vernicosus* silného kompetitora.

Vegetativní rozmnožování by šlo využít při obnově složení mechového patra v případě obnovení lokality (namnožit v laboratoři a přinést zpět).



Obr. 10 Regenerační pokus; růst fragmentů lodyžky *Calliergonella cuspidata* na Petriho misce

6. Literatura

- Bates J.F. & Farmer A.M. (1992): Bryophytes and lichens in a changing environment. Clarendon Press, Oxford. [non vidi]
- Bergamini A. & Peintinger M. (2002): Effects of light and nitrogen on morphological plasticity of the moss *Calliergonella cuspidata*. *Oikos* 96: 355–363.
- Booth R.K., Hotchkiss S.C. & Wilcox D.A. (2005): Discoloration of polyvinyl chloride (PVC) tape as a proxy for water-table depth in peatlands: validation and assessment of seasonal variability. *Functional Ecology* 19: 1040–1047.
- Bragazza L. & Gerdol R. (1999): Ecological gradients in some *Sphagnum* mires in the south-eastern Alps (Italy). *Applied Vegetation Science* 2: 55–60.
- Clymo R.S. (1964): The origin of acidity in *Sphagnum* bogs. *The Bryologist* 64: 427–431.
- Daniels R.E. & Eddy A. (1990): Handbook of European *Sphagna*. HMSO, London.
- Dierssen K. (2001): Distribution, ecological amplitude and phytosociological characterization of European bryophytes. *Bryophytorum Bibliotheca* 56: 1–289.
- During H.J. (1979): Life strategies of bryophytes: a preliminary review. *Lindbergia* 5: 2–18.
- Glime J.M., Wetzel R.G. & Kennedy B.J. (1982): The effects of bryophytes on succession from alkaline marsh to *Sphagnum* bog. *American Midland Naturalist*. 108: 209–223.
- Glime J.M. (2007): Bryophyte Ecology. Volume 1. Physiological Ecology. Ebook sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. accessed on 15. 3. 2008 at <<http://www.bryoecol.mtu.edu/>>.
- Gunnarsson U., Malmer N. & Rydin H. (2002): Dynamics or constancy in *Sphagnum* dominated mire ecosystems? A 40- year study. *Ecography* 25: 685–704.
- Hájek M. & Hájková P. (2007): Hlavní typy rašelinišť ve střední Evropě z botanického hlediska. *Zprávy ČBS* 22: 19–28.
- Hájek M., Horsák M., Hájková P. & Dítě D. (2006): Habitat diversity of central European fens in relation to environmental gradients and an effort to standardise fen terminology in ecological studies. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 8: 97–114.
- van Haesebroeck V., Boeye D., Verhagen B. & Verheyen R.F. (1997): Experimental investigation of drought induced acidification in a rich fen soil. *Biogeochemistry* 37: 15–32.
- Hedenäs L. (1989): *Drepanocladus vernicosus* in the Dominican Republic. *The Bryologist* 92: 128-129.

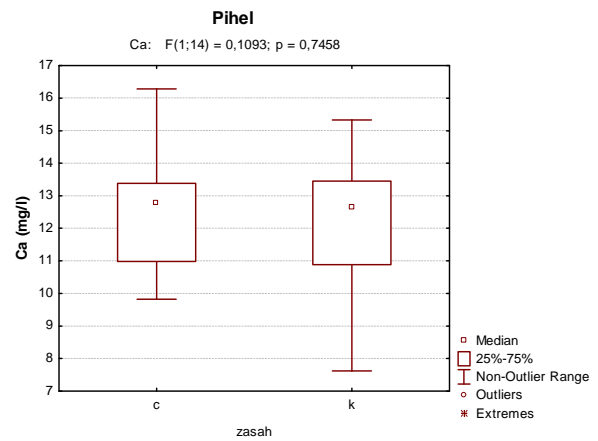
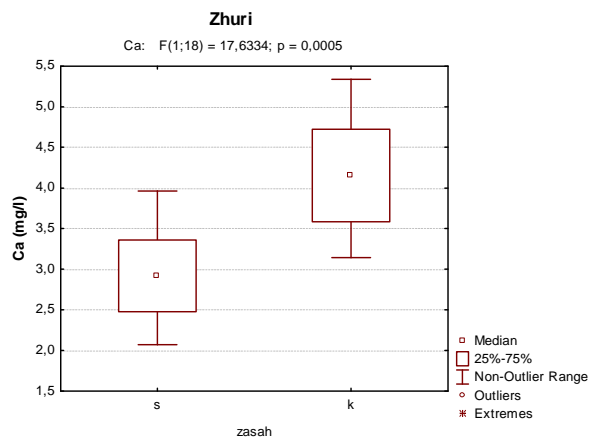
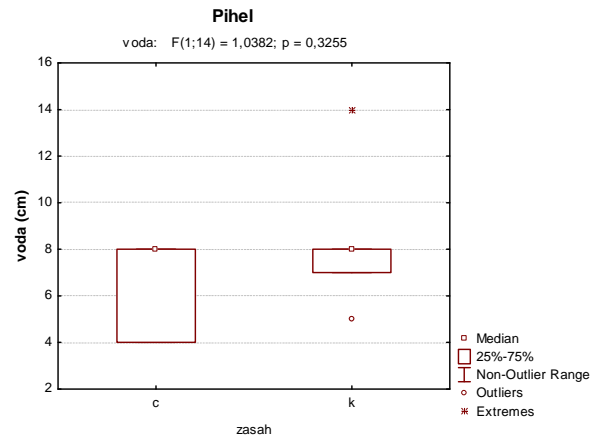
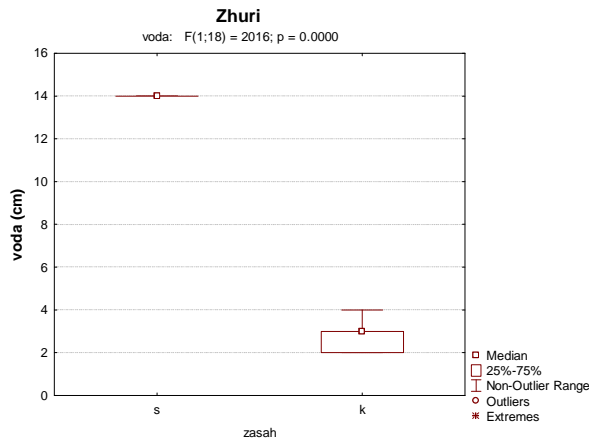
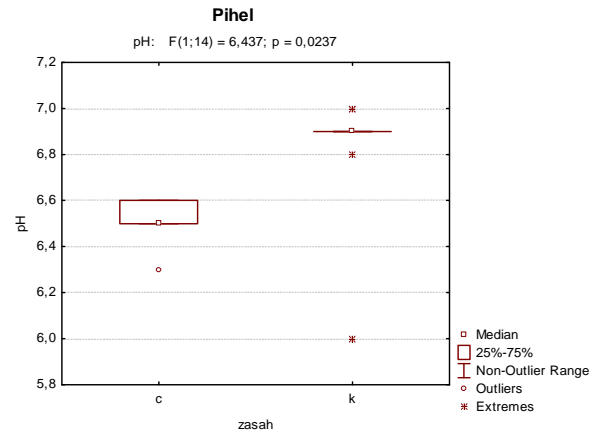
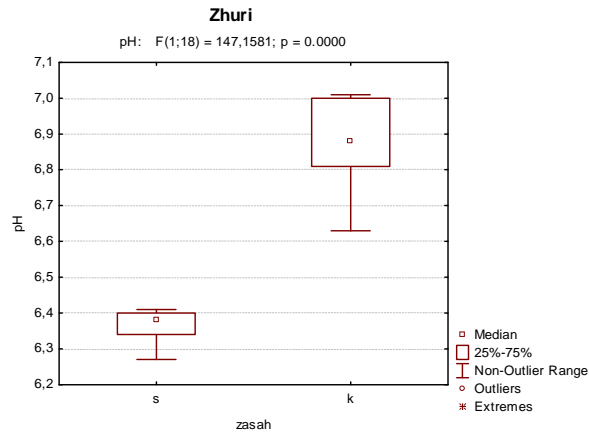
- Hedenäs L. (2003): The European species of the *Calliergon–Scorpidium–Drepanocladus* complex, including some related or similar species. *Meylania* 28: 1–117.
- Hedenäs L., Bisang I. & Schnyder N. (2003): The distribution of bryophytes in Switzerland and Liechtenstein IV. *Hamatocaulis* and *Pseudocalliergon*. *Botanica Helvetica* 113: 111–123.
- Hedenäs L. & Kooijman A.M. (1996): Phylogeny and habitat adaptations within a monophyletic group of wetland moss genera (*Amblystegiaceae*). *Plant Systematics and Evolution* 199: 33–52.
- Hedenäs L., Oliván G. & Eldenäs P. (2005): Phylogeny of the *Calliergonaceae* (Bryophyta) based on molecular and morphological data. *Plant Systematics and Evolution* 252: 49–61.
- Heras P. & Infante M. (2000): On the presence of *Hamatocaulis vernicosus* (Mitt.) Hedenäs (*Amblystegiaceae*) in Spain. *Journal of Bryology* 22: 297–298.
- Church J.M., Hodgetts N.G., Preston C.D. & Stewart N.F. (2001): British Red Data Books Mosses and Liverworts. Joint Nature Conservation Committee. Peterborough.
- Janssens J.A. (1983): Past and extant distribution of *Drepanocladus* in North America with notes on the differentiation of fossil fragments. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory* 54: 251–298.
- Kooijman A.M. (1992): The decrease of rich fen bryophytes in the Netherlands. *Biological Conservation* 35: 139–143.
- Kooijman A.M. (1993a): On the ecological amplitude of four mire bryophytes: a reciprocal transplant experiment. *Lindbergia* 18: 19–24.
- Kooijman A.M. (1993b). Causes of the replacement of *Scorpidium scorpioides* by *Calliergonella cuspidata* in eutrophicated rich fens. 2. Experimental studies. *Lindbergia* 18: 123–130.
- Kooijman A.M. & Bakker C. (1994): The acidification capacity of wetland bryophytes as influenced by clean and polluted rain. *Aquatic Botany* 48: 133–144.
- Kooijman A.M. & Bakker C. (1995): Species replacement in the bryophyte layer in mires: the role of water type, nutrient supply and interspecific interactions. *Journal of Ecology* 83: 1–8.
- Kooijman A.M., Beltman B. & Westhoff V. (1994): Extinction and reintroduction of the bryophyte *Scorpidium scorpioides* in a rich-fen spring site in the Netherlands. *Biological Conservation* 69: 87–96.
- Kooijman A.M. & Paulissen M.P.C.P. (2006): Higher acidification rates in fens with phosphorus enrichment. *Applied Vegetation Science* 9: 205–212.

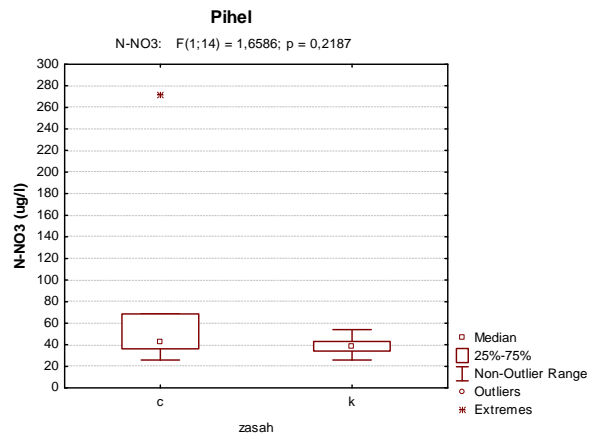
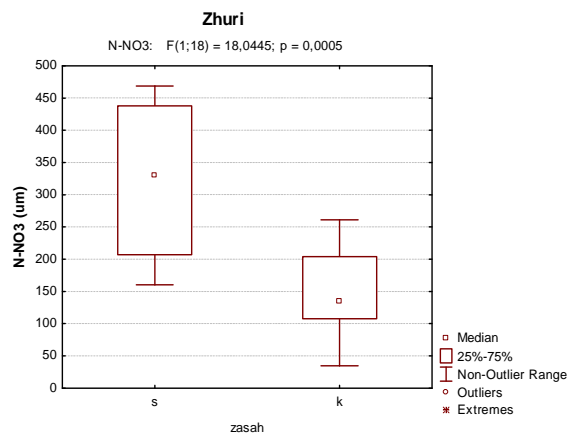
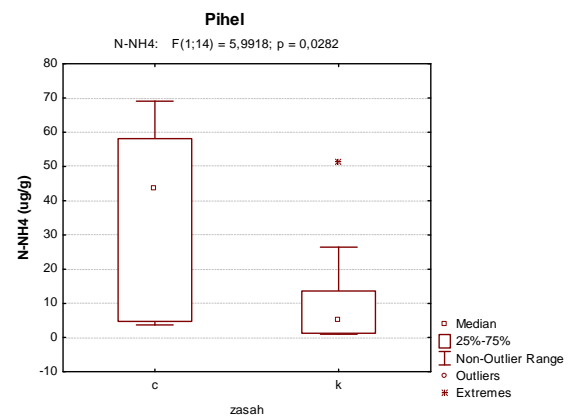
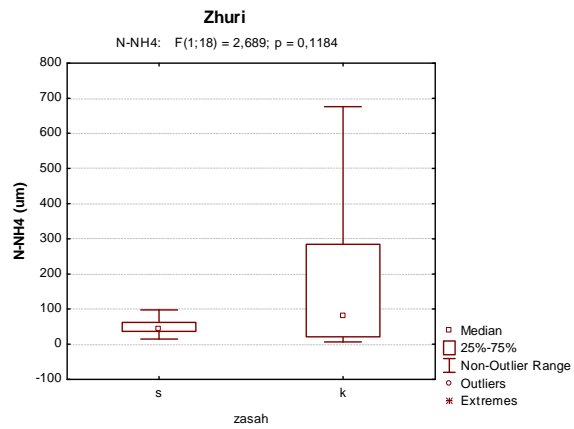
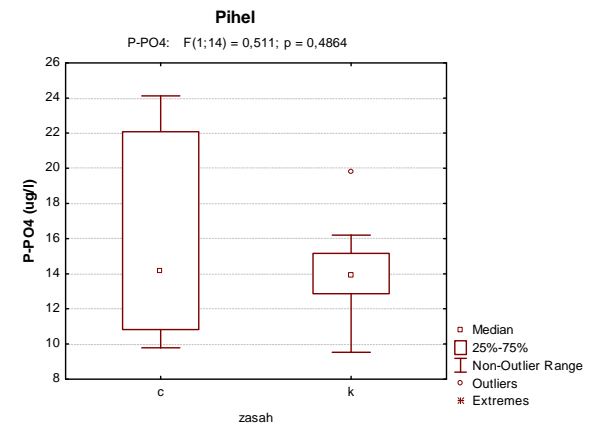
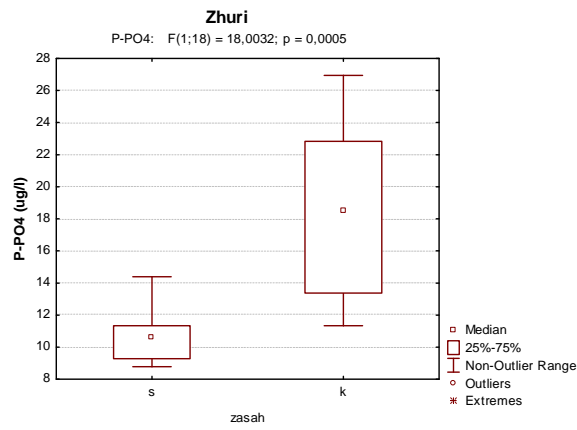
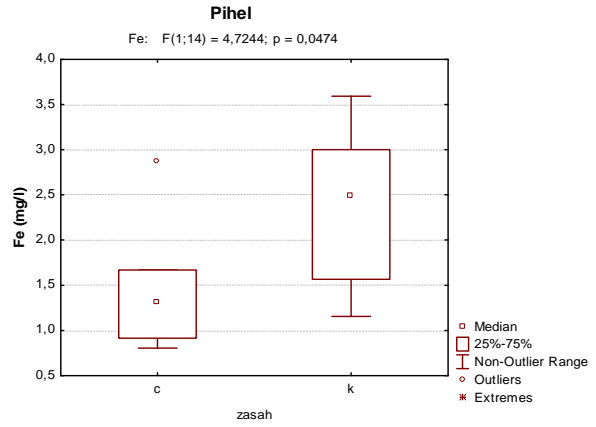
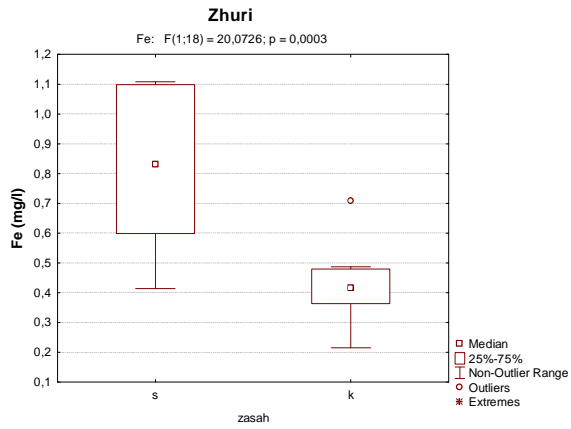
- Kooijman A.M. & Whilde J. (1993a): Variation in growth rates between populations of *Scorpidium scorpioides* with different habitats. *Journal of Bryology* 17: 567–577.
- Kubát K., Hrouda L., Chrtěk J. jun., Kaplan Z., Kirschner J. & Štěpánek J. (eds), Klíč ke květeně České republiky [Key to the flora of the Czech Republic]. Academia, Praha.
- Kučera J. & Váňa J. (2003): Check- and Red List of bryophytes of the Czech Republic. *Preslia*. 75: 193–222.
- Mälson K. & Rydin, H. (2007): The regeneration capabilities of bryophytes for rich fen restoration. *Biological Conservation* 135: 435–442.
- Miller N.G. & Ambrose L.J.H. (1976): Growth in Culture of Wind-Blown Bryophyte Gametophyte Fragments from Arctic Canada. *The Bryologist* 79: 55–63.
- Navrátilová J. & Hájek M. (2005): Recording relative water table depth using PVC tape discolouration: Advantages and constraints in fens. *Applied Vegetation Science* 8: 21–26.
- Paulissen M.P.C.P., van der Ven P.J.M., Dees A.J. & Bobbink R. (2004): Differential effects of nitrate and ammonium on three fen bryophyte species in relation to pollutant nitrogen input. *New Phytologist* 164: 451–458.
- Poschlod P.U. & Schrag H. (1990): Regeneration vegetativer Teilchen von “Braunmoosen”. *Telma* 20: 291–301.
- Proctor M.C.F. (1982): Physiological Ecology: Water Relations, Light and Temperature responses, Carbon balance. – In: Smith A. J. E. [ed.], *Bryophyte Ecology*. 333–381, Chapman & Hall, London.
- Rocheftort L. (2000): *Sphagnum* - a keystone genus in habitat restoration. *The Bryologist* 103: 503–508
- Rybníček K., Balátová-Tuláčková E. & Neuhäsl R. (1984): Přehled rostlinných společenstev rašelinišť a mokřadních luk Československa. *Studie Československé Akademie Věd* 8: 1–123.
- Skalický V. (1988): Regionálně fytogeografické členění. In: Hejný S. & Slavík B. (eds), *Květena ČR*, vol. 1., Academia, Praha. pp. 103–121.
- Smith A.J.E. (1978): *The Moss Flora of Britain and Ireland*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Söderström L. & During H.J. (2005): Bryophyte rarity viewed from the perspectives of life history strategy and metapopulation dynamics. *Journal of Bryology* 27: 261–268
- Štechová T. & Kučera J. (2007): The requirements of the rare moss, *Hamatocaulis vernicosus* (*Calliergonaceae*, Musci), in the Czech Republic in relation to vegetation, water chemistry and management. *Biological Conservation* 135: 443–449.

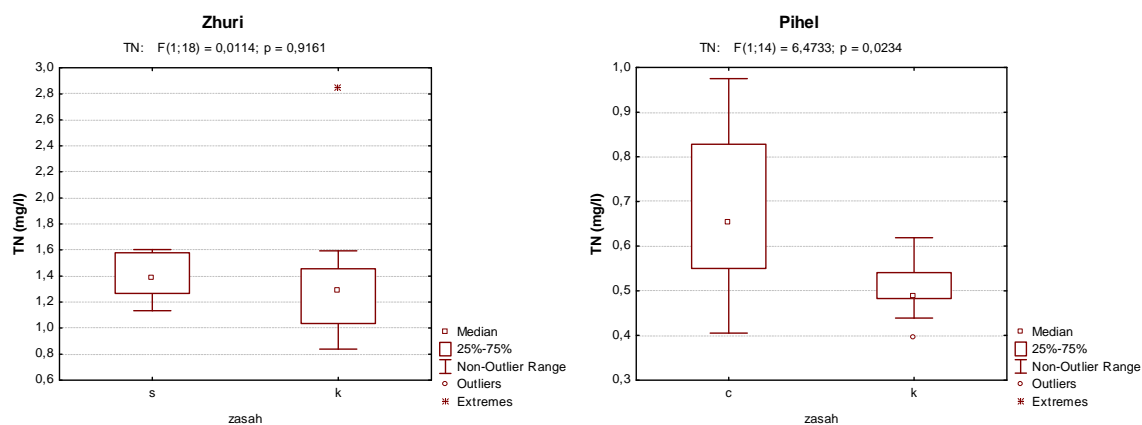
- Štechová T. & Štech M. (2007): Ohrožené mechorostry rašelinišť České republiky. Zprávy České botanické společnosti 22: 113–117.
- Štechová T., Hájek M., Hájková P. & Navrátilová J. (in prep.): Comparison of habitat requirements of mosses *Hamatocaulis vernicosus*, *Scorpidium cossonii* and *Warnstorfia exannulata* in different parts of Central Europe and Bulgarian mountains (SE Europe)
- Tan B.C. & Pócs T. (2000): Biogeography and conservation of bryophytes. In: Shaw A.J. & Goffinet B. (eds.), Bryophyte biology. Cambridge University Press, Cambridge. pp 403–448.
- Vitt D.H. (2000): Peatlands: ecosystems dominated by bryophytes. In: Shaw A.J. et Goffinet B. (eds.), Bryophyte Biology. Cambridge Univ. Press. pp. 312–343.
- Warner B.G. & Rubec C.D.A. (1997): The Canadian Wetland Classification System. Wetlands Research Centre, University of Waterloo, Waterloo, Ontario.
- Weber C.A. (1902): Über die Vegetation und Entstehung des Hochmoors von Augstmal im Memeldelta mit vergleichenden Ausblicken auf andere Hochmoore der Erde; eine formationsbiologisch-historische und geologische Studie. Parey, Berlin. [non vidi]
- Wyatt R. (1985): Terminology for Bryophyte Sexuality: Toward a Unified System. Taxon 34: 420–425.
- Wynne F.E. (1944): Studies in *Drepanocladus*. II Phytogeography. American Midland Naturalist 32: 643–668.
- Zoltai S.C. & Vitt D.H. (1995): Canadian wetlands: environmental gradients and classification. Vegetatio 118: 131–137.

7. Přílohy

Příloha 1 – Grafy hodnot charakteristik prostředí na lokalitách







Příloha 2 – Charakteristiky prostředí na lokalitách

Charakteristiky prostředí v pokusných a kontrolních (k) čtvercích na lokalitách. Chybějící čísla patří čtvercům, které se na konci pokusu nepodařilo dohledat (viz výsledky, str. 13)

Zhuri	Fe	Ca ²⁺	N-NH ₄ ⁻	N-NO ₃ ⁻	P-PO ₄ ³⁻	TN	pH	voda
jednotka	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l		cm
1	0,690	3,36	42,314	468,751	11,071	1,604	6,4	14
2	1,11	3,96	48,752	444,891	10,815	1,579	6,29	14
3	0,905	3,31	36,867	291,363	8,767	1,293	6,4	14
4	0,599	2,69	31,914	206,783	12,351	1,267	6,41	14
5	0,593	2,48	49,247	437,815	14,399	1,479	6,41	14
6	1,10	2,61	14,582	362,779	9,279	1,331	6,39	14
7	1,11	3,59	75,989	378,247	10,047	1,444	6,27	14
8	0,414	2,15	36,371	294,49	8,767	1,134	6,37	14
9	0,755	2,07	97,283	160,05	11,327	1,580	6,34	14
10	1,10	3,17	62,123	195,1	10,303	1,198	6,35	14
1k	0,401	4,23	79,455	39,269	13,375	1,456	6,9	2
2k	0,215	4,09	323,102	34,826	13,631	1,421	6,9	2
3k	0,287	5,34	84,407	261,085	13,119	1,164	7,01	2
4k	0,487	4,72	28,943	112,988	20,542	0,859	7	2
5k	0,480	5,05	283,98	107,393	22,846	1,593	6,63	4
6k	0,407	3,87	676,191	225,707	26,942	2,847	6,75	4
7k	0,709	3,59	21,02	203,821	11,327	0,840	6,82	3
8k	0,456	3,49	87,379	121,216	21,31	1,037	7	3
9k	0,426	4,47	14,087	177,822	16,446	1,452	6,81	3
10k	0,363	3,14	6,685	148,531	23,358	1,035	6,86	3

Pihel	Fe	Ca ²⁺	N-NH ₄ ⁻	N-NO ₃ ⁻	P-PO ₄ ³⁻	TN	pH	voda
jednotka	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l		cm
1	1,67	13,4	58,161	46,838	22,078	0,828	6,6	8
2	0,913	16,3	69,056	25,775	13,375	0,405	6,5	8
3	0,805	9,82	42,314	68,394	15,167	0,663	6,5	8
5	1,32	11,0	3,687	42,724	9,791	0,654	6,6	8
7	1,39	13,1	4,678	42,066	24,126	0,550	6,5	6
9	2,87	11,4	43,8	271,946	14,143	0,975	6,5	4
10	1,23	12,8	46,276	36,142	10,815	0,617	6,3	4
2k	3,59	7,63	1,706	45,028	14,399	0,483	6,8	14
3k	1,47	14,8	1,211	38,117	12,863	0,489	7	5
4k	1,16	13,4	1,023	43,053	13,887	0,484	7	5
5k	3,00	13,3	1,004	25,775	19,774	0,395	6,9	7
6k	3,38	8,42	51,228	35,155	12,607	0,619	6	7
7k	1,57	12,6	12,601	34,167	16,19	0,439	6,9	8
8k	2,51	12,6	26,467	42,889	9,535	0,541	6,9	8
9k	2,48	15,3	13,591	54,078	12,863	0,516	6,9	8
10k	1,85	10,9	5,173	32,522	15,167	0,555	6,9	8

Příloha 3 – Charakteristika lodyžek

Průměrná biomasa, přírůstek a počet větviček v pokusných a kontrolních (k) čtvercích na lokalitách. Chybějící čísla patří čtvercům, které se na konci pokusu nepodařilo dohledat (viz výsledky, str. 13)

Pihel	Pr. biomasa (g)	Pr. prirustek (cm)	Pr. vetvicek (ks)
1	0,004	4,8	18
2	0,0054	3,58	18,6
3	0,008	5,5	19
5	0,0075	4,675	19,5
7	0,004	1,95	17
9	0,005667	4,3	23,66667
10	0,0065	4,425	25
2k	0,00875	4,6	23
3k	0,00375	2,75	13,75
4k	0,0065	4,75	20,5
5k	0,00275	1,475	10,75
6k	0,0046	2,78	14,4
7k	0,0025	4,45	11
8k	0,002	2,375	10,25
9k	0,00325	2,675	12,25
10k	0,005	3,9	14

Zhuri	Pr. biomasa (g)	Pr. prirustek (cm)	Pr. vetvicek (ks)
1	0,0025	2,65	4,8
2	0,003	3,725	7
3	0,00325	4,5	10,25
4	0,00375	4,375	10
5	0,0034	6	8
6	0,0048	4,72	11,6
7	0,0055	3,35	14,5
8	0,004	4,975	11
9	0,0028	3,62	5,6
10	0,003	3,74	7,2
1k	0,009	3,25	11,25
2k	0,005	2,78	10,6
3k	0,0054	2,8	13,8
4k	0,004	1,666667	6
5k	0,005333	1,7	7,5
6k	0,0042	3,02	11,4
7k	0,00525	2,725	14,5
8k	0,0062	3,1	11,2
9k	0,005333	3,8	15,25
10k	0,0044	2,86	14

Příloha 4 – Regenerace

Tab. A Počet zregenerovaných fragmentů lodyžek (vyjádřeno v procentech)

druh	část	miska č. 1 (%)	miska č. 2 (%)	miska č. 3 (%)	miska č. 4 (%)
<i>Calliergonella cuspidata</i>	sh	100	100	100	100
<i>Calliergonella cuspidata</i>	sz	100	100	100	100
<i>Calliergonella cuspidata</i>	vh	100	86,66667	86,66667	86,66667
<i>Calliergonella cuspidata</i>	vz	100	100	100	100
<i>Calliergonella cuspidata</i>	vl	100	100	100	100
<i>Hamatocaulis vernicosus</i>	sh	13,33333	26,66667	33,33333	33,33333
<i>Hamatocaulis vernicosus</i>	sz	100	100	100	100
<i>Hamatocaulis vernicosus</i>	vh	6,666667	6,666667	6,666667	0
<i>Hamatocaulis vernicosus</i>	vz	93,33333	86,66667	86,66667	100
<i>Hamatocaulis vernicosus</i>	vl	100	100	100	100

Tab. B Délka přeživších fragmentů (cm)

část	<i>Calliergonella cuspidata</i>	<i>Hamatocaulis vernicosus</i>
s h	2,11	1,13875
s z	3,091667	2,091667
v h	0,679744	0,375
v z	1,916667	1,276209
v l	3,605	5,326667
l	0,2	

Tab. C Vzájemná odlišnost jednotlivých částí lodyžek; Tukey HSD test. Tučně vyznačené hodnoty jsou signifikantně odlišné ($p < 0,05$).

Tukey HSD	druh	cc	cc	cc	cc	cc	hv	hv	hv	hv	hv
druh	část	sh	sz	vh	vz	s	sh	sz	vh	vz	s
cc	sh		1,000	0,011	1,000	1,000	0,000	1,000	0,000	0,029	1,000
cc	sz	1,000		0,011	1,000	1,000	0,000	1,000	0,000	0,029	1,000
cc	vh	0,011	0,011		0,011	0,011	0,000	0,011	0,000	1,000	0,011
cc	vz	1,000	1,000	0,011		1,000	0,000	1,000	0,000	0,029	1,000
cc	s	1,000	1,000	0,011	1,000		0,000	1,000	0,000	0,029	1,000
hv	sh	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,001	0,000	0,000
hv	sz	1,000	1,000	0,011	1,000	1,000	0,000		0,000	0,029	1,000
hv	vh	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000		0,000	0,000
hv	vz	0,029	0,029	1,000	0,029	0,029	0,000	0,029	0,000		0,029
hv	s	1,000	1,000	0,011	1,000	1,000	0,000	1,000	0,000	0,029	