

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta

Katedra Biologických disciplín

Studovaný program: Zemědělství B4131

Studijní obor: Agroekologie

**Vliv minerálního hnojení
na primární produkci travinného mokřadního porostu**

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce:

Doc. RNDr. Hana Čížková, CSc.

Autor

Kateřina Lazárková

České Budějovice

Duben 2010

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Vliv minerálního hnojení na primární produkci travinného mokřadního porostu“ vypracovala samostatně na základě vlastního vyhodnocení dat a s použitím citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47 b) zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě, fakultou v elektronické podobě ve veřejně přístupné části databáze STAG, provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích.

V Českých Budějovicích dne 16 dubna 2010

Podpis

Poděkování:

Chtěla bych poděkovat vedoucí mé bakalářské práce Doc. RNDr. Haně Čížkové, CSc. za odborné rady, za čas strávený při konzultacích a za zapůjčení literatury. Dále bych chtěla poděkovat všem, kteří mi pomáhali při odběru, třídění a následném zpracování vzorků. A v neposlední řadě mé rodině, která mi pomáhá při studiu.

Anotace

Bakalářská práce je součástí projektu GA ČR 526/09/1546 (“ Význam nově asimilovaného uhlíku pro interakce rostlin s půdou v mokřadních travinných ekosystémech v proměnlivých podmínkách vnějšího prostředí“). Cílem práce je stanovit nadzemní produkci travinného mokřadního porostu Přírodní rezervace Záběhalské louky u Třeboně a posoudit, zda hnojení v předchozích letech má vliv na jeho druhové složení a produkci. Nadzemní biomasu jsem stanovila v červnu 2009 destruktivní metodou. Celkově se odebralo ze 12 ploch 24 vzorků (výnos + strniště). Odebíraly se vzorky z plošek o rozměrech 0,5 x 0,5 m. Získané hodnoty biomasy byly převedeny na plochu 1 m².

Vliv hnojení byl studován na plochách, na něž v letech 2006 až 2008 byly aplikovány různé dávky minerálních hnojiv: 300 kg NPK . ha⁻² (varianta HI), 65 kg NPK . ha⁻² (varianta LOW) a plocha nehnojená (varianta NO). Celková nadzemní biomasa činila 723,05 g.m⁻² u varianty HI, 711,12 g.m⁻² u varianty LOW a 712,72 g.m⁻² u varianty NO. Dlouhodobé hnojení potlačilo produkci mechů.

Klíčová slova:

Mokřad

Nadzemní biomasa

Třeboňsko

Výnos a strniště

Annotation

This thesis is part of the project GA CR No 526/09/1546 (“Importance of newly assimilated carbon to the interaction of plants with soil in grassland and wetland ecosystems in varying environmental conditions”). The goal is to establish aboveground crop production of the Wetland Nature Reserve Zábłatské meadows near Třeboň and determine whether fertilization in previous years has an influence on species composition and production. Aboveground biomass was established in June 2009 by the destructive method. Overall, 24 samples (yield + stubble) were collected from 12 sites. The samples were taken from plots of 0.5 x 0.5 m. The biomass values were expressed per an area of 1 m².

Effect of fertilization was studied in areas subjected to different doses of fertilizer from 2006-2008: 300 kg NPK. ha⁻² (HI treatment), 65 kg NPK. ha⁻² (LOW treatment) and unfertilized (NO treatment). Total aboveground biomass was 723,05 g.m⁻² in the HI treatment, 711,12 g.m⁻² variants in the LOW treatment and 712,72 g.m⁻² in the NO treatment. Long-term fertilization suppressed the production of mosses.

Keywords:

Wetland

Aboveground biomass

Třeboňsko

Yield and stubble

Obsah

1 ÚVOD	1
1.1 Cíle práce	2
2 LITERÁRNÍ REŠERŠE	3
2.1 Definice mokřadů.....	3
2.2 Typy mokřadů	4
2.3 Klasifikace mokřadu mezinárodního významu v ČR	4
2.4 Funkce mokřadů.....	5
2.5 Hydrologický režim mokřadů	5
2.5.1 Klimatizační efekt mokřadů.....	6
2.5.2 Vliv vysušení mokřadů	7
2.6 Vlastnosti mokřadní půdy	7
2.6.1 Obsah a výměna plynů v půdě	7
2.6.2 Půdní mikroorganismy a produkty jejich metabolismu	9
2.6.3 Hromadění organické hmoty v půdě	10
2.6.4 Formy hlavních živin v půdě	11
2.6.5 Kationtová výměnná kapacita	12
2.7 Vlastnosti mokřadní vegetace	13
2.8 Primární produkce rostlin.....	14
2.8.1 Vliv dostupnosti minerálních živin na primární produkci	15
2.9 Vliv kosení, hnojení a eutrofizace mokřadů na druhové složení vegetace ..	17
2.9.1 Vliv kosení	17
2.9.2 Vliv hnojení.....	18
2.9.3 Eutrofizace mokřadů	18
2.10 Charakteristika dominantních rostlinných druhů.....	19
3 POPIS SLEDOVANÉ LOKALITY	21
3.1 Třeboňsko.....	21
3.2 Záblatské louky	22
3.3 Poměry geologické.....	23

4 METODIKA	26
4.1 Principy použité metodiky (produkční ekologie).....	26
4.2 Definice základních termínů	26
4.3 Uspořádání pokusu.....	27
4.4 Metoda odběru nadzemní biomasy a zpracování vzorků.....	27
5 VÝSLEDKY	28
5.2.1 Výnos	28
5.2.2 Strniště	29
5.2.3 Celková produkce nadzemní biomasy	30
5.2.4 Opad	30
6 DISKUSE	31
6.1 Možnosti interpretace získaných dat	31
6.2 Porovnání zjištěných údajů s ostatními autory v rámci prováděného výzkumu	32
6.3 Porovnání výsledků s údaji jiných údajů autorů v literatuře.....	34
7 ZÁVĚR	35
8 SEZNAM LITERATURY	36
9 PŘÍLOHY	41

1 Úvod

Přestože jsou mokřady nenahraditelné, stále se řadí k nejvíce ohroženým ekosystémům vůbec a jejich počet ubývá. Jsou často narušovány různými činnostmi člověka např. odvodňováním, kultivací půdy pro intenzivní zemědělské využití, znečišťováním z různých zdrojů, aj. (Kender, 2000). Teprve až později se mokřadům a především vzácným rostlinám zde vyskytujícím, začala věnovat zvýšená pozornost (Williams, 1990). Dnes je již známo, že mokřady mají řadu důležitých funkcí, jako jsou např. stanoviště pro řadu významných živočichů, retenční schopnost, představují přirozenou zásobárnu vody, ovlivňují příznivě klima aj. Pro svou nenahraditelnost byly mokřady zařazeny mezi první skupinu biotopů, které se dostalo mezinárodní ochrany Ramsarskou úmluvou.

Na sledované lokalitě Záblatské Louky na Třeboňsku probíhá již několik let vědecký výzkum popisující vazby mezi biotopem a organismy v podmínkách simulujících eutrofizaci tohoto biotopu. Předkládaná bakalářská práce je součástí projektu GA ČR 526/09/1546 (“Význam nově asimilovaného uhlíku pro interakce rostlin s půdou v mokřadních travinných ekosystémech v proměnlivých podmínkách vnějšího prostředí”). Tento projekt je řešen Katedrou biologie ekosystémů Biologické fakulty Jihočeské univerzity ve spolupráci s Katedrou biologických disciplín Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity.

Bakalářská práce navazuje na bakalářskou práci Hovorkové (2007), Kuncové (2007) a zejména Slámy (2010), který podobným způsobem hodnotil nadzemní biomasu Hamerských luk. Se Slámou jsme společně odebrali a zpracovali vzorky nadzemní biomasy na obou lokalitách. Následné vyhodnocení dat z lokality Záblatské louky je výsledkem mé vlastní práce.

1.1 Cíle práce

Rámcovým cílem mé práce je zhodnocení vlivu minerálního hnojení na primární produkci mokřadů, tzn. produkci nadzemní biomasy. Hypotézou pro tuto práci je předpoklad zvýšení produkce nadzemní biomasy mokřadního ekosystému vlivem minerálního hnojení.

Cíle bakalářské práce:

- 1) Zpracovat literární přehled o vlastnostech mokřadů, o způsobu obhospodařování travinných mokřadů a dále o vlivu jejich obhospodařování na produkci a složení
- 2) Stanovit nadzemní biomasu na studované lokalitě metodou destruktivních odběrů v červnu 2009
- 3) Porovnat vlastní výsledky s výsledky podobných prací v rámci prováděného výzkumu a s údaji jiných autorů v literatuře

2 Literární rešerše

2.1 Definice mokřadů

Podle Mitsche a Gosselinka (2000) se slovo mokřad začalo používat v 70. letech 20. století jako ekvivalent anglického slova „wetland“. Mokřady tvoří přechodovou zónu mezi suchozemským a vodním ekosystémem.

Cowardin et al. (1979) vypracoval pro U. S. Fish and Wildlife Service definici mokřadu jako “Přechod mezi terestrickým a akvatickým prostředím, kde je vodní sloupec v úrovni povrchu země, anebo může být povrch překryt malou vrstvou vody“.

Podle Keddyho (2000) je mokřad definován jako “Ekosystém, který vzniká, když v důsledku zaplavení vodou v půdě převáží anaerobní procesy, což vyvolá vznik adaptací živých organismů (rostlin) na zaplavení“. Z této definice vyplývá, že mokřady mají silně podmáčené půdy. Důsledkem specifických půdních vlastností se v mokřadech vyskytují společenstva živočichů a rostlin, která se nikde jinde neobjevují.

Dle Mezinárodního biologického programu (IBP) je mokřad definován jako “Území dominované specifickými druhy rostlin (makrofyty), jejichž produkce se odehrává převážně v atmosféře nad vodní hladinou, a přitom jsou tyto rostliny zásobeny takovým množstvím vody, které by bylo nadbytečné pro většinu ostatních druhů vyšších rostlin s prýty ve vzdušném prostředí“ (Westlake et al., 1998)

Existuje více definic mokřadů, které se od sebe v jistých detailech liší. Všechny funkční definice mokřadu by však měly mít stejný základ a obsahovat tyto hlavní tři komponenty:

- 1) Mokřady se od ostatních ekosystémů liší přítomností vody v půdě (někdy je vodní sloupec i nad povrchem půdy).
- 2) V důsledku zaplavení mají mokřady charakteristické půdy, které se liší od ostatních suchozemských a převládají anaerobní podmínky.
- 3) Na mokřadech roste specifická vegetace adaptovaná na hydrogeologické a půdní podmínky zaplavení, tzv. hydrofyta (Chytil a kol., 1999).

Podle Ramsarské konvence (č. 396/1990 Sb.) článek 1, je mokřad definován jako “*území s močály, slatinami, rašeliništi a vodami přirozenými nebo umělými, trvalými nebo dočasnými, stojatými i tekoucími, sladkými, brakickými nebo slanými, včetně území s mořskou vodou, jejichž hloubka při odlivu nepřesahuje 6 metrů*“ (www.env.cz, 6. 10. 09).

2.2 Typy mokřadů

Podle Jeníka (1983) jsou k mokřadům na Třeboňsku řazeny: mělké stojaté vody (ramena řek, rybníky, menší jezera, vysychavé louže), slatiniště, rašeliniště, vrbiny, olšiny, rákosiny, vodní toky (potoky, řeky, stoky) a zaplavované lužní lesy a louky.

V Evropě se mokřady dělí na dva typy: přirozené a antropogenní. Přirozeně vzniklé mokřady zahrnují říční aluvia, řeky a jezera, dále slatiniště a slaniska, horská vrchoviště, nížinná i přechodová rašeliniště a původní ramena řek. Mezi antropogenně vzniklé mokřady se řadí mělké přehradní nádrže, rybníky, zatopené lomy a pískovny, upravené toky, šterkopísky a kanály. Do mokřadů se obvykle nezahrnují provozní součásti závodů, např. odkaliště, čistírny, biologické rybníky či různé odpadové jímky (Kubů, 1978).

2.3 Klasifikace mokřadu mezinárodního významu v ČR

Ramsarská úmluva je první celosvětová mezivládní úmluva na ochranu přírodních zdrojů a jako jediná úmluva chrání určitý typ biotopu. Mezi povinnosti účastnických států Ramsarské úmluvy patří vybrat na svém území alespoň jeden mokřad, který svými přírodními podmínkami odpovídá schváleným kritériím a zařadit ho do seznamu ochrany mezinárodního významu. Účastnický stát se tím zavazuje, že daný mokřad dostane patřičnou ochranu a zvýšenou péči. V roce 1993 byl oficiálně ustaven Český ramsarský výbor, který je poradním orgánem MŽP. ČR zařadila do seznamu Ramsarské úmluvy celkem 12 lokalit (Chytil a kol., 1999).

RS 1 Šumavské rašeliniště- 3371 ha, zapsání do seznamu v roce 1990

RS 2 Třeboňské rybníky- 10 165 ha, zapsání do seznamu v roce 1990

RS 3 Břehyně a Novozámecký rybník- 923 ha, zapsání do seznamu v roce 1990

RS 4 Lednické rybníky- 665 ha, zapsání do seznamu v roce 1990

RS 5 Litovelské Pomoraví- 5 122 ha, zapsání do seznamu v roce 1990

RS 6 Poodří- 5 450 ha, zapsání do seznamu v roce 1993

RS 7 Krkonoška rašeliniště- 230 ha, zapsání do seznamu v roce 1993

RS 8 Třeboňské rašeliniště- 1100 ha, zapsání do seznamu v roce 1993

RS 9 Mokřady Dolního Podyjí- 11 500 ha, zapsání do seznamu v roce 1993

RS 10 Mokřady Pšovky a Liběchovky- 350 ha, zapsání do seznamu v roce 1998

RS11: Podzemní Punkva – 1.57 ha, zapsání do seznamu v roce 2004

RS12: Krušnohorská rašeliniště – 11224 ha, zapsání do seznamu v roce 2006

Celková rozloha těchto lokalit činí 50 100,57 ha, z nichž 15 925 ha jsou rašeliniště, 11 752 ha představují mokřady rybničního charakteru a 22 423,57 ha představují mokřady vázané na nivní polohy podél říčních toků. Ochrana lokalit RS 1 a RS 7 je zajištěna formou Národního parku. Lokality RS 2, RS 5, RS 6, RS 8, RS 10 a RS 11 jsou chráněny formou Chráněné krajinné oblasti (CHKO). Lokality RS 3, RS 4, RS 9 a RS 12 jsou chráněny Národní přírodní rezervací. Většina mokřadních lokalit na území CHKO je navíc chráněna rezervací (Chytil a kol., 1999).

2.4 Funkce mokřadů

I. *Funkce spojené s hydrologickým režimem:*

- mokřady představují přirozenou zásobárnu vody v krajině.
- mokřady příznivě ovlivňují místní klima.
- v případě nadměrných srážek mají značnou retenční schopnost, zmírňují tak dopad povodní a chrání půdy před vodní erozí.

II. *Mokřady jako biotopy:*

- představují přirozené prostředí živočichů a rostlin, kteří jsou přizpůsobeni pro život v mokřadech, vyskytují se zde vzácné druhy.
- poskytují vhodné podmínky pro existenci specifických rostlinných a živočišných druhů, tím je zachována vysoká biodiverzita (v rámci regionu).

III. *Úloha v biogeochemických cyklech prvků:*

- mají schopnost zachycovat živiny z okolního prostředí a fungují jako filtr.
- podílejí se na globálním koloběhu uhlíku, dusíku a síry.
- spolu s deštnými pralesy a korálovými útesy patří mezi tři biotopy s největší biologickou aktivitou (Mitsch a Gosselink, 2000).

V oblasti mokřadů se nedaří rostlinné ani živočišné výrobě, a proto se tedy o mokřadní půdě hovoří jako o “neplodné půdě“ (Jeník, 1983). Mokřady mají schopnost

vázat velké množství oxidu uhličitého do biomasy, a to při menším množství dodané energie. O pravidelně zaplavovaných územích toto tvrzení platí dvojnásob, neboť netrpí nedostatkem vláhy a přísun živin zajišťuje proudící povrchová i podpovrchová voda a kal, který se usazuje při záplavách (Lukavská, 1988).

2.5 Hydrologický režim mokřadů

Hydrologický režim podmiňuje charakter jednotlivých mokřadů. Výška vodní hladiny i délka zaplavení určují jak složení vegetace, tak charakter převažujících půdních procesů. Zásobenost mokřadů vodou podmiňuje klimatizační efekt mokřadů.

2.5.1 Klimatizační efekt mokřadů

Mokřady jsou ekosystémy s dostatečnou zásobou vody. Díky tomu hrají významnou roli ve vyrovnávání místního klimatu. Tento ekosystém je nejdokonalejší klimatizací naší planety. Vyrovnává teplotní rozdíly mezi dnem a nocí, mezi jednotlivými sezónami i mezi jednotlivými oblastmi, a tím tlumí extrémy v počasí. Klimatizační efekt mokřadů souvisí s úlohou mokřadů v tzv. malém koloběhu vody. Malý vodní cyklus je uzavřený koloběh vody, při kterém voda vypařená na pevnině spadne v podobě srážek opět nad pevninským prostředím (Kravčík a kol., 2007).

Malý koloběh vody je tedy podmíněn zásobou vody v půdě a vegetaci, která může být spotřebována na výpar. U uzavřeného koloběhu vody je dále nutná relativně chladnější plocha krajiny (tj. lesy a mokřady), nad níž může probíhat kondenzace tj. tvorba rosy a případné srážky (Kravčík a kol., 2007). Uzavřený koloběh vody způsobuje menší energetické ztráty a pravidelné toky energie. Díky velkému obsahu vody jsou mokřady charakterizovány velkou produkcí biomasy, vysokou tepelnou kapacitou a velkou evapotranspirační rychlostí (Přibáň a Ondok, 1985).

Pomocí evapotranspirace porosty vytvářejí ochlazovací plochy a následnou kondenzací zrychlují koloběh vody. Častější a pravidelnější srážky udržují vyšší hladinu spodní vody. Je uveden příklad disipace tepla mokřadem: za jasného červnového dne ve střední Evropě, kdy se energie slunečního záření pohybuje okolo 16 MJ m^{-2} za den. Mokřad zarostlý rákosem odpaří za tento den kolem 4 mm m^{-2} vody za den. To představuje evapotranspiraci energie kolem 9 MJ m^{-2} za den. Průměrná denní

evapotranspirace v létě, která se měří po několik sezón, na vlhkých loukách v mírném pásmu střední Evropy se pohybuje mezi 2 a 5 mm (Přibáň a Ondok, 1985).

Disipace se může chápat jako roznos nebo rozptylování. Z hlediska energie se může uvažovat i jako přeměna jednotlivých energetických forem na jiné (Brom, 2008).

Podle Larchera (1988) mokřadní porost v létě transpiruje cca 4 l vody z m⁻². Na výpar 1 l vody je potřeba energie 0,7 kWh. Ochlazením vodní páry dojde ke kondenzaci vody v atmosféře a spadnutí na zem v podobě srážek nebo rosy.

2.5.2 Vliv vysušení mokřadů

Vlivem intenzifikace zemědělství (tj. rozrůstání zemědělských ploch) byly mokřady v minulosti odvodňovány, vysoušeny a přetvořeny na zemědělskou půdu (Williams, 1990). Tím, že se daný mokřad odvodní, dochází ke zrychlení rozkladu organických látek v půdě a zároveň k uvolnění oxidu uhličitého do atmosféry. Zrychleným rozkladem organických látek se uvolňují živiny společně s odtékající vodou a dochází k poklesu pH. S odvodněním mokřadů dojde i ke změně ekosystému a biodiverzity na úkor druhů původních (Kender, 2000).

2.6 Vlastnosti mokřadní půdy

Hlavním faktorem, který odlišuje zaplavenou půdu od půdy provzdušněné, je vodní režim (Čížková a Šantrůčková, 2006). Mokřadní půdy jsou často označovány jako hydričné. Mitsch a Gosselink (2000) citují definici U. S. Dep. Of Agr. NRCS: Hydričné půdy jsou takové, které se vytvářejí v podmínkách saturace vodou a zaplavení po dostatečně dlouhou část vegetačního období, aby došlo k vytvoření anaerobního prostředí v horní vrstvě.

Délka a míra zaplavení ovlivňují hromadění nerozloženého opadu a koloběh živin. V různých mokřadních ekosystémech se pak mohou vyskytovat půdy minerální nebo organické. Půdy minerální se vytvářejí na lokalitách, kde voda více kolísá a poměrně často zaklesá pod půdní povrch. Půdy organické se tvoří na lokalitách, které jsou zaplaveny nebo alespoň silně zamokřeny dlouhodobě či trvale. Na lokalitě Zábalské louky je vytvořena půda organická. Za klíčové při zaplavení půdy je považována omezená výměna plynů mezi půdou a prostředím, došlo k přesycení půdního profilu vodou. V provzdušněné půdě je kyslík přítomen v celém půdním

profilu, kdežto v zaplavené půdě je kyslík přítomen jen v tenké vrstvě na povrchu půdy. V horní vrstvě půdy jsou kromě kyslíku přítomny i další prvky v oxidovaném stavu (NO_3^- , Fe^{3+} , SO_4^{2-} a Mn^{4+}) (Čížková, 2006).

Transport kyslíku do zaplavené půdy je nesmírně obtížný vzhledem k saturaci půdy vodou. Difúze kyslíku do vody je 3×10^6 krát pomalejší ve srovnání s difúzí ve vzduchu (Stepniewski a Glinski, 1988). V půdě, která je převážně provzdušněná, převažují aerobní organismy získávající pro svůj život v půdě energii v procesech aerobní respirace. Tím dochází k oxidaci organických látek na oxid uhličitý a spotřebě kyslíku. Dochází tedy k procesu mineralizace organické hmoty (Čížková, 2006).

V zamokřené půdě naopak dochází k hromadění organické hmoty a uhlíku jako zásobníku, který je stabilní, pokud tedy nedojde k odvodnění půdy. Mokřadní systém se stává v tomto případě vazačem („sinkem“) uhlíku (Dušek a kol., 2008). Při zaplavení se kyslík v hlubší vrstvě půdy rychle vyčerpá a dochází k tomu, že aerobní organismy snižují a zastavují svou aktivitu. Tyto aerobní organismy jsou postupně nahrazovány anaerobními mikroorganismy a ty zpětně při respiraci místo kyslíku využívají v půdě prvky v oxidovaném stavu (převážně prvky N, Fe, Mn a S). Tím dochází k tzv. anaerobní respiraci za vzniku oxidu uhličitého a prvky v oxidovaném stavu se redukují na NH_4^+ , Fe^{2+} , S^0 a Mn^{2+} . Anaerobní respirace vzniká tehdy, pokud mokřad pravidelně vysychá, dochází k zavzdušnění půdy a redukované formy prvků se zpětně zoxidují. Pokud však spotřeba oxidovaných prvků železa, manganu, síry a dusíku převáží nad jejich přísunem, proces se zpomalí. Dochází k přeměně půdních organismů na organismy fermentační a proces respirace je následně nahrazen procesem fermentačním, z něhož organismy získávají energii pro svůj život v půdě. Při fermentačním procesu je do půdy vylučováno velké množství organických kyselin, alkoholů a ketonů. Při převaze fermentačních pochodů je půda zbavena mineralizace organické hmoty. Zejména při fermentaci jsou rostliny více náchylné na podmínky v půdě a již nízká dávka koncentrace je pro rostliny nebezpečná (Čížková a Šantrůčková, 2006).

2.6.1 Obsah a výměna plynů v půdě

Půdní vzduch tvoří plynnou část půdy. Do odvodněné půdy se dostává z atmosféry a vyplňuje část půdních pórů s relativně vysokým obsahem O_2 (Penka, 1985). Půdní dýchání představuje soubor všech metabolických pochodů v půdě, při kterých vzniká oxid uhličitý. Je součástí cyklu uhlíku mezi atmosférou a pevninským prostředím (Rychnovská a kol., 1985). Půdní vzduch se oproti atmosférickému liší vyšším obsahem oxidu uhličitého (0,3 - 0,7 %) a menším obsahem kyslíku (okolo 20 %) (Penka, 1985). Tyto hodnoty se však v průběhu dýchání mohou v různých podmínkách měnit, především v závislosti na intenzitě půdního dýchání a možnosti difúze mezi atmosférickým a půdním vzduchem (Ledvina a kol., 2000). Rozlišuje se půdní dýchání na aerobní (akceptorem je kyslík) a anaerobní (akceptorem je jiná látka, např. NO_3^-) (Mitsch a Gosselink, 2000). Při dostatečném provzdušnění půdy je zvýšena biologická aktivita v půdě. Mezi atmosférou a půdou neustále probíhá výměna plynů, k plynulému vyrovnání však nedochází (Ledvina a kol., 2000).

Příčinou vzniku oxidu uhličitého jsou biologické procesy probíhající v půdě, při kterých se spotřebovává kyslík, tj. dýchání kořenů rostlin, půdními živočichy a aerobními mikroorganismy (Larcher, 1988). Do zaplavovaných půd difunduje kyslík z atmosféry tak pomalu, že jeho koncentrace v půdě prudce klesá. Jakmile je půda bez kyslíku, začne převládat aktivita anaerobních mikroorganismů. Ty vytvářejí silné redukční prostředí, ve kterém se hromadí Fe^{2+} , Mn^{2+} , H_2S kyselina mléčná a máselná (Larcher, 1988).

2.6.2 Půdní mikroorganismy a produkty jejich metabolismu

Půdní mikroorganismy (mikroedafon) jsou živou součástí půdy organické hmoty. Velikostně jsou menší než 0,2 mm (Ledvina a kol., 2000). Dle Slavíkové (1983) jsou půdní mikroorganismy heterotrofní organismy, které získávají potřebnou energii a živiny rozkladem mrtvé organické hmoty (detritu). Podle Rychnovské a kol. (1987) tvoří mikroorganismy velice početné společenstvo rozkladačů.

Systém mikroorganismů je v rovnováze s půdním prostředím (chemismus, vodní, tepelný a vzdušný režim). K narušení rovnováhy dochází při změně povětrnostních podmínek, charakteru vegetace či změně denní nebo roční doby a intenzitě kulturních zásahů (Ledvina a kol., 2009).

Mezi půdní mikroorganismy, tj. organismy mikroflóry a mikrofauny, se řadí bakterie, aktinomycety, sinice, houby, řasy, prvoky, nematoda a další. Nejvíce jsou v půdě zastoupeny bakterie. Společně s aktinomycetami a houbami se řadí k největším rozkladačům organické hmoty v půdě (Ledvina a kol., 2009).

Při procesu rozkladu půdními bakteriemi a houbami dojde k tvorbě huminových látek až k úplnému rozkladu organické hmoty - mineralizaci. Uhlík se přitom uvolňuje ve formě CO_2 z organických látek. Dále se uvolňuje energie, která v nich byla zabudována při fotosyntéze primárních producentů. Uvolnění energie se děje při dýchání mikroorganismů (Slavíková, 1983).

Za přístupu kyslíku – tedy v provzdušněné půdě – získává většina půdních mikroorganismů energii procesem aerobní respirace. Při aerobní respiraci vznikají CO_2 , H_2O a meziprodukty metabolismu půdních mikroorganismů – tj. organické sloučeniny, které stále ještě obsahují energii pro pozdější využití jinými organismy. V podmínkách bez kyslíku půdní organismy získávají energii anaerobní respirací a fermentací. Anaerobní respirací získává energii pouze malá část organismů, větší část získává energii v procesu fermentace. V silně redukovaných podmínkách se projeví produkt methanogenních bakterií methan (Odum, 1977). Některé druhy mikroorganismů jsou schopny jak aerobní, tak anaerobní respirace s odlišnými výslednými produkty (Mitsch a Gosselink, 2000).

2.6.3 Hromadění organické hmoty v půdě

Půdní organická hmota je soubor všech neživých organických látek, které se nachází v půdě či na jejím povrchu. Má rozhodující vliv na půdní vlastnosti i na půdní úrodnost (Ledvina a kol., 2000). Organická hmota produkovaná v mokřadech je ukládána sezónně a ve své konečné podobě je přeměňována na půdní vrstvu (Reddy a D'Angelo, 1997). Dle Ledviny a kol. (2000) probíhají v půdní organické hmotě (i v mokřadní půdě) nepřetržitě a rovnoměrně nejrozmanitější transformační pochody, které mají za následek stále se měnící celkové složení půdy. Půdní organickou hmotu lze třídit na humusotvorný materiál, meziprodukty rozkladu a syntézy a na humus. V půdě dochází k různým přeměnám organické hmoty a tvorbě humusu. Jde především o mineralizaci, humifikaci a karbonizaci.

Při mineralizaci dochází k rozkladu na výchozí anorganické látky s postupným uvolňováním energie. Mineralizaci podléhá přes polovinu humusotvorného materiálu.

Dochází k rozkladu humusotvorného materiálu přes řadu meziproduktů, kde konečným produktem jsou základní minerální sloučeniny (CO_2 , H_2O , NH_3 , PO_4^{3-} , SO_4^{2-}). K rychlé mineralizaci dochází za aerobních podmínek. Mineralizace je ovlivněna i pH, při kterém proces probíhá. Její rychlost se snižuje při nízkých i extrémně vysokých hodnotách pH. Pokud je omezen přístup vzduchu, zejména na zamokřených lokalitách, dochází k procesu rašelinění organické hmoty. Na tomto procesu se spolupodílí i nízká teplota, kyselá reakce a nedostatek živin. Rašelinění je typ karbonizace, což je produkce a hromadění energeticky bohatých sloučenin (Ledvina a kol., 2009).

Humifikace je složitý biochemický proces, který zahrnuje různé způsoby přeměn organických zbytků vedoucí k tvorbě složitějších a stabilnějších organických látek (humusu). Probíhá při periodickém vysychání a ovlhčování. Její rychlost je závislá nejen na fyzikálních podmínkách půdy a půdní reakci, ale i na poměru C:N ve výchozím humusotvorném materiálu. Kvantitativním ukazatelem humifikace je koeficient humifikace, tj. výtěžnost, kolik % výchozích látek se přetransformovalo na humus (Ledvina a kol., 2000).

Podle obsahu organické hmoty se půdy dělí na organické a minerální. Organické půdy jsou takové, které mají obsah organické půdní hmoty větší než 20-30 % hmotnosti a kyselé pH. Podíl organické hmoty v minerální půdě dosahuje méně než 20-30%, pH je neutrální (Ledvina a kol., 2000). Na cyklu uhlíku se podílí primární a sekundární produkce mokřadního travinného ekosystému. Primární producenti jsou organismy vytvářející organické látky, k jejichž tvorbě čerpají uhlík z atmosféry a vody. Na ně navazují sekundární producenti (heterotrofní organismy) využívající vytvořenou organickou hmotu. Tyto přeměny spojené se vznikem organické hmoty probíhají bez přítomnosti kyslíku, pak se jedná o anaerobní procesy, v opačném případě jde o aerobní procesy (Dušek a kol., 2008).

2.6.4 Formy hlavních živin v půdě

Dusík se do půdy dostává z plyných sloučenin dusíku v podobě srážek, dusíkatými hnojivy, činností mikroorganismů, anebo mineralizací odumřelé organické hmoty rostlinného nebo živočišného původu (Slavíková, 1983). Fosfor se do půdy může dostat používáním polyfosforečnanů v čistících a pracích prostředcích, umělými hnojivy a odpadními vodami. Draslík se do půdy také dostává pomocí umělých hnojiv.

2.6.5 Kationtová výměnná kapacita

Výměnná kapacita kationtů je schopnost půdy vyměňovat kationty. Je závislá na pH půdního roztoku. Při stoupajícím pH klesá kladný náboj a roste záporný náboj při současném zvyšování maximální sorpční kapacity. Maximální sorpční kapacita půdy je celková schopnost půdy poutat kationty. Udává celkovou schopnost půdy poutat kationty. Čím je maximální sorpční kapacita vyšší, tím jsou živiny ve formě kationtů odolnější proti vyplavení, ale zároveň jsou méně dostupné pro rostliny (Ledvina a kol., 2000). Pohyblivost rostlinných živin v půdě je úzce spjata se sorpčními a desorpčními ději v organických a půdních koloidech. Půdní koloidy mají na svém povrchu kladné i záporné náboje a jsou tedy spojeny s kationovou výměnnou kapacitou. Výměnné kationty ovlivňují velkou měrou biologické a chemické poměry v půdě. Např. půdy s neutrální reakcí (převaha Ca a Mg iontů) se vyznačují příznivými chemickými vlastnostmi, kvalitním humusem, odolností proti vyplavení a snadnou propustností pro vodu. Naproti tomu půdy s kyselou reakcí (převaha H a Al iontů) mají zhoršenou propustnost pro vodu (Ledvina a kol., 2000).

Rostliny trpí nedostatkem vápníku a špatným fyzikálním stavem půdy. Pokud je půdní reakce extrémně kyselá, projeví se toxický účinek Al iontů, dvojmocného Mn^{2+} a Fe^{2+} , což poškozuje půdní bakterie i kořeny rostlin (Ledvina a kol., 2000).

Kationtová výměnná kapacita v organických půdách je vysoká, avšak velká část živin je vázána v organických sloučeninách a je pro rostliny nepřijatelná (Mitsch a Gosselink, 2000).

Kationtová výměnná kapacita minerálních půd je nízká. Při zaplavení půdy se železo a mangan vyskytují ve svých redukovaných formách (Fe^{2+} a Mn^{2+}). Tyto ionty jsou rozpustné a po vyplavení způsobují šedé až černé zbarvení půdy. Jestliže není půda zaplavená, pak se železo vyskytuje v oxidované formě (Fe^{3+}) a dává půdě barvu červenou, hnědou či oranžovou. Mangan v oxidované formě (Mn^{3+} a Mn^{4+}) dává půdě barvu černou (Mitsch a Gosselink, 2000).

2.7 Vlastnosti mokřadní vegetace

Zaplavení půdy vodou ovlivňuje i druhové složení rostlinných společenstev a jejich produkci. Vysoké produkce dosahují mokřady, které jsou bohaté na obsah živin a mají dostatečnou zásobu vody (Mitsch a Gosselink, 2000). V mokřadní vegetaci jsou zastoupeny druhy, které jsou schopny trvalého přežití i intenzivního růstu v podmínkách dlouhodobého či trvalého zamokření či zaplavení půdy. U mokřadních rostlin se setkáváme se dvěma druhy adaptace:

1) *adaptace anatomická* - umožňuje rostlinám trvalé přežití v zamokřených lokalitách a intenzivní růst bez kyslíku. To, že mokřadní rostliny přežijí bez kyslíku, je umožněno mezibuněčnými prostory v pletivech listů, stonků, oddenků a kořenů. V pletivech jsou vzdušné prostory navzájem propojeny a dochází k tzv. vnitřnímu provětrávání. Při něm je kyslík z atmosféry přiváděn k pletivům podzemních orgánů pomocí vzdušných prostorů, které jsou propojeny. Buňky podzemních orgánů tedy nejsou závislé na příjmu kyslíku z půdy. Někdy však může dojít k situaci, kdy bude zásobování kyslíku k pletivům sníženo nebo přerušeno, pak se uplatňuje adaptace metabolická (viz dále). Další složkou anatomické adaptace u mokřadních rostlin je ochranná vrstva, která zabraňuje průniku toxických látek vznikajících v bezkyslíkatém prostředí. Některé starší části oddenků a kořenů jsou pokryty ligninem a kutinem a tato vrstva zabraňuje průniku toxických látek. U mladých pletiv dochází k úniku kyslíku do okolí, kde vytváří oksyloženou vrstvu a ta rostlinu chrání před toxickými látkami. Anatomická adaptace je vyvinuta u mnoha dosud zkoumaných jednoděložných i dvouděložných mokřadních bylin (Čížková a Šantrůčková, 2006).

2) *adaptace metabolická* - umožňuje rostlinám přežít bez kyslíku po určitou omezenou dobu (hodiny, týdny, měsíce) podle míry odolnosti daného druhu. Všechny vyšší rostliny mohou po určitou dobu přežívat bez přítomnosti kyslíku, avšak mokřadní rostliny vydrží bez kyslíku mnohem delší dobu než typické suchozemské rostliny. Zásobením rostlin atmosférickým kyslíkem může být přerušeno při náhlé záplavě, kdy je celá rostlina ponořena a nemá tak spojení s atmosférou. Další situací, kdy zásobení kyslíkem může být omezeno, je extrémně redukcující prostředí, v němž dochází k velké ztrátě kyslíku. Dále dochází k deficitu kyslíku v oddencích na počátku vegetační sezóny, než vyrostou nové prýty, které umožní rostlině vnitřní provětrávání.

Buňky vystaveny nedostatku kyslíku, jsou schopny po určitou dobu přežít díky změnám v buněčném metabolismu. Podstatou těchto metabolických adaptací je schopnost získávat energii pro buněčný metabolismus anaerobní fermentací, jejíž hlavním produktem je ethanol (Čížková, 2006).

2.8 Primární produkce rostlin

Primární produkce je množství sušiny vytvořené vegetačním pokryvem na dané ploše za určité období, obvykle jeden rok (Larcher, 1988). Podle Rychnovské a kol. (1985) je primární produkce proces, který tvoří základ roční bilance koloběhu uhlíku. Vyjadřuje se v tunách organické sušiny na hektar za rok ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$) nebo v gramech sušiny na m^2 půdy, která je pokrytá vegetací ($g \cdot m^{-2} \cdot rok^{-1}$). Produkce rostlin je tím vyšší, čím vyšší je rychlost asimilace CO_2 rostlin, tvořících porost, čím dokonaleji přijímá asimilační povrch rostlin dopadající světlo a čím delší je vegetační doba (Larcher, 1988). Měřítkem primární produkce je přírůstek sušiny (CGR), tj. přírůstek za jednotku času. Rychlost růstu sušiny se používá při srovnání produkční schopnosti rostlin nebo celých rostlinných společenstev, které rostou na různých typech stanovišť (Slavíková, 1983). Aby rostlina vyprodukovala, co nejvíce biomasy potřebuje dostatek světla, tepla, srážek a dostatek živin.

Pro fotosyntetické procesy v zelených rostlinách je nejdůležitější záření o vlnové délce 380 – 710nm. Teplota je pro život rostlin důležitá. Je třeba dosáhnout teploty dostatečně stabilní, nikoli však příliš vysoké. Každá rostlina má jiné optimální rozmezí teplot pro život. Minimální a maximální teploty pro aktivní růst a život suchozemských rostlin se pohybují v širokém rozmezí (5 až 40°C).

Srážky jsou hlavním zdrojem vody pro suchozemské rostliny. Na zem se dostávají v podobě deště, mlhy či rosy. Voda je suchozemskými rostlinami přijímána kořeny. Většina rostlin je však v průběhu dne nedosycena v důsledku ztrát transpirací vodou. Dochází tak k vodnímu deficitu (Larcher, 1988). Podle toho, jak jsou rostliny schopny odolávat tomuto deficitu, se rostliny dělí na hygromyfyty, mezofyty, xerofyty, psichromyfyty a hydrofyty (Hendrych, 1984).

Živiny jsou pro rostlinu důležitou složkou. Více o nich v kapitole níže. Primární produkce je u každého rostlinného druhu jiná, je ale známo, že největší

primární produkci mají eutrofní mokřady. Tyto mokřady mají totiž jak velké množství živin, tak dostatek vody pro dosažení vysoké primární produkce (Rychnovská, 1987).

Larcher (1988) uvádí, že ekosystémy bažin a močálů mohou dosahovat průměrně za rok 3000 g.m^{-2} . Člověk pro dosažení co nejvyšší primární produkce půdu hnojí, zavlažuje a používá jiné zemědělské úpravy, které jsou však značně nákladné. Při určitých zásazích člověka do půdy jako jsou hnojení, použití herbicidů aj. může dojít k úletům hnojiv a herbicidů na okolní pozemky. Tím může dojít k nežádoucím změnám v původní skladbě porostů, např. k podpoře konkurenčně silného nepůvodního druhu (ruderalního druhu) na úkor druhů původních. Každá rostlina reaguje na hnojení jinak. Prioritou péče o travinné porosty na chráněných územích je dostačující hnojení a kosení. Cílem péče není maximální produkce, ale zachování druhů zde se vyskytujících.

2.8.1 Vliv dostupnosti minerálních živin na primární produkci

Výživa rostlin je závislá převážně na charakteru půdy, který závisí na matečné hornině. Půda poskytuje rostlině životně důležité prvky, které rostlina obsahuje ve velkém množství tzv. *makroelementy* (C, O, H, N, P, S, K a Ca) , které jsou v koncentracích desetín až celých %. Poskytuje ale i prvky obsažené v rostlinách v malém množství tzv. *mikroelementy* (Mn, Zn, Fe, Mg, Cu, No, B a Cl), jejichž obsah se pohybuje 10^{-3} - 10^{-5} . Rostlina přijímá také *Ultramikroelementy*, jejichž koncentrace je nižší než 10^{-6} , mnohdy však neznáme ani význam těchto prvků (Anonymus 4). Pro rostlinu jsou využitelné pouze minerální látky, které jsou v půdě v rozpustné formě (Slavíková, 1983).

V půdním roztoku je rozpuštěn jen nepatrný podíl zásoby živin (okolo 0,2 %). Zbylých 98 % živin je v půdě vázáno v těžko rozpustných anorganických sloučeninách, v organických zbytcích nebo v humusových látkách, popřípadě v minerálech. Necelá 2 % živin jsou v půdě vázána na půdní koloidy (Larcher, 1988).

Tyto v půdě nerozpuštěné živiny, představují rezervu, která se po čase uvolňuje zvětráváním minerálních látek matečné horniny a humifikací až mineralizací organických zbytků. Ionty solí se z půdního roztoku dostávají s vodou difúzí do parenchymu savých kořenů a odtud do celé rostliny. Tento příjem iontů je většinou pasivní. Rostlinná buňka může potřebné ionty, které potřebuje ve větším množství snáze přijímat (Slavíková, 1983). Nejsnáze rostlina přijímá živiny ve formě iontů z půdního roztoku (kdežto jiné formy živin přijímá hůře).

Dusík je rostlinami přijímán nejvíce ve formě anorganicky vázaného ionu amonného NH_4^+ , ve formě nitrátu NO_3^- , ale i močoviny $\text{NO}(\text{NH}_2)_2$ (Slavíková, 1983). Nadbytek dusíku podporuje růst výhonů a především tvorbu zelené listové hmoty.

Při nedostatku je redukován růst nadzemních částí i kořenů, listy jsou malé a předčasně opadávají (Anonymus 4). Fosfor je rostlinami přijímán ve formě fosforečnanů H_2PO_4^- , HPO_4^- (Larcher, 1988). Nadbytek fosforu podporuje kvetení a dozrávání plodů. Nedostatek působí především menší rychlost růstu a báze stonku jsou načervenalé. Draslík je rostlinám přístupný jako rozpuštěný ion K^+ . Nedostatek draslíku působí tak, že rostliny snadno ztrácejí vodu a vadnou. Mají sníženou odolnost k poléhání (Anonymus 4). Vápník je přijímán ve formě iontů Ca^{2+} . Je deficitní ve velmi kyselých půdách (Larcher, 1988). Nedostatek vápníku způsobuje zhoršení podmínek pro růst, omezenou tvorbu nadzemní biomasy, poruchy růstu vegetačního vrcholu (Anonymus 4). Hořčík je přijímán ve formě iontů Mg^{2+} a stejně jako vápník je deficitní v kyselých půdách (Larcher, 1988).

Některé druhy rostlin vyžadují pro svůj růst a vývoj velkou zásobu živin v půdě. Proto rostou na eutrofních půdách. Naproti tomu oligotrofní půdy jsou chudé na živiny. To způsobuje, že půdní substráty určují složení vegetace. Vytvářejí se na nich stanovištní podmínky, které jsou limitující pro některé druhy rostlin. Rostlina však přijímá z půdy všechny ionty, a tak dochází k tomu, že se do buňky rostliny dostávají v určitém množství také zbytečné a někdy i škodlivé látky. Např. nežádoucí je vysoká koncentrace iontů Na^+ , Cl^- a nebo Ca^{2+} (Larcher, 1988). V kapitole Zaplavení půdy jsem se zmínila o toxických látkách v mokřadech, tj. redukovaném Fe^{2+} a Mn^{2+} .

Pokud je nějaká živina (dusík) v méně dostupné formě, anebo v nedostatku, stává se podle tzv. Liebigova zákona minima limitujícím činitelem pro růst (Larcher, 1988). Podle dostupnosti minerálních prvků se dají rozlišit tři základní stavy: *nedostatek, dostatečná dodávka a škodlivý nadbytek některé živiny*.

Na příjem živin rostlinami má vliv i pH. Při pH menším než 3 a větším než 9 se vážně poškozuje protoplazma v kořenových buňkách většiny cévnatých rostlin. Pro různé druhy rostlin jsou charakteristická rozdílná rozmezí tolerance a fyziologické požadavky ve vztahu k půdní reakci a dostupnosti živin (Larcher, 1988).

Larcher (1988) uvádí, že nedostatečná dodávka minerálních živin od samého začátku růstu vegetace omezuje produkci organické hmoty. Rozvíjející se listy rostlin v sobě hromadí hlavní živiny (N, P, K) a jiné pro pozdější využití. Dochází k tomu, že

rychlost produkce organické hmoty převyšší rychlost příjmu minerálních látek. Podíl anorganických látek v rostlinné hmotě se začíná měnit ve prospěch organické hmoty. Jak postupně listy stárnou, hromadí se v nich Ca, S a další méně pohyblivé prvky jako Fe, Mn a B. Oproti tomu pohyblivější prvky N, P a K, jsou nejvíce soustředěny do mladých listů a jejich koncentrace klesá při zrání a stárnutí listů. Rostliny trpící nedostatkem minerálních živin jsou zakrslé a v některých případech kvetou, plodí a stárnou předčasně (Anonymus 4). Jde-li o nedostatek jen některých základních prvků, mohou se vyskytnout specifické nedostatkové příznaky. Je-li dodávka živin přiměřená, mohou okamžitá množství přístupných živin kolísat v širokých rozmezech bez patrného působení na růst a vývoj rostlin. Při nadbytečných koncentracích mohou minerální živiny působit až jedovatě, zejména je-li jen jediná živina v nadbytku (Larcher, 1988). Pro plynulý růst a vývin je důležitý i poměr přijímaných prvků (tzv. Mitscherlingův zákon o působení vegetačních faktorů) (Larcher, 1988). K důležitým poměrům patří poměr – N:P, Ca:P, Mg:P, Mg:K.

2.9 Vliv kosení, hnojení a eutrofizace mokřadů na druhové složení vegetace

2.9.1 Vliv kosení

Jedná se o metodu, která se dříve používala k získávání krmiv pro hospodářská zvířata, dnes se spíše používá k udržování druhové skladby a struktury porostu. Vlhké louky a jiné typy mokřadů jsou většinou koseny ručně, převážně proto, že se jedná o místa nepřístupná pro těžkou techniku (Anonymus 2). Období a počet sečí jsou závislé na optimální zralosti píce a jsou přizpůsobeny nadmořské výšce, klimatickým a půdním podmínkám, prostředí stanoviště a typu porostu (Anonymus 3). U chráněných lokalit je hlavním hlediskem zachování či obnova druhového složení (biodiverzita). Kosení významně zasahuje do vegetačního krytu porostu. Vliv kosení na porost je závislý jak na hnojení, tak na počtu a termínu sečí. Jedná se o zásah, který postihuje všechny rostliny najednou. Většina lučních druhů rostlin je však na kosení adaptována. Kosení udržuje druhovou skladbu porostu a po přerušení kosení může dojít ke změně druhového složení. Pro udržení současné diverzity je nutné ekosystém pravidelně alespoň jednou ročně kosit (Anonymus 3).

Dle Lukavské (1988) má kosení vliv na rychlejší nástup vegetačního období než je tomu u nekoseného porostu, kdy vlivem vrstvy stařiny na půdě dochází k bránění rychlejšího prohřívání půdního povrchu. Stařina proto působí jako izolační vrstva. Kosený porost plní, na rozdíl od nekoseného stabilizační funkci v krajině a to tehdy, pokud je pravidelně hospodářsky využíván. Produkce živé biomasy je v koseném nebo nekoseném přirozeném travinném porostu přibližně stejná, ale pro hospodářské využití je v koseném o něco vyšší. Seč má vliv na zvýšené odnožování travin.

Při provádění více sečí je tvorba nadzemní i podzemní biomasy menší (Velich, 1980).

U porostů nově založených je produkce biomasy stejná jak v koseném, tak nekoseném ekosystému a rychlost růstu v koseném porostu je menší než v nekoseném. U dvouletých porostů je převážná část produkce v koseném porostu. Sečí se tedy zvyšuje průměrná rychlost růstu. Je tedy patrné, že ekologicky nejvýhodnější a ekonomicky přijatelnější (bez minerálního nebo organického hnojení) je jednosečný režim. Kosením se také z ekosystému odebírají živiny (Lukavská, 1988).

2.9.2 Vliv hnojení

Na vlhkých loukách se mohou vyskytovat dvě varianty nevhodného hospodaření: hospodaření příliš intenzivní a hospodaření žádné. Výsledkem nadměrného hnojení, hlavně extrémním kejdiváním, dochází převážně k převládnutí konkurenčně silného druhu a vzniku druhově chudých porostů (častá je dominance chrastice rákosovité, zblochanu vodního, aj.). Při nadměrném hnojení ustupují typické luční druhy a rozšiřují se druhy ruderalní. Určitou nadějí do budoucna je skutečnost, že při obnově pravidelné seče dochází k poměrně rychlé regeneraci lučních společenstev. Vysoké hnojení je hlavním zdrojem eutrofizace mokřadů (Prach, 2000).

2.9.3 Eutrofizace mokřadů

Pojem eutrofizace můžeme chápat jako proces zvyšování koncentrace živin v prostředí, především dusíkem a fosforem, což je spojeno se zhoršením kvality povrchové vody (Anonymus 1). Na celkové eutrofizaci prostředí se podílí přírodní a umělá eutrofizace. Přírodní eutrofizace je způsobena uvolňováním dusíku a fosforu z půdy, sedimentů a odumřelých vodních organismů (Kočí a kol., 2000).

S rozvojem průmyslu a nástupem jeho produktů začala převažovat umělá eutrofizace, která dnes stále narůstá. Umělá eutrofizace vzniká vlivem činností člověka, které narušují koloběh dusíku a fosforu. Dusík a fosfor se do půdy dostává cestou intenzivní zemědělské výroby (přírozená a umělá hnojiva), některými druhy průmyslových i komunálních odpadních vod, uvolňováním amoniaku z výkalů hospodářských zvířat, používáním polyfosforečnanů v čistících a pracích prostředcích a produkcí komunálních odpadních vod a odpadů (Kočí a kol., 2000). Zvýšené hladiny živin nejlépe využívají řasy, bakterie a sinice, které se rychle množí a jejichž biologickou činností se kvalita vody začne zhoršovat. Řasy, bakterie a sinice jsou prvotním signálem eutrofizace (Říhová-Ambrožová, 2007). Zanedlouho se v ekosystému začne hromadit ohromná biomasa odumřelých sinic, to zapříčiňuje zhoršení kyslíkového režimu a vznik jedovatých plynů (Anonymus 1). Vyšší koncentrace živin má nejsilnější dopad v letních měsících, kdy je dostatek tepla a slunečního světla (Kočí a kol., 2000). Vysokou eutrofizaci mají rybníky s intenzivním chovem ryb, kde se dokrmuje a dochází ke změně potravních vztahů u ekosystému (Kender, 2000).

Podobně jako povrchové vody jsou i mokřady zásobovány živinami, převážně dusíkem a fosforem jako výsledek intenzivního hnojení okolních pozemků průmyslovými hnojivy. Dochází ke splachování živin dešťovou vodou z polí na jiná místa, která jsou níže položena (Slavíková, 1983). Jako další zdroj je uváděna koncentrace živin z malých zdrojů znečištění, které se sice vypouštějí do vodotečí, ale často sousedí s mokřady, nebo jimi protékají. Jednou z ekologických funkcí mokřadů je transformace těchto látek. Na změny přísunu živin v mokřadech vlivem eutrofizace citlivě reaguje vegetace i mikrobiální společenstva. Rostlinná i mikrobiální společenstva mají své horní limity únosnosti. Při jejich překročení může dojít ke změně druhového složení rostlinného společenstva. Zvýšená hladina živin v půdě může ohrozit také půdní mikroorganismy a živočichy (Čížková a Šantrůčková, 2006).

2.10 Charakteristika dominantních rostlinných druhů

V této části jsou uvedeny dominantní druhy, které se vyskytovaly na lokalitě Zábalské louky. Jejich ekologická charakteristika je zpracována podle Hrona a Zejbrlíka (1979).

Ostřice štíhlá (*Carex gracilis*)

Jedná se o středně vysokou, vytrvalou, šedo zelenou pobřežní a bažinnou bylinu. V půdě vytváří oddenek s plazivými podzemními výběžky. Lodyha je přímá, lehce prohnutá a dosahuje výšky až 50 cm. Listy jsou čárkovité, asi 3 mm široké a jsou zašpičaté. Na povrchu jsou drsné a mají lesklé pochvy. Kveté nejvíce v květnu, ve vyšších polohách až do července. Plodem je zploštělá hnědá nažka. Ostřice štíhlá je u nás rozšířena téměř všude od nížin až po vysokohorské oblasti. Ostřice se vyskytuje především na trvale zamokřených stanovištích. Nejvíce se vyskytuje v příkopech, na březích vod, v močálech, rašeliníštích, slatiništích na mokřích loukách, ale i na pastvinách.

Ostřice měchýřkatá (*Carex vesicaria*)

Středně vysoká, vytrvalá, tmavě zelená, pobřežní i bažinná bylina. V půdě vytváří krátce výběžkatý plazivý oddenek. Lodyhy jsou přímé, drsné, ostře trojhranné a dosahují výšky 100 cm. Listy jsou střídavě ploché, čárkovité, drsné až 6 mm široké a jsou stejně dlouhé jako lodyhy. Kveté převážně v dubnu a květnu, někdy i později. Plodem jsou nažky obalené srostlým listencem (měchýřkem). Na společném stanovišti se často zaměňuje s podobnou *Carex rostrata*. U nás se hojně vyskytuje v celém území našeho státu od nížin až do podhůří na březích vod, na bažinných místech, zamokřených loukách a pastvinách. Její výskyt charakterizuje vysoké zamokření půdy.

Chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*)

Je to vytrvalá tráva vzrůstného tvaru. Oddenek je dlouze plazivý, větvený, a vytváří tak hustý porost. Vzhledem dosti připomíná rákos. Dosahuje výšky až 200 cm. Listy jsou ploché, slabě drsné, okolo 20 mm široké a ke konci zašpičaté. Obilky jsou lesklé, až 4 mm dlouhé, červenohnědé barvy. Kveté v červnu a červenci. Vegetuje od časného jara, tím poskytuje ranou píci. V porostech potlačuje ostatní trávy. U nás roste od nížin až do podhůří, ale vyskytuje se zřídka i v horských oblastech. Tato tráva je značně náročná na vláhu, a proto se nejvíce vyskytuje na březích vod, v močálech, v zaplavených loukách a v příkopech.

3 Popis sledované lokality

3.1 Třeboňsko

Třeboňsko je krajinou, která je úzce svázána s historií lidského osídlení. Vznikala a přetvářela se dlouhodobým ovlivňováním přírody lidskou činností. V průběhu staletí se dosáhlo určité harmonie, kde jsou lidské aktivity v relativním souladu s přírodou. Díky bohatosti mokřadních biotopů se na území vyskytuje velký počet rostlinných a živočišných druhů (Květ, 2000). V rovinném terénu mokřady tvoří často plynule navazující hydrosérii, která pokrývá značnou plochu, a má tedy krajinářský i hospodářský význam (Jeník, 1983).

Oblast Třeboňska se rozprostírá na ploše 700 km² a je charakterizována četností rybníků, rašelinišť, podmáčených luk a menšími mokřady a patří k územím střední Evropy s největším zastoupením mokřadů (Květ, 2000). Tyto mokřady tvoří 16 % z rozlohy CHKO/BR Třeboňsko a jsou součástí systému NATURA 2000 (Bureš, 2000). Probíhá zde botanický, hydrobiologicko-rybářský a zoologický výzkum, který má dlouholetou tradici. V roce 1977 bylo Třeboňsko vyhlášeno jednou ze šesti českých Biosférických rezervací programu Člověk a biosféra (MAB) UNESCO a některé vybrané části byly zařazeny mezi Mokřady mezinárodního významu chráněné Ramsarskou konvencí “Třeboňské rybníky“ v roce 1991 a “Třeboňská rašeliniště“ v roce 1993. Třeboňsko tak získalo mezinárodní význam jako území poskytující cenné poznatky o struktuře a funkci mokřadních ekosystémů (Květ, 2000).

Krajina Třeboňska se vlivem člověka začala intenzivně přetvářet už ve 14. století, a to zejména vodohospodářskými úpravami. Výsledkem byl vznik důmyslné sítě kanálů, stok a umělých vodních toků (Nová řeka, Zlatá stoka) a s více jak 500 různě velkými rybníky v šestnácti rybníčních soustavách, které tvoří z Třeboňska centrum českého rybářství. Díky rybníkům se zachovalo velké množství cenných mokřadních biotopů. Tyto mokřadní biotopy tvoří 16 % celkové plochy CHKO Třeboňsko (Bureš, 2000). Oblast Třeboňska je součástí sítě biocenter a biokoridorů ÚSES ČR. Část je zařazena do evropské ekologické sítě EECONET a do mezinárodní sítě území ekologického výzkumu (*Long-Term Ecological Research Site*). Je také významným ptačím územím (*Important Bird Areas*) v programu organizace *Birdlife International* a významným ptačím (Hora, 2000).

Podle IUCN (1971) patří k mokřadům Třeboňska následující typy:

a, *tekoucí vody* (řeky, potoky, stoky, nivy, mrtvá ramena aluviální lesy a louky

b, *rašeliniště, slatiniště a vrchoviště*

c, *mělká jezera* (rybníky s pobřežními pásmy a okrajovými močály)

d, *zatopené pískovny, lomy, štěrkovny*

e, *drobné mokřady, vzniklé převážně lidskou činností*

(Květ, 2000)

3.2 Zábblatské louky

Sledovaná lokalita Zábblatské louky se nachází na východním okraji Třeboňské pánve 1km jižně od obce Lhota u Dynína. Leží v nadmořské výšce 426-427 m.n.m. a zaujímá plochu okolo 108 ha. Zábblatské louky byly v roce 1994 správou CHKO Třeboňsko vyhlášeny Přírodní rezervací (PR) (Štěpánová, 2009). Misařová (2005) charakterizuje půdu jako organickou (podíl organické hmoty je cca 42%) a oligotrofní. Půdním druhem je prachovitá hlína s kyselým pH. Tato přírodní rezervace je charakteristická komplexem podmáčených luk, který navazuje na rybniční litorály Třeboňska. Území rezervace je částí rozsáhlého rašeliniště, které bylo z větší části zatopeno rybníkem Zábblatským. Vodní plocha rybníka plynule přechází přes zblochanové a rákosové porosty v rozlehlé rašelinné louky. V pestré mozaice různých biotopů našla útočiště řada ohrožených a chráněných druhů rostlin (Štěpánová, 2009).

Severní část Zábblatských Luk, kde se nachází Zábblatský rybník, je tvořena rozsáhlou formací porostů vysokých ostřic (*Magnocaricion elatae*), které v sušších částech přechází v jednosečné bezkolencové (*Molinion*) a psárkové louky (*Arrhenatherion*). Na ploše, kde převažují zejména ostřice, se vyskytuje ostřice štíhlá (*Carex acuta* syn. *gracilis*), ostřice zobánkatá (*Carex rostrata*), třtina šedavá (*Calamagrostis canescens*) a suchopýr úzkolistý (*Eriophorum angustifolium*). Jižní část Zábblatských Luk je obklopena nesečenými porosty bezkolencových luk, porosty třtiny šedavé a ostřicemi, které postupně přecházejí k pásu litorální vegetace. V severozápadní části rybníka je okraj vodní hladiny lemován dílčími porosty rákosin, kde dominuje především rákos obecný (*Phragmites australis*), zblochan vodní (*Glyceria maxima*), kosatec žlutý (*Iris pseudacorus*) a orobinec úzkolistý (*Typha angustifolia*) a širokolistý

(*Typha latifolia*). Je zde zaznamenán výskyt tůňek po těžbě rašeliny, kde se nachází především bublinatka jižní (*Utricularia australis*) (Štěpánová, 2009).

Na sledované lokalitě převažovaly porosty s dominantním druhem *Carex gracilis* a *C. vesicaria*. Další druhy vyskytující se na lokalitě jsou *Phalaris arundinacea*, *Lythrum salicaria*, *Galium palustre* a *Calliergonella cuspidata* (Edwards, 2009). Vegetace na lokalitě se podle Katalogu biotopů v České republice řadí mezi vegetaci vysokých ostřic M. 1. 7. Tyto ostřice jsou dány výškou a zápojem dominantní ostřice (Chytrý a kol., 2009).

Záblatské louky jsou každoročně koseny na sušších místech. Většina však zůstává nekosena, a to především část bezkolencových luk při pobřeží rybníka, které jsou takto ponechány přirozenému vývoji bez zásahu člověka. V rezervaci jsou pozemky roztrženy mezi několik soukromých vlastníků a rozsah obhospodařovaných ploch není stálý. V minulém století v 70. a 80. letech, byla společenstva luk těžce poškozena, a to nadměrnou aplikací prasečí kejdy z blízkých výkrmen. V dnešní době je zde užívání hnojiv zakázáno a stav rezervace se již rapidně zlepšil (Štěpánová, 2009).

Celkově lze Záblatské louky charakterizovat jako okrajový (marginální) mokřad umístěný v zaplavovaném území velkého rybníka. Podle Mitsche a Gosselinka (2000) Záblatské louky patří mezi „vnitrozemské mělké mokřady“, které jsou charakteristické sezónními záplavami. V těchto typech mokřadů je povrch půdy pokrytý vodou alespoň po část vegetačního období vodním sloupcem 10-15 cm.

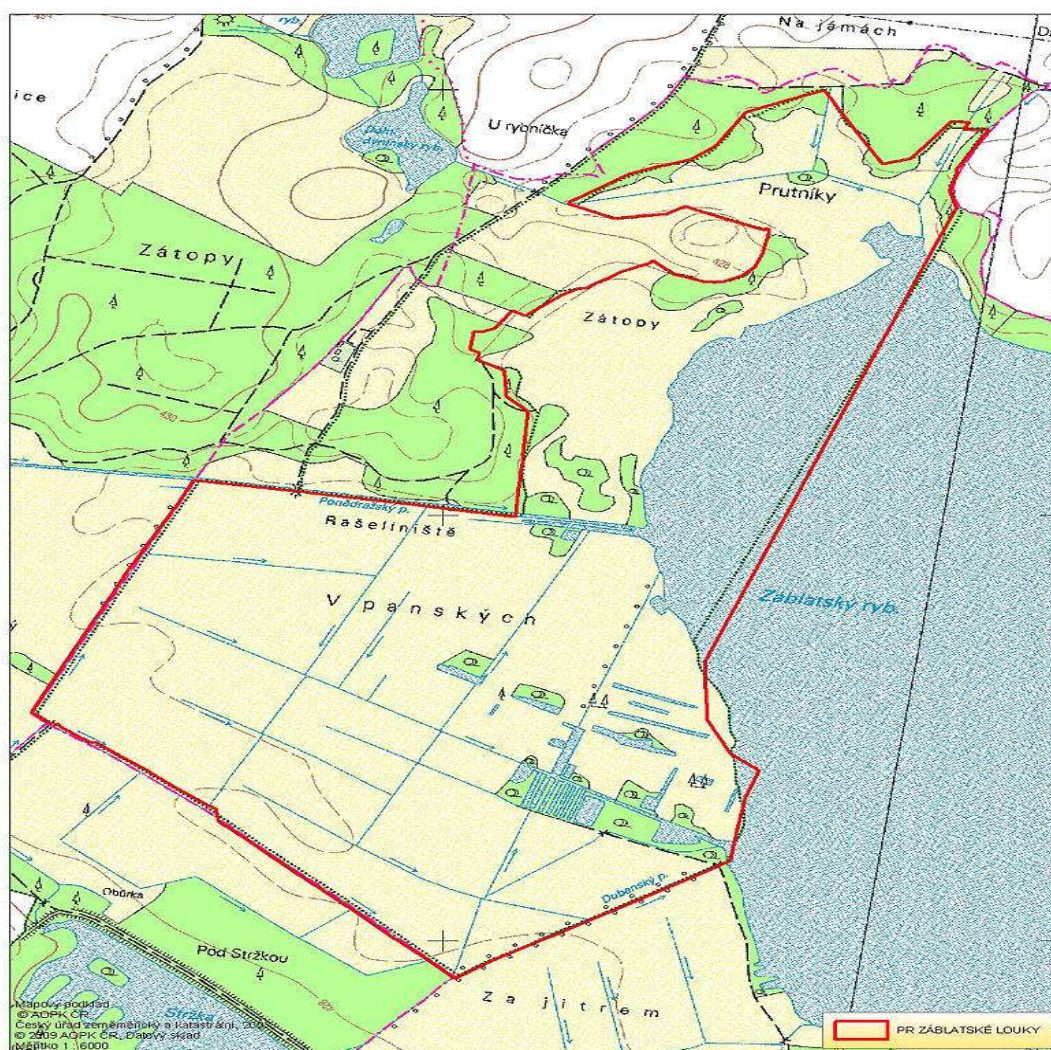
3.3 Poměry geologické

Předpokládaný vývoj podloží a střídání ekosystémů lze charakterizovat od 1000 př. n. l. Nynější málo propustné podloží Záblatských Luk je tvořeno světlými kaolinickými pískovci a pestrými a bělošedými jílovci. Svrchní oddíl podloží je tvořen nepropustnými jíly klikovského souvrství, které místy vystupují k povrchu. Toto souvrství je překryto holocenním ložiskem slatinné rašeliny. Výška hladiny mokřadu dosahuje několika centimetrů převážně proto, že pravidelně vyvěrá podzemní voda na povrch, nebo je napájena deštěm a přítomnými prameny. V minulosti byla rašeliniště místy odtěžena a zůstala zachována drobná jezírka (Štěpánová, 2009). Hydrologické poměry studované lokality jsou určeny hospodařením v blízkém Záblatském rybníce, protože hladina vody na lokalitě je dána hladinou vody v rybníce.

S výjimkou období podzimních výlovů 1x za dva roky je hladina v rybníce udržována na stálé úrovni, díky níž hladina vody na studované lokalitě je blízka povrchu půdy. Mimoto jsou Zábalské louky postihovány přirozenými povodněmi.

Na Obr. 1: Mapa je uvedena mapa studované lokality Zábalské louky

Obr. 1: Mapa Zábalské louky



V tabulce 1 jsou uvedeny fyzikální a chemické parametry půdy sledované lokality Zábłatské louky.

Tab. 1: Fyzikální a chemické parametry půdy sledované lokality Zábłatské louky (Podle Picka et al. (2008))

Lokalita	Zábłatské louky
Objemová hmotnost (g.cm^{-3})	$0,21 \pm 0,02$
Obsah jílových částic (%)	22,5
Obsah písku (%)	0,0
Celkový obsah C (%)	$22,33 \pm 2,25$
Celkový obsah N (%)	$1,18 \pm 0,09$
Celkový obsah P (%)	$0,19 \pm 0,01$
Poměr C/N	18,9
$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$	5,1
pH_{KCl}	4,3
$\text{NO}_3\text{-N}$ [0,5 M K_2SO_4] (g.kg^{-1})	$2,28 \pm 1,05$
$\text{NH}_4\text{-P}$ [0,5 M K_2SO_4] (g.kg^{-1})	$2,72 \pm 1,79$
$\text{PO}_4\text{-P}$ [oxalát] (g.kg^{-1})	$1,12 \pm 0,12$
K (g.kg^{-1})	$4,36 \pm 0,29$
Ca (g.kg^{-1})	$1,37 \pm 0,35$
Mg (g.kg^{-1})	$1,82 \pm 0,09$
Fe (g.kg^{-1})	$18,80 \pm 0,93$

4 Metodika

4.1 Principy použité metodiky (produkční ekologie)

Produkční ekologie je odvětví studující produkční charakteristiky ekosystémů a jejich složek. Data se obvykle získávají destruktivními odběry rostlinné biomasy, která se stanovuje přímo váhově nebo nepřímo stanovováním obsahu vody, obsahu chlorofylu, obsahu dusíkatých látek apod. Jedná se o běžně používanou metodu, která dovoluje poznat podrobnou strukturu nejen porostu, ale i jednotlivých populací rostlin. Pro svou jednoduchost s minimálním použitím technických pomůcek patří k široce používaným metodám při studiu produkce ekosystémů (Jakrlová, 1987).

4.2 Definice základních termínů

Pro vysvětlení pojmů jsem použila definice podle Rychnovské (1985), Larchera (1988) a Nečase a Květa (1966). Biomasu můžeme rozdělit na nadzemní a podzemní část rostlin, ale také na reprodukční a vegetační.

Nadzemní biomasa je tvořena zelenou částí rostlin.

Podzemní biomasa je tvořena kořeny trav, oddenky, hlízkami a cibulemi (Rychnovská, 1985).

Produkce je syntetická práce asimilující rostliny a lze ji vyjádřit množstvím vytvořené celkové sušiny nebo její definované části (Nečas a Květ, 1966).

Primární produkci se rozumí množství sušiny vytvořené vegetačním pokryvem na dané ploše (Larcher, 1988). Primární produkce se používá ve všech případech růstové analýzy a dělí se na čistou a hrubou primární produkci.

Čistá produkce je tvořena množstvím sušiny, které zůstává z hrubé produkce po odečtení podílů, které byly rostlinou ztraceny prodýcháním i opadem odumřelých částí.

Hrubá produkce je dána celkovou produkcí sušiny včetně té, které byly rostlinou ztraceny prodýcháním i odumřením a opadem částí rostlin. Celková produkce je nadzemní produkce plus podzemní produkce. Slouží především pro praktické účely růstové analýzy u suchozemských rostlin (Nečas a Květ, 1966).

4.3 Uspořádání pokusu

Na lokalitě byly vytyčeny 4 bloky označené dřevěnými kůly. Každý blok byl ještě rozdělen na tři plochy o velikosti 3,5 x 3,5 m, které se lišily intenzitou hnojení. První varianta byla vysoce hnojená, druhá mírně hnojená a třetí varianta byla bez hnojení:

- a) vysoce hnojená, značena jako „HIGH“ s dávkou hnojiv (cca 300 kg NPK. ha⁻¹. rok⁻¹)
- b) mírně hnojená, značena jako „LOW“ s dávkou hnojiv (cca 65 kg NPK . ha⁻¹. rok⁻¹)
- c) nehnojená plocha, značena jako „NO“.

4.4 Metoda odběru nadzemní biomasy a zpracování vzorků

Odběr vzorků nadzemní biomasy proběhl dne 12. 6. 2009 před prvním kosením luk. Pro stanovení nadzemní biomasy byl zvolen následující postup podle Jakrlové (1987). Při odběru byly na jednotlivých plochách náhodně vybrány čtverce o velikosti 0,5 x 0,5 m. Pomocí odběrových vidlic byla odebírána čerstvá biomasa, která v místě čtverce kořenila, proto bylo potřeba porost rozdělit podle hrany odběrové vidlice. Biomasa se odebírala zahradnickými nůžkami, kdy se stříhaly prýty 5 cm nad zemí. Biomasa ostříhaná 5 cm nad zemí reprezentovala výnos. Poté se odebrala biomasa strniště, kdy zbývající nadzemní části rostlin byly odstříženy těsně nad povrchem půdy. Pro zjištění biomasy se odebíral i opad. Z každé plochy se odebíraly vzorky ve dvou opakováních (A, B). Ze 12 ploch se tedy celkově odebralo 24 vzorků (výnos + strniště) při jednom odběru. Veškerý odběr se dával do předem připravených označených pytlů. Ty se pak umístily do stínu, aby se zabránilo zapaření. Poté byly jednotlivé pytle převezeny do laboratoře, kde byly uloženy do ledničky. V laboratoři se musely vzorky zpracovat do 14 dnů, aby se předešlo hnití materiálu. Vzorky se jednotlivě zpracovávaly na živé a odumřelé části rostlin. Zvlášť se třídil také opad, který se nedal blíže určit. Biomasa byla tříděna na jednotlivé druhy. Roztříděná biomasa se dávala do menších papírových sáčků a nechala se vysušit v elektrické sušárně při teplotě 85 C° do konstantní hmotnosti. Po vysušení byly vzorky zváženy. Hodnoty byly zaokrouhleny na 0,1 g. Nadzemní biomasa byla přepočítána z odebrané plochy 0,25 m² na plochu 1 m². Při hodnocení výsledků se druhy sloučily do frakcí: *ostřice, zblochan, sítiny, dvouděložné, ostatní trávy, mechorosty a opad*.

5 Výsledky

Z jednoděložných rostlinných druhů převládaly ostřice měchýřkatá (*Carex vesicaria*), ostřice štíhlá (*Carex acuta*) a chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*). Biomasa ostřic nebyla tříděna do druhu. Mezi ostatními méně častými rostlinnými druhy jednoděložných se vyskytovaly zblochan vodní (*Glyceria maxima*), metlice trsnatá (*Deschampsia caespitosa*), sítina rozkladitá (*Juncus effusus*) a suchopýr úzkolistý (*Eriophorum angustifolium*) a ostatní trávy. Z dvouděložných druhů se vyskytovaly kyprej vrbice (*Lythrum salicaria*), svízel bažinný (*Galium palustre*), rdesno obojživelné (*Persicaria amphibia*), pryskyřník plazivý (*Ranunculus repens*) a vrbina penízková (*Lysimachia nummularia*).

5.1 Výnos

V mých pozorováních v tab. 1. dosahovaly maxima průměrné hodnoty hmotnosti celkové biomasy výnosu tj. (živé i odumřelé bez opadu) u ploch s vysokou intenzitou hnojení ($549,13 \text{ g.m}^{-2}$). Hmotnost živé biomasy byla $517,37 \text{ g.m}^{-2}$ a odumřelé biomasy $31,76 \text{ g.m}^{-2}$. Nejnižší hmotnost celkové biomasy výnosu tj. (živé i odumřelé bez opadu) zaujímaly plochy nehnojené ($439,25 \text{ g.m}^{-2}$). Ve srovnání s živou biomasou výnosu byla odumřelá poměrně nízká. Nižší produkci mechorostů může mít za následek hnojení, které na lokalitě probíhá. To lze usuzovat z dat celkové nadzemní biomasy a také poměru nadzemní a podzemní biomasy. Zajímavé je množství průměrné odumřelé biomasy výnosu na plochách s nízkou intenzitou hnojení ($25,17 \text{ g.m}^{-2}$), které je nižší, než na plochách nehnojených ($27,49 \text{ g.m}^{-2}$). Je zvláštní, že u ostatních dvouděložných byla biomasa ve všech plochách velmi nízká. Velký podíl živé + odumřelé biomasy výnosu zaujímala hmota ostřic (přes 80%).

Tab. 1. Průměrná hmotnost živé a odumřelé biomasy výnosu (g.m^{-2}) všech ploch v době seče (12. 6. 09) v závislosti na intenzitě hnojení. Data udávají průměr ze dvou opakování (A, B) v rámci plochy a varianty hnojení.

Varianta*	Ž/M	ostřice	chrastice rákosovitá	ostatní jednoděložné	ostatní dvouděložné	mechy	celkem
NO	Ž	339,43	35,07	25,98	10,67	0,61	411,76
LOW	Ž	386,97	21,04	29,07	18,86	2,35	458,30
HI	Ž	416,22	61,89	21,14	18,12	0,00	517,37
NO	M	24,00	3,05	0,45	0,00	0,00	27,49
LOW	M	20,74	1,51	2,92	0,00	0,00	25,17
HI	M	25,06	6,23	0,45	0,02	0,00	31,76

*NO- plocha nehnojená, LOW-plocha s nízkou intenzitou hnojení ($65 \text{ kg NPK} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$), HI- je plocha s vysokou intenzitou hnojení ($300 \text{ kg NPK} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$), Ž- živá biomasa, M- mrtvá biomasa.

Podrobnější údaje o hmotnosti živé a odumřelé biomasy výnosu ukazují tabulky 1-2, 5-6, 9-10 v kapitole Přílohy.

5.2 Strniště

Biomasy strniště bylo méně než u výnosu. Strniště se může považovat za posklizňový zbytek, který zůstává na půdě, a tím obohacuje půdu o potřebné živiny.

Tab. 2. ukazuje nejvyšší hodnotu celkové biomasy strniště tj. (živé i odumřelé bez opadu) na plochách nehnojených ($273,47 \text{ g.m}^{-2}$) a nejnižší na plochách s vysokou intenzitou hnojení ($173,92 \text{ g.m}^{-2}$). Nejvíce průměrné hmoty strniště bylo zaznamenáno na plochách nehnojených ($232,18 \text{ g.m}^{-2}$). Také na plochách nehnojených se vyskytoval nejvyšší počet ostřic ($106,55 \text{ g.m}^{-2}$). Nicméně byl nalezen rozdíl v poměru množství živé a odumřelé biomasy strniště. Větší biomasa byla přidělena živé hmotnosti strniště.

Živá biomasa mechů dosahovala u ploch nehnojených a u ploch s nízkou intenzitou hnojení podobných hodnot. Zvláštní jsou nízké hodnoty odumřelé biomasy mechů a ostatních dvouděložných. Stejně jako u biomasy výnosu zaujímá odumřelá biomasa ostřic vysokých hodnot. Z výsledků strniště vyplývá, že růst rostlin byl přidavkem živin potlačen a plochy s vysokou intenzitou hnojení měly nejmenší hmotnost biomasy. Podrobnější údaje o hmotnosti živé a odumřelé biomasy strniště ukazují tabulky 3-4, 7-8, 11-12 v kapitole Přílohy.

Tab. 2. Průměrná hmotnost živé a odumřelé biomasy strniště (g.m^{-2}) všech ploch v době seče (12. 6. 09) v závislosti na intenzitě hnojení. Data udávají průměr ze dvou opakování (A, B) v rámci plochy a varianty hnojení.

Varianta *	Ž/M	ostřice	chrastice rákosovitá	ostatní jednoděložné	ostatní dvouděložné	mechy	celkem
NO	Ž	69,01	10,94	20,67	2,94	128,62	232,18
LOW	Ž	51,97	3,42	14,84	3,28	128,12	201,63
HI	Ž	77,64	15,42	9,34	3,69	37,54	143,64
NO	M	37,54	1,39	2,35	0,00	0,00	41,29
LOW	M	13,41	4,15	7,91	0,54	0,00	26,02
HI	M	24,94	4,61	0,72	0,00	0,00	30,28

*NO- plocha nehnojená, LOW-plocha s nízkou intenzitou hnojení ($65 \text{ kg NPK} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$), HI- je plocha s vysokou intenzitou hnojení ($300 \text{ kg NPK} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$), Ž- živá biomasa, M- mrtvá biomasa.

5.3 Celková produkce nadzemní biomasy

V tab. 3 dosáhly nejvyšší celkové produkce nadzemní biomasy plochy s vysokou intenzitou hnojení (723,05 g.m⁻²). Plochy s nízkou intenzitou (711,12 g.m⁻²) a plochy nehnojené dosáhly podobných hodnot jako plochy s nízkou intenzitou hnojení (712,72 g.m⁻²).

Tab. 3. Průměrná hmotnost živé + odumřelé celkové produkce nadzemní biomasy (g.m⁻²) všech ploch v době seče (12. 6. 09) v závislosti na intenzitě hnojení. Data udávají průměr ze dvou opakování (A, B) v rámci plochy a varianty hnojení.

Varianta *	Ž+M	ostřice	chrastice rákosovitá	ostatní jednoděložné	ostatní dvouděložné	mechy	celkem
NO	Ž+M	469,98	50,45	49,45	13,61	129,23	712,72
LOW	Ž+M	473,09	30,12	54,74	22,68	130,47	711,10
HI	Ž+M	543,86	88,15	31,65	21,83	37,54	723,04

*NO- plocha nehnojená, LOW-plocha s nízkou intenzitou hnojení (65 kg NPK . ha⁻¹. rok⁻¹), HI- je plocha s vysokou intenzitou hnojení (300 kg NPK. ha⁻¹. rok⁻¹), Ž- živá biomasa, M- mrtvá biomasa.

5.4 Opad

Opadem se rozumí organická hmota, která vznikla v předešlém roce. Tabulka 4 ukazuje průměrné množství opadu ze tří studovaných ploch. Nejvyšší průměrná produkce opadu byla na plochách nehnojených (307,2 g.m⁻²) a nejnižší na plochách s nízkou intenzitou hnojení (240,8 g.m⁻²). Plochy s vysokou intenzitou hnojení dosahovaly maxima (273,8 g.m⁻²). Produkce nadzemní biomasy se lišila mezi plochami různých variant (NO, LOW, HI). Jak je v tabulce vidět, se stoupající dávkou hnojení klesá celkové množství opadu. Podrobnější tabulka o hmotnosti opadu je uvedena v kapitole (Přílohy – Tabulka 13).

Tab. 4. Průměrná hmotnost opadu (g.m⁻²) době seče (12. 6. 09)

Varianta*	Průměr
NO	307,2
LOW	240,8
HIGH	273,8

*NO- plocha nehnojená, LOW-plocha s nízkou intenzitou hnojení 65 kg NPK . ha⁻¹. rok⁻¹), HI- je plocha s vysokou intenzitou hnojení (300 kg NPK. ha⁻¹. rok⁻¹). Ž-živá biomasa, M-mrtvá biomasa.

6 Diskuse

6.1 Možnosti interpretace získaných dat

Jedním z úkolů řešeného projektu je stanovit čistou primární produkci nadzemní biomasy. U nekosených porostů lze její velikost odhadnout z velikosti sezónního maxima nadzemní biomasy. U kosených porostů se roční čistá primární produkce nadzemní biomasy často odhaduje na podkladě součtu výnosů nadzemní biomasy v době jednotlivých sečí, který je ideálně doplněný ještě o hodnotu celkové nadzemní biomasy na konci vegetační sezóny. V této práci nebylo možné vzorky biomasy na konci vegetační sezóny odebrat pro záplavu. Je tedy třeba posoudit, do jaké míry zjištěné hodnoty biomasy z červnového odběru mohou posloužit pro odhad čisté primární produkce, který by bylo možné porovnat s hodnotami čisté primární produkce minulých let.

V roce 2009 byly na počátku vegetační sezóny vhodné podmínky počasí pro rozvoj travinné vegetace. Zima byla mírná, bez dlouhotrvající sněhové pokrývky, a jarní měsíce byly teplotně i srážkově velmi příznivé. V důsledku toho porost na Zábblatských loukách dosáhl neobvykle vysoké biomasy již v červnu, ačkoli v jiných letech první seč obvykle probíhá až o měsíc později. Dále však již porost příliš nepřirůstal, protože od července prakticky do konce vegetační sezóny byla lokalita zaplavena. Proto je pravděpodobné, že nadzemní biomasy z červnového odběru jsou blízké hodnotám sezónního maxima nadzemní biomasy.

Hnojení na lokalitě Zábblatské louky probíhá od roku 2006. V letech 2006-2008 byla lokalita hnojena dvakrát během vegetační sezóny. První dávka byla aplikována na začátku května a druhá v polovině července (Píček a kol., 2008). V roce 2009 však hnojení nebylo provedeno kvůli dlouhotrvajícím záplavám. Protože nebyla lokalita pohnojena, nelze očekávat rozdíly v produkci biomasy mezi plochami různých variant (NO, LOW, HI). Provedený statistický test (ANOVA hlavních efektů) skutečně neprokázal rozdíly mezi variantami (Čížková, ústní sdělení).

Z dlouhodobého hlediska však hnojení v předchozích letech může mít vliv na druhové složení porostu. To, že se od roku 2006 na lokalitě hnojí, může mít za následek nižší produkci biomasy mechorostů. Rozdíl v biomase mechorostů mezi variantami byl statisticky průkazný (Čížková, ústní sdělení).

6.2 Porovnání zjištěných údajů s ostatními autory v rámci prováděného výzkumu

Sláma (2010) hodnotil produkci nadzemní biomasy na Hamerských loukách, kde probíhá paralelní pokus s hnojením o stejném uspořádání. Hamerské louky je lokalita v nivě řeky Nežárky mezi obcemi Val a Hamr. Při prvním odběru (10. 6. 09) Sláma udává nejvyšší průměrnou hmotnost celkové biomasy výnosu (tj. živé i odumřelé) na plochách s vysokou intenzitou hnojení ($443,89 \text{ g.m}^{-2}$). Hmotnost celkové biomasy strniště (tj. živé i odumřelé) byla nejvyšší na plochách nehnojených ($85,76 \text{ g.m}^{-2}$). Podobně největší hmotnost živé biomasy strniště měly plochy nehnojené ($84,89 \text{ g.m}^{-2}$). Plochy s nízkou a vysokou intenzitou hnojení se vzájemně příliš nelišily ($71,96 \text{ g.m}^{-2}$ a $71,32 \text{ g.m}^{-2}$).

Výsledky čisté primární produkce bez opadu dosáhly nejvyšších hodnot na plochách intenzivně hnojených $566,26 \text{ g.m}^{-2}$. Na plochách s nízkou intenzitou hnojení dosáhl $469,48 \text{ g.m}^{-2}$ a na plochách nehnojených $500,43 \text{ g.m}^{-2}$. Tyto rozdíly však nebyly statisticky průkazné. Porovnáním výsledků čisté primární produkce Slámy (2010) a mých na různých lokalitách, docházíme k průkaznému rozdílu v množství nadzemní biomasy. Příčinou toho, že Záblatské louky měly větší produkci biomasy než Hamerské louky, může být odlišnost půd, kdy na Záblatských loukách převládá organická půda, kde jsou živiny více poutány ve větší míře jak v samotné organické hmotě, tak na jejím povrchu díky větší sorpční kapacitě. Na Hamrech je půda minerální, z níž jsou živiny při povodních snáze vyplavovány.

Výzkumem vlivu hnojení na nárůst biomasy se v letech 2006-2008 zabýval Edwards (2009). Studoval rostlinné složení a hmotnost nadzemní biomasy na Záblatských lukách. V roce 2007 dosahovala nadzemní primární produkce biomasy nejvyšších hodnot na plochách intenzivně hnojených (504 g.m^{-2}). Na plochách s nízkou intenzitou hnojení pak (396 g.m^{-2}) a nejmenší nadzemní biomasu měly plochy nehnojené (378 g.m^{-2}). Dle mého názoru mají plochy nehnojené a s nízkou intenzitou hnojení podobné hodnoty nadzemní biomasy. V roce 2008 zaznamenal nejvyšší nadzemní primární produkci biomasy u ploch s vysokou intenzitou hnojení (686 g.m^{-2}). U ploch s nízkou intenzitou hnojení dosahovala produkce nadzemní biomasy hodnot (645 g.m^{-2}). Plochy nehnojené měly nejméně biomasy (603 g.m^{-2}). V této práci je vidět, že vyšší dávka hnojení přispívala k vyšší produkci nadzemní biomasy.

Výzkum na Zábłatských loukách bude dál probíhat od roku 2009 do roku 2013 a přinese tak jistě další potřebné údaje.

Jak je vidět v práci Edwardse (2009) více nadzemní biomasy bylo dosaženo v roce 2008 oproti roku 2007. V pozorováních Edwardse (2009) byla roční produkce nadzemní biomasy v roce 2008 menší než nadzemní biomasa při mém odběru v roce 2009. Je pravděpodobné, že velká produkce v roce 2009 byla umožněna díky mimořádně příznivému počasí na jaře 2009.

Ve své bakalářské práci jsem zjistila, že Zábłatské Louky dosáhly v roce 2009 své maximální hodnoty celkové produkce nadzemní biomasy na plochách s vysokou intenzitou hnojení ($723,05 \text{ g.m}^{-2}$). Na plochách s nízkou intenzitou pak ($711,12 \text{ g.m}^{-2}$). Plochy nehnojené dosáhly podobných hodnot jako plochy s nízkou intenzitou hnojení ($712,72 \text{ g.m}^{-2}$). Celková biomasa bez opadu tedy měla nejvyšší hodnotu na ploše s vysokou intenzitou hnojení.

Řepík (2007) uvádí vertikální distribuci biomasy v porostu mokrých luk v souvislosti s živinovým zatížením a prostupem světla. Zabýval se produkcí nadzemní biomasy na Zábłatských loukách pro rok 2005-2006. Pro srovnání nadzemní biomasy jsem zvolila dobu sklizně červenec 2006, protože v červnu odběr neprobíhal. Celková biomasa dosáhla hodnot $741,3 \text{ g.m}^{-2}$. Z toho $461,8 \text{ g.m}^{-2}$ tvořila živá biomasa a $279,5 \text{ g.m}^{-2}$ odumřelá biomasa. Z výsledků je patrné, že Řepík dosáhl obdobných hodnot. V mé práci byla nejvyšší celková biomasa na ploše s vysokou intenzitou hnojení $723,05 \text{ g.m}^{-2}$. Rozdíl je pravděpodobně způsoben tím, že Řepík přidával jiné množství hnojiv do půdy ($60 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$ a $120 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$).

Jak jsem uvedla v kapitole 6.1, hodnoty nadzemní biomasy zjištěné v časovém odběru roku 2009 jsou pravděpodobně blízké maximální sezónní nadzemní biomase porostu a mohou tedy být použity také jako odhad roční čisté primární produkce nadzemní biomasy. Ze srovnání ostatních autorů je patrné, že primární produkce může být ovlivněna podmínkami stanoviště i hydrologickými podmínkami. Získané údaje nasvědčují tomu, že by se vlivem hnojení zvýšila primární produkce. Toto však nemohu potvrdit, jelikož plocha v době odběru nebyla pohnojena.

6.3 Porovnání výsledků s údaji jiných autorů v literatuře

O produkci nadzemní biomasy rozhoduje především to, o jaký typ porostu se jedná a dále stanovištní podmínky, které jsou pro každou lokalitu jiné. Bylo také zjištěno, že celková biomasa mokřadního travinného porostu je ovlivněna ročníkem, především jeho hydrologickými poměry (Tetter, 1987).

Květ (1983) uvádí celkové množství nadzemní biomasy 625 – 1800 g.m⁻² pro nekosený porost na Mokřích loukách u Třeboně. Nadzemní biomasa u kosených ploch dosahovala hodnot 941 - 1478 g.m⁻². Vysoké hodnoty jsou pravděpodobně způsobeny velkým podílem opadu a eutrofizací živinami z okolních hnojených ploch.

Produkci nadzemní biomasy zkoumala podobně Kuncová (2009). V její práci se hodnotila produkce nadzemní biomasy ostřic a ostatních doprovodných druhů na lokalitě Mokré louky u Třeboně. Výsledky odběru (13. 6. 08) udávají celkový průměr z osmi vzorků. Celková hmotnost biomasy ostřice (tj. živá i odumřelá) dosahovala hodnot 609,64 g.m⁻². Celková hmotnost ostatních druhů (tj. živé i odumřelé) dosahovala 51,6 g.m⁻². U opadu dosáhla celková hmotnost 718,4 g.m⁻². V mých výsledcích měla největší nadzemní biomasu plocha s vysokou intenzitou hnojení (723,05 g.m⁻²), kde biomasa ostřic dosahovala hodnot 543,86 g.m⁻², která je blízká hodnotě ostřic Kuncové.

Produkcí ostřicového společenstva se zabývala i Lukavská (1988), která na lokalitě Mokré louky u Třeboně sledovala sezónní změny nadzemní biomasy. Použila metodu “častých malých odběrů“. Vzorky se odebíraly ze čtyř čtvercových plošek 0,25 m², v koseném i nekoseném porostu. Údaje z roku 1985 ukazují, že živá biomasa v koseném porostu dosáhla hodnot 960,8 g.m⁻² a neživá biomasa s opadem 348,0 g.m⁻². V nekoseném porostu dosáhl maximální výnos živé biomasy 1059,0 g.m⁻² a stařina a opad 518,4 g.m⁻². Tyto údaje se liší oproti mým výsledkům, kdy nejvyšší živá biomasa byla zaznamenána na plochách s vysokou intenzitou hnojení (661,01 g.m⁻²) a odumřelá biomasa byla nejvyšší na plochách nehnojených (68,78 g.m⁻²). Do těchto hodnot nebyl zahrnut opad.

7 Závěr

Předkládaná bakalářská práce je součástí projektu GA ČR 526/09/1546, zaměřeného na studium eutrofizace mokřých luk. Jejím cílem je stanovit nadzemní produkci travinného mokřadního porostu Přírodní rezervace Zábřatské louky u Třeboně ve vztahu k dostupnosti živin.

Nadzemní biomasa byla stanovena destruktivní metodou. Byl proveden jeden odběr v době první seče (12. 6. 2009). Vzorky byly odebrány ve dvou opakováních (0,5 x 0,5 m) na každé ze 12 studovaných ploch.

U rostlinných druhů převládaly zejména ostřice měchýřkatá, ostřice štíhlá a chrastice rákosovitá. Mezi ostatními méně častými rostlinnými druhy jednoděložných se vyskytovaly zblochan vodní, metlice trsnatá, sítina rozkladitá, suchopýr úzkolistý a ostatní trávy. U dvouděložných druhů se vyskytovaly kyprej vrbice, svízel bažinný, rdesno obojživelné, pryskyřník plazivý a vrbina penízková.

Nejvyšší průměrné hmotnosti živé biomasy výnosu dosáhly plochy vysoce hnojené (517,37 g.m⁻²). Průměrně nejvyšší celkovou biomasu výnosu měly také plochy s vysokou intenzitou hnojení (549,13 g.m⁻²). Nejvyšší živá biomasa strniště byla zaznamenána na plochách s nízkou intenzitou hnojení, kde dosahovala hodnot 232,18 g.m⁻². Celková biomasa strniště dosáhla maxima na plochách nehnojených (273,47 g.m⁻²). U opadu dosáhly nejvyšších hodnot plochy nehnojené (307,20 g.m⁻²).

Celková produkce nadzemní biomasy dosáhla své maximální hodnoty na plochách s vysokou intenzitou hnojení (723,05 g.m⁻²). Na plochách s nízkou intenzitou hnojení bylo zjištěno 711,12 g.m⁻² a na plochách nehnojených 712,72 g.m⁻². Jelikož nebyla lokalita v době odběru pohnojena, rozdíly mezi variantami nejsou průkazné.

8 Seznam literatury

ANONYMUS 1 [on-line], [cit. 12. 12. 2009]. Dostupné na internetu:

<http://www.daphne.cz/indikacezivin/ziviny.shtml>.

ANONYMUS 2 [on-line], [cit. 12. 12. 2009]. Správa Národního parku Podyjí.

Dostupné na internetu: www.nppodyji.cz/koseni.

ANONYMUS 3 [on-line], [cit. 12. 12. 2009]. Dostupné na internetu: <http://www.vuzt.cz>

ANONYMUS 4 [on-line], [cit. 12. 12. 2009]. Dostupné na internetu:

http://www.info.lu2.name/soubory/fytotechnika_01_97.doc.

BROM, J. (2008): Úloha vegetace v kulturní krajině ve vztahu k disipaci sluneční energie. [Disertační práce], Zemědělská fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, České Budějovice, 159 s.

BUREŠ, J. (2000): Vývoj zonace a sítě maloplošných zvláště chráněných území Třeboňska. In: Sborn. Třeboňsko 2000 - Ekologie a ekonomika Třeboňska po dvaceti letech. Třeboň, 12.14. dubna 2000. ENKI, o. p. s., Třeboň, Správa CHKO Třeboňsko a národní komitét programu MaB (Člověk a biosféra) UNESCO., Třeboň, s. 40 – 43.

COWARDIN, L. M., CARTER, V., GOLET, F.C., LAROE, E.T. (1979): Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. US Fish and Wildlife Service FWS/OBS 79/31, 103 s.

ČÍŽKOVÁ, H. (2006): Faktory ovlivňující dynamiku porostů rákosu obecného v kulturní krajině. [Habilitační práce], Zemědělská fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, České Budějovice, 53 s.

ČÍŽKOVÁ, H., ŠANTRŮČKOVÁ, H. (2006): Procesy spojené s eutrofizací mokřadů. Živa 5/2006, s. 201- 204.

DUŠEK, J., VAVRUŠKOVÁ, M., ČÍŽKOVÁ, H. (2008): Úloha mokřadů v uhlíkovém cyklu. In: Pithart, D., Benedová, Z., Křováková, K.: Ekosystémové služby říční nivy. - Sborník příspěvků z konference, Ústav systémové biologie a ekologie AVČR, Třeboň, s. 44-47.

EDWARDS, K. (2009): Závěrečná zpráva projektu GA ČR, č.526/06/0276 "Eutrofizace mokřých luk".

FILIPOVÁ, M. (2006): Úloha vegetačního pokryvu v koloběhu uhlíku vybraného mokřadního ekosystému. [Diplomová práce], Ústav biologie rostlin, Fakulta agronomická, MZLU v Brně, 99 s.

HENDRYCH, R. (1984): Fytogeografie, Státní pedagogické nakladatelství v Praze, Praha, 219 s.

HORA, J. (2000): Třeboňsko jako IBA - celosvětově významné ptačí území. . In: Sborn. Třeboňsko 2000 - Ekologie a ekonomika Třeboňska po dvaceti letech. Třeboň, 12.14. dubna 2000. ENKI, o. p. s., Třeboň, Správa CHKO Třeboňsko a národní komitét programu MaB (Člověk a biosféra) UNESCO., Třeboň, s. 48 – 51.

HRON, F., ZEJBRLÍK O. (1979): Rostliny luk, pastvin, vos a bažin. SPN, Praha, 423 s.

CHYTIL J., HAKROVÁ P., HUDEC K., HUSÁK Š., JANDOVÁ J., & PELLANTOVÁ J. (1999): Mokřady České republiky - přehled vodních a mokřadních lokalit ČR. Český ramsarský výbor, Mikulov, 327 s.

CHYTRÝ, M., KUČERA, T., KOČÍ, M. (2001): Katalog biotopů ČR. AOPK ČR, Praha, 304 s.

IUCN (1971): The Ramsar Conference: Final Act of the International Conference on the Conservation of Wetlands and Watrfowl. Spec. Publ, IUCN Bull. 2,1.

JAKRLOVÁ, J. (1987): Destruktivní stanovení nadzemní biomasy. In: Rychnovská, M. a kol. (1987): Metody studia travinných ekosystémů. Academia, Praha, s. 56-64.

JENÍK, J. (1983): Mokré louky u Třeboně: Modelová lokalita biosférického fondu. In: Jeník, J., Květ, J. (eds.): Studie zaplavovaných ekosystémů u Třeboně. - Studie ČSAV. Academia, Praha, 4/83, s. 9-17.

KEDDY, P.A. (2000): Wetland Ecology. Principles and Conservation. Cambridge Univerzity Press, Cambridge, 614 pp.

KENDER, J. (2000): Teoretické a praktické aspekty krajiny. Ministerstvo životního prostředí ve spolupráci s vydavatelstvím ENIGMA, s.r.o., 220 s.

KOČÍ, V., BURKHARD, J., MARŠÁLEK, B. (2000): Eutrofizace na přelomu tisíciletí. Eutrofizace 2000, Praha, s. 3-13.

KRAVČÍK, M., POKORNÝ, J., KOHUTIAR, J., KOVÁČ, M., TÓTH, E. (2007): Voda pre ozdravenie klímy - Nová vodná paradigma. Municipalia, 93 s.

KUBŮ, F. (1978): Rybářství na Třeboňsku. In: Jeník, J. et S. Přibíl (red.): Ekologie a ekonomika Třeboňska. Třeboň, s. 307-312.

KUNCOVÁ, Š. (2009): Nadzemní produkce porostu zaplavované louky s dominantní ostřicí štíhlou (*Carex acuta*). [Diplomová práce], Zemědělská fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, České Budějovice, 63 s.

KVĚT, J. (2000): Místo Třeboňska ve světovém výzkumu mokřadních ekosystémů. In: Sborn. Třeboňsko 2000 - Ekologie a ekonomika Třeboňska po dvaceti letech. Třeboň, 12.14. dubna 2000. ENKI, o. p. s., Třeboň, Správa CHKO Třeboňsko a národní komitét programu MaB (Člověk a biosféra) UNESCO., Třeboň, s. 35-36.

KVĚT, J. (1983): Nadzemní biomasa travinné vegetace Mokřých luk. In: Jeník, J., Květ, J. (eds.): Studie zaplavovaných ekosystémů u Třeboně. - Studie ČSAV. Academia, Praha, 4/83, s. 117-121.

LARCHER, W. (1988): Fyziologická ekologie rostlin. Academia, Praha, 361 s.

LEDVINA, R., HORÁČEK, J., VÁCHALOVÁ, R., ŠINDELÁŘOVÁ, M., VÁCHAL, J. (2009): Pedologie a geologie pro obor pozemkové úpravy. Internetová učebnice. Jihočeská univerzita [on-line], [cit. 21. 9. 2009]. Dostupné na internetu: http://www2.zf.jcu.cz/public/departments/kpu/vyuka/pu/skripta_geologie/pedol_geol_obsah.htm.

LEDVINA, R., HORÁČEK, J., ŠINDELÁŘOVÁ, M. (2000): Geologie a půdoznalství, České Budějovice, 203 s.

LUKAVSKÁ, J. (1988): Vliv seče na produkční charakteristiky mokřadních travinných porostů. [Diplomová práce], Fakulta agronomická VŠZ Praha, České Budějovice, 91 s.

MISAŘOVÁ, L. (2005): Obsah dusíku a rozklad organické hmoty v půdách zamokřených luk. [Diplomová práce], Biologická fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, České Budějovice, 74 s.

MITSCH, W. J., GOSELINK, J. G. (2000): Wetlands, Third Edition. John Wiley & Sons, New York, 920 s.

NEČAS J., KVĚT J. (1966): Hodnocení produktivity rostlin a porostů metodami růstové analýzy. In: Šesták Z., Čadský J. a kol. (1996): Metody studia fotosynthetické produkce rostlin. Academia, Praha, s. 105-149.

ODUM, P., E. (1977): Základy ekologie. - Academia, Praha, 736 s.

PENKA, M.: (1985): Transpirace a spotřeba vody rostlinami, Academia, Praha, 250 s.

PICEK, T., KAŠTOVSKÁ E., EDWARDS, K., ZEMANOVÁ K., DUŠEK J. (2008): Short term effect of experimental eutrophication on carbon and nitrogen cycling in two types of wet grassland. Community Ecology 9: 1-8.

PRACH, K. (2000): Co vypovídají geobotanické studie o změnách a současném stavu třeboňské krajiny. In: Sborn. Třeboňsko 2000 - Ekologie a ekonomika Třeboňska po dvaceti letech. Třeboň, 12.14. dubna 2000. ENKI, o. p. s., Třeboň, Správa CHKO Třeboňsko a národní komitét programu MaB (Člověk a biosféra) UNESCO., Třeboň, s. 119 – 123.

PŘÍBÁŇ, K., ONDOK, J. P. (1985): Heat Balance components and evapotranspiration from a sedge - grass marsh. Folia Geobot. Phytotaxon., 20: 41-56.

RAMSARSKÁ ÚMLUVA 396/1990 Sb. Sdělení MZV- Úmluva o mokřadech majících mezinárodní význam především jako biotopy vodního ptactva. [on-line], [cit. 6. 10. 2009]. Dostupné na internetu: <http://www.env.cz>.

REDDY, K. R. a D'ANGELO, E. M. 1997. Biogeochemical indicators to evaluate pollution removal efficiency in constructed wetlands. Water Sci. Tech. 35 (5): 1-10.

RYCHNOVSKÁ, M., BALÁTOVÁ, E., ÚLEHLOVÁ, B., PELIKÁN, J. (1985): Ekologie lučních porostů. Academia, Praha, 292 s.

RYCHNOVSKÁ, M. a kol. (1987): Metody studia travinných ekosystémů. Academia, Praha, 272 s.

ŘEPÍK, M. (2007): Vertikální distribuce biomasy v porostu mokřých luk v souvislosti s živinovým zatížením a prostupem světla. [Magisterská práce], Biologická fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, České Budějovice, 60 s.

ŘÍHOVÁ-AMBROŽOVÁ, J. (2009): Eutrofizace. From Encyklopedie hydrobiologie: výkladový slovník [online]. Praha, VŠCHT Praha, [cit. 27. 12. 2009]. Dostupné na internetu: http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-006/ebook.html?p=E007.

SLAVÍKOVÁ, J. (1983): Ekologie rostlin. Univerzita Karlova, Praha, 247 s.

STEPNIEWSKI, W. a GLINSKI, J. (1988): Gas exchange and atmospheric properties of flooded soils. In: Hook, D. D. (ed.), Ecology and Management of Wetlands. 1. díl: Ecology of Wetlands. Timber Press, Portland, Oregon, 269-278.

ŠANTRŮČKOVÁ, H. (1993): Respirace půdy jako ukazatel její biologické aktivity rostlinné výroby 39: 769-778.

ŠTĚPÁNOVÁ, J.[on-line], [cit. 21. 9. 2009]. Dostupné na internetu: <http://www.trebonsko.ochranaprirody.cz>.

TETTER, M., SUCHÝ K., ERNESTOVÁ J. (1987): Primární produkce vybraných travních společenstev v povodí horního toku Lužnice. - Dílčí zpráva VÚ: VI-1-3-05-E7, VŠZ AF České Budějovice.

VELICH, J. (1980): Využití travních porostů. Skripta: Klesnil a kol.: Pícninářství II. – VŠZ Praha, s. 144-154.

WESTLAKE, D. F., KVĚT, J., SZCZEPAŃSKI, A. (eds.) (1998): The Production Ecology of Wetlands. Cambridge University Press, Cambridge, 568 pp.

WILLIAMS M. (eds.) (1990): Wetlands. A threatened landscape. Basil Blackwell, Oxford, 419 pp.

ZÁVODSKÁ, Z. (1990): Primární produkce chrastice rákosovité – *Baldingera arundinacea* /L./ Dumort - v nivě horního toku Lužnice. [Diplomová práce], Agronomická fakulta VŠZ, České Budějovice, 70 s.

9 Přílohy

Seznam příloh

9.1 Datové přílohy

Tab. 1. – 2 :

Průměrná hmotnost živé a odumřelé biomasy výnosu na plochách nehnojených

Tab. 3. – 4 :

Průměrná hmotnost živé a odumřelé biomasy strniště na plochách nehnojených

Tab. 5. – 6 :

Průměrná hmotnost živé a odumřelé biomasy výnosu na plochách s nízkou intenzitou hnojení

Tab. 7. – 8 :

Průměrná hmotnost živé a odumřelé biomasy strniště na plochách s nízkou intenzitou hnojení

Tab. 9. – 10 :

Průměrná hmotnost živé a odumřelé biomasy výnosu na plochách s vysokou intenzitou hnojení

Tab. 11. – 12 :

Průměrná hmotnost živé a odumřelé biomasy strniště na plochách s vysokou intenzitou hnojení

Tab. 13 : Hmotnost biomasy opadu

Tab. 14 : Hmotnost biomasy zbytku

Tab. 15 : Hmotnost biomasy živé + odumřelé

9.2 Fotografické přílohy

Obr. 1 : Vyznačená plocha lokality Záblatské louky

Obr. 2 : Lokalita Záblatské louky s dominantní *Carex acuta*

Obr. 3 : Nekosený porost Záblatských luk

Obr. 4 : Ostřice štíhlá (*Carex acuta*)

Tab. 1 Průměrná hmotnost živé biomasy výnosu ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) na nehnojených plochách v době seče 12. 6. 2009 v závislosti na intenzitě hnojení. Data udávají průměr ze dvou opakování (A, B) v rámci plochy a varianty hnojení.

Varianta	Opakování	ostřice	chrastice rákosovitá	ostatní jednoděložné	ostatní dvouděložné	mechy	Celkem
NO	Průměr A, B	489,26	0,00	12,11	13,82	0,66	515,85
NO	Průměr A, B	347,98	67,89	25,40	3,51	1,36	446,13
NO	Průměr A, B	184,98	55,78	51,23	9,36	0,11	301,47
NO	Průměr A, B	335,50	16,62	15,19	15,99	0,30	383,60

Tab. 2 Průměrná hmotnost odumřelé biomasy výnosu ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) na nehnojených plochách v době seče 12. 6. 2009 v závislosti na intenzitě hnojení. Data udávají průměr ze dvou opakování (A, B) v rámci plochy a varianty hnojení.

Varianta	Opakování	ostřice	chrastice rákosovitá	ostatní jednoděložné	ostatní dvouděložné	Mechy	Celkem
NO	Průměr A, B	38,28	0,00	0,00	0,00	0,00	38,28
NO	Průměr A, B	30,20	5,20	1,05	0,00	0,00	36,44
NO	Průměr A, B	6,20	5,99	0,73	0,00	0,00	12,92
NO	Průměr A, B	21,34	1,00	0,00	0,00	0,00	22,34

Tab. 3 Průměrná hmotnost živé biomasy strniště ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) na nehnojených plochách v době seče 12. 6. 2009 v závislosti na intenzitě hnojení. Data udávají průměr ze dvou opakování (A, B) v rámci plochy a varianty hnojení.

Varianta	Opakování	ostřice	chrastice rákosovitá	ostatní jednoděložné	ostatní dvouděložné	Mechy	Celkem
NO	Průměr A, B	93,51	0,00	17,35	5,65	96,04	212,55
NO	Průměr A, B	58,25	14,14	9,26	0,27	66,50	148,42
NO	Průměr A, B	60,74	24,77	51,24	1,55	220,47	358,76
NO	Průměr A, B	63,53	4,86	4,83	4,29	131,47	208,97

Tab. 4 Průměrná hmotnost odumřelé biomasy strniště ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) na nehnojených plochách v době seče 12. 6. 2009 v závislosti na intenzitě hnojení. Data udávají průměr ze dvou opakování (A, B) v rámci plochy a varianty hnojení.

Varianta	Opakování	ostřice	chrastice rákosovitá	ostatní jednoděložné	ostatní dvouděložné	Mechy	Celkem
NO	Průměr A, B	25,49	0,00	0,12	0,00	0,00	25,62
NO	Průměr A, B	70,78	4,75	0,97	0,00	0,00	76,50
NO	Průměr A, B	13,71	0,65	8,32	0,00	0,00	22,68
NO	Průměr A, B	40,19	0,18	0,00	0,00	0,00	40,37

Tab. 5 Průměrná hmotnost živé biomasy výnosu ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) na mírně hnojených plochách v době seče 12. 6. 2009 v závislosti na intenzitě hnojení. Data udávají průměr ze dvou opakování (A, B) v rámci plochy a varianty hnojení.

Varianta	Opakování	ostřice	chrastice rákosovitá	ostatní jednoděložné	ostatní dvouděložné	Mechy	Celkem
LOW	Průměr A, B	525,86	0,00	19,22	31,20	6,24	582,53
LOW	Průměr A, B	399,30	51,78	36,80	15,01	1,24	504,13
LOW	Průměr A, B	287,96	29,56	48,55	23,50	1,31	390,89
LOW	Průměr A, B	334,76	2,83	11,72	5,73	0,60	355,64

Tab. 6 Průměrná hmotnost odumřelé biomasy výnosu ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) na mírně hnojených plochách v době seče 12. 6. 2009 v závislosti na intenzitě hnojení. Data udávají průměr ze dvou opakování (A, B) v rámci plochy a varianty hnojení.

Varianta	Opakování	ostřice	chrastice rákosovitá	ostatní jednoděložné	ostatní dvouděložné	Mechy	Celkem
LOW	Průměr A, B	40,16	0,00	2,90	0,00	0,00	43,06
LOW	Průměr A, B	24,27	1,39	4,70	0,00	0,00	30,35
LOW	Průměr A, B	6,88	4,38	3,98	0,00	0,00	15,24
LOW	Průměr A, B	11,65	0,25	0,12	0,00	0,00	12,03

Tab. 7 Průměrná hmotnost živé biomasy strniště ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) na mírně hnojených plochách v době seče 12. 6. 2009 v závislosti na intenzitě hnojení. Data udávají průměr ze dvou opakování (A, B) v rámci plochy a varianty hnojení.

Varianta	Opakování	ostřice	chrastice rákosovitá	ostatní jednoděložné	ostatní dvouděložné	mechy	Celkem
LOW	Průměr A, B	58,14	0,00	6,66	4,67	84,33	153,79
LOW	Průměr A, B	65,04	4,16	9,96	1,98	136,28	217,42
LOW	Průměr A, B	27,31	9,52	39,35	6,32	99,40	181,90
LOW	Průměr A, B	57,38	0,00	3,41	0,16	192,46	253,41

Tab. 8 Průměrná hmotnost odumřelé biomasy strniště ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) na mírně hnojených plochách v době seče 12. 6.2009 v závislosti na intenzitě hnojení. Data udávají průměr ze dvou opakování (A, B) v rámci plochy a varianty hnojení.

Varianta	Opakování	ostřice	chrastice rákosovitá	ostatní jednoděložné	ostatní dvouděložné	mechy	Celkem
LOW	Průměr A, B	19,28	0,00	10,62	0,00	0,00	29,90
LOW	Průměr A, B	13,59	2,99	13,23	2,16	0,00	31,96
LOW	Průměr A, B	10,78	13,07	6,97	0,00	0,00	30,82
LOW	Průměr A, B	9,99	0,56	0,83	0,00	0,00	11,39

Tab. 9 Průměrná hmotnost živé biomasy výnosu ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) na intenzivně hnojených plochách v době seče 12. 6. 2009 v závislosti na intenzitě hnojení. Data udávají průměr ze dvou opakování (A, B) v rámci plochy a varianty hnojení.

Varianta	Opakování	ostřice	chrastice rákosovitá	ostatní jednoděložné	ostatní dvouděložné	mechy	Celkem
HI	Průměr A, B	523,62	0,00	1,70	10,03	0,00	535,35
HI	Průměr A, B	381,24	138,30	54,70	11,18	0,00	585,42
HI	Průměr A, B	376,10	109,26	7,24	18,11	0,00	510,71
HI	Průměr A, B	383,92	0,00	20,93	33,17	0,00	438,02

Tab. 10 Průměrná hmotnost odumřelé biomasy výnosu ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) na intenzivně hnojených plochách v době seče 12. 6. 2009 v závislosti na intenzitě hnojení. Data udávají průměr ze dvou opakování (A, B) v rámci plochy a varianty hnojení.

Varianta	Opakování	ostřice	chrastice rákosovitá	ostatní jednoděložné	ostatní dvouděložné	mechy	celkem
HI	Průměr A, B	41,44	0,00	0,00	0,00	0,00	41,44
HI	Průměr A, B	18,14	8,32	1,45	0,05	0,00	27,96
HI	Průměr A, B	24,58	16,60	0,00	0,00	0,00	41,18
HI	Průměr A, B	16,06	0,00	0,37	0,01	0,00	16,45

Tab. 11 Průměrná hmotnost živé biomasy strniště ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) na intenzivně hnojených plochách v době seče 12. 6. 2009 v závislosti na intenzitě hnojení. Data udávají průměr ze dvou opakování (A, B) v rámci plochy a varianty hnojení.

Varianta	Opakování	ostřice	chrastice rákosovitá	ostatní jednoděložné	ostatní dvouděložné	mechy	Celkem
HI	Průměr A, B	110,53	0,00	0,37	3,67	16,67	131,24
HI	Průměr A, B	61,24	22,17	24,90	1,23	34,15	143,69
HI	Průměr A, B	82,49	39,53	5,23	4,92	30,19	162,35
HI	Průměr A, B	56,32	0,00	6,84	4,96	69,16	137,28

Tab. 12 Průměrná hmotnost odumřelé biomasy strniště ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) na intenzivně hnojených plochách v době seče 12. 6. 2009 v závislosti na intenzitě hnojení. Data udávají průměr ze dvou opakování (A, B) v rámci plochy a varianty hnojení.

Varianta	Opakování	Ostřice	chrastice rákosovitá	ostatní jednoděložné	ostatní dvouděložné	mechy	Celkem
HI	Průměr A, B	16,46	0,00	0,00	0,00	0,00	16,46
HI	Průměr A, B	35,84	9,41	0,24	0,00	0,00	45,49
HI	Průměr A, B	31,55	9,04	1,66	0,00	0,00	42,25
HI	Průměr A, B	15,92	0,00	0,99	0,00	0,00	16,91

Tab. 13 Hmotnost biomasy opadu (g) z odběrové plošky m⁻² v závislosti na intenzitě hnojení na všech čtyřech plochách. Data udávají průměr ze dvou opakování (A, B) v rámci plochy a varianty hnojení. NO - nehnojeno, LOW - nízká intenzita hnojení, HI - vysoká intenzita hnojení. Ž - živá biomasa, M - odumřelá biomasa.

Plocha	Varianta	opakování	Ž/M	Opad	Celkem
1	NO	průměr A, B	M	94,84	
2	NO	průměr A, B	M	74,48	
3	NO	průměr A, B	M	74,36	
4	NO	průměr A, B	M	63,52	
1	LOW	průměr A, B	M	55,88	
2	LOW	průměr A, B	M	60,80	
3	LOW	průměr A, B	M	99,96	
4	LOW	průměr A, B	M	24,16	
1	HI	průměr A, B	M	80,32	
2	HI	průměr A, B	M	67,08	
3	HI	průměr A, B	M	85,60	
4	HI	průměr A, B	M	40,80	

Tab. 14 Hmotnost biomasy zbytku (g) z odběrové plošky m² v závislosti na intenzitě hnojení na všech čtyřech plochách. Data udávají průměr ze dvou opakování (A, B) v rámci plochy a varianty hnojení. NO - nehnojeno, LOW - nízká intenzita hnojení, HI - vysoká intenzita hnojení. Ž - živá biomasa, M - odumřelá biomasa.

Plocha	varianta	opakování	Ž/M	Zbytek	Celkem
1	NO	průměr A, B	Ž	165,54	
2	NO	průměr A, B	Ž	134,44	
3	NO	průměr A, B	Ž	231,54	
4	NO	průměr A, B	Ž	148,00	
1	LOW	průměr A, B	Ž	118,74	
2	LOW	průměr A, B	Ž	160,68	
3	LOW	průměr A, B	Ž	137,02	
4	LOW	průměr A, B	Ž	153,88	
1	HI	průměr A, B	Ž	105,36	
2	HI	průměr A, B	Ž	123,54	
3	HI	průměr A, B	Ž	160,40	
4	HI	průměr A, B	Ž	85,04	

Tab. 15 Hmotnost biomasy živé + odumřelé v (g) z odběrové plošky m² v závislosti na intenzitě hnojení na všech čtyřech plochách. Data udávají průměr ze dvou opakování (A, B) v rámci plochy a varianty hnojení. NO - nehnojeno, LOW - nízká intenzita hnojení, HI - vysoká intenzita hnojení. Ž - živá biomasa, M - odumřelá biomasa

plocha	varianta	živé/odumřelé	opakování	ostřice	chrastice rákosovitá	ostatní jednoděložné	dvouděložné	mechy	Celkem	
Výnos										
1	NO	průměr Ž+O	A	527,54	0,00	12,11	15,29	0,66	555,61	
2	NO	průměr Ž+O	B	378,18	73,09	26,44	3,51	1,36	482,57	
3	NO	průměr Ž+O	A	191,18	61,77	51,97	9,36	0,11	314,39	
4	NO	průměr Ž+O	B	356,84	17,62	15,19	15,99	0,30	405,94	1758,51
1	LOW	průměr Ž+O	A	564,00	0,00	22,12	31,20	6,24	623,56	
2	LOW	průměr Ž+O	B	423,57	53,17	41,50	15,01	1,24	534,48	
3	LOW	průměr Ž+O	A	294,84	33,94	52,53	23,50	1,31	406,13	
4	LOW	průměr Ž+O	B	346,40	3,08	11,84	5,73	0,60	367,66	1931,84
1	HI	průměr Ž+O	A	565,06	0,00	1,70	10,03	0,00	576,79	
2	HI	průměr Ž+O	B	399,40	146,62	56,15	11,23	0,00	613,40	
3	HI	průměr Ž+O	A	400,68	125,86	7,24	18,11	0,00	551,89	
4	HI	průměr Ž+O	B	399,98	0,00	21,30	33,19	0,00	454,47	2196,55
Strniště										
1	NO	průměr Ž+O	A	119,00	0,00	17,48	5,65	96,04	238,17	
2	NO	průměr Ž+O	B	129,03	18,89	10,23	0,27	66,50	224,93	
3	NO	průměr Ž+O	A	74,45	25,42	59,56	1,55	220,47	381,44	
4	NO	průměr Ž+O	B	103,71	5,04	4,83	4,29	131,47	249,34	1093,88
1	LOW	průměr Ž+O	A	77,42	0,00	17,28	4,67	84,33	183,69	
2	LOW	průměr Ž+O	B	78,63	7,15	23,19	4,14	136,28	249,38	
3	LOW	průměr Ž+O	A	38,09	22,59	46,33	6,32	99,40	212,72	
4	LOW	průměr Ž+O	B	67,37	0,56	4,24	0,16	192,46	264,79	910,59
1	HI	průměr Ž+O	A	126,99	0,00	0,37	3,67	16,67	147,70	
2	HI	průměr Ž+O	B	97,08	40,52	25,14	1,23	34,15	198,12	
3	HI	průměr Ž+O	A	114,04	48,56	6,89	4,92	30,19	204,60	
4	HI	průměr Ž+O	B	72,24	0,00	7,83	4,96	69,16	154,18	704,61

Obr. 1: Vyznačená plocha lokality Záblatské louky



Foto: Hana Čížková

Obr. 2: Lokalita Záblatské louky s dominantní *Carex acuta*



Foto: Hana Čížková

Obr. 3: Nekosený porost Záblatských luk



Foto: Hana Čížková

Obr. 4: Ostřice štíhlá (*Carex acuta*)



Zdroj: <http://www.botanika.wendys.cz>