

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**  
**Zemědělská fakulta**  
**Katedra biologických disciplín**

---

Studijní program: B4131 Zemědělství  
Studijní obor: Agroekologie



**Bakalářská práce**

**Růst rákosu obecného (*Phragmites australis*) na vybrané  
vegetační kořenové čistírně**

Vedoucí práce: Doc. RNDr. Hana Čížková, CSc.

Autor: Lenka Moulisová

---

2008

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem uvedenou bakalářskou práci na téma: Růst rákosu obecného (*Phragmites australis*) na vybrané vegetační čistírně vypracovala samostatně, na základě vlastních zjištění a použila pramenů, které cituji a uvádím v příloženém soupisu literatury.

V Českých Budějovicích dne 18.4.2008

.....

Lenka Moulisová

## **PODĚKOVÁNÍ**

Nejvíce bych chtěla poděkovat vedoucí mé práce Doc. RNDr. Haně Čížkové, CSc. za odborné vedení, pomoc při zpracování vzorků, shromažďování literatury, poskytnuté rady při sepisování práce a dále také při vyhodnocování výsledků a hlavně za její trpělivost, kterou se mnou měla. Ještě bych chtěla poděkovat své rodině za podporu.

## ANOTACE

Bakalářská práce je součástí projektu GAČR 206/06/0058 Monitoring těžkých kovů a vybraných rizikových prvků při čištění odpadních vod v umělých mokřadech. Cílem práce je zhodnotit růstové charakteristiky rákosu obecného na vybrané vegetační kořenové čistírně.

Na odběry biomasy byla použita destruktivní metoda. Odběr proběhl v jedné sezóně na nátoku a odtoku vegetační kořenové čistírny. Nadzemní biomasa byla stanovena ze šesti vzorků na nátoku a šesti vzorků na odtoku. Podzemní biomasa byla odhadnuta ze dvou vzorků odebraných na nátoku a ze dvou vzorků odebraných na odtoku.

Průměrná celková nadzemní biomasa (stanovená v srpnu 2007) dosahovala na nátoku  $1296 \text{ g.m}^{-2}$  a na odtoku  $1105 \text{ g.m}^{-2}$ . Průměrná živá podzemní biomasa dosáhla na nátoku  $1729 \text{ g.m}^{-2}$  a na odtoku  $2161 \text{ g.m}^{-2}$ .

*Klíčová slova:* mokřad, mokřadní vegetace, vegetační kořenová čistírna, nadzemní biomasa, podzemní biomasa

## ANNOTATION

The Bachelor's thesis is a part of the Project of GACR 206/06/0058 Monitoring the heavy metals and the selected risk elements in a waste water cleaning process in artificial wetlands. This work is aimed at evaluating the growth characteristics of the common reed, *Phragmites australis*, in a constructed wetland used for wastewater treatment.

A destructive method was used for sampling. The samples were taken in the inflow and the outflow parts of the vegetated bed in one vegetation season. The aboveground biomass was determined from six samples taken in the inflow and outflow part of the vegetated bed, respectively. The belowground biomass was determined from two samples taken in the inflow part and two samples taken in the outflow part.

The mean total aboveground biomass (estimated in August 2007) was  $1296 \text{ g.m}^{-2}$  and  $1105 \text{ g.m}^{-2}$  in the inflow and outflow part, respectively. The mean live belowground biomass was  $1729 \text{ g.m}^{-2}$  and  $2161 \text{ g.m}^{-2}$  in the inflow and outflow part, respectively.

*Keywords:* wetland, *Phragmites australis*, constructed wetland, aboveground biomass, belowground biomass.

# Obsah

1	Úvod.....	8
2	Literární přehled .....	10
2.1	Specifické rysy mokřadních ekosystémů.....	10
2.2	Vegetační kořenová čistírna (VKČ) .....	11
2.3	Popis vegetační čistírny s kontinuálním podpovrchovým tokem .....	12
2.3.1	Návrhové parametry .....	12
2.4	Mokřadní vegetace.....	15
2.4.1	Rozdělení mokřadní vegetace .....	15
2.4.2	Funkce rostlin ve vegetačních kořenových čistírnách .....	16
2.4.3	Vhodné druhy rostlin pro vegetační kořenové čistírny.....	17
2.5	Rákos obecný ( <i>Phragmites australis</i> ).....	17
3	Popis čistírny.....	19
4	Metodika .....	20
4.1	Expediční měření funkce vegetace v horkém letním dnu.....	20
4.1.1	Radiační teplota .....	20
4.1.2	Transpirace a fotosyntéza .....	20
4.1.3	Vodní saturační deficit.....	21
4.2	Odběr nadzemní biomasy .....	22
4.2.1	Listová plocha.....	22
4.3	Odběr podzemní biomasy .....	24
5	Výsledky .....	25
5.1	Expediční měření funkce vegetace v horkém letním dnu.....	25
5.1.1	Radiační teplota .....	25
5.1.2	Vodní saturační deficit (VSD).....	26
5.2	Odběr nadzemní biomasy .....	27
5.2.1	Počty stébel rákosu obecného .....	27

5.2.2	Charakteristiky 5 vybraných prýtů .....	27
5.2.3	Nadzemní biomasa a listová plocha rákosu obecného.....	28
5.3	Podzemní biomasa rákosu obecného .....	31
6	Diskuse.....	32
6.1	Expediční měření výparu za horkého letního dne .....	32
6.1.1	Vodní saturační deficit.....	32
6.1.2	Rychlost transpirace porostu.....	32
6.2	Struktura a biomasa porostu .....	34
6.2.1	Přesnost změřených údajů, možné zdroje chyb .....	34
6.2.2	Srovnání výsledků s údaji jiných autorů.....	35
7	Závěr .....	37
8	Literatura.....	38
9	Přílohy.....	41

# 1 Úvod

Mokřad je specifický biotop, který se vyznačuje dlouhodobým nebo trvalým zaplavením či alespoň zamokřením půdy a výskytem organismů, které jsou k těmto podmínkám přizpůsobeny. Tvoří přechod mezi suchozemským a vodním ekosystémem. I přesto, že jsou mokřady považovány za vysoce cenné biotopy, jejich počet a rozloha, na které se vyskytují, klesá.

Mokřady se dělí na přirozené a umělé. Mezi přirozené lze řadit například rašeliniště, slatiniště, lužní lesy mírného pásma a mangrovové porosty, které se vyskytují v krajině v místech s vysokým zásobením vodou. Jejich čistící schopnosti člověk využívá již celá staletí. Naproti tomu umělé mokřady vznikají záměrnou činností člověka. Mezi umělé mokřady patří například vegetační kořenové čistírny.

Vegetační kořenové čistírny jsou provozovány na celém světě. První zmínka o nich pochází ze 70. let 20. století z Německé spolkové republiky. Kořenové čistírny jsou řazeny k půdním systémům, které se používají k čištění podzemních vod. Jsou to buď umělé, nebo částečně upravené mokřady, které jsou od podloží odděleny nepropustnou vrstvou. Uplatnění umělých mokřadů nalezneme například při dočišťování odpadních vod, čištění dešťových splachů z dálnic a parkovacích ploch, průsaků ze skládek pevného odpadu a čištění průmyslových odpadních vod. Dále své využití nacházejí při odbourávání ropných produktů (rafinérie, myčky aut, vody z benzínových čerpadel), čištění vod z rybních lán a sádek nebo zemědělských skleníků a zahradnictví.

V současné době se umělé mokřady sice využívají, ale ne v příliš hojné míře. Může to být způsobeno například vysokými pořizovacími náklady nebo velikou rozlohou potřebnou pro jejich vybudování. Dalším důvodem by mohl být fakt, že veřejnost není plně obeznámena se všemi výhodami kořenových čistíren.

Hlavním cílem mé práce bylo proto přispět k poznání funkce vegetačních kořenových čistíren. Stanovovala jsem růstové charakteristiky porostu na vegetační čistírně ve Slavošovicích, kde probíhá komplexní výzkum od doby jejího uvedení do provozu v r.



2001. Získané hodnoty mají význam pro poznání funkce rostlinné složky vegetační kořenové čistírny, o níž se dosud ve vědeckých kruzích vedou diskuse.

## 2 Literární přehled

### 2.1 SPECIFICKÉ RYSY MOKŘADNÍCH EKOSYSTÉMŮ

Mokřad tvoří přechod mezi suchozemským a vodním ekosystémem. Pod tímto pojmem si můžeme představit území, které je dlouhodobě či dočasně zaplavené vodou.

V přírodě se vyskytují mokřady přirozené, jako jsou bažiny, slatiny, rašeliniště, ale i uměle vytvořené, což jsou např. vegetační kořenové čistírny (Anonymus, 2008).

Mokřady se od ostatních suchozemských ekosystémů liší vodním režimem. Na zaplavených územích dochází k omezení výměny plynů mezi půdou a atmosférou. V zatopených lokalitách se kyslík nachází jen v tenké vrstvičce na povrchu půdy. V této vrstvě se kromě kyslíku vyskytují i jiné prvky v oxidovaném stavu (např. nitrátový dusík, trojmocné železo, síranová síra a čtyřmocný mangan). V této tenké vrstvičce, kde je přítomný kyslík, se vyskytují aerobní mikroorganismy. V hlubších vrstvách zaplavené či zamokřené půdy aerobní mikroorganismy kyslík rychle spotřebovávají. Po jeho spotřebování jsou nahrazeny anaerobními mikroorganismy, které místo kyslíku využívají oxidované formy dusíku, železa, síry a manganu. Tento proces nazýváme anaerobní respirací. Při tomto procesu dochází k redukci oxidovaných prvků na  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{S}_0$  nebo  $\text{S}^{2-}$  a  $\text{Mn}^{2+}$ . Jestliže mokřad periodicky vysychá, redukované prvky se opět oxidují. Jak se postupně spotřebovávají oxidované formy prvků, dochází ke zpomalení činnosti aerobních půdních organismů a začnou se uplatňovat fermentační mikroorganismy. Fermentační mikroorganismy získávají energii z fermentačních procesů, při nichž dochází k uvolnění oxidu uhličitého (podobně jako při aerobním dýchání), ovšem současně se uvolňují další organické látky, např. organické kyseliny (Čížková a Šantrůčková, 2006).

## 2.2 VEGETAČNÍ KOŘENOVÁ ČISTÍRNA (VKČ)

Vegetační kořenovou čistírnu lze považovat za umělý mokřad nebo částečně upravený mokřad, který je oddělený od podloží nepropustnou vrstvou jílu, bentonitu (jílovou horninou s převahou minerálů skupiny smektitů) nebo fólií (Říhová Ambrožová, 2006). Slouží k čištění odpadních vod a funguje na základě přírodních biologických procesů (Hrnčír a Vácha, 1994). Na čistícím procesu se vegetace podílí zejména tvorbou příznivých podmínek, které jsou důležité pro rozvoj mikroorganismů. Podle směru proudění odpadních vod může vegetační kořenové čistírny rozdělit do skupin na:

- vegetační kořenové čistírny s horizontálním (vodorovným) povrchovým prouděním,
- vegetační kořenové čistírny s horizontálním podpovrchovým prouděním,
- vegetační kořenové čistírny s vertikálním (svislým) prouděním směrem dolů,
- vegetační kořenové čistírny s vertikálním prouděním směrem vzhůru nebo
- vegetační kořenové čistírny s radiálním (středovým) prouděním (Šálek, 1999).

Vegetační kořenové čistírny mají své výhody, ale i nevýhody, které vymezují hranice jejich využití. Přednosti vegetačních čistíren spočívají zejména v nižších provozních nákladech. Chod čistírny navíc není náročný na obsluhu. Mezi velké výhody patří i to, že zařízení pracuje bez použití elektrické energie. Za nevýhodu vegetačních čistíren se považuje poměrně velká potřeba plochy. Jako další nevýhodu lze uvést závislost čistícího účinku na teplotě, což znamená, že v zimě je účinnost čištění snížena (Šálek, 1992).

## **2.3 POPIS VEGETAČNÍ ČISTÍRNY S KONTINUÁLNÍM PODPOVRCHOVÝM TOKEM**

Princip tohoto způsobu čištění spočívá v horizontálním průtoku odpadní vody propustným substrátem, který je osázen vlhkomilnými rostlinami. Substrát musí být propustný, aby nedocházelo k ucpání, které by vedlo k povrchovému odtoku. Při průtoku odpadní vody substrátem dochází k odstranění organických a nerozpustných látek a mikrobiálního znečištění. Tento typ kořenové čistírny není zaměřen na odstranění dusíku a fosforu (Vymazal, 1995).

Mechanicky předčištěná odpadní voda je rovnoměrně rozdělena pomocí rozdělovacího potrubí a rozdělovacím pásem po celé šířce filtračního pole, protéká půdním profilem a pak je odváděna sběrnou drenáží (perforovaným potrubím). Na vegetačním poli je výška hladiny regulována pomocí speciálního objektu (Šálek, 1999).

### **2.3.1 Návrhové parametry**

Při navrhování kořenové čistírny musíme mít k dispozici potřebné údaje o místě výstavby a o složení odpadní vody. Při navrhování kořenové čistírny je třeba zaměřit se na tyto parametry: předčištění, konfigurace, plocha, sklon dna kořenových polí, filtrační lože a distribuce odpadní vody.

Předpokladem úspěšného předčištění v kořenové čistírně je dobré mechanické předčištění odpadních vod. Na mechanické předčištění se používá septik, který je vhodný při menším znečištění. Pro menší zdroje znečištění se dá také využít prostoru sedimentační nádrže. Kombinace česel a šterbinové nádrže se nejvíce hodí pro větší zdroje splaškových vod, proto je důležité zajistit pravidelné odčerpávání kalu ze šterbinové nádrže. Jsou-li na kořenovou čistírnu přiváděny vody z jednotné kanalizace (splašky + dešťové splachy), je vhodné zařadit i lapák písku a přívodní potrubí vybavit dešťovým přelivem. Z přelivu je dešťová voda odváděna bez dalšího čištění do recipientu. Lapák tuků a nornou stěnu je

vhodné zařadit při zvýšené koncentraci tuků nebo ropných produktů, které jsou obsaženy v odpadních vodách (Vymazal, 1995).

S přibývajícimi informacemi o tomto způsobu čištění byla stanovena kritéria základních návrhových parametrů uvedených níže (Vymazal, 1995).

Plochu kořenového pole můžeme stanovit pomocí rovnice:

$$A_h = \frac{Q_d (ln * C_o - ln * C_t)}{K_{BSK}}$$

kde  $A_h$  = povrch lože ( $m^2$ );  $Q_d$  = průměrný denní průtok ( $m^3/d$ );  $C_o$  = průměrná denní koncentrace BSK<sub>5</sub> na přítoku ( $mg/l$ );  $C_t$  = požadovaná průměrná denní koncentrace BSK<sub>5</sub> na odtoku;  $K_{BSK}$  = rychlostní konstanta ( $m/d$ )

Druhá rovnice vychází z Darcyho zákona a používá se ke stanovení tvaru lože – tzn. poměr délky k šířce.

$$A_c = \frac{Q_d}{K \frac{dH}{ds}}$$

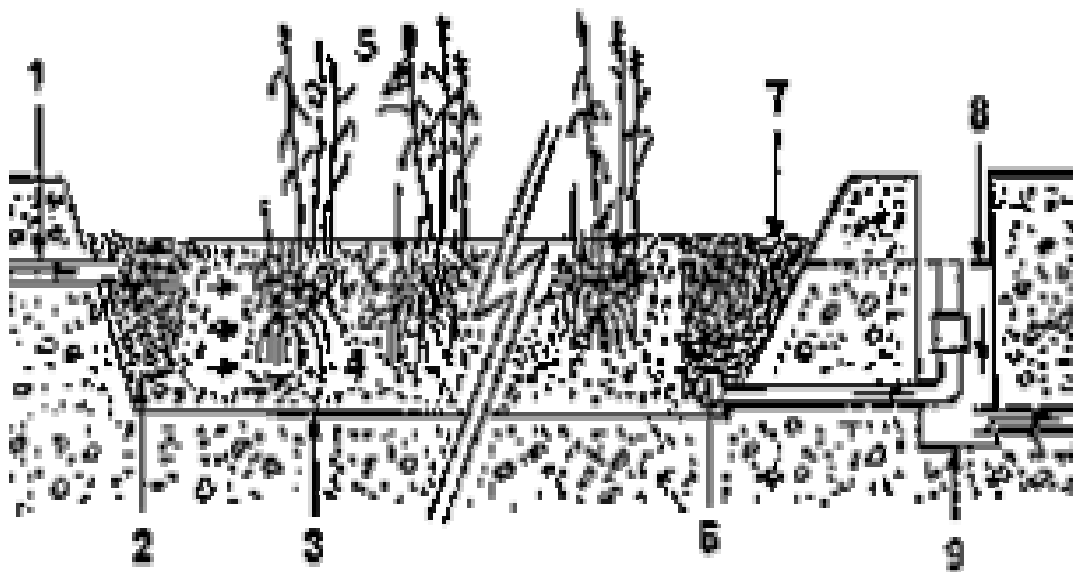
kde  $A_c$  = plocha příčného průřezu lože ( $m^2$ );  $Q_d$  = průměrný přítok splašků ( $m^3/s$ );  $K$  = nasycená hydraulická vodivost plně vyvinutého lože ( $m/sp$ );  $\frac{dH}{ds}$  = sklon lože, ( $m/m$ ).

Průměrná hloubka lože by měla být 0,6 m a hloubka na výtoku by neměla být méně než 0,3 m (Sága a Dostál, 1991). Sklon dna kořenového pole zajišťuje hydraulický gradient. Dříve byly kořenové čistírny navrhovány s vysokým sklonem dna (až 8%). Postupem času však došlo k snižování sklonu dna až téměř k nule. Doporučený sklon dna v tzv. Evropských směrnících (Sága a Dostál, 1991) je  $\leq 1\%$ . V současné době se doporučuje rovné kořenové lože (Vymazal, 1995). Filtrační lože mají většinou hloubku 60-80 cm. Aby nedocházelo k ucpání, musí být substrát dostatečně propustný. Ve filtračním loži se nejvíce využívá praný štěrk. Kvůli dobrému rozvodu odpadní vody jsou rozvodné a sběrné zóny vyplněny hrubým kamenivem. Aby nedocházelo k prosakování, je filtrační lože od podloží odděleno nepropustnou vrstvou. Předčištěná odpadní voda je nejprve vedena do rozvodné zóny. Pro rozvod se používají plastové trubky s velkými otvory. Na dně filtračního lože je uloženo sběrné potrubí a v odtokové šachtě je spojeno s výpustným

mechanizmem, kterým se nastavuje výška vodního sloupce ve filtračním loži. Hladina vody při běžném provozu se udržuje v 5 – 10 cm pod povrchem filtračního lože (Pelikánová, 2008).

Schéma kořenové čistírny je uvedeno na obrázku č. 1.

*Obrázek č. 1: Schéma kořenové čistírny. 1 - přítok odpadní vody; 2 - rozvodná část vyplněná hrubým kamenivem; 3 - nepropustná bariéra (nejčastěji plastová folie); 4 - filtrační lože (např. písek nebo štěrk); 5 - mokřadní vegetace; 6 - sběrná drenáž; 7 - povrch filtračního lože; 8 - výška vodní hladiny; 9 - odtoková šachta. Podle Vymazala (1995).*



## 2.4 MOKŘADNÍ VEGETACE

Mokřadní vegetace zahrnuje rostliny, které rostou ve vodě nebo na půdě, která je trvale či dočasně zaplavená nebo zamokřená. Proto je tato vegetace nazývána také hydrofytní (vodní).

Jedná se o vegetaci, která je přizpůsobena na zaplavení. Aby rostlina přežila a dále mohla růst, vyvinula se u ní typická anatomická stavba. Tato anatomická stavba se vyznačuje množstvím mezibuněčných prostor v podzemních pletivech, ale i nadzemních orgánech. Mezibuněčné prostory jsou propojeny a slouží k vedení atmosférického kyslíku do podzemních orgánů, protože v jejich okolí (zaplavené půdě) je kyslík vyčerpán. Z toho vyplývá, že buňky podzemních orgánů nejsou závislé na kyslíku z půdy (Čížková, 2006). Další funkcí anatomické stavby mokřadních rostlin je ochranná vrstva, která zabraňuje vniknutí toxických látek vznikajících v anaerobním (bezokyslíkatém) prostředí. Starší oddenky a kořeny mají buněčné stěny povrchových pletiv chráněny nepropustným ligninem, kutinem nebo voskovou vrstvou (suberinem), který brání průniku toxických látek do těla rostliny. Také zabraňuje úniku kyslíku z rostlinných pletiv do okolí. Mladé části rostlin tato nepropustná pletiva nemají, a proto dochází k úniku kyslíku do okolí. Okolní kyslík vytváří okysličenou vrstvu, která částečně chrání mladá rostlinná pletiva před působením toxických látek v půdě (Čížková a Šantrůčková, 2006).

### 2.4.1 Rozdělení mokřadní vegetace

Hydrofytní vegetaci lze na základě morfologie a fyziologie rozdělit do čtyř skupin:

1. emerzní (vynořené) – rostou na půdách, které jsou zaplavené nebo saturované (nasyčené) vodou. Vodní hladina stanoviště je od 0,5 metrů pod úrovní povrchu až 1,5 m nad povrchem. Mezi vynořené rostliny patří : puškvorec obecný (*Acorus calamus*), ostřice zobánkatá (*Carex rostrata*), rákos obecný (*Phragmites australis*), orobinec širokolistý (*Typha latifolia*).
2. submerzní (ponořené) – vyskytují se ve všech hloubkách v eufotické (osvětlené) zóně vodního sloupce. Vaskulární (cévnaté) rostliny se vyskytují do hloubky 10 m. Mezi ponořené rostliny patří např. stolístek

(*Myriophyllum spicatum*), nebo růžkatec ponořený (*Ceratophyllum demersum*).

3. rostliny s plovoucími listy – koření v sedimentech v hloubkách 0,5 – 3 metry, listy jsou plovoucí nebo částečně emerzní (tj. vynořené). Příkladem těchto rostlin je leknín bílý (*Nymphaea alba*) a stulík žlutý (*Nuphar lutea*).
4. volně plovoucí rostliny – nekoření v substrátu, volně plavou na vodní hladině a vyskytují se na místech s klidnou vodní hladinou. Mezi volně plovoucí rostliny patří okřehek menší (*Lemna minor*) a závitka mnohokořená (*Spirodela polyrhiza*) (Vymazal, 1995).

#### **2.4.2 Funkce rostlin ve vegetačních kořenových čistírnách**

Mokřadní vegetace je nezbytnou součástí vegetačních kořenových čistíren, protože plní řadu důležitých funkcí. Mezi tyto funkce patří přivádění kyslíku do kořenové zóny, aby docházelo k aerobnímu odbourávání organických látek. Kromě transportu kyslíku do filtračního lože plní rostliny i celou řadu dalších funkcí jako je zateplování povrchu, poskytují podklad pro růst různých druhů bakterií, které jsou na podzemních částech rostlin. Dále poskytují organický uhlík důležitý pro denitrifikaci (Vymazal, 1995). Podzemní části rostlin ponořené ve vodě snižují erozní účinek proudící vody, plní filtrační funkci, zvyšují sedimentační účinek a odebírají živiny z vodního prostředí. Nadzemní části rostlin vytvářejí vhodné mikroklima, což je spojeno s jejich intenzitou jejich transpirace. Při vhodném uspořádání a výběru mají mokřadní rostliny také funkci estetickou, což se většinou využívá u malých vegetačních kořenových čistíren u rodinných domů a rekreačních zařízení (Šálek, 1999).

Jednou z významných funkcí rostlin je výpar. Výpar můžeme definovat jako objem vody nebo jako výšku vrstvy vody, která se vypaří za určitý časový interval z určité plochy. Jednotky, v kterých se obvykle vyjadřuje, jsou milimetry (Tlapák, Šálek a Legárt, 1992). Výpar z půdy a rostlin (evapotranspirace) v našich klimatických podmínkách dosahuje hodnot 5-7 mm za den. Ale hodnota výparu ve vegetační kořenové čistírně je odlišná a



může dosahovat až 12-13 mm za den, což je dáno umístěním čistírny v sušší krajině a tím, že kořenové pole je dostatečně zásobeno vodou (Čížková, 2006).

### **2.4.3 Vhodné druhy rostlin pro vegetační kořenové čistírny**

Vhodné druhy do vegetační kořenové čistírny jsou rostliny vytrvalé, s dlouhou vegetační dobou a širokou ekologickou amplitudou. Tyto rostliny pocházejí z prostředí bohatého na živiny a s kolísavým vodním režimem. Vhodné rostliny jsou ty, které mají na jednotku plochy vysokou produkci biomasy, proto bychom měli používat rostliny vzpřímené nebo trsnaté (rákosiny, trávy). Za méně vhodné se považují ostřice, které mohou způsobit zranění svými ostře pilovitými listy. Příznivé jsou i rostlinné druhy s vysokou schopností poutání živin. Dále vybíráme rostliny, které se snadno a rychle množí (vegetativně nebo generativně) a s kterými se dá snadno manipulovat, aniž by utrpěly nějakou újmu. Při výběru rostlin musíme mít na paměti i to, do jaké nadmořské výšky je budeme vysazovat (Husák, 1992).

Vegetace vyskytující se na vegetačních čistírnách může být tvořena více než jedním druhem (Vymazal, 1995). Mezi nejvhodnější druhy lze řadit rákos obecný (*Phragmites australis*), zblochan vodní (*Glyceria maxima*), chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*) a orobinec širokolistý (*Typha latifolia*) (Husák, 1992).

## **2.5 RÁKOS OBECNÝ (*PHRAGMITES AUSTRALIS*)**

*Phragmites australis* je vytrvalá tráva, která dosahuje výšky až 4 m, v teplejších oblastech může dorůst do výšky přes 6 metrů. Má mohutný plazivý oddenek a kořeny prorůstají do značných hloubek. Hloubka prorůstání se udává v rozmezí 60 – 70 cm, ale může dosahovat i hloubky 1,5 m. Vegetativní rozmnožování se provádí dlouhými podzemními oddenky, které dorůstají délky i přes 12m (Vymazal, 1995). Oddenek se větví v kolénkách, z nichž vyrůstají boční pupeny (obr. č. 2). Oddenek má nejen funkci rozmnožovací, ale i zásobní. K hlavním funkcím kořene patří čerpání rozpuštěných minerálních živin a upevnění rostliny v půdě. Kořeny a oddenky mají skvrny způsobené železem. Rezavé skvrny jsou způsobené oxidovanými formami železa. Černé jsou způsobeny redukovanou formou železa, která se hromadí po vyčerpání kyslíku (Čížková,

ústní sdělení). Listové čepele rákosu jsou až 5 cm široké a 50 cm dlouhé (Pelikánová, 2008). Čepele mají na bázi místo jazýčku věneček chloupků (Kubát. et al., 2002). Stéblo je zakončeno bohatou latou, dlouhou až 40 cm, která se za květu rozkládá (Pelikánová, 2008). Květy jsou v kláscích, které jsou z boku smáčklé, vícekvěté, mají 3 - 10 květů (Kubát, K. et al., 2002). Rákos obecný (*Phragmites australis*) je poměrně tolerantní vůči teplotě, pH a organickému i anorganickému znečištění (Vymazal, 1995). Používá se převážně na půdách s přebytkem vody a živin (Pelikánová, 2008).

Obrázek č. 2: Růst pupenů na bocích oddenků



### 3 Popis čistírny

Vegetační čistírna se nachází ve vesnici Slavošovice, která je vzdálená přibližně 10 km od Třeboně. Provoz kořenové čistírny byl zahájen v srpnu roku 2001. Denně se v kořenové čistírně vyčistí přibližně 30m<sup>3</sup> odpadní vody. Kořenová čistírna se skládá ze dvou částí: předčištění a dvou vegetačních (kořenových) polí.

Předčištění se skládá z česel a lapáku písku, jejichž funkcí je zbavovat odpadní vodu hrubých nečistot. Z předčištění voda přitéká na kořenové pole. Plocha každého pole je 374 m<sup>2</sup>, celková plocha je tedy 748 m<sup>2</sup>. Délka pole je 17 m, šířka pole je 22 m a sklon pole je 1%. Kořenové pole je odděleno od podloží vrstvou jílu, která je nepropustná. Pole je vyplněno říčními valouny o velikosti 1-2 cm. Nátoková a odtoková zóna kořenového (rákosového) pole je vyplněna hrubým štěrkem, ve kterém je umístěna perforovaná drenážní trubka, jejíž funkcí je přivádět a odvádět vodu. Pole jsou osázena porostem rákosu obecného (*Phragmites australis*) (Dušek, ústní sdělení).

## **4 Metodika**

### **4.1 EXPEDIČNÍ MĚŘENÍ FUNKCE VEGETACE V HORKÉM LETNÍM DNU**

V horkém letním dnu 7.8. 2007 proběhlo na slavošovické kořenové čistírně expediční měření, které provedl tým oddělení ekologie mokřadů Ústavu systémové biologie a ekologie AV ČR. Cílem expedičního měření bylo zjistit radiační teplotu, transpiraci i fotosyntézu a vodní saturační deficit listů rákosu obecného, který tvoří vegetační kryt čistírny.

#### **4.1.1 Radiační teplota**

Radiační teplotu jsem měřila laserovým teploměrem na pěti náhodně zvolených listech, které jsem si vybrala na pravé a levé části nátoky a odtoku. Měření teploty jsem prováděla od deváté do šestnácté hodiny, a to v intervalu po jedné hodině. Změřené teploty jsem zapsala do tabulky. Průměry pro každé odběrové místo jsem následně vynesla do grafu.

#### **4.1.2 Transpirace a fotosyntéza**

Měření transpirace a fotosyntézy bylo prováděno pracovníky oddělení ekologie mokřadů Ústavu systémové biologie a ekologie AV ČR. K měření bylo použito přístroje LI-COR 6400 na měření fotosyntézy a transpirace. Přístroj byl vybaven listovou komorou se zabudovaným světelným zdrojem LED.

Teplota listu v listové komoře byla nastavena na teplotu vybraného listu rákosu, změřenou laserovým teploměrem. Ozáření listu v komoře byla nastavena na aktuální hodnotu dopadajícího fotosynteticky aktivního záření. Pak byly postupně měřeny 3 vybrané a označené listy v levé části nátoky a odtoku. Měření byla opakována na stejných listech v hodinových intervalech. Počasí bylo jasné a slunné, od 13h občas polojasno a začal foukat slabý vítr.

### 4.1.3 Vodní saturační deficit

Odběr proběhl 7.8.2007 v návaznosti na expediční měření transpirace a fotosyntézy. Při tomto stanovení jsem použila jako pomůcky houbičky, žiletku, pravítko, tužku, analytické váhy, nůžky, plastové krabičky, malou kádinku, igelitové sáčky a hadřík.

Na kořenové čistírně jsem odříhla 5 listů rákosu na nátokové a 5 listů rákosu na odtokové straně v 11h, ve 14h a v 17h. Tyto listy jsem dala do igelitového sáčku s vodotěsným uzávěrem a umístila do chladicího boxu. Poté byly vzorky převezeny do laboratoře Ústavu systémové biologie a ekologie AV ČR v Třeboni, kde jsem za pomoci analytických vah stanovila vodní saturační deficit. Vodní saturační deficit jsem stanovila pro úkrojky listů o délce 1cm. Nejprve jsem stanovila aktuální čerstvou hmotnost úkrojků listů. Zvážené úkrojky jsem nechala dosytit vodou v připravených houbičkách. Hmotnost dosycených úkrojků jsem opět stanovila na analytických vahách. Úkrojky jsem nakonec nechala vysušit v sušárně při 85 °C do konstantní hmotnosti a stanovila jejich sušinu. Ze získaných hodnot jsem vypočetla vodní saturační deficit podle vzorce:

$$\text{VSD} [\%] = \frac{\text{hmotnost po nasycení} - \text{počáteční hmotnost}}{\text{hmotnost po nasycení} - \text{hmotnost sušiny}} \cdot 100$$

## **4.2 ODBĚR NADZEMNÍ BIOMASY**

Odběr proběhl 8.8.2007 ve Slavošovicích na nátoku (6 vzorků - L1, P2, S1 a S2 ve vzdálenosti 2,5-3 m a 3-3,5 m od nátoku) a na odtoku (6 vzorků - L1, L2, P1, P2, S1 a S2 ve vzdálenosti 10,5-11 m a 11-11,5 m od nátoku). Další odběr nadzemní biomasy proběhl 18.9. 2007 před odběrem podzemní biomasy, a to vždy na téže ploše, z níž byla následně odebrána podzemní biomasa (viz kapitola 4.3). Všechny vzorky nadzemní biomasy byly odebírány z plošek 0,5 x 0,5 m, tedy z celkové plochy 0,25 m<sup>2</sup>. Z těchto ploch jsem odebrala čerstvou biomasu všech rostlin, které na ploše kořenily. Jako pracovní pomůcky mi sloužil metr, odběrová vidlice, kuchyňské váhy, zahradnické nůžky, provázek, mísa, kbelík, sáčky a tužky.

Na odběr biomasy jsem si připravila všechny potřebné pomůcky. Poté jsem v uvedených vzdálenostech, které jsem odměřila metrem, umístila odběrovou vidlici a pomocí zahradních nůžek odebrala vzorek rákosu z plochy vymezené vidlicí. V odebraném vzorku jsem spočítala počet živých a odumřelých prýtů. Z živých prýtů jsem náhodně vybrala 5 kusů, které jsem popsala podrobněji (viz níže). Zbylé rostliny jsem zvážila a hodnotu jejich čerstvé hmotnosti zapsala do připravené tabulky. U pěti náhodně vybraných prýtů rákosu jsem zjišťovala jejich čerstvou hmotnost, dále délku jednotlivých prýtů, počet zelených listů a přítomnost laty. Ze vzorku pěti rostlin jsem oddělila živé listy, odumřelé listy a stébla s latami. Všechny oddělené části jsem uložila do popsaných sáčků. Odebrané vzorky jsem dala do sušárny a nechala je vysušit do konstantní hmotnosti při teplotě 85 °C. Po vysušení jsem sušiny zaznamenala do protokolu. Nadzemní biomasu jsem přepočítala z odebrané plochy 0,25 m<sup>2</sup> na plochu 1m<sup>2</sup>.

### **4.2.1 Listová plocha**

Listovou plochu jednotlivých vzorků jsem stanovila za pomoci skeneru. Vzorek pro stanovení specifické listové plochy obsahoval listy z detailně hodnocených pěti prýtů dané

odběrové plošky. Listy byly od odběru biomasy uchovány v mrazničce až do doby zpracování.

Po zapnutí počítače a skeneru jsem vyndala vzorky z mrazáku a dala jsem je do misky se studenou vodou, abych omezila jejich svinování. Poté jsem listy rozložila na průhlednou fólii tak, aby se nepřekrývaly. V případě potřeby jsem zkrátila jejich délku, aby nepřesahovaly pracovní plochu skeneru. Listy mezi dvěma foliemi jsem pak vložila do skeneru. Pomocí skeneru byla zjištěna jejich plocha a poté vyhodnocena počítačovým programem. Vzorek listů jsem poté vysušila v sušárně při 85°C do konstantní hmotnosti a sušinu zvažila.

Hodnoty plochy listů a jejich sušiny jsem použila pro výpočet charakteristik asimilačního aparátu – specifické listové plochy a pokryvnosti listoví. Specifická plocha, SLA (specific leaf area), se vyjadřuje jako poměr listové plochy ( $A_L$ ) k hmotnosti listů ( $W_L$ ). Specifickou listovou plochu jsem tedy spočítala podle vzorce:

$$SLA = A_L / W_L$$

Pokryvnost listoví (LAI, velikost asimilačního aparátu), ukazuje rozměr listové plochy nebo asimilační plochy rostliny nebo porostu (A) na jednotku plochy půdy (P). Pokryvnost listoví jsem spočítala podle vzorce:

$$LAI = A / P.$$

Pro vypočtení pokryvnosti listoví, LAI (leaf area index) jsem potřebovala znát sušinu živých listů na 1m<sup>2</sup> a specifickou listovou plochu. Sušinu živých listů na 1m<sup>2</sup> jsem vypočítala z průměrné sušiny všech živých prýtů na 1m<sup>2</sup> (1152 g) a z podílu živých listů ze sušiny všech živých prýtů (29,9 %). Pokryvnosti listoví LAI jsem spočítala ze zjištěné hodnoty sušiny všech živých listů na 1m<sup>2</sup> (336,4 g) a vypočítané specifické listové plochy, (187,6 cm<sup>2</sup>/g) Tyto dva výsledky jsem mezi sebou vynásobila a převedla na m<sup>2</sup>.

### 4.3 ODBĚR PODZEMNÍ BIOMASY

Odběr podzemní biomasy jsem provedla na vegetační kořenové čistírně ve Slavošovicích dne 18.9. 2007. Na kořenové čistírně jsem z pole odebrala 4 vzorky, z toho 2 na nátok a 2 na odtok, vždy na pravé (P) a levé (L) straně pole. Počet odebraných vzorků byl omezen na takto malý počet, protože jejich odběr byl časově a fyzicky velmi náročný. Nejprve jsem na ploškách odebrala nadzemní biomasu stejným způsobem, jak je popsáno v kap. 3.3. Pak jsem z každé plochy odebrala veškerou podzemní biomasu rýčem. Na nátok L maximální hloubka podzemní biomasy dosahovala 25 cm, na nátok P 30 cm, na odtok L 30-35 cm a na odtok P 40 cm. Podzemní biomasa na odtoku byla čistší než na nátok. Získanou podzemní biomasu jsem opláchla ve vodě a nechala okapat, pak jsem ji vložila do igelitového pytle a odvezla do laboratoře, kde jsem ji rozdělila na kategorie pomocí nůžek.

Rozdělení do kategorií :

- a) živé oddenky
- b) odumřelé oddenky
- c) pupeny
- d) kořeny
- e) živé báze prýtů
- f) odumřelé báze prýtů.

Živé a odumřelé oddenky jsem rozlišila vizuálně. Odumřelé oddenky se poznají podle toho, že jsou sklovité, což znamená, že vzdušné prostory, které dříve obsahovaly vzduch, jsou nyní vyplněny vodou. Živé oddenky se poznají tak, že mají slonovinovou barvu, což znamená, že vzdušné prostory jsou vyplněny vzduchem. Oddělené části jsem proprala v nádobě za použití síta, nechala okapat, poté vložila do popsaných sáčků a usušila v sušárně při 85 °C do konstantní hmotnosti.



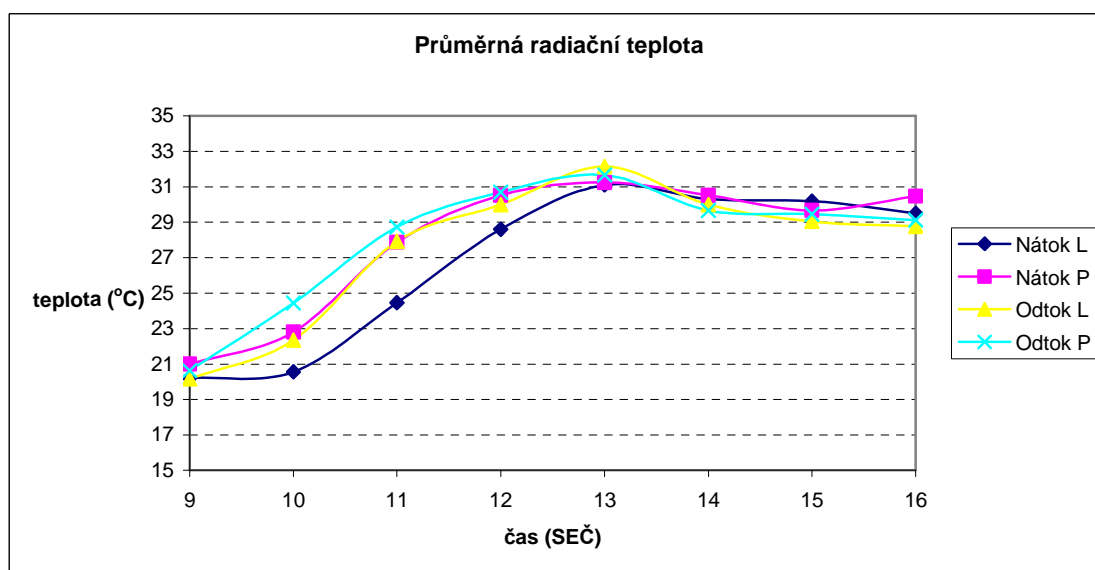
# 5 Výsledky

## 5.1 EXPEDIČNÍ MĚŘENÍ FUNKCE VEGETACE V HORKÉM LETNÍM DNU

### 5.1.1 Radiační teplota

Graf č. 1 znázorňuje chod průměrné denní teploty listů rákosu, která byla měřena na nátoku a odtoku, vždy na pravé a levé části. Z grafu je vidět, že teplota listu během dne stoupala až k maximu ve 13 hodin. Největší teplota byla zjištěna na odtoku L, kde teplota ve 13h byla 32,1 °C. Na ostatních odběrových místech však byly zjištěny velice podobné hodnoty (Tabulka č. 1).

*Graf č. 1: Průměrná radiační teplota z 5 listů rákosu na vegetačním poli kořenové čistírny ve Slavošovicích dne 7.8. 2007. L – levá strana pole, P – pravá strana pole.*



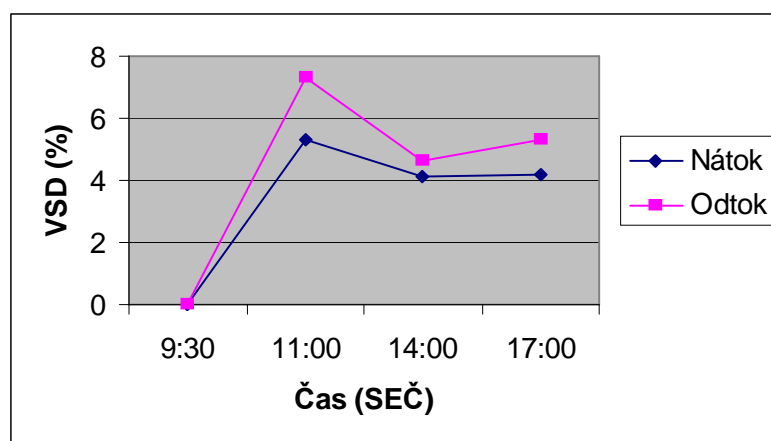
Tabulka č. 1. Maximální zjištěné hodnoty radiační teploty ( °C) listů rákosu obecného na kořenové čistírně ve Slavošovicích dne 7.8. 2007. L – levá strana pole, P – pravá strana pole.

Část pole	Průměr	Směrodatná odchylka
Nátok L	31,1	1,3
Nátok P	31,2	1,1
Odtok L	32,1	0,9
Odtok P	31,7	0,7

### 5.1.2 Vodní saturační deficit (VSD)

Graf č. 2 znázorňuje denní chod vodního saturačního deficitu (VSD). Nejnižší hodnota VSD byla v 9:30 na nátoku i odtoku, protože na listech byla rosa. Největší hodnota byla zjištěna na odtoku L v 11 hodin a dosahovala 7,3 %.

Graf č. 2: Chod vodního saturačního deficitu (VSD) rákosu obecného na kořenové čistírně ve Slavošovicích dne 7.-9.8. 2007



## 5.2 ODBĚR NADZEMNÍ BIOMASY

### 5.2.1 Počty stébel rákosu obecného

Počty stébel rákosu obecného jsou uvedeny v tabulce č. 2 a v datové příloze č. 2. Průměrná hodnota hustoty prýtů pro celé pole byla 106 prýtů na 1 m<sup>2</sup>. Ovšem z datové přílohy č. 2 je patrné, že počty stébel na jednotlivých odběrových ploškách se značně lišily. Tomu odpovídají také vysoké směrodatné odchylky (Tabulka č. 2).

*Tabulka č. 2: Průměrné počty stébel rákosu obecného na 1m<sup>2</sup> vegetačního pole na kořenové čistírně ve Slavošovicích dne 8.8. 2007. SD – směrodatná odchylka.*

Část pole	Vzorek	Počet všech živých prýtů	Počet kvetoucích prýtů	Počet odumřelých letošních prýtů
Nátok	průměr	111	7	19
	SD	50	8	17
Odtok	průměr	101	7	31
	SD	11	6	22
Celé pole	průměr	106	7	25
	SD	35	7	20

### 5.2.2 Charakteristiky pěti vybraných prýtů

Výsledky odběru jsou uvedeny v tabulce č. 3 a v datové příloze č. 3. Průměrná i maximální délka prýtu byla mírně vyšší na nátoce než na odtoku. Na nátoce byla průměrná délka prýtu 220 ± 46 a na odtoku 204 ± 39. Maximální délka prýtu na nátoce byla 314 a na odtoku 274. Jednotlivé zjištěné hodnoty však měly velký rozptyl, jak ukazují i vysoké

hodnoty směrodatné odchylky v tabulce 3. Podobně i průměrný počet listů byl mírně vyšší na nátoku než na odtoku. Průměrný počet živých listů byl na nátoku  $10 \pm 3$  a na odtoku  $8 \pm 3$ . Maximální počet živých listů na nátoku byl 16 a na odtoku 13.

*Tabulka č. 3: Průměrné a maximální délka prýtu a počet živých listů rákosu obecného na kořenové čistírně ve Slavošovicích dne 8.8. a 9.8. 2007*

	<b>Nátok</b>	<b>Odtok</b>
<b>Průměrná délka prýtu</b>	220 ± 46	204 ± 39
<b>Maximální délka prýtu</b>	314	274
<b>Průměrný počet živých listů</b>	10 ± 3	8 ± 3
<b>Maximální počet živých listů</b>	16	13

### **5.2.3 Nadzemní biomasa a listová plocha rákosu obecného**

Výsledky odběru jsou uvedeny v tabulce č. 4 a datové příloze č. 4. Z tabulky je patrné, že průměrná hodnota sušiny všech živých rostlin na nátoku je  $1263 \text{ g.m}^{-2}$  a na odtoku  $1040 \text{ g.m}^{-2}$ . Podobně jako u hodnot počtů stébel, i hodnoty nadzemní biomasy měly velký rozptyl. To je dokumentováno směrodatnou odchylkou, která pro sušinu všech živých rostlin na celém vegetačním poli dosahovala hodnoty  $401 \text{ g.m}^{-2}$ . Průměr sušiny všech odumřelých rostlin na nátoku byl  $32 \text{ g.m}^{-2}$  a  $64 \text{ g.m}^{-2}$  na odtoku. Směrodatná odchylka pro sušinu všech odumřelých rostlin na celém vegetačním poli byla  $42 \text{ g.m}^{-2}$ .

Tabulka č. 4: Nadzemní biomasa rákosu obecného na kořenové čistírně ve Slavošovicích dne 8.8. 2007. SD – směrodatná odchylka.

Část pole	sušina všech živých rostlin g.m <sup>-2</sup>	sušina všech odumřelých rostlin g.m <sup>-2</sup>	sušina živých a letošních odumřelých rostlin celkem g.m <sup>-2</sup>
<b>Průměr</b>			
<b>Nátok</b>	1263	32	1296
<b>SD nátok</b>	477	25	531
<b>Průměr</b>			
<b>Odtok</b>	1040	64	1105
<b>SD odtok</b>	206	51	217
<b>Průměr vše</b>	1152	48	1200
<b>SD vše</b>	401	42	400

Procentický podíl stébel, živých a odumřelých listů v nadzemní biomase živých prýtů je uveden v tabulce č. 5 a datové příloze č. 5. Stébla tvořila v průměru 65% sušiny živých prýtů. Živé listy v době odběru tvořily v průměru 30 % sušiny živých prýtů. Zjištěné hodnoty na nátoku a na odtoku byly velmi podobné (datová příloha č. 5).

Tabulka č. 5: Průměrný procentický podíl stébel s latami, živých a odumřelých listů v nadzemní biomase živých prýtlů rákosu obecného na kořenové čistírně ve Slavošovicích dne 8.8. 2007

část pole	% sušiny		
	Sušina stébel s latami	Sušina živých listů	Sušina odumřelých listů
<b>Průměr</b>			
<b>Nátok</b>	64,3	31,4	4,3
<b>SD Nátok</b>	2,8	2,8	1,0
<b>Průměr</b>			
<b>Odtok</b>	66,8	27,0	6,2
<b>SD Odtok</b>	5,8	4,5	1,5
<b>Průměr všech vzorků</b>	65,4	29,2	5,4
<b>SD všech vzorků</b>	4,7	4,4	1,5

Vypočítaná průměrná specifická listová SLA byla  $187,6 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$  u odběru z 9.8. 2007. Pokryvnost listoví byla  $6,31 \text{ m}^2$ .

### 5.3 PODZEMNÍ BIOMASA RÁKOSU OBECNÉHO

Tabulka č. 6 znázorňuje průměrné hodnoty podzemní biomasy rákosu na nátoku a odtoku. Na odtokové části byly zjištěny vyšší hodnoty sušiny živých oddenků než na nátoku. Naproti tomu hodnoty sušiny odumřelých oddenků byly na odtoku nižší než na nátoku. Rozptyl těchto charakteristik však ze získaných dat není možné odhadnout, protože v každé části pole byly odebrány jen dva vzorky.

*Tabulka č. 6: Průměrné hodnoty podzemní biomasy rákosu obecného [g.m<sup>-2</sup>] na kořenové částírně ve Slavošovicích dne 18.9. 2007*

Část pole	Kořeny	Živé oddenky	Živé báze	Pupeny	Odumřelé oddenky	Odumřelé báze	Živé části celkem	Odumřelé části celkem
<b>průměr nátok</b>	214	1370	46	99	117	123	1729	240
<b>průměr odtok</b>	197	1808	58	98	61	144	2161	205

## **6 Diskuse**

### **6.1 EXPEDIČNÍ MĚŘENÍ VÝPARU ZA HORKÉHO LETNÍHO DNE**

#### **6.1.1 Vodní saturační deficit**

U všech použitých metod můžeme očekávat určitou chybu. Tato chyba může být způsobena nepřesností měření, variabilitou materiálu atd. Při stanovení vodního saturačního deficitu mohla být chyba způsobena případnou netěsností uzávěrů sáčku. Spolehlivějšího výsledku bychom mohli dosáhnout, pokud bychom změřili aktuální čerstvou hmotnost listu ihned po odběru na místě, např. na torzních vahách. Tyto váhy jsme však bohužel neměli k dispozici. Hodnoty vodního saturačního deficitu je proto třeba považovat pouze za orientační a měření bude nutné v budoucnu zopakovat. Ovšem i s touto výhradou hodnoty vodního saturačního deficitu ukazují na zajímavý jev. Tím je nejvyšší hodnota vodního saturačního deficitu zjištěná v dopoledních hodinách. Vodní saturační deficit se posléze částečně dosytí a ve zbytku dne se udržuje na přibližně vyrovnané hodnotě. Tento jev vypovídá o dynamice vodního provozu rostlin dostatečně zásobených vodou za extrémně horkého dne.

#### **6.1.2 Rychlost transpirace porostu**

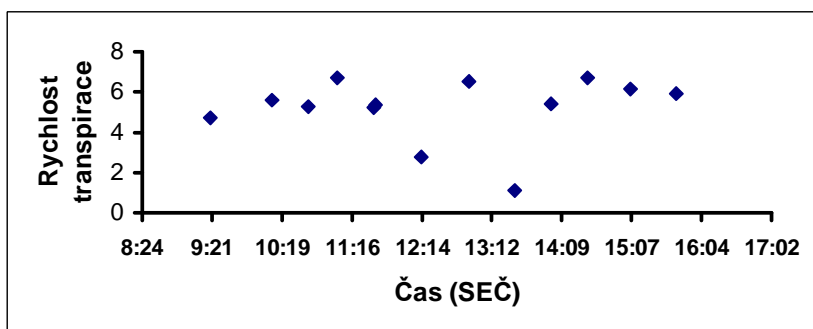
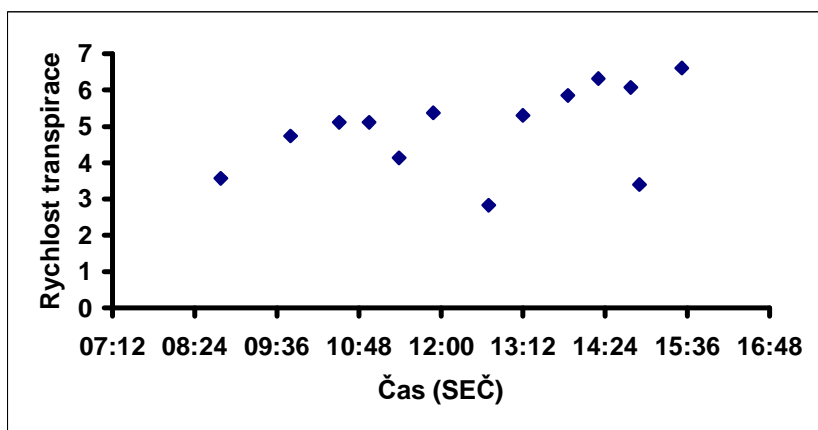
Obrázek č. 3 znázorňuje chod transpirace měřené od 8 do 16 hodin za horkého letního dne. Grafy ukazují, že chod transpirace není jednolité, ale dochází i k výkyvům, které jsou způsobené oblačností. Maximální hodnota transpirace na nátoku byla zjištěna v odpoledních hodinách, kdy byl porost nejvíce osluněn. Na odtoku byly srovnatelně vysoké hodnoty transpirace zjištěny mezi 11:00 a 15:00.

Měřené listy byly na povrchu porostu, to znamená, že v průběhu měření byly plně osluněné. Spodní listy však byly zastíněné. Můžeme očekávat, že zastíněné listy budou mít



menší rychlost transpirace než osluněné listy. Výpar na jednotku plochy porostu pro takovou situaci můžeme orientačně odhadnout tak, že zjištěnou rychlost transpirace násobíme pokrývností listoví LAI a korekčním faktorem na zastínění, který má hodnotu 0,5 (Brom, ústní sdělení).

Obr. č. 3. Denní chod rychlosti transpirace ( $\text{mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) na nátoku (A) a odtoku (B) vegetačního pole kořenové čistírny ve Slavošovicích dne 7.8. 2007. Data poskytl J. Dušek (ÚSBE AV ČR).



Jak ukazují grafy na obrázku č.3, rychlost transpirace za horkého letního dne na nátoku i odtoku dosahovala až  $7 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . Orientační odhad rychlosti transpirace na jednotku plochy porostu je za těchto podmínek  $0,45 \text{ l.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ , tedy  $0,45 \text{ mm.h}^{-1}$ . Pokud by

transpirace probíhala touto rychlostí po dobu 6 hodin (během nichž probíhalo měření), množství vody odpařené za tuto dobu z 1 m<sup>2</sup> porostu by dosahovalo 2,7 l.

Holcová (2004) měřila výpar porostu na vegetačním poli slavošovické čistírny přímou metodou, při níž stanovovala množství vody přitékající na nátok a odtékající na odtoku. Uvádí, že nejvíce vody se odpařilo 17.7. 2003, kdy výpar dosáhl 6,22 l z jednoho čtverečního metru za den. Dle mých výpočtů vychází výpar na 2,7 l z jednoho čtverečního metru za 6 hodin během nejteplejší části dne. Tyto hodnoty si tedy přibližně odpovídají.

## **6.2 STRUKTURA A BIOMASA POROSTU**

### **6.2.1 Přesnost změřených údajů, možné zdroje chyb**

Biomasu lze definovat jako hmotnost sušiny živých organismů v daném čase na určitou jednotku plochy půdy. Produkci můžeme definovat jako vytvořené množství sušiny (nadzemní i podzemní) porostů, rostliny nebo jejich částí za určité časové období (den, týden, rok), vztahované na jednotku plochy porostu (Jakrllová, 1989).

Velikost plošek a počet opakování při odběrech biomasy závisí podle Jakrllové (1989) na charakteru porostu (velikost rostlin, struktura porostu). Nejlépe je provést testování vhodné velikosti plochy sdružováním malých plošek do libovolně velkých. Ondok a Květ (1978) zjistili, že nejmenší vhodná ploška pro destruktivní odběr rákosu je 0,4 x 0,8 m<sup>2</sup>. Já jsem odebírala nadzemní biomasu z plošek 0,5 x 0,5 m<sup>2</sup>, v srpnovém odběru ovšem byly dvě plošky umístěny těsně vedle sebe, takže spolu tvořily obdélník 0,5 x 1 m<sup>2</sup>. Tato plocha je větší než minimální plocha doporučovaná Ondokem a Květem (1978).

Počet opakování v témže odběru je dán požadovanou přesností v odhadu biomasy. Dalším kritériem je pracnost a časové možnosti. Růst porostů rákosu v kořenových čistírnách se charakterizuje za pomoci minimálně tří opakování (Vymazal a Kröpfelová, 2005). V srpnovém odběru nadzemní biomasy jsem provedla 12 opakování (6 vzorků na

nátoku a 6 na odtoku) a v zářijovém odběru čtyři opakování (2 vzorky na nátoku a 2 na odtoku). Tento počet opakování je tedy dostatečný.

Četnost odběrů během sezóny je dána otázkou, na kterou chceme svým výzkumem odpovědět. U sledování sezónního průběhu produkce je nutno plánovat větší počet odběrů (např. Kuncová 2007, Richterová, 2007). Termíny odběrů mohou být buď pravidelné, nebo nepravidelné (Jakrllová, 1987). Pokud je cílem výzkumu stanovení roční produkce, stačí u některých typů porostu s jednoletým růstem pouze jeden odběr v době sezónního maxima biomasy. Vztah mezi roční produkcí nadzemní biomasy a maximální biomasou lze pro porosty jednotlivých druhů přímo stanovit. U rákosu dosahují ztráty biomasy během sezóny obvykle 10% (opad listů, příp. další růst, napadení hmyzem) (Ondok a Květ, 1978).

Srpnový termín odběru odpovídal obvyklé době, kdy rákos dosahuje sezónního maxima nadzemní biomasy. Druhým důvodem pro odběr biomasy v srpnovém termínu byla potřeba podkladových údajů o velikosti aktuální listové plochy pro expediční měření transpirace, které proběhlo krátce předtím. Odběr v září byl zaměřen především na podzemní biomasu, ovšem současně byly stanoveny i charakteristiky nadzemní biomasy na stejných odběrových ploškách. Z hlediska sezónní dynamiky porostu i zářijový odběr nadzemní biomasy představuje odhad maximální sezónní nadzemní biomasy. Z těchto dvou odběrů tedy nelze činit závěry o sezónních změnách biomasy.

### **6.2.2 Srovnání výsledků s údaji jiných autorů**

Produkce biomasy se mění v závislosti na podmínkách stanovišť a na sezónním průběhu meteorologických podmínek v daném ročníku a také na stáří porostu. Na změny biomasy v závislosti na stáří porostu je možno usuzovat ze srovnání svých výsledků s výsledky získanými na slavošovické čistírně jinými autory v roce 2004. V roce 2004 byla na kořenové čistírně ve Slavošovicích naměřena nadzemní biomasa prýtů na nátoku (P)  $1408 \pm 582 \text{ g.m}^{-2}$ , nátoku (S)  $1211 \pm 477 \text{ g.m}^{-2}$  a na nátoku (L)  $1614 \pm 396 \text{ g.m}^{-2}$ . Nadzemní biomasa na odtoku (P) byla  $929 \pm 516 \text{ g.m}^{-2}$ , odtoku (S)  $1240 \pm 343 \text{ g.m}^{-2}$  a na odtoku (L) dosahuje  $987 \pm 307 \text{ g.m}^{-2}$  (Edwards et al., 2008). Ve svém měření v roce 2007

na stejné lokalitě jsem zjistila, že sušina živých prýtů dosahovala hodnot na nátoku (P)  $1293 \text{ g.m}^{-2}$ , nátoku (S)  $977 \text{ g.m}^{-2}$  a na nátoku (L)  $1522 \text{ g.m}^{-2}$ . Nadzemní biomasa na odtoku (P)  $1098 \text{ g.m}^{-2}$ , odtoku (S)  $1149 \text{ g.m}^{-2}$  a na odtoku (L) dosahovala  $875 \text{ g.m}^{-2}$ . Průměrné hodnoty nadzemní biomasy na nátoku se tedy mírně snížily a na odtoku se příliš nezměnily. Ale vzhledem k vysokým směrodatným odchylkám v obou termínech měření je třeba zjištěné rozdíly interpretovat opatrně.

Zjištěné hodnoty nadzemní biomasy odpovídají údajům jiných autorů, podle nichž na většině biotopů studovaných v České republice rákos obecný dosahuje sezónní maximální nadzemní biomasy 1-1,5 kg (Čížková, 2006). Za mimořádně příznivých podmínek (vysoká dostupnost živin), dosažených na lokalitě Opatovický rybník, byly zjištěny hodnoty sezónní maximální nadzemní biomasy až  $3 \text{ kg.m}^{-2}$  (Dykyjová a Hradecká, 1976). Ovšem i na některých vegetačních čistírnách byly naměřeny překvapivě vysoké hodnoty nadzemní biomasy - až  $5000 \text{ g.m}^{-2}$  (Vymazal 2005).

Živé části podzemní biomasy na kořenové čistírně ve Slavošovicích v roce 2007 dosahovaly hodnoty na nátoku (P)  $1876 \text{ g.m}^{-2}$  a na nátoku (L)  $1582 \text{ g.m}^{-2}$ . Na odtoku (P) byla zjištěna hmotnost podzemní biomasy  $1692 \text{ g.m}^{-2}$  a na odtoku (L)  $2629 \text{ g.m}^{-2}$ . Stejně měření probíhalo i v roce 2004, kdy byly zjištěny hodnoty podzemní biomasy na nátoku (P)  $1204 \text{ g.m}^{-2}$  a na nátoku (L)  $554 \text{ g.m}^{-2}$ . Na odtoku (P)  $898 \pm 310 \text{ g.m}^{-2}$  a na odtoku (L) dosahovala hmotnost  $1241 \pm 324 \text{ g.m}^{-2}$  (Edwards et al., 2008). Výsledky ukazují, že za období tří let od r. 2004 do r. 2007 se hmotnost podzemní biomasy podstatně zvětšila. Pro podzemní biomasu rákosu na vegetačních čistírnách existuje dosud jen málo dat. Parr (1990) uvádí hodnoty podzemní biomasy rákosu z 27 vegetačních čistíren ve Velké Británii. Nejvyšší hodnoty, které uvádí, dosahují  $800-1000 \text{ g.m}^{-2}$ . Tyto hodnoty přibližně odpovídají hodnotám zjištěným na slavošovické čistírně v r. 2004. Ovšem i hodnoty nadzemní biomasy na anglických čistírnách byly poměrně nízké (menší než  $1000 \text{ g.m}^{-2}$ ). Parr (1990) během svého výzkumu popsal čistírny staré nejvýše tři roky, což pravděpodobně vysvětluje nízké hodnoty biomasy.

## 7 Závěr

Bakalářská práce je součástí projektu GAČR 206/06/0058 Monitoring těžkých kovů a vybraných rizikových prvků při čištění odpadních vod v umělých mokřadech. Cílem práce je zhodnotit růstové charakteristiky rákosu obecného na vegetační kořenové čistírně ve Slavošovicích.

Růstové charakteristiky byly stanoveny na podkladě destruktivního odběru v době sezónního maxima nadzemní biomasy. Odběr proběhl ve vegetační sezóně 2007 na nátoky a odtok vegetační kořenové čistírny.

V mých pozorováních dosáhla průměrná hodnota počtu stébel na nátoky 45,8 g.m<sup>-2</sup> a 46,4 g.m<sup>-2</sup> na odtok. Průměrná celková nadzemní biomasa (stanovená v srpnu 2007) dosahovala na nátoky 1296 g.m<sup>-2</sup> a na odtok 1105 g.m<sup>-2</sup>. Průměrná specifická listová SLA byla 187,6 cm<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup> a pokryvnost listová 6,31 m<sup>2</sup>. Průměrná živá podzemní biomasa dosáhla na nátoky 1729 g.m<sup>-2</sup> a na odtok 2161 g.m<sup>-2</sup>.

Srovnání mých výsledků s údaji z roku 2004 ukázalo, že průměrné hodnoty nadzemní biomasy se za dané období příliš nezměnily, kdežto hmotnost podzemní biomasy se podstatně zvětšila.

## 8 Literatura

- ČÍŽKOVÁ, H. (2006): Faktory ovlivňující dynamiku porostů rákosu obecného v kulturní krajině. [Habilitatione.] České Budějovice
- ČÍŽKOVÁ, H., ŠANTRŮČKOVÁ, H. (2006): Procesy spojené s eutrofizací mokřadů. *Živa* 5/2006, str. 201-204.
- DYKYJOVÁ, D., HRADECKÁ, D., 1976. Production Ecology of *Phragmites communis* 1. Relation of Two Ecotypes to the Microclimate and Nutrient Conditions of Habitat. *Folia Geobot. Phytotax.* 11: 23-61.
- EDWARDS, K.R., HOLCOVÁ, V, DUŠEK, J., ČÍŽKOVÁ, H. (2008): Relation between decomposition, water flow and plants in a constructed wetland. *Wetlands*, v recenzním řízení.
- HOLCOVÁ, V. (2004): Evapotranspirace rákosu oecného (*Phragmites australis*) v umělém mokřadu. [Bakalářská diplomová práce.] České Budějovice, fakulta biologická, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.
- HRNČÍŘ, P., VÁCHA, V. (1994): Zkušenosti s provozem kořenových čistíren odpadních vod. In: Čížková, H., Flek, S., Husák, Š. (Ed): Sborník přednášek „Kořenové čistírny a další vegetační systémy zlepšující kvalitu vod“. Botanický ústav AV ČR, Třeboň, str. 51-64.
- HUSÁK, Š. (1992): Druhy rostlin vhodné pro vegetační čistírny. In: ČÍŽKOVÁ-KONČALOVÁ, H., HUSÁK, Š. (Ed): Sborník přednášek „Účelové kultivace vodních a mokřadních rostlin“. Botanický ústav ČSAV, Třeboň, str. 75-79.
- JAKRLOVÁ, J. (1987): Primární produkce. In: Dykyjová D. (Ed.), metody studia ekosystémů. Academia, Praha.
- KUBÁT, K. et al. (2002) : Klíč ke květeně České republiky. Academia, Praha.
- KUNCOVÁ, Š. (2007): Struktura a nadzemní produkce porostu vybraného monodominantního porostu eutrofní zaplavované louky. [Bakalářská práce.] České

Budějovice, fakulta zemědělská, katedra biologických disciplín, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

- ONDOK, J.P., KVĚT, J. (1978): Selection of sampling areas in assessment of production. 163-174. In: Dykyjová, D., Květ, J. (Eds.): Pond littoral ecosystems. Structure and functioning. Springer-Verlag, Berlin, pp. 163-174.
- PARR, W.T. (1990): factors affecting reed (*Phragmites australis*) growth in UK reed bed treatment systems. In: Cooper, P.F., Findlater, B.C. (Eds.): Constructed Wetlands in Water Pollution Control. Pergamon Press, Oxford, pp. 67-76.
- RYCHTEROVÁ, J. (2007): Sezónní rozvoj nadzemní biomasy a pokryvnosti listoví u vybraného monodominantního porostu eutrofní zaplavované louky. [Bakalářská práce.] České Budějovice, fakulta zemědělská, katedra biologických disciplín, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.
- SÁGA, P., DOSTÁL, T. (1991) : Evropské směrnice pro navrhování a provoz kořenových čistíren. P F Cooper (Water Research Centre, Swindon, UK)
- ŠÁLEK, J. (1992): Uspořádání vegetačních čistíren. In: ČÍŽKOVÁ-KONČALOVÁ, H., HUSÁK, Š. (Ed): Sborník přednášek „Účelové kultivace vodních a mokřadních rostlin“. Botanický ústav ČSAV, Třeboň, str. 45-53.
- ŠÁLEK, J. (1999) : Navrhování a provozování vegetačních kořenových čistíren: Metodiky pro zemědělskou praxi, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha
- TLAPÁK, V., ŠÁLEK, J., LEGÁT, V. (1992): Voda v zemědělské krajině. Zemědělské nakladatelství Brázda, Praha
- VYMAZAL, J. (1995) : Čištění odpadních vod v kořenových čistírnách. ENVI s. r. o., Třeboň
- VYMAZAL, J., KRÖPFLOVÁ, L. (2005): Growth of *Phragmites australis* and *Phalaris arundinacea* in constructed wetlands for wastewater treatment in the Czech Republic. *Ecological Engineering* 25: 606-621.

## **Internetové zdroje**

ANONYMUS (2008): <http://www.ramsar.org/>

ČÍŽKOVÁ, H. (2008): Adaptabilita rostlin na mokřadní prostředí.  
<http://home.zf.jcu.cz/public/departments/kbd/ekm/index2.htm>

PELIKÁNOVÁ, J. (2008) : Bahenní rostliny. <http://kcov.wz.cz/Bahennirostliny.php>

ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, J. (2006) : Encyklopedie hydrobiologie.  
[http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid\\_es-006/](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-006/)



## 9 Přílohy

### Seznam datových příloh

Datová příloha č. 1: Vodní saturační deficit (VSD) listů rákosu obecného

Datová příloha č. 2: Počty stébel rákosu obecného na 1m<sup>2</sup> vegetačního pole

Datová příloha č. 3a: Charakteristiky 5 náhodně zvolených prýtů rákosu obecného na nátoku

Datová příloha č. 3b: Charakteristiky 5 náhodně zvolených prýtů rákosu obecného na odtoku

Datová příloha č. 4: Nadzemní biomasa rákosu obecného

Datová příloha č. 5: Procentický podíl stébel s latami, živých a odumřelých listů v nadzemní biomase živých prýtů rákosu obecného

Datová příloha č. 6: Charakteristiky 5 náhodně zvolených prýtů rákosu obecného na nátoku a odtoku

Datová příloha č. 7: Nadzemní biomasa rákosu obecného

Datová příloha č. 8: Podzemní biomasa rákosu obecného

### Seznam obrázků

Obrázek č. 4: Ukázka kořenové čistírny

Obrázek č.5: Rákos obecný (*Phragmites australis*)

Obrázek č.6: Měření transpirace a fotosyntézy rákosu obecného pomocí přístroje LI-COR 6400

Obrázek č.7: Odběrová vidlice na biomasu

Obrázek č.8: Odběr nadzemní biomasy pomocí vidlice

Obrázek č.9: Výběr stébel rákosu obecného

Obrázek č.10: Odběr podzemní biomasy

Obrázek č.11: Rozdělení podzemní biomasy na části

*Datová příloha č. 1: Vodní saturační deficit (VSD) listů rákosu obecného na kořenové čistírně ve Slavošovicích dne 7.-9.8. 2007. L – levá strana pole.*

<b>Vzorek</b>	<b>Datum</b>	<b>Čas odběru</b>	<b>Aktuální čerstvá hmotnost 1 cm úkrojků (g)</b>	<b>Čerstvá hmotnost dosycených úkrojků (g)</b>	<b>Hmotnost sušiny úkrojků (g)</b>	<b>VSD (%)</b>
<b>Nátok L</b>	7.8.2007	11:00	0,25255	0,26052	0,11070	5,3
<b>Nátok L</b>	7.8.2007	14:00	0,20679	0,21191	0,08730	4,1
<b>Nátok L</b>	7.8.2007	17:00	0,29671	0,30406	0,13004	4,2
<b>Nátok L</b>	9.8.2007	9:30	0,17022	0,17022	0,07010	0,0
<b>Odtok L</b>	7.8.2007	11:00	0,19291	0,20142	0,08440	7,3
<b>Odtok L</b>	7.8.2007	14:00	0,19938	0,20492	0,08500	4,6
<b>Odtok L</b>	7.8.2007	17:00	0,27085	0,27923	0,12030	5,3
<b>Odtok L</b>	9.8.2007	9:30	0,18048	0,18048	0,07449	0,0

*Datová příloha č. 2: Počty stébel rákosu obecného na 1m<sup>2</sup> vegetačního pole ve Slavošovicích dne 8.8. 2007. L – levá strana pole, S – střed, P – pravá strana pole.*

Část pole	Vzorek	Velikost plochy (m <sup>2</sup> )	Počet všech živých prýtlů	Počet kvetoucích prýtlů	Počet odumřelých letošních prýtlů
<b>Nátok</b>	L1	1	204	8	32
<b>Nátok</b>	L2	1	68	4	44
<b>Nátok</b>	S1	1	96	12	4
<b>Nátok</b>	S2	1	84	0	8
<b>Nátok</b>	P1	1	128	20	20
<b>Nátok</b>	P2	1	88	0	4
<b>Průměr nátok</b>			111	7	19
<b>Odtok</b>	L1	1	108	4	4
<b>Odtok</b>	L2	1	104	4	44
<b>Odtok</b>	S1	1	80	0	16
<b>Odtok</b>	S2	1	112	16	16
<b>Odtok</b>	P1	1	96	12	60
<b>Odtok</b>	P2	1	104	8	48
<b>Průměr odtok</b>			101	7	31
<b>Průměr vše</b>			106	7	25

Datová příloha č. 3a: Charakteristiky 5 náhodně zvolených prýtů rákosu obecného na nátoku na kořenové čistírně ve Slavošovicích dne 8.8. 2007 L – levá strana pole, S – střed, P – pravá strana pole

Část pole	Vzorek	Plocha (m <sup>2</sup> )	Prýt číslo	Délka prýtu (cm)	Počet živých listů	Lata Ano X Ne
Nátok	L1	0,25	1	208	12	Ne
			2	260	12	Ne
			3	271	10	Ne
			4	185	5	Ne
			5	168	6	Ne
Nátok	L2	0,25	1	187	4	Ne
			2	249	10	Ne
			3	266	12	Ne
			4	181	4	Ne
			5	314	15	Ano
Nátok	S1	0,25	1	181	8	Ne
			2	245	13	Ne
			3	290	12	Ano
			4	210	11	Ne
			5	151	6	Ne
Nátok	S2	0,25	1	229	11	Ne
			2	194	9	Ne
			3	213	11	Ne
			4	235	13	Ne
			5	196	11	Ne
Nátok	P1	0,25	1	177	9	Ne
			2	269	14	Ne
			3	151	7	Ne
			4	161	8	Ne
			5	306	16	Ano
Nátok	P2	0,25	1	232	9	Ne
			2	207	13	Ne
			3	200	12	Ne
			4	189	12	Ne
			5	289	13	Ne

Datová příloha č. 3b: Charakteristiky 5 náhodně zvolených prýtů rákosu obecného na odtoku na kořenové čistírně ve Slavošovicích dne 9.8. 2007 L – levá strana pole, S – střed, P – pravá strana pole

Část pole pole	Vzorek	Plocha (m <sup>2</sup> )	Prýt číslo	Délka prýtu (cm)	Počet živých listů	Lata Ano X Ne
Odtok	L1	0,25	1	146	3	Ne
			2	214	6	Ne
			3	144	5	Ne
			4	181	6	Ne
			5	240	7	Ne
Odtok	L2	0,25	1	242	11	Ne
			2	190	9	Ne
			3	139	6	Ne
			4	197	10	Ne
			5	155	6	Ne
Odtok	S1	0,25	1	218	9	Ne
			2	257	12	Ne
			3	255	13	Ne
			4	181	6	Ne
			5	189	7	Ne
Odtok	S2	0,25	1	194	7	Ne
			2	140	3	Ne
			3	234	9	Ne
			4	245	13	Ano
			5	205	6	Ne
Odtok	P1	0,25	1	246	12	Ano
			2	228	12	Ano
			3	167	6	Ne
			4	159	5	Ne
			5	213	9	Ne
Odtok	P2	0,25	1	240	10	Ano
			2	248	11	Ne
			3	274	10	Ne
			4	215	9	Ne
			5	176	7	Ne

Datová příloha č. 4: Nadzemní biomasa rákosu obecného na kořenové čistírně ve Slavošovicích dne 8.8. 2007. SD – směrodatná odchylka. L – levá strana pole, S – střed, P – pravá strana pole

Část pole	Vzorek	sušina všech živých prýtů	sušina všech odumřelých rostlin prýtů	sušina živých a letošních odumřelých prýtů celkem
		g.m <sup>-2</sup>	g.m <sup>-2</sup>	g.m <sup>-2</sup>
Nátok	L1	2205	51	2256
Nátok	L2	838	67	904
Nátok	S1	981	28	1009
Nátok	S2	972	7	979
Nátok	P1	1550	39	1589
Nátok	P2	1035	3	1038
<b>Průměr</b> Nátok		1263	32	1296
<b>SD nátok</b>		477	25	531
<b>Odtok</b>	L1	986	5	991
<b>Odtok</b>	L2	764	114	878
<b>Odtok</b>	S1	897	31	928
<b>Odtok</b>	S2	1401	19	1420
<b>Odtok</b>	P1	1004	101	1105
<b>Odtok</b>	P2	1191	116	1307
<b>Průměr</b> Odtok		1040	64	1105
<b>SD odtok</b>		206	51	217
<b>Průměr vše</b>		1152	48	1200
<b>SD vše</b>		401	42	400

Datová příloha č. 5: Procentický podíl stébel s latami, živých a odumřelých listů v nadzemní biomase živých prýtlů rákosu obecného na kořenové čistírně ve Slavošovicích dne 8.8. 2007. SD – směrodatná odchylka. L – levá strana pole, S – střed, P – pravá strana pole

část pole	vzorek	% sušiny			
		Sušina stébel s latami	Sušina stébel	Sušina živých listů	Sušina odumřelých listů
Nátok	L1	63,5	63,5	33,4	3,1
Nátok	L2	66,4	66,4	28,4	5,3
Nátok	S1	64,5	64,5	31,1	4,4
Nátok	S2	59,2	59,2	36,0	4,8
Nátok	P1	65,1	65,1	29,7	5,2
Nátok	P2	67,2	67,2	29,7	3,1
<b>Průměr</b>					
<b>Nátok</b>		<b>64,3</b>	<b>64,3</b>	<b>31,4</b>	<b>4,3</b>
<b>SD Nátok</b>		<b>2,8</b>	<b>2,8</b>	<b>2,8</b>	<b>1,0</b>
Odtok	L1	76,5	76,5	19,4	4,1
Odtok	L2	59,6	59,6	32,2	8,2
Odtok	S1	67,5	67,5	25,8	6,7
Odtok	S2	65,9	65,0	28,0	6,1
Odtok	P1	62,6	60,9	30,5	6,9
Odtok	P2	68,5	67,8	26,4	5,1
<b>Průměr</b>					
<b>Odtok</b>		<b>66,8</b>	<b>66,2</b>	<b>27,0</b>	<b>6,2</b>
<b>SD Odtok</b>		<b>5,8</b>	<b>6,1</b>	<b>4,5</b>	<b>1,5</b>
<b>Průměr</b>					
<b>všech vzorků</b>		<b>65,4</b>	<b>65,1</b>	<b>29,2</b>	<b>5,4</b>
<b>SD všech vzorků</b>		<b>4,7</b>	<b>4,8</b>	<b>4,4</b>	<b>1,5</b>

*Datová příloha č. 6: Charakteristiky 5 náhodně zvolených prýtů rákosu obecného na nátoku a odtoku na kořenové čistírně ve Slavošovicích dne 18.9. 2007 L – levá strana pole, P – pravá strana pole*

<b>Část pole pole</b>	<b>Vzorek</b>	<b>Plocha (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Prýt číslo</b>	<b>Délka prýtu (cm)</b>	<b>Počet živých listů</b>	<b>Lata Ano X Ne</b>	<b>Počet odumřelých listů</b>
<b>Nátok</b>	L3	0,25	1	267	12	Ne	5
			2	260	14	Ano	3
			3	261	15	Ne	7
			4	229	12	Ano	5
			5	210	12	Ne	6
<b>Nátok</b>	P3	0,25	1	205	13	Ne	9
			2	200	12	Ne	7
			3	198	14	Ne	5
			4	163	9	Ne	12
			5	180	6	Ano	8
<b>Odtok</b>	L3	0,25	1	170	9	Ne	6
			2	240	11	Ano	5
			3	230	11	Ano	6
			4	250	13	Ano	5
			5	209	12	Ne	6
<b>Odtok</b>	P3	0,25	1	260	12	Ano	7
			2	130	4	Ne	7
			3	205	14	Ne	6
			4	190	12	Ne	5
			5	220	15	Ne	5



Datová příloha č. 7: Nadzemní biomasa rákosu obecného na kořenové čistírně ve Slavošovicích dne 18.9. 2007. SD – směrodatná odchylka. L – levá strana pole, P – pravá strana pole

Část pole	Vzorek	sušina všech živých rostlin	sušina všech odumřelých rostlin rákosu	sušina živých a letošních odumřelých rostlin celkem
		g.m <sup>-2</sup>	g.m <sup>-2</sup>	g.m <sup>-2</sup>
<b>Nátok</b>	L1	2719	88	2807
<b>Nátok</b>	P1	785	761	1546
<b>Odtok</b>	L1	1334	244	1577
<b>Odtok</b>	P1	1031	298	1329
<b>Průměr všech vzorků</b>		1467	348	1815
<b>SD vše</b>		864	290	671

*Datová příloha č. 8: Podzemní biomasa rákosu obecného na kořenové čistírně ve Slavošovicích dne 18.9. 2007 L – levá strana pole, P – pravá strana pole*

<b>Část pole</b>	<b>Vzorek</b>	<b>Kořeny (g.m<sup>-2</sup>)</b>	<b>Živé oddenky (g.m<sup>-2</sup>)</b>	<b>Živé báze (g.m<sup>-2</sup>)</b>	<b>Pupeny (g.m<sup>-2</sup>)</b>	<b>Odumřelé oddenky (g.m<sup>-2</sup>)</b>	<b>Odumřelé báze (g.m<sup>-2</sup>)</b>	<b>Živé části celkem (g.m<sup>-2</sup>)</b>	<b>Odumřelé části celkem (g.m<sup>-2</sup>)</b>
<b>Nátok</b>	L	215	1156	72	139	147	87	1582	235
<b>Nátok</b>	P	213	1584	20	58	86	159	1876	245
<b>Odtok</b>	L	216	2231	62	121	111	174	2629	285
<b>Odtok</b>	P	179	1385	54	75	11	114	1692	125

Obrázek č. 4: Ukázka kořenové čistírny ve Slavošovicích dne 7.8. 2007



Obrázek č .5: Rákos obecný (*Phragmites australis*), na kořenové čistírně ve Slavošovicích dne 7.8. 2007





Obrázek č. 6: Měření transpirace a fotosyntézy rákosu obecného pomocí přístroje LI-COR 6400, na kořenové čistírně ve Slavošovicích dne 7.8. 2007



Obrázek č.7: Odběrová vidlice na biomasu, na kořenové čistírně ve Slavošovicích dne 8.8. 2007



Obrázek č. 8: Odběr nadzemní biomasy pomocí vidlice na kořenové čistírně ve Slavošovicích dne 8.8. 2007



Obrázek č. 9: Výběr stébel rákosu obecného na kořenové čistírně ve Slavošovicích dne 9.8. 2007





Obrázek č. 10: Odběr podzemní biomasy ve Slavošovicích dne 18.9. 2007



Obrázek č. 11: Rozdělení podzemní biomasy na části

