

Za Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zemědělská fakulta
Katedra biologických disciplin

Studijní program: B4131 Zemědělství
Studijní obor: Agroekologie

Bakalářská práce

**Stavba a funkce kořenových čistíren odpadních
vod na příkladu dvou staveb v biosférické
rezervaci Třeboňsko**

Vedoucí práce: RNDr. Lukáš Šimek

Autor: Mariana Mundoková

2009

Poděkování

Touto cestou bych ráda poděkovala svému vedoucímu práce RNDr. Šimkovi. Doc. RNDr. Čížkové, CSc. za její trpělivost a velmi cenné rady při zpracování mé práce. Dále bych chtěla poděkovat za ochotu starostům obce Roseč panu Vofovi a obce Příbraz Ing. Němcovi. Za poskytnutí cenných informací panu Mgr. Duškovi, PhD. A všem, kteří mě během studií podporovali.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem uvedenou bakalářskou práci na téma: Stavba a funkce kořenových čistíren na příkladu dvou staveb v biosférické rezervaci Třeboňsko vypracovala samostatně, na základě vlastních zjištění a použila pramenů, které uvádím a cituji v soupisu literatury.

V Českých Budějovicích 16.4.2009

.....
Mariana Mundoková

V souladu s § 47b. zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách.

V Českých Budějovicích 16.4.2009

.....
Mariana Mundoková

Anotace

Cílem práce je sledování čistící schopnosti dvou kořenových čistíren odpadních vod. Kořenová čistírna v Příbrazi je v provozu 9 let, kořenová čistírna v Roseči byla v době sledování ve zkušebním provozu.

Práce obecně popisuje stavbu a funkci kořenových čistíren odpadních vod. Byly sledovány a porovnávány základní ukazatele znečištění odpadních vod biologická spotřeba kyslíku za 5 dní (BSK-5), chemická spotřeba kyslíku (CHSK-Cr), nerozpuštěné látky (NL). Bylo zjištěno, že u čistírny v dlouhodobém provozu i u čistírny ve zkušebním provozu byly hodnoty BSK-5, CHSK-Cr a NL v normě. Pouze v jednom případě, vlivem velkého přítoku NL na kořenová pole, byl zvýšen odtok těchto látek z čistírny po dobu 4 měsíců.

Klíčová slova: vegetační kořenová čistírna, biologická spotřeba kyslíku, chemická spotřeba kyslíku, nerozpuštěné látky

Anotation

The Bachelor's thesis monitors the concentrations of certain chemicals in waste water. The locations of this testing operation were Příbraz, a constructed wetland that has been operating for nine years and Rosec also a constructed wetland in testing operation.

This project shows the physical construction and the function of constructed wetlands. It also reports on the levels of the BOD 5, COD and TSS. From our monitoring records the efficiency for BOD 5, COD and TSS has been steady over the study period for both locations. Only once for a period of four months outflow concentration of TSS was higher due to increased inflow of constructed wetland TSS at the Rosec.

Keywords: constructed wetlands, BOD₅, COD, TSS

Obsah

	1
Úvod.....	8
2 Literární přehled.....	10
2.1 Specifikace mokřadu.....	10
2.2 Vegetační kořenová čistírna.....	10
2.2.1 Využití kořenových čistíren.....	10
2.2.2 Konstrukční typy kořenových čistíren.....	11
2.2.3 Přednosti kořenových čistíren.....	11
2.2.4 Nevýhody kořenových čistíren.....	11
2.3 Návrhové parametry.....	12
2.3.1 Předčištění.....	12
2.3.2 Konfigurace.....	13
2.3.3 Filtrační lože.....	13
2.3.4 Plocha.....	15
2.3.5 Distribuce odpadní vody.....	15
2.3.6 Vegetace.....	16
2.4 Kolmatace ve filtračních náplních vegetačních kořenových čistíren.....	17
2.4.1 Filtrační prostředí.....	17
2.4.2 Princip kolmatace.....	18
2.4.3 Příčiny kolmatace.....	18
2.5 Operační program Životní prostředí.....	19
2.5.1 Podpora vohospodářství.....	19
3 Popis čistíren.....	20
4 Metodika.....	21
4.1 Měření na sledovaných vegetačních kořenových čistírnách.....	21

4.2	Odebírání vzorků.....	21
4.3	Způsoby zjišťování chemické spotřeby kyslíku (CHSKCr).....	21
4.4	Způsoby zjišťování biologické spotřeby kyslíku (BSK ₅).....	22
4.5	Nerozpuštěné látky (NL 105°C).....	22
4.6	Měření srážek.....	22
5	Výsledky.....	23
5.1	Chemická spotřeba kyslíku (CHSK-Cr).....	23
5.2	Biologická spotřeba kyslíku (BSK ₅).....	25
5.3	Nerozpuštěné látky (NL 105°C).....	27
6	Diskuse.....	30
6.1	Metodická omezení.....	30
6.2	Hodnoty chemické spotřeby kyslíku na obou čistírnách.....	30
6.3	Biologická spotřeba kyslíku na obou čistírnách.....	31
6.4	Nerozpuštěné látky.....	32
6.5	Srovnání výsledků s jinými autory.....	34
7	Závěr.....	35
8	Literatura.....	36
9	Přílohy.....	38

1 Úvod

Přírodní způsoby čištění odpadních vod využívají přirozené, běžně v přírodě se vyskytující samočisticí procesy, které probíhají v půdním, vodním a mokřadním prostředí. Vegetace se přímo podílí na čistícím procesu, zejména tvorbou příznivých podmínek pro rozvoj mikroorganismů a současným využíváním uvolněných rostlinných živin, především dusíku, fosforu a drasla k tvorbě biomasy.

Do skupiny přírodních způsobů čištění patří:

- vegetační kořenové čistírny odpadních vod,
- biologické nádrže a akvakultury,
- závlaha odpadními vodami a tekutými odpady.

Vegetační kořenové čistírny odpadních vod dělíme podle technologie čištění na tyto základní typy:

- přírodní a polopřírodní ovladatelné mokřady,
- půdní filtry s vegetací,
- vegetační kořenové čistírny s makrofyty,
- přerovné pásy na čištění odpadních vod s vegetací,
- průtočné kanály s kořenovými a vzplývavými makrofyty (Šálek, 1995).

První zmínky o využití mokřadních rostlin pro čištění odpadních vod pocházejí z počátku 50. let 20. století. První plnoprovozní mokřadní čistírny byly uvedeny do provozu koncem 60. a začátkem 70. let v Nizozemí a v Německu.

V České republice se první zmínka o kořenové čistírně objevila v roce 1987. V následujícím roce byl uveden do provozu malý poloprovozní model. Čistící efekt byl velmi dobrý především pro organické a nerozpuštěné látky. V roce 1989 byla uvedena do provozu naše první plnoprovozní kořenová čistírna v Petrově u Jílového. Čistící efekt byl poměrně vysoký (Vymazal, 1992).

V současné době využití kořenových čistíren v České republice mírně roste. Je to způsobeno hlavně díky finanční podpoře Evropské unie. Dále stoupá informovanost lidí o

čisticích schopnostech kořenových čistíren. Nevýhodou tohoto způsobu čištění vody jsou velké požadavky na plochu.

Kořenové čistírny jsou využívány hlavně k čištění splaškových odpadních vod domácností, čištění a dočištění splaškových odpadních vod menších obcí, dočištění znečištěných povrchových vod, čištění odpadních vod z malých průmyslových závodů, čištění vody ze skládek komunálního odpadu a k čištění zemědělských odpadních vod.

Moje práce je zaměřena na zjištění a srovnání čistícího účinku kořenové čistírny s provozem 10 let a kořenové čistírny s provozem 1 rok. Porovnávala jsem vegetační čistírnu v Příbrazi a vegetační kořenovou čistírnu v Roseči. Vegetační kořenová čistírna v Příbrazi byla uvedena do zkušebního provozu v roce 1999 a vegetační kořenová čistírna v Roseči byla zprovozněna v roce 2007.

2 Literární přehled

2.1. Specifikace mokřadu

Ramsarská úmluva z roku 1971 hovoří o mokřadech jako o území s trvalým nebo sezónním zamokřením. Je to velmi cenná část zemského povrchu se specifickými rostlinami a živočichy. Tvoří přechod mezi suchozemským a vodním ekosystémem.

Mokřady se vyskytují prakticky všude, nalezneme je na všech kontinentech kromě Antarktidy a ve všech klimatických pásmech od tropů až po tundru. Tvoří přibližně 6% zemského povrchu (Vymazal, 1992).

2.2. Vegetační kořenová čistírna

2.2.1 Využití kořenových čistíren

Vegetační kořenové čistírny jsou zařízení, která slouží k čištění znečištěných povrchových a odpadních vod. Nacházejí uplatnění zejména při čištění splaškových odpadních vod domácností, rekreačních zařízení, menších obcí, dočištění znečištěných povrchových vod, čištění odpadních vod z dílen a malých průmyslových závodů, čištění filtrátů vody ze skládek komunálního odpadu v kombinaci s upravenými filtry, čištění organicky nízkozatížených zemědělských odpadních vod. Nejsou vhodné pro čištění při vysokém obsahu organického znečištění a zvýšenému výskytu amoniaku, tuků a olejů, derivátů ropy, toxických látek překračující hranici toxicity, při nedostatku vhodných levných ploch a v klimaticky nevhodných polohách (Šálek, 1999).

K čištění využívají přirozené, běžně se v přírodě vyskytující samočisticí procesy, které probíhají v půdním, vodním a mokřadním prostředí. Vegetace se přímo podílí na čistícím procesu zejména tvorbou příznivých podmínek pro rozvoj mikroorganismů a

současným využíváním uvolněných rostlinných živin, především dusíku, fosforu a draslíku k tvorbě biomasy.

2.2.2 Konstrukční typy kořenových čistíren

Čištění probíhá v porézním filtračním mokřadním prostředí v součinnosti s mokřadní vegetací. Podle Vymazala J. (1992) vegetační kořenové čistírny odpadních vod nejčastěji dělíme podle směru proudění:

- Vegetační kořenové čistírny s horizontálním povrchovým prouděním,
- vegetační kořenové čistírny s horizontálním podpovrchovým prouděním,
- vegetační kořenové čistírny s vertikálním prouděním směrem dolů,
- vegetační kořenové čistírny s vertikálním prouděním směrem vzhůru,
- vegetační kořenové čistírny s radiálním prouděním.

2.2.3 Přednosti kořenových čistíren

Přednosti kořenových čistíren jsou především v ekologickém charakteru zařízení a jeho příznivé začlenění do životního prostředí, v jednodušším stavebním a technologickém provedení, v nižších stavebních a provozních nákladech v porovnání s klasickou čistírnou, v možnostech nárazového přetížení a dobrém čisticím účinku od počátku provozu, v poutání části dusíku a fosforu i těžkých kovů, v možnosti krátkodobého i dlouhodobého přerušování provozu bez negativního vlivu, v možnosti čištění odpadních vod s vysokým podílem balastních látek.

2.2.4 Nevýhody kořenových čistíren

Nevýhody kořenových čistíren jsou především velké nároky na plochu, využití pro menší producenty odpadních vod, závislost čisticího účinku na klimatických podmínkách, možnost zakolmatování filtračního prostředí při nedostatečném mechanickém čištění vody, při nekvalitním provedení a provozování možnost kontaminace podzemních vod (Šálek, 1999).

2.3 Návrhové parametry

Před návrhem kořenové čistírny musí být proveden průzkum zaměřený především na charakteristiku producentů odpadních vod, průzkum množství a složení přitékající odpadní, dešťové a znečištěné povrchové vody. Dále je důležité zjistit výškopisný a polohopisný plán vybrané lokality. Mezi další důležité informace o vybrané lokalitě patří hydropedologický, hydrogeologický a geologický průzkum, zjištění ochranných pásem vodních zdrojů, zjištění základních meteorologických a klimatických poměrů, hydrogiologický průzkum, hospodářský a sociální průzkum, stanovení perspektiv rozvoje zájmové oblasti, zemědělsko-výrobní poměry, průzkum stávající stokové sítě a přírodních zařízení, zjištění majetkoprávních vztahů ploch dotčených výstavbou, zjištění uložení kabelových a trubních vedení apod. (Šálek, 1995).

2.3.1 Předčištění

Před vlastní kořenovou čistírnu je vždy nutné zařadit mechanické předčištění, které je pro tento typ čištění velmi důležité. V případě nedokonalého předčištění se dostatečně neodstraní nerozpuštěné látky, které mohou následně ucpat vlastní filtrační lože. Pro domovní čistírnu postačuje jednoduchý septik nebo usazovací nádrž. Je také možno využít i různé intenzifikované septiky nebo domovní anaerobní filtr. Pro malé obce je nejvhodnější kombinace česlí a šterbinové nádrže, v případě jednotné kanalizace (splašky společně s dešťovými plachy) je nutné oddělit dešťové přívaly a zařadit lapák písku, případně i šterku (Vymazal, 2004).

Podle Plotěného K. (2007) jsou v předčištění nejdůležitější česle a síta pro zachycení plovoucích a nerozpuštěných látek z vody. Jako ochrana proti blokování průtoku se používají hrubé česle s průlinami 20-50mm, střední česle mají průliny 12-20mm a jemné s průlinami 2-10mm jsou určeny k omezení hromadění nerozpuštěných látek. Klasické česle se navrhují jako ručně nebo strojně stírané. Vedle klasických česlí existují i další konstrukce jako např. síťové česle. Dle normy je třeba zabezpečit, aby

zařízení vyhovělo vzduťi až 0,5m. Z hygienické stránky musí být vyhovujícím způsobem řešena manipulace se shrabky.

2.3.2 Konfigurace

Z počátku byly kořenové čistírny budovány s jedním polem bez ohledu na velikost plochy. Tím vznikaly problémy s optimálním rozvedením odpadní vody na celou plochu kořenového pole. Dnes se používá celá řada variant konfigurace kořenových polí.

Jedna plocha patří k nejjednodušším a nejlevnějším variantám. Její využití je omezené vzhledem k malé pracovní flexibilitě a obtížné hydraulice při velkých průtocích.

Paralelní plochy jsou velmi výhodným uspořádáním kořenové čistírny. Průtok je rovnoměrně rozdělován do jednotlivých ploch a v případě výpadku jedné plochy zůstává další plocha v provozu.

Plochy zapojené v sérii mohou využívat různé druhy substrátu. Druhý stupeň může sloužit i jako dočištění. V každém případě je vhodné u tohoto způsobu zapojení zajistit možnost přítoku odpadní vody na každé pole samostatně.

Často využívanou kombinací jsou paralelní plochy zapojené v sérii a paralelně zapojené série ploch.

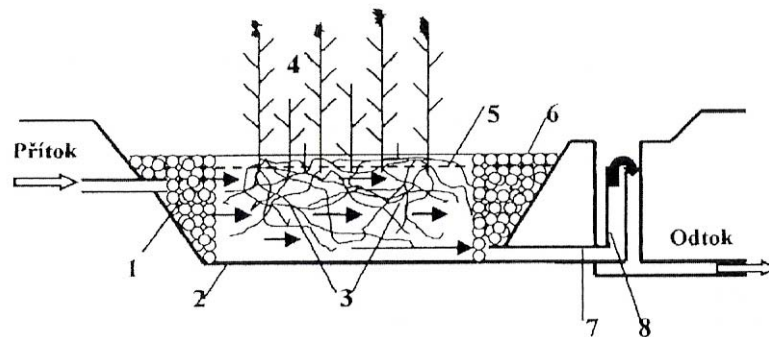
Kořenová pole je možno kombinovat i s mělkými nádržemi. Tento způsob zapojení je vhodný pro teplejší podnebí, neboť nádrž může být využívána po celý rok (Vymazal, 1992).

2.3.3 Filtrační lože

Pórovité prostředí filtračního lože kořenové čistírny, jímž proudí čištěná odpadní voda, je soustavou elementárních částic různé velikosti a tvaru a pórů mezi nimi. Tvoří prostředí pro zakořenění a růst rostlin, život mikroorganismů, zachycuje suspendované látky a sorbuje část mineralizovaných látek. Materiál použitý pro filtrační prostředí kořenových čistíren rozhoduje o výsledném čistícím efektu (Hyánková, 2007).

Filtrační lože je většinou 60 až 80 cm hluboké a substrát musí být dostatečně propustný, aby nedocházelo k ucpávání. V současné době se nejvíce používá praný štěrk, drcené kamenivo nebo kačírek o zrnitosti 4/8 nebo 8/16 mm. Je vhodné používat pouze jednu frakci, neboť při více frakcích může dojít k nedokonalému promísení jednotlivých frakcí a poté se mohou vytvářet zkratové proudy ve filtračním loži. Bezpodmínečně nutné je použít materiály zbavené prachu, případně zeminy. V případě štěrku je vhodné vždy použít praný štěrk. Rozvodné a sběrné zóny jsou vyplněny hrubým kamenivem (50-200mm), aby se odpadní voda dobře rozvedla po celém profilu nátokové hrany. Filtrační lože je odděleno od podloží nepropustnou vrstvou, nejčastěji plastovou fólií (PVC, PE), aby nedocházelo k nekontrolovaným průsakům do podloží a následnému znehodnocování podzemních vod. Plastovou fólii je nutné ochránit před poškozením např. geotextilií. Pokud je podloží tvořeno málo propustným materiálem (jíly s hydraulickou vodivostí $< 10^{-8}$ m/s), není nutné používat další izolace (Vymazal, 2004).

Obr. č.1: Typické uspořádání kořenové čistírny (Vymazal 2004)



- 1 – distribuční zóna (kamenivo 50-200mm)
- 2 – nepropustná bariéra (PE nebo PVC)
- 3 – filtrační materiál (kačírek, štěrk, drcené kamenivo)
- 4 – vegetace
- 5 – výška vodní hladiny v kořenovém loži nastavitelná v odtokové šachtě
- 6 – odtoková zóna
- 7 – sběrná drenáž
- 8 – regulace výšky hladiny

2.3.4 Plocha

Kořenové čistírny jsou vždy dimenzovány tak, aby bylo zajištěno dostatečné odstranění organických a nerozpuštěných látek. Plocha kořenových polí je navrhována podle rovnice, která vychází z reakce prvního řádu pro pístový tok při odstraňování BSK₅: $A_h = Q_d (\ln C_o - \ln C_t) / K_{BSK}$,

kde: A_h = plocha filtračních polí (m²),

Q_d = průměrný průtok odpadní vody (m³/d)

C_o = koncentrace BSK₅ na přítoku na filtrační pole (mg/l)

C_t = požadovaná koncentrace BSK₅ na odtoku (mg/l)

K_{BSK} = rychlostní konstanta (m/d)

Plocha odvozená podle rovnice je dostačující pouze pro žádané snížení koncentrace BSK₅ a nerozpuštěných látek. Pro potřeby odstraňování jiných látek je nutno volit větší plochu (Vymazal, 1992).

Pro městské a domovní splašky vychází s použitím této rovnice plocha filtračních polí cca 5 m² na jednoho připojeného obyvatele. V současné době je produkce znečištění na malých vesnicích menší než v minulosti, vychází plocha vegetačních polí přibližně 8-10 m² na jednoho ekvivalentního obyvatele, tj. 60g BSK₅ na osobu a den. Délka nátokové hrany na jednoho ekvivalentního obyvatele je 0,2-0,4cm a maximální délka kořenového pole je cca 30 metrů. Široká nátoková hrana zabraňuje lokálnímu přetížení a případnému ucpávání lože, krátké pole minimalizuje výskyt zkratových proudů (Vymazal, 2004).

2.3.5 Distribuce odpadní vody

Původně byla mechanicky předčištěná odpadní voda přiváděna do rozvodné zóny přes otevřený žlab. Tento způsob se ukázal jako nevhodný vzhledem k nutnosti stále kontroly přelivné hrany, problémům v zimním období a také hygienickým závadám.

V současné době je odpadní voda přiváděna přímo do rozvodné zóny, která je vyplněna hrubým kamením. Pro rozvod se používají plastové trubky s velkými otvory, aby se zabránilo ucpávání. Rozvodné potrubí může být uloženo buď pod úrovní povrchu filtračního pole a povrch rozvodné zóny je ve stejné úrovni jako povrch filtračního pole nebo jsou rozvodné trubky uloženy nad úrovní povrchu filtračního lože a je spojeno v odtokové šachtě s výpustním mechanismem, kterým se nastavuje výška vodního sloupce ve filtračním loži. Manipulace s hadicemi je snadná a lze docílit velmi přesného nastavení výšky vodní hladiny. Při běžném provozu se hladina vody udržuje 5-10 cm pod povrchem filtračního pole. V zimních měsících lze vodní hladinu snížit, ale díky dostatečné izolaci vegetace není nutné hladinu v zimním období snižovat (Vymazal, 2004).

2.3.6 Vegetace

Rostliny jsou důležitou součástí vegetačních čistíren a při správném návrhu významným způsobem ovlivňují funkci vegetačních čistíren i výsledný čistící účinek. Ve vegetačních kořenových čistírnách jsou využívána heliofita, která vedou kyslík do kořenové soustavy. Tyto rostliny využívají z vodního prostředí minerální živiny, stopové prvky a poutají těžké kovy a jiné látky. Při výběru rostlin se vychází ze složení odpadních vod, klimatických podmínek, typu a uspořádání vegetační kořenové čistírny (Šálek a Marcián, 1992).

V našich klimatických podmínkách se ukázalo, že nejdůležitější funkcí rostlin je zateplování povrchu filtračních polí v průběhu zimního období. Z tohoto důvodu se vegetace sklízí až na konci zimního období (Vymazal, 2004).

Podle Čížkové H. (1992) je jednou z hlavních funkcí rostlin ve vegetační kořenové čistírně zvyšování hydraulické propustnosti zemního lože. Rostliny prorůstají půdu svými kořeny a oddenky a po jejich odumření zůstane na jejich místě síť kanálků, kterými může proudit odpadní voda.

Mokřadní rostliny přivádějí do kořenové zóny kyslík a vytvářejí ve své bezprostřední blízkosti aerobní zónu. Tyto rostliny mohou růst v prostředí, ve kterém je alespoň periodicky kyslíkový deficit v důsledku vysokého vodního obsahu.

V bezprostřední blízkosti kořenů mokřadních rostlin je podstatně vyšší bakteriální populace, než v okolním substrátu. Rostliny se tedy podílejí, kromě přenosu kyslíku do kořenové soustavy, na bakteriálním oživení a odběru části živin, zejména dusíku a fosforu (Šálek, 1995).

Důležitá kritéria pro výběr druhů rostlin pro vegetační kořenovou čistírnu:

- volíme pouze vytrvalé rostliny,
- rostliny se širokou ekologickou amplitudou (rostliny, které pocházejí z přírodního na živiny bohatého prostředí s kolísavým vodním režimem)
- rostliny s vysokou produkcí biomasy (0,5 – 2 kg/m² ročně),
- rostliny s vysokou schopností akumulace živin ve svých tělech,
- druhy s dlouhou vegetační dobou,
- snadno a rychle množitelé druhy,
- rostliny se snadnou a bezpečnou manipulací (Husák, 1992).

V našich podmínkách se nejčastěji používá rákos obecný (*Phragmites australis*), pro svou schopnost tolerovat velkou míru znečištění. Často je vysazován v kombinaci s chrasticí rákosovitou (*Phalaris arundinacea*), která roste rychleji než rákos a vytváří kompaktní porost již během prvního vegetačního období. Pro domovní čistírny můžeme využít i mokřadní rostliny s dekorativním charakterem, např. kosatce (*Iris spp.*), orobince (*Typha spp.*), aj. Rostliny se vysazují v hustotě 4-8 na 1 m² přímo do štěrku bez zeminy. Po vysazení rostlin je nutné udržovat hladinu vody při povrchu lože, do doby, než rostliny řádně zakoření (Vymazal, 2004).

2.4 Kolmatace ve filtračních náplních vegetačních kořenových čistíren

2.4.1 Filtrační prostředí

Jemné filtrační materiály mají zvýšenou schopnost zachycovat suspendované látky, příznivé sorpční vlastnosti a více vyhovují mokřadním rostlinám. Hrozí zde ale snadnější kolmatace. Hrubší materiály mají vyšší hydraulickou vodivost, zachytí

méně suspendovaných látek, ale k zakolmatování jsou méně náchylné. V praxi se používají převážně přírodní minerální materiály – říční štěrkopísky s oblými zrny, jsou vhodnější pro rostliny, drcené ostrohranné štěrky a jejich směsi. Pro čistící proces a návrh parametrů vegetačních kořenových čistíren jsou důležité pórovitost a hydraulická vodivost materiálu. Hydraulickou vodivost ovlivňuje především prorůstání filtračního lože kořeny rostlin, postupná deformace filtračního lože, rozkladné procesy v porézním prostředí (Hyánková, 2007).

2.4.2 Princip kolmatace

Jedná se o zmenšování pórovitosti a koeficientu filtrace postupným ukládáním nepropustných produktů chemických a biochemických reakcí. Tím se snižuje účinnost čištění, dochází k pachovým, hygienickým a estetickým závadám a problémům s růstem rostlin.

V první fázi kolmatace se nejprve vytváří tenký mikrobiální film na zrnech filtrační náplně. Ten je důležitý pro kvalitní a plynulé čištění vody, protože tvoří prostředí pro rozvoj mikroorganismů, podílejících se na rozkladu organických látek. Ve druhé fázi dochází k postupnému zakolmatování. Na vtoku je to způsobeno zrny písku a jemnými a koloidními částicemi. V této fázi není narušen průběh filtrace. Ve třetí fázi se vlivem kolmatace snižuje kapacita filtru a může dojít k totálnímu ucpání pórů a protékání čištěné vody po povrchu lože (Winter a Goetz, 2001).

2.4.3 Příčiny kolmatace

Börner (1992) rozděluje příčiny kolmatace do tří skupin:

- mechanické příčiny, spočívající v postupném zakolmatování suspendovanými látkami obsaženými v přitékající vodě,
- chemické příčiny, jejichž zdrojem je vytváření vloček a následné zakolmatování,
- biologické příčiny, kdy se v důsledku příznivých podmínek – nadbytku nutrietů – vytváří velké množství mikrobiální biomasy.

Vliv na rychlost kolmatace má jednoznačně množství nerozpuštěných látek v přitékající odpadní vodě. Velký vliv na toto množství má zvolený systém mechanického předčištění. Dalším prokazatelným vlivem na kolmataci je obsah kyslíku ve filtračním loži. Nedostatek kyslíku vede k narušení rozkladných procesů a k vytvoření anaerobních podmínek (Hyánková, 2007).

2.5 Operační program Životní prostředí (OP ŽP)

Program se široce zaměřuje na zlepšení kvality životního prostředí v České republice, které je předpokladem pro zdravé domácí obyvatelstvo, ale také pro zvýšení atraktivity území pro pracující a investory. Podporuje konkrétní aktivity ekologických organizací a posiluje povědomí široké veřejnosti v otázkách a problémech životního prostředí v České republice (MMR ČR, 2008).

2.5.1 Podpora vodohospodářství

Obce získávají dotaci při výstavbách nebo rekonstrukcích čističek odpadních vod, stokových systémů, úpraven pitné vody. Mezi subjekty, které mohou být žadateli patří územní samosprávné celky, správci povodí, vodních toků a nádrží, provozovatelé systémů předpovědní povodňové služby, nestátní neziskové organizace, podnikatelské subjekty, bytová družstva, veřejné výzkumné instituce, nadace a nadační fondy, občanská sdružení a církve, Ministerstvo životního prostředí ČR, Státní fond životního prostředí, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Obě sledované kořenové čistírny čerpaly dotace z krajského úřadu. Získaly cca $\frac{3}{4}$ celkových nákladů na stavbu (Němec, Volf, ústní sdělení).

3 Popis srovnávaných čistíren

Vegetační kořenová čistírna v Roseči se nachází cca 10 km od Jindřichova Hradce na hranici CHKO Třeboňsko v nadmořské výšce 523 m.n.m. Provoz byl zahájen v lednu 2008. Před uvedením do provozu musela čistírna projít ročním zkušebním provozem. Stavba je konstruována pro 120 ekvivalentních obyvatel. V současné době je připojeno 100 obyvatel. Vegetační kořenová čistírna se skládá ze tří částí – předčištění, dvě kořenová pole, dočist'ující rybníček.

Pro předčištění jsou důležitá česla a lapáky písku na odstranění mechanických nečistot. Celková délka obou předčišťujících komor je 11,7 m. Z předčištění voda přitéká na vegetační pole. Délka každého pole je 21 m a šířka 16 m. Plocha jednoho pole je 336 m². Celková plocha kořenových polí je 672m². Pole je od podloží odděleno nepropustnou fólií. Je vyplněno kačirkem zrnitosti 4-8 mm. Pole jsou osázena chrasticí rákosovitou (*Phalaris arundinacea*) a rákosem obecným (*Phragmites australis*). Z vegetačních polí přitéká voda do zádržného rybníčku. Ze zádržného rybníčku voda odtéká do stoky. (Volf, ústní sdělení).

Vegetační kořenová čistírna v Příbrazi je vzdálena 13 km od Jindřichova Hradce v CHKO Třeboňsko v nadmořské výšce 468m.n.m. Kolaudace a následný provoz byl zahájen v roce 2002. Od roku 1999 zde probíhal zkušební provoz. V květnu 2001 nastal problém s předčištěním a proto byl zkušební provoz o rok prodloužen. Čistírna je konstruována pro 300 ekvivalentních obyvatel. Skutečně je připojeno 200 obyvatel. Jedná se o vegetační kořenovou čistírnou s kontinuálním podpovrchovým tokem s přečerpáním. Čistírna má dvě části – předčištění a dvě kořenová pole.

Na odstranění mechanických nečistot jsou v čistírně použita česla a lapáky písku. Z předčištění voda pokračuje na kořenová pole. Délka každého pole je 22 m a šířka 17 m. Celková plocha kořenových polí je 748 m². Od podloží je pole odděleno nepropustnou fólií. Je vyplněno kamínky zrnitosti 8-16 mm. Pole jsou osázena rákosem obecným (*Phragmites australis*) a chrasticí rákosovitou (*Phalaris arundinacea*). Z kořenových polí voda odtéká do stoky. (Ing. Němec, ústní sdělení).

4 Metodika

4.1 Měření na sledovaných vegetačních kořenových čistírnách

Podle vodoprávního rozhodnutí je povinna každá vegetační kořenová čistírna projít minimálně ročním zkušebním provozem, při kterém se v pravidelném čtrnáctidenním až měsíčním intervalu sledují hodnoty CHSK – Cr, BSK-5 a NL 105°C. Po ukončení zkušebního provozu a po schválené kolaudaci přechází čistírna na běžný provoz. Při tomto provozu je provozovatel čistírny povinen provést zkoušku na stejné hodnoty jednou za půl roku.

4.2 Odebírání vzorků

V průběhu vzorkování i přechovávání vzorků byl minimalizován kontakt s okolní atmosférou, aby se zabránilo oxidaci Fe^{II} vzdušným kyslíkem. Vzorkovaná voda byla během odběru filtrována přes analytické sítko o průměru oka 0,1 mm. Tímto došlo k odstranění velkých mechanických nečistot. Voda byla vzorkována do plastových lahvíček. Každá lahvíčka byla kompletně naplněna vodou a důkladně uzavřena. V laboratoři byly vzorky zpracovávány co nejdříve po odběru.

Všechna měření byla prováděna akreditovanými pracovišti. Z každého měření byl vydán protokol o zkoušce. Tyto protokoly mi poskytli provozovatelé sledovaných kořenových čistíren.

Panem Mgr. Jiřím Duškem, PhD. mi byly poskytnuty denní úhrny srážek v oblasti Třeboň – Mokré louky.

4.3 Způsoby zjišťování chemické spotřeby kyslíku (CHSK – Cr)

Chemická spotřeba kyslíku je definována jako množství kyslíku, které se za přesně vymezených uzančních podmínek spotřebuje na oxidaci organických látek ve

vodě silným oxidačním činidlem. Hodnota CHSK je mírou celkového obsahu organických látek ve vodě (Vymazal, 1992).

Na obou čistírnách byla chemická spotřeba kyslíku měřena podle TVN 75 7520. Při tomto stanovení byla použita titrační dvojchromová metoda. Jako oxidační činidlo byl použit dichroman draselný. Princip stanovení $CHSK_{Cr}$ spočíval v oxidaci organických látek dichromanem draselným v prostředí 50% kyseliny sírové při teplotě 50°C po dobu 2 h za katalytického působení síranu stříbrného.

4.4. Způsoby zjišťování biologické spotřeby kyslíku (BSK_5)

Biochemickou spotřebu kyslíku můžeme definovat jako množství kyslíku spotřebovaného mikroorganismy při biochemických pochodech na rozklad organických látek ve vodě při aerobních podmínkách. Stanovení BSK slouží k nepřímému stanovení organických látek, které podléhají biochemickému rozkladu, při aerobních podmínkách.

Nejběžnější metodou je standardizovaná – zředovací metoda pro stanovení pětidenní BSK_5 . Při této metodě se měřil úbytek rozpuštěného kyslíku ve vzorku vody v lahvičce kyslíkovou elektrodou. Na začátku a na konci inkubace. Teplota inkubace byla po celou dobu 20°C a vzorek byl uložen ve tmě.

Na čistírně v Příbrazi byla použita ke stanovení hodnoty BSK_5 metoda podle ČSN 83 0540, část 9. V provozu v Roseči byla použita metoda SOP 15 (ČSN EN 1899-1,2).

4.5 Nerozpuštěné látky ($NL_{105^\circ C}$)

Nerozpuštěné látky jsou látky, které se stanoví filtrací vody a vysoušením zbytku na filtru při 105°C do konstantní hmotnosti.

Na obou čistírnách byla použita filtrační metoda, při které se voda přefiltrovala přes filtr. Usazené látky se při teplotě 105°C vysoušely do konstantní hmotnosti.

4.6 Měření srážek

Hodnoty srážek mi byly poskytnuty panem Mgr. Jiřím Duškem, PhD. Tyto srážky byly měřeny každý den automatickým digitálním srážkoměrem.

5 Výsledky

Kořenová čistírna v Roseči je v provozu jeden rok. Před uvedením do provozu prošla ročním zkušebním provozem. Výsledky se vztahují především ke zkušebnímu provozu.

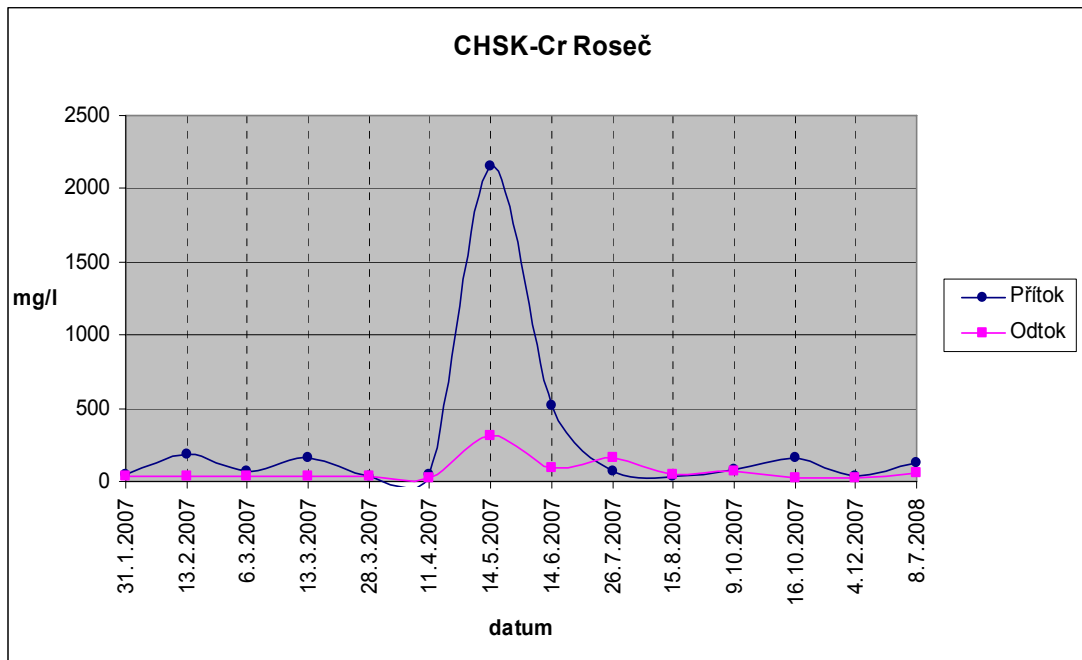
Kořenová čistírna v Příbrazi je v provozu sedm let. Výsledky měření se vztahují k průběžným měřením v průběhu provozu.

Měření na obou vegetačních kořenových čistírnách probíhalo na vtoku na kořenová pole a na odtoku z kořenových polí. Měření prováděla akreditovaná pracoviště v souladu s ČSN normami.

5.1 Chemická spotřeba kyslíku (CHSK-Cr)

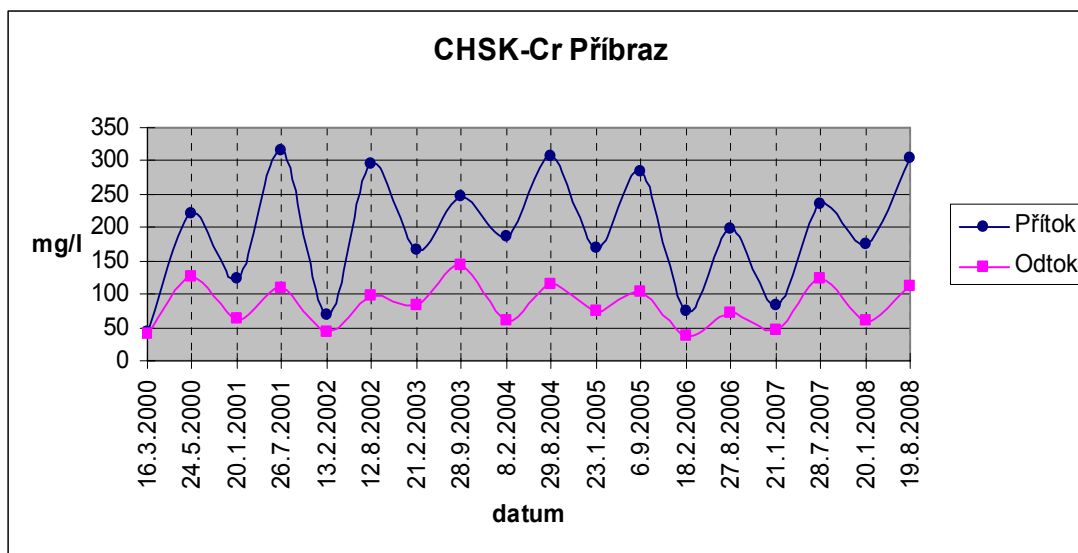
Graf č. 1 ukazuje hodnoty CHSK-Cr na vegetační kořenové čistírně v Roseči ve zkušebním provozu. Hodnoty chemické spotřeby kyslíku byly měřeny na přítoku a odtoku. Nejvyšší hodnoty na přítoku byly naměřeny dne 14.5.2007. Bylo naměřeno přesně 2160 mg/l. V tuto dobu nebyly zaznamenány žádné úhrny srážek. Nejmenší hodnoty na přítoku byly naměřeny při měření dne 28.3.2007. Naměřeno bylo 29,7 mg/l. Nebyly zjištěny žádné úhrny srážek. Nejvyšší hodnoty na odtoku byly naměřeny dne 14.5.2007. Přesně bylo naměřeno 311mg/l. Nebyly naměřeny žádné úhrny srážek. Nejmenší hodnoty na odtoku byly naměřeny při měření dne 14.12.2007, kdy bylo naměřeno 20,4 mg/l a nebyly zaznamenány žádné srážky.

Graf č. 1: Hodnoty CHSK-Cr na přítoku a odtoku na kořenové čistírně v Roseči v průběhu zkušebního provozu.



Na grafu číslo dvě jsou vidět hodnoty CHSK-Cr v Příbrazi v průběhu sedmiletého provozu. Nejmenší hodnota přítoku byla naměřena 16.3.2000. Bylo naměřeno 43 mg/l. Nejvyšší hodnota na přítoku byla naměřena při měření dne 26.7.2001, kdy bylo naměřeno 316 mg/l. Nejvyšší hodnota na odtoku z kořenového pole byla naměřena 28.9.2003. Bylo zaznamenáno 143 mg/l. Nejmenší hodnota odtoku byla naměřena při měření dne 18.2.2006, kdy bylo naměřeno 37 mg/l.

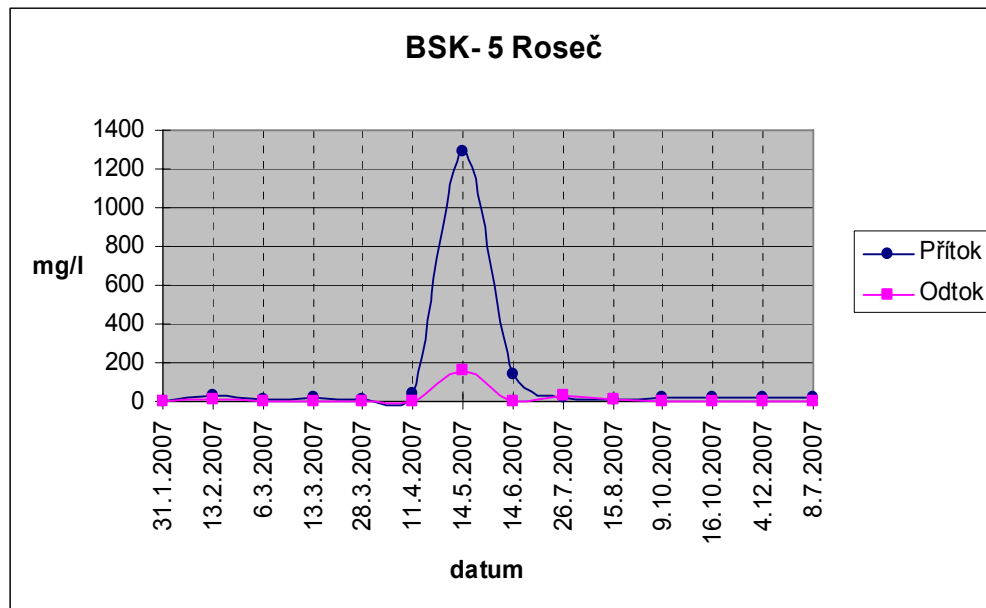
Graf č.2: Hodnoty CHSK-Cr na přítoku a odtoku v průběhu provozu na kořenové čistírně v Příbrazi



5.2 Biologická spotřeba kyslíku (BSK₅)

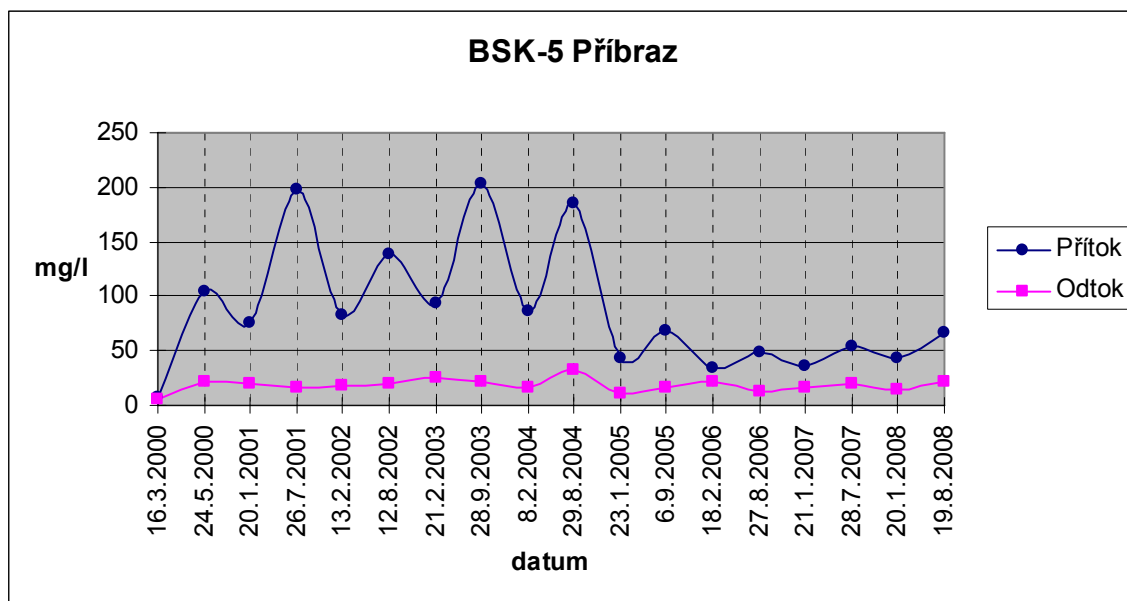
Graf č. 3 znázorňuje hodnoty BSK-5 na Rosečské vegetační kořenové čistírně v průběhu zkušebního provozu. Nejvyšší přítok BSK₅ byl zaznamenán při měření 14.5.2007. Bylo naměřeno 1286 mg/l. V tomto období byl zaznamenán také nejvyšší odtok BSK₅, který činil 159 mg/l. Nebyly zaznamenány žádné srážky. Nejmenší hodnoty na přítoku byly zaznamenány dne 31.1.2007. Bylo naměřeno 4,23 mg/l a nebyly naměřeny žádné úhrny srážek. Nejmenší hodnoty na odtoku byly změřeny 6.3.2007, kdy bylo naměřeno 3,02 mg/l a nebyly zaznamenány žádné srážky.

Graf č. 3: Hodnoty BSK-5 na přítoku a odtoku na kořenové čistírně v Roseči v průběhu zkušebního provozu.



Na grafu č. 4 jsou vidět hodnoty BSK-5 na přítoku a odtoku na vegetační kořenové čistírně v Příbrazi. Nejvyšší hodnota přítoku BSK-5 byla zaznamenána v období 28.9.2003. Bylo naměřeno 203 mg/l. Nejmenší hodnota na přítoku byla naměřena při měření dne 16.3.2000. Byl zjištěn přítok 7,2 mg/l. Nejvyšší hodnota na odtoku byla zaznamenána 29.8.2004, kdy bylo naměřeno 32 mg/l. Nejmenší hodnota na odtoku byla změřena dne 16.3.2000, odtok byl 6,2 mg/l.

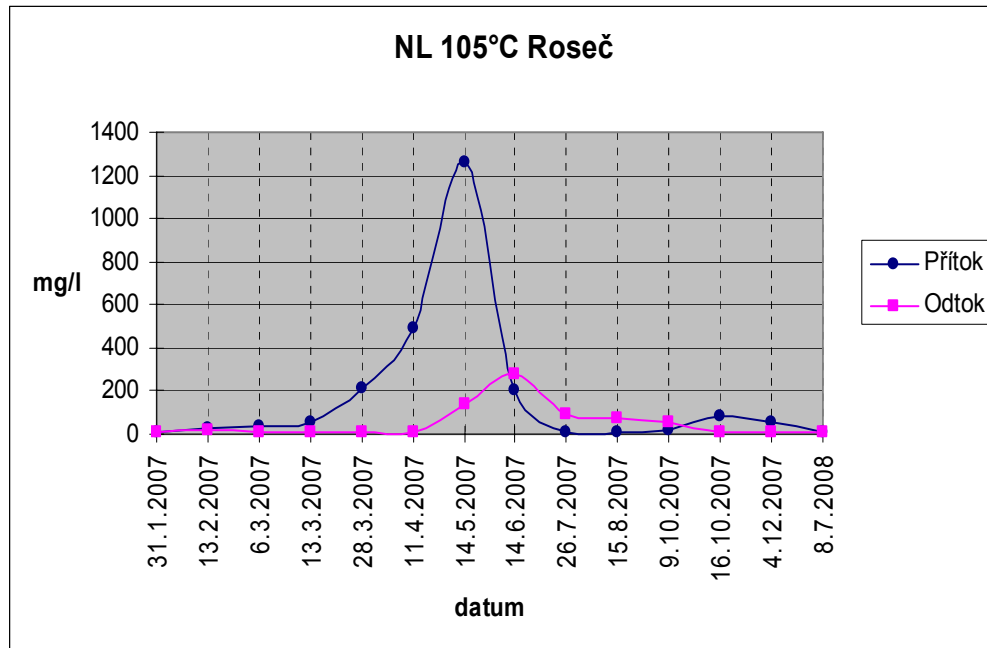
Graf č. 4: Hodnoty BSK-5 na přítoku a odtoku v průběhu provozu na kořenové čistírně v Příbrazi.



5.3 Nerozpuštěné látky (NL 105°C)

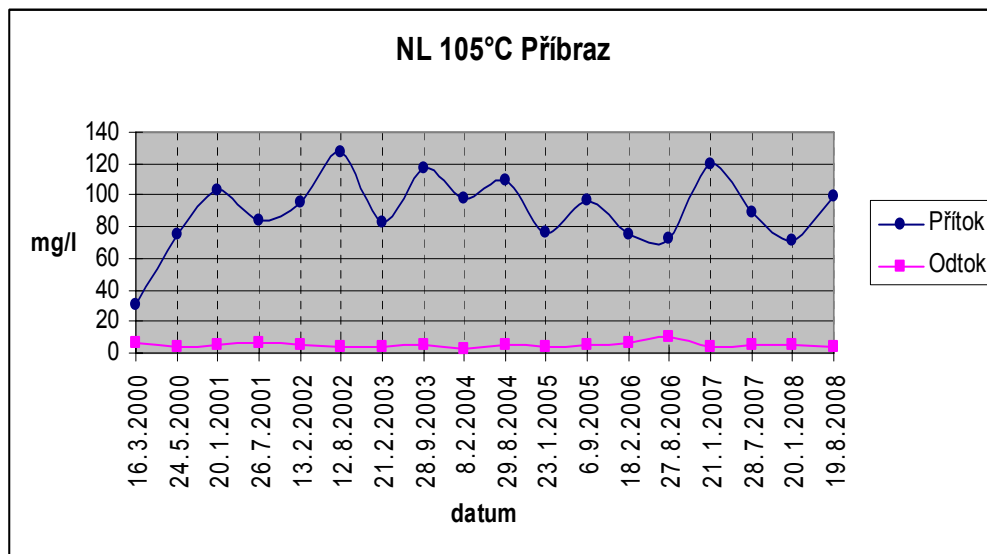
Graf č. 5 znázorňuje hodnoty NL 105°C na kořenové čistírně v Roseči. Nejvyšší hodnoty na přítoku byly změřeny při měření 14.5.2007, kdy bylo naměřeno 1260 mg/l a nebyly zjištěny žádné úhrny srážek. Nejmenší hodnoty na přítoku byly zaznamenány dne 26.7.2007 a 15.8.2007. Bylo zaznamenáno 5 mg/l. Nejvyšší hodnoty na odtoku z kořenových polí byly zaznamenány dne 14.6.2007, kdy bylo naměřeno 277 mg/l. Nejmenší hodnoty na odtoku byly zaznamenány při měření 31.1., 6.3., 13.3., 28.3., 14.12.2007 a 8.7.2008. Nebyly zaznamenány žádné srážky.

Graf č.5: Hodnoty NL 105°C na přítoku a odtoku na kořenové čistírně v Roseči v průběhu zkušebního provozu.



Na grafu č. 6 byly zaznamenány hodnoty NL 105 °C na nátoku a na odtoku z kořenových polí na kořenové čistírně v Příbrazi. Největší hodnoty na přítoku byly změřeny při měření dne 12.8.2002, kdy bylo naměřeno 127 mg/l. Nejmenší hodnoty na přítoku byly zaznamenány dne 16.3.2000. Bylo změřeno 30 mg/l. Nejvyšší hodnoty na odtoku byly zaznamenány dne 27.8.2006, zjištěno bylo 10 mg/l. Nejmenší hodnoty byly změřeny při měření dne 8.2.2004, kdy bylo naměřeno 3 mg/l.

Graf č. 6: Hodnoty NL 105°C na přítoku a odtoku v průběhu provozu na kořenové čistírně v Příbrazi.



6 Diskuse

6.1 Metodická omezení

U všech použitých metod můžeme očekávat určitou nepřesnost. Tyto nepřesnosti mohou být způsobeny variabilitou materiálu, nepřesností měření nebo povětrnostními vlivy. Při stanovení všech sledovaných hodnot mohla být chyba způsobena např. netěsností uzávěrů lahvíček.

6.2 Hodnoty chemické spotřeby kyslíku na obou čistírnách

Grafy č. 1 a 2 ukazují naměřené hodnoty CHSK-Cr v průběhu provozu. Z grafů je patrné, že přítok CHSK na čistírny není konstantní. Rozdíl v přítoku může být způsoben ročním obdobím, množstvím srážek či vyjímečnou situací v kanalizaci. Účinnost čištění je závislá především na přítoku látek na kořenová pole.

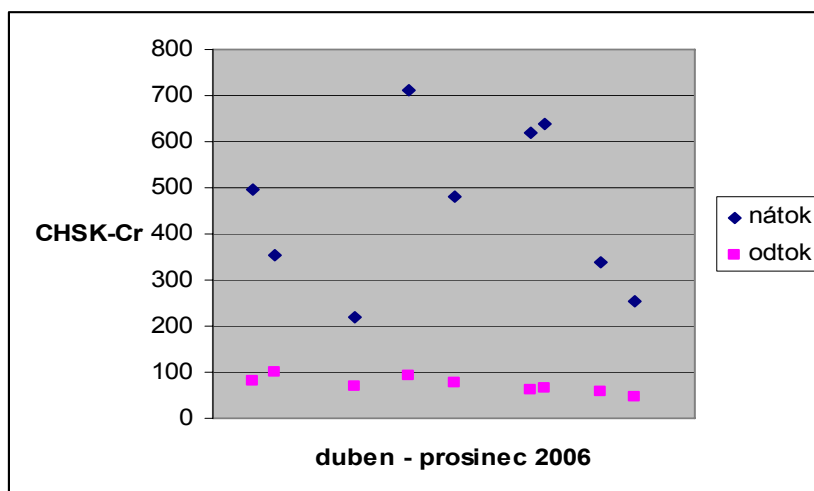
Na grafu č. 2 je dne 26.7.2007 zaznamenán větší odtok CHSK než je přítok. Tento rozdíl může být způsoben prodlouženou dobou zdržení (retenčním časem) látek v kořenovém poli vlivem sucha.

Hodnoty CHSK-Cr sledoval v průběhu roku 2006 pan Ing. Petr Hrnčíř. Zaznamenal různé hodnoty CHSK na přítoku. Na odtoku zaznamenával v průběhu roku ustálené hodnoty pouze s malými výkyvy. Nejvyšší hodnotu na odtoku zaznamenal v květnu, kdy naměřil 100 mg/l.

Podle limitů znečištění odpadních vod vypouštěných do veřejné kanalizace – tab. č. 1 jsou hodnoty pro vypouštění vod z čistíren odpadních vod pro CHSK-Cr 80 mg/l. Tyto hodnoty byly překorčeny na čistírně v Roseči dne 14.5.2007 na čistírně v Příbrazy dne 28.9.2003. Mohlo to být způsobeno nedostatkem srážek, přítokem velkých hodnot CHSK nebo vyplavení v důsledku četných srážek.

Graf č. 7: Hodnoty CHSK-Cr na kořenové čistírně Tachov u Doks. Data poskytl

Petr Hrnčíř, EKOS Hrnčíř



Tab. č. 1: limity pro vypouštění vod z ČOV, zdroj PVK

parametr	jednotka	limity vypouštění
BSK-5	mg.l ⁻¹	20
CHSK-Cr	mg.l ⁻¹	80
NL	mg.l ⁻¹	25

6.3 Biologická spotřeba kyslíku na obou čistírnách

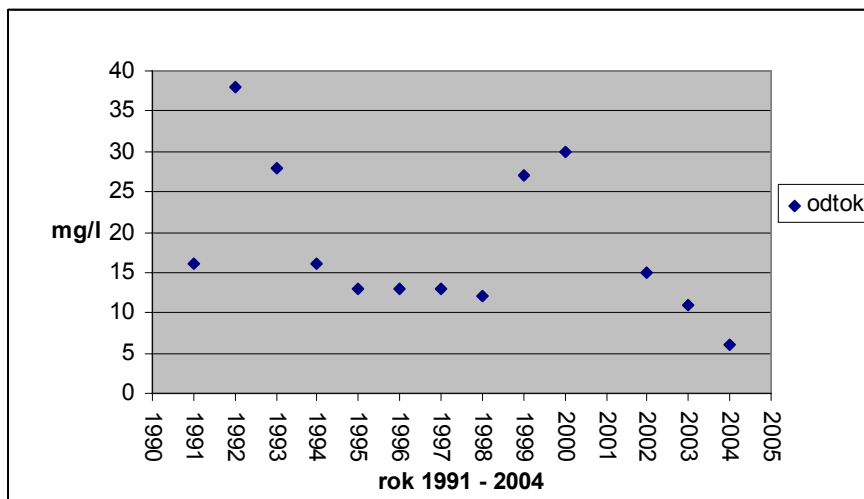
Nejvyšší hodnoty na odtoku z kořenové čistírny v Roseči byly zaznamenány dne 14.5.2007, kdy bylo naměřeno 159 mg/l a 26.7.2007, bylo naměřeno 32,3 mg/l. Všechny tyto hodnoty překračují povolené limity pro vypouštění vod z čistíren odpadních vod. Podle tabulky č. 1 je limit pro biologickou spotřebu kyslíku (BSK-5) 20 mg/l. Vzhledem k tomu, že byla na této čistírně prováděna častá měření (1x měsíčně) a hodnoty byly výrazně překročeny pouze v jednom případě v důsledku mimořádné situace v kanalizaci, můžeme čistící schopnost hodnotit jako příznivou a nelze z něj ususovat o zkolabování

čistící schopnosti. Dalším důvodem by mohlo být, že čistírna byla ve zkušebním provozu.

Na čistírně v Příbrazi byly naměřeny hodnoty překračující limity ve dnech 21.2.2003, bylo naměřeno 26 mg/l a 29.8.2004 kdy bylo naměřeno 32 mg/l. Tyto hodnoty překračovaly limit jen v malém množství a účinnost odbourávání BSK-5 byla také příznivá.

Podobný průzkum prováděl Vymazal na kořenové čistírně Ondřejov v letech 1991 – 2004 (graf č. 8, Vymazal 2009). V průběhu těchto patnácti let byly naměřeny hodnoty překračující současně hodnoty pro vypouštění vod z čistíren ve čtyřech letech. V roce 1992 bylo naměřeno 38 mg/l, v roce 1993 bylo naměřeno 28 mg/l, v roce 1999 bylo naměřeno 27 mg/l a v roce 2000 bylo naměřeno 30 mg/l. Vymazal (2009) uvádí, že tyto hodnoty jsou zvýšené jen nepatrně a účinnost kořenové čistírny v odstraňování BSK-5 je velmi vysoká.

Graf č. 8: Hodnoty BSK-5 na kořenové čistírně Ondřejov v průběhu let 1991 – 2004, Vymazal (2009)



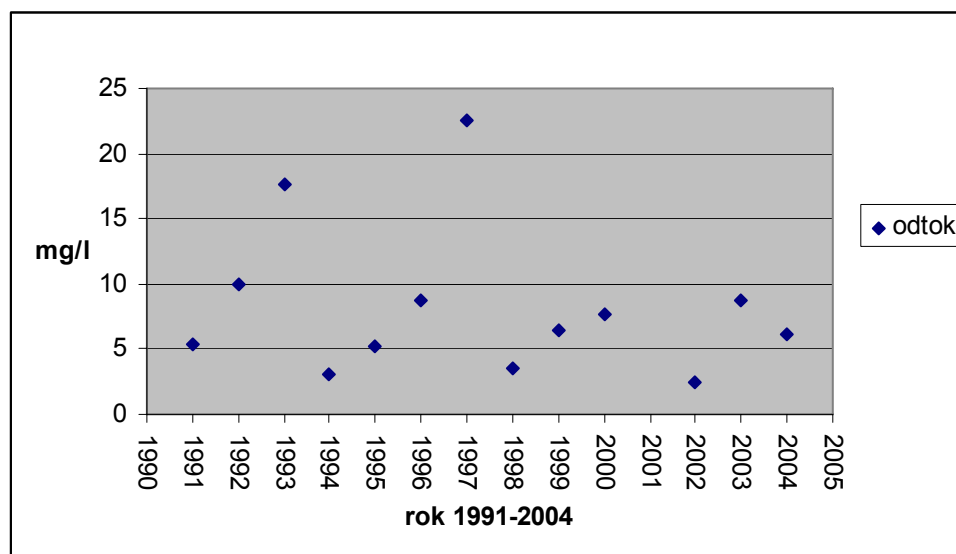
6.4 Nerozpuštěné látky

Nejvyšší hodnoty NL byly na čistírně v Roseči naměřeny při měření 14.5.2007 (138 mg/l), 14.6.2007 (277 mg/l), 26.7.2007 (93 mg/l), 15.8.2007 (71 mg/l), 9.10.2007 (58 mg/l). Tyto vysoké hodnoty mohly být způsobeny velkým přítokem NL dne 14.5.2007 kdy bylo na přítoku naměřen přítok 1260 mg/l. Tyto hodnoty se postupně snižovali až na svoji původní hodnotu. Diáková (ústní sdělení) uvádí, že v případě nenadálé situace v kanalizaci jde o běžný jev, kdy se hodnoty na výtoku z čistírny po určité době zvýší a po vyčištění se zase vracejí do původních hodnot. A není narušena čistící schopnost.

Nejvyšší hodnoty NL v Příbrazi byly naměřeny 27.8.2006 (10 mg/l). Limity NL pro vypouštění vod z ČOV jsou stanoveny na 25 mg/l.

Na čistírně v Ondřejově (graf č. 9) byla nejvyšší hodnota NL na odtoku záznamována v průběhu roku 1997 (22,5 mg/l). Podle Vymazala (2009) je účinnost čištění nerozpuštěných látek v kořenových čistírnách vysoká.

Graf č. 9: Hodnoty NL na kořenové čistírně Ondřejov v letech 1991 – 2004, Vymazal 2009



6.5 Srovnání výsledků s jinými autory

Vymazal (2009) porovnával dvě kořenové čistírny v průběhu 15 let (graf č. 8 a 9). Jednalo se o čistírnu Ondřejov (362 EO, jedno vegetační pole o rozloze 806 m²) a o čistírnu Spálené Pořicí (700 EO, od roku 2001 dalších 700 EO, šest vegetačních polí o celkové rozloze 5000 m²). Na obou čistírnách sledoval hodnoty BSK-5, CHSK-CR, NL, celkový dusík, celkový fosfor, aj. Čistící schopnost se v průběhu let neměnila. Nebyly zaznamenány ani výkyvy na začátku provozu. Čistírny jsou podle Vymazala (2009) schopny bez problému čistit odpadní vodu ihned po zavedení do provozu.

Výzkum z roku 1994 na kořenové čistírně v Lallaing v severní Francii dokazuje, že účinnost kořenových čistíren je vysoká (Compere, 1994). Obsah NL v odtoku čistíren nepřesahuje po většinu roku 20 mg/l. Stejná čistící schopnost byla zaznamenána při sledování CHSK a BSK₅.

O něco vyšší koncentrace na odtoku v obou sledovaných kořenových čistírnách odpadních vod mohou souviset s relativně vyšším obsahem látek na přítoku.

7 Závěr

Měření na kořenové čistírně v Příbrazí probíhalo od roku 2000, v tuto dobu byla čistírna ve zkušebním provozu. Do běžného provozu byla uvedena v roce 2002. Průměrné hodnoty měření CHSK-Cr byly naměřeny 83,7 mg/l, hodnoty BSK₅ 18,3 mg/l a hodnoty NL 105°C 5 mg/l.

Měření na Rosečské čistírně začalo v roce 2007. Začátkem roku 2008 byla čistírna převedena do běžného provozu. Průměrné hodnoty CHSK-Cr dosáhly 66,5 mg/l, BSK₅ 17,4 mg/l a NL 105°C 50 mg/l. Hodnoty NL jsou na této čistírně překročeny o 50%. Toto překročení je způsobeno přítokem velkého množství NL. Hodnoty měření odpovídají stanoveným limitům pro vypuštění vod z čistíren odpadních vod (PVK, tab. č. 1). Vyšší koncentrace naměřených látek odpovídají zvýšenému množství látek v přítoku.

Kořenová čistírna v Roseči je dobře začleněna do území, ve kterém se nachází. Tato oblast je využívána především k rekreaci a umístění kořenové čistírny tuto činnost nijak neomezuje. Z reakcí obyvatel bylo možné pozorovat počáteční nedůvěru k této stavbě. Obvávali se především výskytu komárů a nepřiměřeného zápachu. Tyto obavy byly překonány ještě ve zkušebním provozu čistírny. V současné době zvažuje obec postavení druhé kořenové čistírny.

Kořenová čistírna v Příbrazí je postavena mimo zastavěnou část obce. Díky tomuto umístění nemuseli v obci řešit obavy z šíření zápachu a výskytu komárů. V obci je v provozu penzion pro cca 35 lidí. Tento objekt je využíván především v letním období. Kořenová čistírna nemá s vyšším nárazovým znečištěním problémy. Obyvatelé Příbrazí si tento způsob čištění vod velmi pochvalují, především proto, že pořizovací náklady byly ve srovnání s klasickou čistírnou nižší. Také provozní náklady jsou minimální.

Z mého pozorování jsem v čistícím účinku nenašla žádný větší rozdíl. S výjimkou vyjimečné situace v Roseči. Tento způsob čištění odpadních vod je vhodný především pro menší obce. Kořenové čistírny skvěle zapadnou do přírodního rázu krajiny a přispívají i k vyšší biodiverzitě v přírodě.

8 Literatura

BÖRNER, T., 1992: Einflussfaktoren für die Leistungsfähigkeit von Pflanzenkläranlagen. – Schriftenreihe WAR 58. Verein zur Förderung des Institutes für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung TH Darmstadt, 1992

COOPER, P.F., FINDLATER, B.C., 1990: Constructed wetlands in water pollution control. Pergamon press

ČÍŽKOVÁ, H., FLEK, S., HUSÁK, Š., 1994: Kořenové čistírny a další vegetační systémy zlepšující kvalitu vod. Botanický ústav AV ČR a ENVO, s.r.o, Třeboň

HUDEC, K., HUSÁK, Š., JANDA, J., PELLANTOVÁ, J., 1995: Mokřady České republiky, Třeboň

HUSÁK, Š., ČÍŽKOVÁ, H., 1992: Požadavky na vlastnosti rostlin pro vegetační čistírny. In: Marcián, F., Šálek, J.: Sborník přednášek „Účelové kultivace vodních a mokřadních rostlin“. Botanický ústav ČSAV, Třeboň, str. 54-57

KRŠKA, M., ŠÁLEK, J., 2007: Příčiny a možnosti mineralizace kolmatačních jevů ve filtračních náplních kořenových čistíren. In: Hyánková, E.: Sborník přednášek „Přírodní způsoby čištění vod V“. Vysoké učení technické v Brně, Ústav vodního hospodářství krajiny, Brno, str. 26-31

OTTOVÁ, V., VYMAZAL, J., 1995: Zkušenosti z realizací a provozu kořenových čistíren odpadních vod, Praha

PITTER, P., 1999: Hydrochemie. Vydavatelství VŠCHT

ŠÁLEK, J., 1995: Přírodní způsoby čištění odpadních vod. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Brno

ŠÁLEK, J., 1996: Malé vodní nádrže v životním prostředí. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Ostrava

ŠÁLEK, J., 1999: Navrhování a provozování vegetačních kořenových čistíren: Metodiky pro zemědělskou praxi, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, str. 5-7

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., BRIX, H., COOPER, P.F., GREEN, M.B., HABERL, R., 1998: Constructed wetland for wastewater treatment in Europe. Beckhuys Publishers, Leiden

VYMAZAL, J., 2004: Kořenové čistírny odpadních vod. ENKI, o.p.s., Třeboň

VYMAZAL, J., 2009: Horizontal sub-surface flow constructed wetland Ondřejov and Spálené poříčí in the Czech Republic – 15 years of operation. Elsevier, London

VYMAZAL, J., 2009: Desalination and Water Treatment. Elsevier, London

Internetové zdroje:

SLABĚŇÁKOVÁ J., 2005: Kolmatace ve vegetačních kořenových čistírnách a její vliv na životnost zařízení.

http://aplikace.isvav.cvut.cz/resultDetail.do?rowId=RIV/00216305:26110/05:PU56621!RIV07-MSM-26110___ 18:34, 12.2.2009

ANONYMUS, 2008: <http://www.ramsar.org/about/info2007-01-e.pdf> 19:21, 11.2.2009

9 Přílohy

Seznam datových příloh

Datová příloha č. 1: Chemická spotřeba kyslíku Roseč v roce 2007

Datová příloha č. 2: Biologická spotřeba kyslíku Roseč v roce 2007

Datová příloha č. 3: Nerozpuštěné látky Roseč v roce 2007

Datová příloha č. 4: Chemická spotřeba kyslíku Příbraz

Datová příloha č. 5: Biologická spotřeba kyslíku Příbraz

Datová příloha č. 6: Nerozpuštěné látky Příbraz

Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Kořenová čistírna Roseč dne 1.9.2008

Obrázek č. 2: Stavba kořenové čistírny Roseč

Obrázek č. 3: Zádržný rybníček kořenové čistírny Roseč dne 1.9.2008

Obrázek č. 4: Kořenová čistírna Příbraz dne 30.9.2008

Datová příloha č. 1: Chemická spotřeba kyslíku Roseč v roce 2007

	přítok	odtok
31.1.2007	40,4	30,3
13.2.2007	186	29,4
6.3.2007	69,3	29,7
13.3.2007	165	30,9
28.3.2007	29,7	29,7
11.4.2007	48,1	19,2
14.5.2007	2160	311
14.6.2007	515	90,9
26.7.2007	71,4	163
15.8.2007	30,9	41,2
9.10.2007	79,4	63,5
16.10.2007	167	20,8
4.12.2007	30,5	20,4
8.7.2008	125	52

Datová příloha č. 2: Biologická spotřeba kyslíku Roseč v roce 2007

	přítok	odtok
31.1.2007	4,23	4,73
13.2.2007	27,7	7,79
6.3.2007	10,5	3,02
13.3.2007	23,6	3,28
28.3.2007	12	3,7
11.4.2007	36,9	4,66
14.5.2007	1286	159
14.6.2007	143	1,14
26.7.2007	21	32,3
15.8.2007	5,9	7,74
9.10.2007	19,8	4,87
16.10.2007	20,4	3,49
4.12.2007	21,35	4,57
8.7.2008	20,67	3,72

Datová příloha č. 3: Nerozpuštěné látky Roseč v roce 2007

	přítok	odtok
31.1.2007	6	5
13.2.2007	28	15
6.3.2007	36	5
13.3.2007	55	5
28.3.2007	209	5
11.4.2007	496	9
14.5.2007	1260	138
14.6.2007	207	277
26.7.2007	5	93
15.8.2007	5	71
9.10.2007	16	58
16.10.2007	84	10
4.12.2007	56	5
8.7.2008	6	5

Datová příloha č. 4: Chemická spotřeba kyslíku Příbraz

	přítok	odtok
16.3.2000	43	39
24.5.2000	220	125
20.1.2001	124	63
26.7.2001	316	109
13.2.2002	68	42
12.8.2002	296	98
21.2.2003	167	84
28.9.2003	246	143
8.2.2004	186	59
29.8.2004	306	115
23.1.2005	169	76
6.9.2005	283	103
18.2.2006	75	37
27.8.2006	198	73
21.1.2007	84	46
28.7.2007	236	124
20.1.2008	176	59
19.8.2008	305	112

Datová příloha č. 5: Biologická spotřeba kyslíku Příbraz

	přítok	odtok
16.3.2000	7,2	6,2
24.5.2000	105	21
20.1.2001	75	19
26.7.2001	197	16
13.2.2002	83	18
12.8.2002	138	19
21.2.2003	94	26
28.9.2003	203	22
8.2.2004	87	17
29.8.2004	186	32
23.1.2005	43	11
6.9.2005	68	17
18.2.2006	35	22
27.8.2006	48	12
21.1.2007	36	17
28.7.2007	54	19
20.1.2008	43	15
19.8.2008	67	21

Datová příloha č. 6: Nerozpuštěné látky Příbraz

	přítok	odtok
16.3.2000	30	6
24.5.2000	75	4
20.1.2001	103	5
26.7.2001	84	6
13.2.2002	96	5
12.8.2002	127	4
21.2.2003	83	4
28.9.2003	117	5
8.2.2004	98	3
29.8.2004	109	5
23.1.2005	76	4
6.9.2005	97	5
18.2.2006	75	6
27.8.2006	72	10
21.1.2007	120	4
28.7.2007	89	5
20.1.2008	71	5
19.8.2008	99	4

Obr. č. 1: Kořenová čistírna Roseč dne 1.9.2008



Obr. č. 2: Stavba kořenové čistírny Roseč



Obr. č. 3: Zadržný rybníček kořenové čistírny Roseč dne 1.9.2008



Obr. č. 4: Kořenová čistírna Příbraz dne 30.9.2008

