

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Přírodovědecká fakulta

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2010

Bc. Kristýna Dudíková

Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta

Ústav pro životní prostředí

Srovnání účinnosti malých balených ČOV a kořenových ČOV

The comparison of two waste water treatment systems -
constructed wetlands and mechanical-biological waste water
treatment plant

Diplomová práce

Bc. Kristýna Dudíková



Vedoucí diplomové práce: **Ing. Libuše Benešová, CSc.**

Září 2010, Praha

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně s využitím uvedené literatury a informací, na něž odkazuji. Svoluji k jejímu zapůjčení s tím, že veškeré (i přejaté informace) budou řádně citovány. Rovněž prohlašuji, že předložená diplomová práce je totožná s elektronickou verzí vloženou do SIS.

V Praze, 20.8.2010

.....

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá srovnáním kořenových a mechanicko-biologickými čistíren odpadních vod. Cílem je objektivní porovnání obou druhů čistíren a zhodnocení dosud obecně uznávaného předpokladu, že kořenové čistírny jsou levnější a účinnější. Výsledky byly získány porovnáním osmnácti zástupců tří velikostních skupin obou druhů čistíren (9 čistíren kořenových a 9 mechanicko-biologických). Práce srovnává účinnost čištění, investiční a provozní náklady a výhody a nevýhody obou systémů.

Údaje o čistírnách byly poskytnuty od starostů obcí, provozních firem a také z MŽP. Zjišťované údaje zahrnovaly technologii čistírny, údaje o ročních rozborech vyčištěné vody, rok výstavby, investiční náklady a provozní náklady. Ke zhodnocení účinnosti bylo provedeno u některých čistíren vlastní měření vzorků vyčištěné vody. Byly vyhodnoceny ty parametry, které nejsou v malých čistírnách běžně sledovány. Jednorázově byly odebrány vzorky vody a sedimentů a kalů, ve kterých byly změřeny koncentrace vybraných těžkých kovů. Aby bylo možno posoudit provozní problémy KČOV, byl proveden telefonický průzkum. Bylo kontaktováno celkem 75 správců obecních KČOV, velikosti nad 100 EO.

Výsledky ukázaly vyšší investiční náklady u kořenových čistíren, což je v souladu s literárními údaji, stejně jako nižší náklady provozní.

Účinnost čištění byla hodnocena na základě hodnot odstraněného BSK_5 a NL, což jsou parametry rozhodující pro kontrolu ČIŽP. Výsledky potvrdily, že čistící efekt je srovnatelný u obou posuzovaných druhů čistíren a to ve všech velikostních kategoriích. Účinnost odstranění $CHSK_{Cr}$ je vyšší u mechanicko-biologických čistíren, těžké kovy jsou lépe odstraňovány v kořenových čistírnách.

Abstract

This thesis is focused to the comparison of two wastewater treatment systems – constructed wetlands and mechanical-biological wastewater treatment plant. The main goal of the theses is to compare two types of wastewater treatment systems and to evaluate hypothesis that constructed wetlands are cheaper and more efficient than mechanical-biological wastewater treatment plant. To be able to compare two various wastewater treatment systems 18 (9 constructed wetlands and 9 mechanical-biological plants, three size groups of both types of plants) wastewater treatment plant were chosen and compared. The treatment effectiveness, investment and operating costs, advantages and disadvantages of both the systems were compared.

The information about all individual systems was obtained from the local municipalities, operators and partially from the Ministry of Environment of CR. Obtained data involved treatment technology, amount of annual treated water, building data and capital and operating costs.

In some waste water treatment plant (WWTP) the water samples were taken and the analyses of chosen parameters (not measured in WWTP) were done. Once in 2010 year the samples of water, sediments and sludges were taken and the analyses of heavy metals was done. For assessment of operational problems in constructed wetlands telephone survey was managed and 75 municipal treatment plants (above 100 PE) were investigated.

The results of the diploma thesis showed higher investment costs for constructed wetlands, which corresponded with literature data similarly like lower operating costs. BOD₅ and suspended solids removal efficiency are comparable in both types of plants of all size of categories. COD removal efficiency is higher for mechanic-biological plants. Removal efficiency of heavy metals is higher in constructed wetlands.

Poděkování

Chtěla bych poděkovat všem, kteří mne podpořili a pomohli při psaní této diplomové práce. Velkou oporou a pomocí pro mne byla především má školitelka Ing. Libuše Benešová Csc, které tímto chci poděkovat za cenné rady, pomoc při odběrech, poskytnutí podkladů a celkovou revizi. Dále chci poděkovat za odborné rady a podklady Ing. Jaroslavu Kršňákovi a firmě Jami projekt, Ing. Šperlingovi a Kamilu Ciferovi z firmy Rybníkář za poskytnutí rad a námětu k DP. Můj velký dík patří také všem, kdo mi poskytli podklady a informace o čistírnách, jsou to starostové obcí Obecnice, Višňová, Drahlín, Mokrovraty, provozovatelské firmy – Novadus a VHS Dobříš. Jmenovité poděkování patří panu Benešovi za poskytnutí údajů ze studie MŽP, panu Tabačkovi z firmy Veolia Příbram, Marii a Martinovi Süsovým za poskytnutí údajů k jejich čistírně, Ing. Alanu Adámkovi za ekonomické rady a pomoc, mému dědovi Prof. Ing. Juraji Valsovi, CSc za cenné tematické připomínky a revizi. Dále chci poděkovat svým rodičům a sourozencům za podporu při studiu a psaní celé DP, velice děkuji mému tátovi Ing. Petru Dudíkovi za poskytnutí údajů a rad při zpracovávání rozpočtů a půjčování auta a dále Arturovi za věrnou spolupráci.

Obsah

1	ÚVOD – ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD	1
2	CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE	2
3	KOŘENOVÉ ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD	2
3.1	HISTORIE KOŘENOVÝCH ČISTÍREN	2
3.2	CO JE TO UMĚLÝ MOKŘAD?	3
3.2.1	<i>Rozdělení umělých mokřadů</i>	4
3.2.1.1	Mokřady s plovoucími rostlinami	4
3.2.1.2	Mokřady se submerzními rostlinami	4
3.2.1.3	Mokřady s emerzními rostlinami	4
3.3	PRŮBĚH ČIŠTĚNÍ V KOŘENOVÝCH ČISTÍRNÁCH ODPADNÍCH VOD	6
3.3.1	<i>Předčištění</i>	6
3.3.2	<i>Filtrační lože – návrhové parametry</i>	6
3.4	FUNKCE VEGETACE V KOŘENOVÝCH ČISTÍRNÁCH	7
3.5	ÚČINNOST ČISTÍCÍHO PROCESU	8
3.5.1	<i>Organické látky</i>	8
3.5.2	<i>Nerozpuštěné látky</i>	9
3.5.3	<i>Odstraňování dusíku</i>	9
3.5.4	<i>Odstraňování fosforu</i>	9
3.5.5	<i>Odstraňování těžkých kovů</i>	10
3.5.6	<i>Odstraňování mikrobiálního znečištění</i>	10
3.6	VÝHODY A NEVÝHODY KOŘENOVÝCH ČISTÍREN	10
3.6.1	<i>Výhody</i>	10
3.6.2	<i>Nevýhody</i>	11
4	MECHANICKO – BIOLOGICKÉ ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD	11
4.1	HISTORIE ČISTÍRENSTVÍ	11
4.2	MECHANICKO – BIOLOGICKÁ ČISTÍRNA – STUPNĚ A PROCESY	12
4.3	MECHANICKÝ STUPEŇ ČIŠTĚNÍ	13
4.3.1	<i>Hrubé předčištění</i>	13
4.3.2	<i>Lapák štěrku</i>	13
4.3.3	<i>Česle</i>	13
4.3.4	<i>Lapáky písku</i>	13
4.3.5	<i>Lapáky tuků</i>	14

4.3.6	<i>Flotační nádrže</i>	14
4.3.7	<i>Usazovací nádrže</i>	14
4.4	BIOLOGICKÝ STUPEŇ ČIŠTĚNÍ	15
4.4.1	<i>Aerobní rozklad</i>	15
4.4.1.1	Aktivační proces	15
4.4.1.2	Odstraňování dusíku	15
4.4.1.3	Odstraňování fosforu	16
4.4.1.4	Anaerobní rozklad	16
4.4.2	<i>Odstranění zbytkového znečištění</i>	17
4.4.2.1	Filtrace odtoku	17
4.4.2.2	Filrace přes aktivní uhlí	17
4.5	VÝHODY A NEVÝHODY MECHANICKO-BIOLOGICKÝCH ČOV	18
4.5.1	<i>Výhody</i>	18
4.5.2	<i>Nevýhody</i>	18
5	METODIKA	18
5.1	SLEDOVANÉ ČISTÍRNY	18
5.2	ÚČINNOST ČIŠTĚNÍ	19
5.3	SROVNÁNÍ NÁKLADŮ	19
5.3.1	<i>Přepočítání jednotlivých cen cenovými indexy</i>	20
5.4	TELEFONICKÝ PRŮZKUM	22
6	VÝSLEDKY	22
6.1	KATEGORIE 0-10 EO - KOŘENOVÉ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD	22
6.1.1	<i>KČOV BOHUMILEČ</i>	22
6.1.2	<i>KČOV PRAHA – HOROMĚŘICE</i>	26
6.1.3	<i>KČOV ŽITENICE</i>	28
6.2	KATEGORIE 0-10 EO - MECHANICKO-BIOLOGICKÉ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD	30
6.2.1	<i>MECHANICKO-BIOLOGICKÁ ČISTÍRNA OD FIRMY ENVI-PUR</i>	30
6.2.2	<i>MECHANICKO-BIOLOGICKÁ ČISTÍRNA OD FIRMY TOPOL WATER</i>	34
6.2.3	<i>MECHANICKO-BIOLOGICKÁ ČISTÍRNA BUŠOVICE</i>	38
6.3	KATEGORIE 100-500 EO- KOŘENOVÉ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD	40
6.3.1	<i>KČOV CHMELNÁ</i>	40
6.3.2	<i>KČOV KOTENČICE</i>	42
6.3.3	<i>KČOV MOKROVRATY</i>	44
6.4	KATEGORIE 100-500 EO - MECHANICKO-BIOLOGICKÉ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD	48
6.4.1	<i>MECHANICKO-BIOLOGICKÁ ČISTÍRNA BOHOSTICE</i>	48
6.4.2	<i>MECHANICKO-BIOLOGICKÁ ČISTÍRNA SUCHODOL</i>	50
6.4.3	<i>MECHANICKO-BIOLOGICKÁ ČISTÍRNA JESENICE</i>	52

6.5	KATEGORIE 500-1500 EO KOŘENOVÉ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD	55
6.5.1	<i>KČOV DRAHLÍN</i>	55
6.5.2	<i>KČOV OBEKNICE</i>	58
6.5.3	<i>KČOV DRAŽOVICE</i>	59
6.6	KATEGORIE 500-1500 EO MECHANICKO-BIOLOGICKÉ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD	63
6.6.1	<i>MECHANICKO-BIOLOGICKÁ ČISTÍRNA VIŠŇOVÁ</i>	63
6.6.2	<i>MECHANICKO-BIOLOGICKÁ ČISTÍRNA HVOŽDANY</i>	64
6.6.3	<i>MECHANICKO-BIOLOGICKÁ ČISTÍRNA KOSOVA HORA</i>	67
6.7	EKONOMICKÉ ZHDNOCENÍ	69
6.7.1	<i>Malé čistírny 1-10 EO</i>	69
6.7.2	<i>Střední čistírny 100-500 EO</i>	70
6.7.3	<i>Velké čistírny 500-1500 EO</i>	71
6.7.4	<i>Srovnání ekonomické efektivity v závislosti na délce provozu</i>	72
6.8	ZHDNOCENÍ ÚČINNOSTI	73
6.8.1	<i>Malé čistírny 1-10 EO</i>	73
6.8.2	<i>Střední čistírny 100-500 EO</i>	74
6.8.3	<i>Velké čistírny 500-1500 EO</i>	75
6.1	VÝSLEDKY VLASTNÍCH ROZBORŮ	75
6.2	VÝSLEDKY STANOVENÍ OBSAHU TĚŽKÝCH KOVŮ	75
6.3	TELEFONICKÝ PRŮZKUM	76
7	DISKUZE	77
7.1	<i>SROVNÁNÍ EKONOMICKÝCH NÁKLADŮ</i>	77
7.2	<i>POSOUZENÍ A SROVNÁNÍ ÚČINNOSTI</i>	81
7.3	<i>ODSTRAŇOVÁNÍ TĚŽKÝCH KOVŮ</i>	82
7.4	<i>VÝHODY A NEVÝHODY OBOU SYSTÉMŮ</i>	83
8	ZÁVĚR	84
9	SEZNAM LITERATURY.....	86
10	PŘÍLOHY.....	92
10.1	<i>SOUHRNNÁ TABULKA VÝSLEDKŮ</i>	92
10.2	<i>OBRAZOVÁ PŘÍLOHA</i>	93
10.3	<i>PŘEHLED JEDNOTLIVÝCH NOREM POUŽITÝCH K ROZBORŮM VODY</i>	95

1 Úvod – čištění odpadních vod

Čištění odpadních vod se stalo pro společnost samozřejmostí teprve v posledních desetiletích. V dřívějších dobách problém s odpadními vodami u lidských obydlí téměř nebyl, protože velké množství odpadních vod, které známe z dnešní doby, ještě neexistovalo. Ve většině domácností byl pouze suchý záchod, jehož obsah končil jako hnojivo na polích, splašky z kuchyně a voda na mytí se vylévala na zahrádku nebo před zápraží. Dnešní množství odpadních vod, které denně vyprodukujeme, se již opravdu takto likvidovat nedá a návrat do doby suchých záchodů si nedovedeme představit. Proto s rozšířením splachovacích záchodů a koupelen, ze kterých odtékají odpadní vody silně naředěné, došlo ke vzniku moderního čistírenství.

Odpadní vody zatěžují silně ekosystém, a tak se v současné době ve většině obcí již nějaká ta čistírna nachází. Na samotách a u novostaveb v obcích, kde čistírna není, je dnes běžné mít malou domovní čistírnu. Čištění odpadních vod se nejčastěji provádí v mechanicko-biologických čistírnách, avšak v dnešní době, která klade důraz na myšlenku udržitelného rozvoje, je hledání alternativních metod k již osvědčeným technologiím běžnou záležitostí. Proto se již řadu let staví také kořenové čistírny odpadních vod, které jsou považovány za ekologičtější, ekonomičtější, ale také i estetičtější alternativu čištění odpadních vod. Je však tato alternativa opravdu tak výhodná jak se o ní píše? Dosahuje stejných výsledků jako její konkurence? Čím přesvědčit potenciální investory, co je vlastně argumentem pro stavbu kořenových čistíren?

Diplomová práce vznikla na základě požadavku výrobce kořenových čistíren firmy Rybníkář, které při výkonu práce chybí relevantní data, ukazující srovnání kořenových čistíren s konkurenčními mechanicko-biologickými čistírnami. Proto také může posloužit k rozhodování a přesvědčování investorů, kterými jsou nejčastěji obce nebo fyzické osoby. Diplomová práce je zaměřena na skutečné a objektivní posouzení přívlasků, kterými se kořenové čistírny pyšní a srovnáním s mechanicko-biologickými čistírnami posuzuje účinnost čištění, ekonomické náklady a celkové výhody a nevýhody obou skupin. Pro srovnání bylo vybráno celkem 18 čistíren různých velikostních kategorií, které zahrnují zástupce obou technologií čištění. Cílem je ukázat, který způsob čištění odpadních vod je účinnější a to po všech stránkách.

2 Cíle diplomové práce

Cílem této práce bylo porovnat mechanicko-biologické čistírny odpadních vod s čistírnami kořenovými a ověřit obecně zastávaný názor, že kořenové čistírny jsou levnější a účinnější, než klasické mechanicko-biologické. K ověření bylo použito 18 vybraných čistíren odpadních vod (9 klasických mechanicko-biologických a 9 kořenových) vždy ve 3 velikostních skupinách.

3 Kořenové čistírny odpadních vod

Kořenové čistírny řadíme do kategorie přírodních čistíren odpadních vod, které využívají přirozeného procesu samočištění. Ten probíhá v půdním, vodním i mokřadním prostředí. Důležitou roli zde hraje vegetace, podílející se na čisticím procesu. Tvoří vhodné podmínky pro rozvoj mikroorganismů a také využívá živiny k tvorbě biomasy (*Voda a krajina, 2001*).

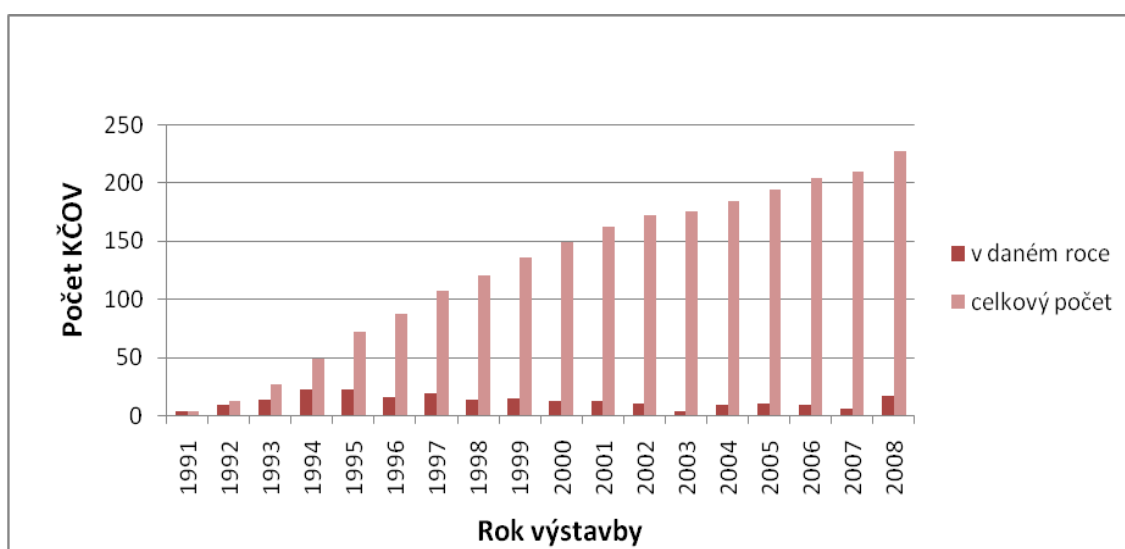
3.1 Historie kořenových čistíren

Přírodní přirozené mokřady se využívají pro čištění odpadních vod již více než sto let. Ve většině případů však šlo nejdříve o pouhé vypouštění odpadních vod do mokřadů, které byly dříve považovány jen za bezcenné biotopy (*Vymazal J., 2004*). To, že mokřady nejsou jen biotopem organismů a fungují jako takzvané „ledviny“ ekosystému (*Simeral K.D., 1998*), bylo zjištěno až o něco později a člověk se tyto unikátní vlastnosti naučil využívat i pro čištění odpadních vod (*Agroborealis, 2005*).

První pokusy o využití mokřadů při čištění odpadních vod byly provedeny v 50. letech a úplně první čistírna v Evropě byla postavena v roce 1974 v Othrfreusu v Německu (*Vymazal J., 2005*). Jednalo se o čistírnu s emerzními (vynořenými) rostlinami. Tento typ, jak se zdá, se v Německu velmi osvědčil. Dnes je jich zde více než 50 000. V řadě zemí jsou kořenové čistírny odpadních vod rovnocennou alternativou klasických čistíren (*Mach M., 2003*). Nejvíce jich můžeme najít v Německu, kde se stále počítá s dalším růstem, dále následuje Rakousko, Velká Británie, Dánsko, Itálie, Polsko, Portugalsko, Francie, Norsko a Estonsko (*Koldovský P., 2007*). Jiné zdroje uvádějí jako první postavenou čistírnu odpadních vod čistírnu v Austrálii, která byla postavena již roku 1904 (*Agroborealis, 2005*).

V České republice je historie výstavby těchto čistíren poněkud kratší. První zmínka o kořenové čistírně v České republice se datuje do roku 1987 a první plně fungující čistírna byla dokončena v roce 1989. Tato čistírna se nachází v Petrově u Jílového (okres Praha Západ) a byla původně navržena pro čištění dešťových splachů ze silážního plata. Následovaly čistírny uvedené do provozu v roce 1991. Kvůli odpadním vodám z mlékárny byla postavena čistírna

v Kačici u Slaného. V červenci téhož roku byl zahájen provoz čistíren v Ondřejově a v Horní Černé Studnici v Jizerských horách. Od roku 1991 nastává velký rozvoj výstavby těchto čistíren (Vymazal J., 1995). Nejvíce jich bylo postaveno mezi lety 1993 - 1995. V roce 1995 jich bylo postaveno kolem dvaceti. Dále se nárůst ustálil kolem deseti ročně. V současnosti zájem stále narůstá. Dodnes se České republice podařilo postavit již více než 250 funkčních kořenových čistíren (Beneš J., 2008). Přesné číslo se však bohužel zjistit nedá, protože mnoho z nich není evidováno. Jedná se zde zejména o malé čistírny u rekreačních objektů, chat či rodinných domků (Pelikán P., 2004). Kořenové čistírny odpadních vod mají od roku 1994 atest hlavního hygienika ČR reg.č. HEM 3246/5.12.1994. Správně navržené, vyprojektované, realizované a provozované kořenové čistírny splňují parametry, dané podle nařízení vlády 61/2003 vodohospodářským orgánem, který povoluje jejich provozování.(1)



Obr.1 Znárodnění vývoje počtu Kořenových čistíren v ČR v jednotlivých letech v období od roku 1991 do roku 2008. (Beneš J., 2008)

3.2 Co je to umělý mokřad?

Kořenové čistírny jsou ve své podstatě umělým mokřadem. Co si však pod takovýmto termínem představit, nejlépe vystihuje následující definice umělého mokřadu.

Umělý mokřad je ekosystém vytvořený člověkem. Je to integrovaný systém – komplex vody, rostlin, živočichů, mikroorganismů a abiotických složek prostředí, které spolu interagují a tím zlepšují kvalitu vody (Gelt J., 1997).

3.2.1 Rozdělení umělých mokřadů

Umělé mokřady můžeme rozdělit podle několika kritérií a to především podle druhu vegetace a způsobu průtoku odpadní vody (Vymazal J., 2004).

Podle vegetace, která je použita, lze umělé mokřady rozdělit na tři základní skupiny:

- mokřady s plovoucími rostlinami
- mokřady se submerzními (ponořenými) rostlinami
- mokřady s emerzními (vynořenými) rostlinami

3.2.1.1 Mokřady s plovoucími rostlinami

Pro tento způsob čištění je nejčastěji využíván vodní hyacint (*Eichhornia crassipes*), nebo rostliny z čeledi *Lemnaceae* - okřehekky. Výhodou vodního hyacintu je jeho dobrá snášenlivost na velké zatížení, nevýhodou je jeho limitace teplotou (10°C) a plevelné ucpávání potrubí (Vymazal J., 2004). Okřehekky nižší teplotu snášejí lépe a tvoří na hladině hustý souvislý povlak, který má dobrý vliv na denitrifikaci (Hlavínek P., 2000).

3.2.1.2 Mokřady se submerzními rostlinami

Submerzní rostliny mají fotosyntetické orgány ponořeny ve vodě, díky tomu jsou schopny asimilovat živiny přímo z vody. Jedná se o velmi rozmanité druhy rostlin jak z hlediska morfologického, tak i ekologického. V oligotrofních vodách rostou především malé druhy s nízkou produktivitou. Jsou to například *Isoetes lacustris* – šídlatka jezerní, nebo *Lobelia dortmanna*. Naproti tomu v eutrofních vodách se vyskytují i větší druhy s velkou produktivitou, např. *Elodea Canadensis* – vodní mor kanadský. Podmínkou pro použití submerzních rostlin je dobře prokysličená voda, což se o většině odpadních vod říci nedá. Proto jsou tyto systémy využívány především pro dočišťování (Vymazal J., 1995).

3.2.1.3 Mokřady s emerzními rostlinami

Mokřady s emerzními neboli vynořenými rostlinami jsou jednoznačně nejrozšířenější skupinou umělých mokřadů a lze je rozdělit do dvou hlavních skupin:

- mokřady s povrchovým tokem
- mokřady s podpovrchovým tokem

1. Mokřady s povrchovým tokem

Tento typ umělých mokřadů nejvíce připomíná přirozené mokřady a to jak po stránce funkční, tak i estetické. Odpadní voda zde protéká po povrchu málo propustného substrátu, ve kterém jsou vysazeny mokřadní rostliny (*Agroborealis*, 2005).

K odstranění znečištění z odpadních vod dochází především díky působení mikroorganismů, které se nacházejí na ponořených částech rostlin a na jejich tlejících zbytcích u dna (*Vymazal J.*, 2004).

Mezi nejčastěji používanou vegetací patří orobinec (*Typha Spp.*), skřípina (*Scirpus Spp.*) a sítina (*Juncus Spp*) (*Vymazal J.*, 1995).

2. Mokřady s podpovrchovým tokem

V současné době jsou tyto mokřady nejpoužívanější. Dále se dělí na:

a) mokřady s podpovrchovým vertikálním tokem

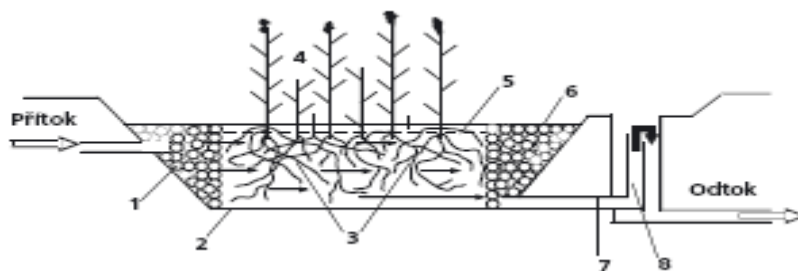
b) mokřady s podpovrchovým horizontálním tokem – tzv. kořenové čistírny odpadních vod

a) Mokřady s podpovrchovým vertikálním tokem

Hlavní rozdíl vertikálního systému od horizontálního je ve směru a kontinuitě proudění. Tento způsob je v principu shodný se zemní filtrací. Do vertikálního systému je voda dodávána přerušovaně na povrch filtračního lože osázeného mokřadními rostlinami. Voda poté prosakuje vrstvami šterku a následně je sbírána na dně za pomoci drenážních trubek. Trubky ji dále odvádějí pryč ze systému.

b) Umělé mokřady s podpovrchovým horizontálním tokem

Při tomto způsobu čištění odpadní voda protéká horizontálním směrem skrz propustný substrát, ve kterém je vysázena mokřadní nebo vlhkomilná vegetace. Odpadní voda je rovnoměrně přiváděna a rozdělována potrubím tak, aby následně protékala kořenovým ložem. Na konci kořenového lože je vyčištěná voda odváděna sběrným drénem. Při průtoku odpadní vody „mezi kořeny rostlin,“ dochází k odstraňování jejího znečištění díky kombinaci chemických, biologických a fyzikálních procesů (*Vymazal J.*, 2004). Tento typ čistírny se používá již více než 30 let. Nejvíce jich slouží k čištění městských odpadních vod, některé však slouží i k čištění odpadních vod z průmyslu, zemědělství, a potravinářství (*Vymazal J.*, 2009).



Obr.2 Typické uspořádání kořenové čistírny. 1 – distribuční zóna (kamenivo, 50–200 mm), 2 – nepropustná bariéra (PE nebo PVC), 3 – filtrační materiál (kačirek, štěrk, drcené kamenivo), 4 – vegetace, 5 – výška vodní hladiny v kořenovém loži nastavitelná v odtokové šachtě, 6 – odtoková zóna (shodná s distribuční zónou), 7 – sběrná drenáž, 8 – regulace výšky hladiny

3.3 Průběh čištění v kořenových čistírnách odpadních vod

Kořenové čistírny využívají samočisticí pochody, které probíhají v porézním půdním prostředí za spoluúčasti rostlin (Sommer L., 1993). Ve vlastních kořenových čistírnách dochází k biologickému stupni čištění, je tedy důležité, před vlastním čištěním provést mechanické předčištění.

3.3.1 Předčištění

Mechanický stupeň čištění je uspořádán podle původu, množství a složení odpadních vod. V případě nedokonalého předčištění dojde k nedostatečnému odstranění nerozpuštěných látek a může dojít k následnému ucpání vlastního filtračního lože (Vymazal J., 2004). Kapacita mechanického stupně čištění také závisí na počtu připojených obyvatel. Pro malou čistírnu do 50 ekvivalentních obyvatel (dále EO), postačuje použití pouhého septiku nebo usazovací nádrže. V dnešní době je možnost využití různých intenzifikovaných septiků např. typ SL. Tento typ díky vestavěným lamelám zajišťuje anaerobní podmínky čištění. U velkých obcí do 3000 EO je nezbytné navrhnout úplný mechanický stupeň čištění. Ten tvoří česle, lapák tuku, lapák písku a primární usazovací nádrže.

3.3.2 Filtrační lože – návrhové parametry

Při stavbě filtračního pole je nutné, dle specifické čistírny, zvolit správné návrhové parametry tj. konfiguraci, plochu, poměr délka/šířka, sklon dna, použitý substrát a hloubku.

Variant konfigurace máme v dnešní době celou řadu. K nejlevnějším řešením patří postavení pouze jedné plochy filtračního pole. Jeho využití je však omezené při vyšších průtocích, kdy je hydraulika a flexibilita pole značně omezena. Další variantou jsou paralelní

plochy, u kterých je průtok rovnoměrně rozdělován do jednotlivých ploch a v případě potřeby je průtok sveden na jednu plochu.

Plochy zapojené v sérii jsou dalším řešením. Mohou být zapojené za sebou nebo serpentinovitě, přičemž většinou kombinují více čistících mechanismů.

Názory na optimální velikost plochy pro kořenovou čistírnu se v různých pramenech liší. Plocha na jednoho ekvivalentního obyvatele by se měla pohybovat okolo 5 m². Stavba čistírny pro větší počet obyvatel nad 1000 EO je nejčastěji omezena velikostí dostupné plochy (Vymazal J., 1995).

Nejvíce studií ukázalo, že optimální poměr délka/šířka je od 1:1 až po 10:1. Praxe však ukázala, že pro stavbu filtračního lože je důležitější uvažovat správné rozptýlení odpadní vody po celém poli, než se zabývat přesným poměrem délky a šířky (Simeral K., 1998).

Mírný sklon dna je důležitý pro správnou hodnotu hydraulického gradientu. V 80. letech byl navrhován sklon dna 8%, toto je však dávno překonáno a dnešní čističky mají průměrný sklon dna nižší než 1% (Vymazal J., 1995). Jiné zdroje uvádějí ideální sklon dna ne vyšší než 0,5% (Simeral K., 1998).

O výsledném či čistícím účinku rozhoduje použitý substrát. Je důležité, aby měl dobrou propustnost, hydraulickou vodivost a aby nedocházelo k jeho ucpávání. Musí také vytvářet vhodné prostředí nejen pro výsadbu a zakořenění rostlin, ale i pro život mikroorganismů, které rozkládají organické znečištění a sorbují část mineralizovaných látek (Vymazal J., 2002). Hloubka filtračního lože je volena s ohledem na druh rostlin, kterými je lože osázeno. Nejčastěji používanou rostlinou v České republice je rákos obecný, proto nejčastěji užívaná hloubka 60 cm je navržena právě pro tento druh rostliny. Naproti tomu v USA se k osázení kořenového lože nejvíce používají různé druhy skřípín. Pro tento druh rostlin je optimální hloubka 30 - 45 cm (Vymazal J., 1995).

3.4 Funkce vegetace v kořenových čistírnách

Použité mokřadní rostliny mají za úkol zajišťovat dvě základní funkce. První funkcí je zajištění dostatečného množství kyslíku tak, aby mezi kořeny docházelo k aerobnímu odstraňování organických látek. Druhou je zlepšování a udržování dobré hydraulické vodivosti díky vzniklým pórům po odumřelých oddencích. Téměř dvacetiletý výzkum potvrdil, že přítomnost rostlin má kromě výše zmíněných ještě celou řadu dalších funkcí. Rostliny poskytují dobrý podklad pro růst bakterií, zateplují povrch kořenových čistíren (to je důležité zvláště pro

chladnější období), poskytují organický uhlík nutný pro denitrifikaci, vylučují alkaloidy mající baktericidní účinky a zajišťují estetickou hodnotu (*Mundoková M., 2009*).

Kritérií pro výběr vhodných druhů je mnoho. Mělo by se jednat o vytrvalé rostliny s vysokou produkcí biomasy a akumulací živin ve svých tělech. Také je důležitá dobrá množivost a snadná manipulace. U malých kořenových čistíren u rodinných domů se také často hledí na estetickou hodnotu rostlin. Nejčastěji používaný druh je rákos obecný (*Phragmites australis*). Dále se využívají: chrastice rákosovitá (*Phalaris arudinacea*), orobinec úzko a širokolistý (*Typha augustifolia*), (*Typha latifolia*), skřípinec jezerní (*Scripus lacustris*), zblochan vodní (*Glyceria maxima*) a sítina rozkladitá (*Juncus effusus*). Pro zajištění estetické funkce se používá kosatec žlutý (*Iris pseudacorus*), šmel okoličnatý (*Butomus umbelatus*) a puškvorec obecný (*Acorus calamus variegatus*).

3.5 Účinnost čistícího procesu

Účinnost čištění v KČOV se hodnotí podle účinnosti odstraňování organických látek, celkového dusíku a fosforu. Výhodou kořenové čistírny oproti klasickým je, že odstraňuje znečištění z odpadních vod na standardní úrovni a přitom funguje na základě přírodních biologických procesů (*Burianová J., 2006*).

Na čistícím procesu v kořenových čistírnách se podílí především bakterie a to svým metabolismem. Bakterie díky enzymům mineralizují organickou hmotu a dále přispívají k rozkladu dusíkatých látek, nitrifikaci, denitrifikaci, rozkladu celulózy, rozkladu škrobu a nižších prvků, rozkladu tuků a rozkladu organických a anorganických látek obsahujících síru a sloučeniny fosforu (*Kočková et al., 1994*). Důležitá je také přirozená fyzikální sedimentace a filtrační účinek kořenového systému. Podíl rostlin na čistícím procesu je nezanedbatelný. Hlavním přínosem rostlin je přenos kyslíku do kořenového lože. Zde potom dochází k rozkladu organických látek a k denitrifikaci. Další, avšak vědecky neprokázanou funkcí rostlin, je zvyšování hydraulické vodivosti kořenového lože díky síti kanálků po odumřelých kořenech a oddencích. Významným faktorem je evapotranspirace, která často díky hustotě vysazených rostlin přesahuje výpar z volné hladiny. Rostliny také slouží jako substrát pro rozvoj bakterií (*Krásá P., 1997*).

3.5.1 Organické látky

Znečištění organickými látkami (dle hodnot BSK₅) je odstraňováno velmi efektivně. Největší podíl má mikrobiální rozklad, dále se podílí i sedimentace a filtrace. Rozklad probíhá ve filtračním loži aerobně i anaerobně. Již z dřívějších výzkumů byla zjištěna určitá korelace

mezi vstupním a odstraněným organickým znečištěním proto lze odstraněné množství organických látek předpovědět (Vymazal J., 2004).

3.5.2 Nerozpuštěné látky

Díky filtraci a sedimentaci jsou nerozpuštěné látky (dále NL) odstraňovány opravdu efektivně. Podobně jako organické látky je většina nerozpuštěných látek odstraněna v první části filtračního lože a nezávisí na míře zdržení ve filtračním poli. Účinnost odstraňování také závisí na důkladnosti předčištění. Ve většině případů přesahuje až 90% (Vymazal J., 1995).

3.5.3 Odstraňování dusíku

Kvůli nedostatku kyslíku ve filtračním loži není efektivita kořenových čistíren při odstraňování dusíku příliš vysoká. Nitrifikace, tedy oxidace amoniaku, je limitována nedostatkem kyslíku. Proto k ní dochází pouze v těsném okolí kořenů. Kyslík, který se uvolňuje z kořenů, vytváří z amoniaku dusičnany, které jsou dále v anoxických částech filtračního lože přeměňovány na plynné formy dusíku. Dusík vzniklý při tomto procesu - denitrifikace, následně uniká do atmosféry (Tegegne et al. 2008). Pokud chceme zvýšit účinnost při eliminaci amoniaku, je dobré čistírnu zkombinovat s předřazenými umělými mokřady s vertikálním průtokem, ve kterých dochází k intenzivní nitrifikaci (Vymazal J., 2007). Ke zlepšení nitrifikace lze instalovat na dno kořenového lože pasivní aerátor, který dodává potřebný kyslík zlepšující postupnou nitrifikaci (Brix H., Arias C. A., 2005). Podle nových studií, se na odstranění menšího množství dusíku podílí i absorpce rostlinami. Množství odstraněného dusíku závisí na rychlosti růstu rostliny a celkovému objemu biomasy (M. Sundaravadivel, S. Vigneswaran 2001). Množství absorbovaného dusíku se pohybuje od pěti do deseti procent (Lee Ch. et al. 2009). Rozdíl v množství absorbovaného dusíku mezi dvěma druhy rostlin – orobinec a skřípina nebyl prokázán (Huang J., 2000).

3.5.4 Odstraňování fosforu

Odstranění fosforu je velmi důležité, protože jeho zvýšená koncentrace ve vodních tocích může způsobit eutrofizaci. Fosfor je odstraňován převážně chemicko-fyzikálními procesy, tedy adsorpcí a srážením ve filtračním loži. Malý podíl cca 5% má i absorpce rostlinami, která je, jak se ukázalo, nejučinnější na začátku vegetační sezony, kdy dochází k růstu biomasy (Vymazal J., 2007). Zvýšením sorpční kapacity substrátu (použití kalcitu, uhelného popílku) lze zvýšit účinnost odstranění fosforu až na 95%. Nevýhodou je vedle vysoké ceny vcelku brzké vyčerpání sorpční kapacity. Proto je po čase nutné, celou náplň vyměnit (Chan et al., 2008).

3.5.5 Odstraňování těžkých kovů

Problém s větším množstvím těžkých kovů je hlavně v odpadních vodách z malých sídel. Míra eliminace je vcelku vysoká v průměru 80%, ale záleží na druhu kovu. Mezi procesy, podílejícími se na odstraňování těžkých kovů, patří srážení a adsorpce. Provedená studie ukázala závislost mezi množstvím absorbovaných těžkých kovů a použitým druhem rostliny. Zatímco vodní hyacint (*Eichhornia crassipes*) je schopna kumulace velkého množství těžkých kovů, orobinec (*Typha domingensis*) má tuto schopnost kumulace téměř nulovou. K zachycení těžkých kovů proto dochází v sedimentu (Maine M. A. et al., 2007).

Pro sorpci těžkých kovů je důležitá přítomnost železa. Železo je v aerobních podmínkách oxidováno. Při této oxidaci vznikají sraženiny oxyhydroxidů železa, poskytující bariéru pro těžké kovy, které jsou zadržovány simultánním srážením. (Krása P., 1997) Odstraněním těžkých kovů se zabývala studie, která byla provedena ve třech KČOV v České republice. Ve studii bylo po dobu 28 měsíců monitorováno odstraňování 34 prvků. Některé těžké kovy byly odstraněny s překvapivě dobrým výsledky: Zn - 78%, Cu - 67%, Pb - 63%, Al - 90%. Špatné výsledky odstranění byly například pro kobalt a selen (Kropfelova L., et al. 2009).

3.5.6 Odstraňování mikrobiálního znečištění

Kombinací fyzikálně-biologicko-chemických procesů je mikrobiální znečištění zadržováno velice efektivně. Předpokládá se, že největší podíl na odstranění má přirozený úhyn. Dále se na odstranění podílí oxidace, UV záření, působení antibakteriálních látek vylučovaných z kořenů, predace a sedimentace. Účinnost odstranění koliformních a termotolerantních koliformních bakterií přesahuje 99%, redukce fekálních streptokoků bývá obvykle kolem 95% (M. Sundaravadivel ; S. Vigneswaran 2001). Mnoho studií se stále zabývá účinností odstranění endokrinních disruptorů. Výzkum ukazuje zajímavé dílčí výsledky, ale pro podrobné popsání je zapotřebí ještě mnoho studií (Ghermandi A., 2007).

3.6 Výhody a nevýhody kořenových čistíren

Tak, jako každá jiná metoda, má i tato své zastánce i odpůrce. Zaměříme-li se na výhody, čištění v kořenových čistírnách se může zdát velice výhodné, ale jak se ukázalo, čistírna má i své nevýhody.

3.6.1 Výhody

Mezi výhody můžeme zařadit nepochybně tyto:

- minimální údržba s bezobslužným provozem
- nevyžadují elektrickou energii

- schopnost čistit téměř všechny druhy odpadních vod a to i ty, které mají nízkou koncentraci organických látek
- celoroční provoz
- kolísání množství a kvality odpadních vod není na závadu
- práce nepřerušovaně
- odolnost vůči povodním
- svým „přírodním“ vzhledem dobře zapadnou do krajiny a mohou plnit i okrasnou funkci
- neobtěžují okolí zápachem ani hlukem

3.6.2 Nevýhody

- náročnost na plochu
- hůře odstraňují amoniak a fosfor
- na odtoku se někdy objevuje bílý povlak tvořený elementární sírou, vznikající při oxidaci sirovodíku
- strojní čistírny mají lepší předpoklady pro řízení čistícího procesu, pro analýzu případných problémů a pro aplikaci nápravných opatření
- nutnost chránit čistírnu před náletovými rostlinami, které by mohly svými kořeny protrhnout izolační vrstvu

(2, Gelt J., 1997; Vymazal J., 2004; Carl DuPoldt et al.)

4 Mechanicko – biologické čistírny odpadních vod

Mechanicko–biologické čistírny jsou nejpoužívanějším typem čištění městských odpadních vod. Ve své podstatě kombinují mechanické a biologické procesy, které přispívají k vyčištění odpadní vody. Ke správnému provozu čistírny je důležitá kvalitní kanalizace a správná obsluha, kterou zajišťuje kvalifikovaná osoba. Mechanická část čistírny zajišťuje kvalitní předčištění odpadních vod. Biologická část zahrnuje intenzivní postupy například oběhovou a směšovanou aktivaci, biofiltry a biodisky (Hlavínek, 1997).

4.1 Historie čistírenství

V roce 1310 byla zaznamenána první zmínka o kanalizaci, která byla u soukromého domu v Nerudově ulici v Praze. Čištění městských struh se zavedlo v roce 1340 a v roce 1660

byla postavena městská kanalizace z Klementina. Až teprve začátkem 19. století byla v Praze vybudována první systematická kanalizace, která měřila 44 kilometrů. V roce 1865 začal fungovat úřad spravující pražskou kanalizaci, který se později změnil na Kanalizační kancelář magistrátu hlavního města Prahy (*Hlavínek, 1997*). První čistírna odpadních vod na mechanickém principu byla uvedena do provozu v roce 1906. Ve své době byla jak po stránce technologické tak i architektonické významnou stavbou. Účinnost čistírny dosahovala pouze 40 %, přesto přispěla významně k hygieně města (3). V roce 1950 již kapacita čistírny ani po modernizaci nestačila a tak byla na Císařském ostrově postavena čistírna nová mechanicko–biologická. Ve své době to byla největší aktivační čistírna odpadních vod v Evropě. Po přijetí zákona o vodách (vodní zákon) číslo 138/1973 nastal další rozvoj čistírenství a to i v jednotlivých obcích. Dnes je úroveň čištění odpadních vod v České republice srovnatelná s ostatními státy EU (*Jasek J., 2006*).

4.2 Mechanicko – biologická čistírna – stupně a procesy

Stupně čištění

Složení odpadních vod je různé, proto se liší i použitá technologie čištění. Při čištění prochází odpadní voda celkem třemi stupni čištění. Jedná se o stupeň mechanický, biologický a chemický. Mechanický stupeň zahrnuje mechanické procesy, které se podílejí na zachycení a sedimentaci částic suspenzí. Biologický stupeň využívá biochemickou aktivitu bakterií, které rozkládají za aerobních i anaerobních podmínek a mineralizují organický materiál. Chemický stupeň čištění snižuje a odbourává hlavní nutrienty dusík a fosfor (*Říhová, Ambrožová 2007*).

Procesy čištění

Každý stupeň čištění se skládá z procesů, díky kterým dochází k čištění. Tak, jak nám již napovídá název samotných čistíren, hlavními procesy které se podílejí na vyčištění odpadních vod jsou procesy mechanické a biologické

Do mechanických procesů patří: cezení, filtrace, sedimentace, flotace a centrifugace.

Biologické procesy dělíme do dvou skupin:

- Aerobní - aktivační procesy, biologické nádrže, biologické filtry, oxidační příkopy,
- Anaerobní – metanizace, denitrifikace, vyhnívání

Dále se čistícího procesu účastní ještě procesy chemické, které zahrnují koagulaci, srážení, oxidaci, redukci, neutralizaci, odpařování, spalování a sorpční, elektrolytické a iontové procesy (Fuka, 1997).

4.3 Mechanický stupeň čištění

Mechanický (primární) stupeň čištění kombinuje mechanické procesy tak, aby jakost vyčištěné vody byla co největší. Zahrnuje hrubé předčištění, flotační nádrže a usazovací nádrže.

4.3.1 Hrubé předčištění

Cílem hrubého předčištění je odstranění velkých předmětů, které by mohly dále narušit procesy čištění a způsobit poruchy zařízení dalších stupňů technologické linky. K tomuto účelu se používají česle, lapáky štěrku, písku, tuků a plovoucích nečistot (Dohányos et al., 2007.) Pro efektivnější odstranění rozpuštěných látek lze při předčištění použít ozon. Efektivita odstranění rozpuštěných látek dosahuje až 82%. Použití ozonu jako předčištění však nemá vliv na celkové odstranění fosforu (Park et al. 2010).

4.3.2 Lapák štěrku

Odpadní vody, které přitékají kanalizací na čistírnu, jsou nejprve zbaveny hrubých těžkých předmětů (cihly, kameny a štěrky) v lapácích štěrku. Jedná se o jímku se sníženým dnem, která je umístěna na přivaděči odpadních vod. Má význam především při přivalovém dešti.

4.3.3 Česle

Česle jsou umístěny v přítokovém žlabu hned za lapákem štěrku tak, aby zachycovaly hrubé částice a větší předměty. Kvůli zápachu zachycených nečistot (zbytky jídla, hadry, plasty, zdechliny) jsou většinou uzavřeny ve zvláštní místnosti. Jsou tvořeny ocelovými tyčemi, které se nazývají česlice a vsazeny do kovového rámu umístěného pod úhlem 55° – 80° (Chudoba J., 1991). Mezery mezi česlicemi se nazývají průliny. Podle velikosti dělíme průliny na hrubé (> 60 mm) a jemné (<40 mm). Často bývají řazeny za sebou. Shrabky je nutno pravidelně odstraňovat, podle systému stírání česle dělíme na ručně stírané a strojně stírané. Hrubé ručně stírané česle jsou většinou předřazeny před jemné strojně stírané. Shrabky jsou považovány za hygienicky závadný materiál, proto je nutné je bezpečně likvidovat spalováním. Dále je možno je po hygienizaci kompostovat a skládkovat (Dohányos et al., 2007).

4.3.4 Lapáky písku

Vzhledem k tomu, že je nutné písek odstraňovat odděleně od ostatních nerozpuštěných organických látek, čistírny ve své technologické lince obsahují i lapáky písku. V

lapácích písku dochází k zachytávání písku, škváry, úlomků skla a podobně. Principem zachycení písku je snížení průtočné rychlosti na hodnotu 0,3 m/s při které se usadí veškerá zrnka písku, avšak nedojde k usazení ostatních organických látek. Podle směru průtoku přiváděné vody lze lapáky písku rozdělit na horizontální, vertikální a s příčnou cirkulací (*Fišer M., 2000*).

4.3.5 Lapáky tuků

Lapáky tuků jsou v čistírenském procesu nezbytné, protože obsah tuků v odpadní vodě může způsobovat velké problémy při následném čištění. Tuky mohou obalovat kal, který se pak špatně odvodňuje, nebo zanáší filtr v aktivační nádrži a brání tak okysličování. Při přítoku odpadní vody na čistírnu dochází k emulgaci obsažených tuků do malých kapének. Pro vzdušňováním ode dna se urychluje vznos těchto kapiček k hladině, kde se tvoří tuková pěna. U malých čistíren lze také tuk odstranit pomocí usazovacích nádrží s nornou stěnou. Zachycený tuk se potom likviduje ve vyhřívací nádrži nebo spalováním.

4.3.6 Flotační nádrže

Dalším stupněm mechanického čištění jsou flotační nádrže. Ty slouží k postupnému spojení emulgovaných a suspendovaných látek do tzv. flotačních komplexů. Celá nádrž je provzdušňovaná a dispergované částice jsou vynášeny bublinami na hladinu, kde vytváří pěnu (*Čížek et al. 1970*).

Podle způsobu vzniku bublin rozlišujeme flotaci na elektroflotaci, disperzní vzdušnou flotaci a rozpuštěnou vzdušnou flotaci (*Ambrožová, Hubáčková, 2003*).

4.3.7 Usazovací nádrže

Odpadní voda, která je zbavená hrubých a plovoucích nečistot dále natéká do usazovací nádrže. Procesem sedimentace se zde odstraní další separovatelné tuhé nečistoty. Podle způsobu protékání odpadní vody je dělíme na pravoúhlé s horizontálním průtokem, kruhové s horizontálním průtokem a vertikálně protékané nádrže. Aby nedocházelo ke zviření již usazených nečistot, je důležité zajistit, aby byl vtok odpadní vody do usazovací nádrže rovnoměrný. K tomu slouží vsazené norné stěny (*Fišer M., 2000*). V technologické lince se zpravidla nacházejí 2 druhy usazovacích nádrží, primární a sekundární. Primární jsou řazené před biologické čištění a sekundární tzv. dosazovací nádrže se nacházejí až za biologickou částí čištění. Z technologického a konstrukčního hlediska mezi nimi není žádný rozdíl (*Sötemann et al. 2006*).

4.4 Biologický stupeň čištění

Po mechanickém čištění nastává další stupeň čištění – biologický. Využívá mikroorganismů, které rozkládají neusaditelné látky, redukují a stabilizují organické látky a odstraňují dusík a fosfor. Jedná se v podstatě o napodobení přirozeného samočisticího procesu, který se běžně v přírodě vyskytuje, v tomto případě je však účinnost o něco větší. Rychlost ovlivňuje obsah kyslíku, pH, teplota, typ znečištění a přítomnost toxických látek. Biologické čištění využívá oxidačně – redukční reakce a to jak anaerobní tak i aerobní.

4.4.1 Aerobní rozklad

Při aerobním rozkladu jsou organické látky rozkládány za přítomnosti kyslíku. Dochází k oxidaci působením mikroorganismů jejímž produktem je oxid uhličitý a voda.

4.4.1.1 Aktivační proces

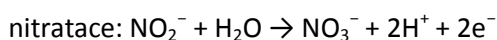
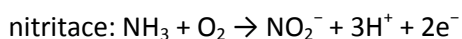
Aktivační proces je kontinuální čištění pomocí směsné kultury mikroorganismů, která se nazývá aktivovaný kal. Aktivovaný kal ve vodě vytváří volně suspendované vločky a obsahuje celou řadu bakterií, vláknitých organismů i vyšších organismů. Tyto mikroorganismy jsou schopny rychle sedimentovat a tvořit tak flokulující kal. Při celém procesu dochází k sorpci a koagulaci suspendovaných a koloidních látek na shlucích mikroorganismů (vločkách), které tvoří směsnou kulturu. Odstraňování rozpuštěných organických látek je složitější, dochází k difúzi, sorpci a koagulaci. Současně se také organické látky štěpí účinkem enzymů na oxid uhličitý a vodu. Celý proces aktivace je aerobní, proto je nutné odpadní vodu intenzivně provzdušňovat a to nejčastěji přívodem stlačeného vzduchu. Pro správnou rychlost procesu je nutné zajistit dostatečnou koncentraci aktivovaného kalu v odpadní vodě. Toho lze dosáhnout recirkulací aktivovaného kalu z dosazovací nádrže. Z aktivační nádrže se odstraňuje pouze malé množství kalu, tzv. přebytečný kal (*Frintová K., 2007*).

4.4.1.2 Odstraňování dusíku

V odpadních vodách se dusík vyskytuje ve dvou formách amoniakální a organický. Biologické odbourání dusíku využívá dva hlavní procesy: asimilační (zabudování dusíku do buněčné hmoty) a disimilační (redukce dusíků na plynnou formu) (*Pell, Worman, 2008*). Nejběžněji se odstraňuje metodou disimilační redukce, která zahrnuje procesy nitrifikace a denitrifikace.

Nitrifikace je aerobní proces, ve kterém dochází k oxidaci amoniaku přes dusitany na dusičnany. Celý proces probíhá dle rovnice $\text{NH}_3 + 2\text{O}_2 \Rightarrow \text{NO}_3^- + \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$ která zahrnuje dva

dílčí procesy nitritaci a nitrací. Nitritace zahrnuje oxidaci amoniaku bakterií *Nitrosomonas*, nitratice je oxidace vzniklých dusitanů bakterií *Nitrobacter*.



Proces nitrifikace a jeho rychlost ovlivňuje celá řada faktorů, je to například koncentrace rozpuštěného kyslíku, složení odpadních vod, teplota, pH a stáří a zatížení kalu (PG&E, 2003).

Na proces nitrifikace navazuje proces denitrifikace. Jedná se o reakci, při které se v anoxických podmínkách mění dusitany nebo dusičnany na elementární dusík. Ten pak uniká volně do atmosféry. Rychlost reakce ovlivňuje zvyšující se teplota (Chudoba, 1991). Při správné kombinaci procesů nitrifikace a denitrifikace je účinnost odstranění dusíku až 80%.

4.4.1.3 Odstraňování fosforu

Jelikož se v aktivovaném kalu nacházejí tzv. poly-P bakterie (nejčastěji z rodu *Actinobacter*), které jsou schopny zvýšené akumulace fosforu do buněk, je nutno zajistit správné biologické odstraňování fosforu. Fosfor lze z vody odstranit dvojím způsobem a to buď fyzikálně-chemickými metodami, které jsou založeny na přidání vápenatých, hlinitých nebo železitých fosforečnanů, nebo biochemicky pomocí mikroorganismů (Guo CH., et al. 2010).

4.4.1.4 Anaerobní rozklad

Anaerobní rozklad probíhá díky skupinám bakterií, jejichž metabolické produkty jsou využívány dalšími mikroorganismy. Dochází k oxidaci organických látek na oxid uhličitý a vodu zároveň k redukci dalších látek na organické plyny, jako je například methan. Celý proces se souhrnně nazývá methanizace a má tři fáze. V první fázi dochází k hydrolýze polymerů na monomery prostřednictvím enzymů a následnému štěpení na mastné a jiné kyseliny, jako jsou kyselina octová, propionová a máselná. Při tomto procesu dochází k uvolňování vodíku a souhrnně se nazývá acidogeneze. Další fází je acetogeneze, při které dochází ke štěpení produktů acidogeneze na kyselinu octovou. K fermentaci kyseliny octové na methan a oxid uhličitý dochází při závěrečné fázi, která se jmenuje methanogeneze (Chan et al. 2009). Současně také probíhá reakce oxidu uhličitého a vodíku za vzniku metanu. Celý proces metanizace probíhá v anaerobních reaktorech. Nutná je kontrola správné teploty, množství biomasy a její aktivity, která ovlivňuje celý proces. Vzniklý bioplyn je tvořen ze tří čtvrtin metanem, zbytek je oxid uhličitý a další složky. Nejčastěji je využíván k vyhřívání reaktoru.

Existuje mnoho druhů anaerobních reaktorů, které se volí podle typu a teploty odpadní vody a také podle biologické rozložitelnosti organických látek. Liší se různě dlouhou dobou zdržení biomasy a odpadní vody. Reaktory s imobilizovanou biomasou jsou odolnější proti toxickým látkám, proto se používají pro hůře rozložitelné látky. Naproti tomu reaktor s biomasou ve vznosu se používá při velkém obsahu organických látek v odpadních vodách. Reaktor s fluidním ložem je vhodný pro odpadní vody s nízkou teplotou (*Hlavínek P.*).

4.4.2 Odstranění zbytkového znečištění

V dnešní době existuje mnoho technologií, které lze použít jako třetí stupeň čištění. Nejvíce se používá filtrace přes aktivní uhlí a filtrace odtoku.

4.4.2.1 Filtrace odtoku

Tato filtrace je vhodná v místech, kde je vyžadována vysoká kvalita na odtoku z čistírny. Používá se pro snížení nerozpuštěných látek. Filtr je tvořen z vertikálně protékaného pískového lože a NL jsou z vody odstraňovány celou řadou procesů jako je např. sedimentace, cezení, adsorbce a absorbce. Používaný filtr je nutno udržovat a při zanesení proprat. Účinnost odstranění látek filtrem závisí na filtru a filtrační rychlosti, velikosti a typu částic v loži a hloubce filtračního lože. Pro lepší účinnost filtru jsou vhodné souvislé nátoky odpadních vod na čistírnu. Filtr je schopen snížit koncentraci NL na odtoku pod 10 mg/l. V některých zemích se takto vyčištěná odpadní voda používá na zavlažování (*Hamodam et al. 2004*).

4.4.2.2 Filtrace přes aktivní uhlí

Filtrace přes aktivní uhlí se používá k odstranění těžce odbouratelných nebo biologicky neodbouratelných a toxických rozpustných organických látek. Adsorpční vlastnosti aktivního uhlí umožňují zachytit veškeré kontaminanty a přitom nemění jejich formy. Nutná je proto občasná regenerace aktivního uhlí, která se provádí termálními procesy, při kterých je absorbovaná organická hmota desorbována a limitní dávkou kyslíku oxidována. Při této regeneraci obvykle dochází ke ztrátě až 15% aktivního uhlí. Aktivní uhlí se používá ve dvou formách jako práškové nebo jako granulované. Granulované aktivní uhlí se používá častěji při dočištění OV z odtoku z ČOV a práškové se aplikuje přímo do aktivace (*Hlavínek P.*).

Německá studie srovnání efektivity odstranění patogenních organismů různými typy čistíren ukazuje vhodnost pískových filtrů u velkých čistíren. Zároveň bylo zjištěno, že v určitých případech může i absence terciárního čištění být dostačující, pokud je sekundární čištění správně navrženo a pracuje bez chyb (*Kistemann T., et al. 2008*).

4.5 Výhody a nevýhody mechanicko-biologických ČOV

4.5.1 Výhody

- nenáročnost na plochu
- vysoká účinnost odstranění dusíku a fosforu
- snadná regulace provozu
- snadnější řízení čisticího procesu

4.5.2 Nevýhody

- spotřeba elektrické energie
- náročnost na údržbu
- vysoké provozní náklady
- stavby nejsou většinou estetické

(Muga H., Mihelcic J., 2008)

5 Metodika

5.1 Sledované čistírny

Ke sledování bylo celkem vybráno osmnáct čistíren tří velikostních skupin. Polovinu zástupců tvoří kořenové čistírny a druhou polovinu mechanicko-biologické. První velikostní skupina zahrnuje malé domovní čistírny 0-10 EO, druhá skupina čistírny střední 100-500 EO a třetí skupinou jsou velké čistírny 500-1500 EO. Vybrané čistírny se nejčastěji nachází v bývalém okrese Příbram, mezi nimi je však i pár vzdálenějších exemplářů. Údaje o čistírnách byly nejčastěji získány od starostů obcí, provozních firem a také z MŽP. Většinu čistíren jsem osobně navštívila a konzultovala s provozovateli specifické problémy či technologie. Zjišťované údaje zahrnovaly technologii čistírny, údaje o ročních rozborech vyčištěné vody, rok výstavby, investiční náklady a provozní náklady. Informace o technologii čistíren byly nejčastěji čerpány z technické zprávy, případně z provozního řádu a ke každé ze sledovaných čistíren je o její technologii pojednáno ve výsledcích.



Obř.3 Mapa s vyznačenými sledovanými čistírnami.

5.2 Účinnost čištění

Pro zhodnocení účinnosti čištění byly od provozovatelů získány údaje o ročních rozborech vyčištěné vody. Podle průměrného množství odstraněných sledovaných látek za rok a dle přítoku spočítaného množství vyčištěné vody/rok, bylo vypočteno množství odstraněného BSK₅, CHSK_{Cr}, NL, případně N-NH₄⁺ [Kg/rok] Dle přítoků také bylo spočítáno množství vyčištěné vody na EO/rok [m³].

Vzhledem k tomu, že tato diplomová práce není hrazena grantem, byli pro porovnání získaných údajů náhodně vybráni pouze 2 zástupci kořenových čistíren. Jednalo se o čistírnu Mokrovraty a Koteňčice, u kterých jsem provedla vlastní měření vzorků vyčištěné vody, při kterých byl mimo běžně sledovaných látek, zjištěn i obsah látek, které nejsou při běžných rozborech zkoumány (KNK, ZNK, Cl⁻, NO₂⁻, NO₃⁻, Fe ...). Dále byly provedeny srovnávací rozbory na sledování těžkých kovů u dvou zástupců mechanicko-biologických čistíren (Jesenice a Višňová) a dvou zástupců kořenových čistíren (Mokrovraty a Koteňčice). Pro analýzu byly odebrány vzorky kalu (u KČOV sedimentu) přitékající odpadní vody a vyčištěné vody na odtoku. Výsledky těchto rozborů byly dále porovnány s údaji v literatuře.

5.3 Srovnání nákladů

Investiční náklady byly porovnány na základě dat poskytnutých jednotlivými majiteli čistíren. Tyto náklady zahrnují veškeré stavební práce, včetně práce projektanta, ceny použitého materiálu, stavby, technologie, pozemku a investici do případných doplňkových

staveb. Protože je každá čistírna ve své podstatě specifickou stavbou, která je dána použitou technologií, specifickými podmínkami staveniště a dalšími souvisejícími investicemi (komunikace, ploty), jsou tato specifika odrážející se ve výši investičních nákladů ke každé čistírně rozepsána v části výsledků. Nutno je však dodat, že kvalita získaných dat je rozdílná.

Provozní náklady byly porovnány na základě zjištěných celkových ročních provozních nákladů. Tyto náklady zahrnují náklady na obsluhu, elektrickou energii, materiál, údržbu a provedené rozborů a jejich jednotlivý popis je uveden v části výsledků.

5.3.1 Přepočítání jednotlivých cen cenovými indexy

Pro srovnání investičních a provozních nákladů čistíren, které byly postaveny v různých letech, byly použity příslušné cenové indexy (zdroj ČSÚ) a všechny ceny byly přepočítány na úroveň roku 2009.

V roce 2005 došlo k celkové změně statistiky, která se týká právě cenových indexů. Do této doby byla jednotlivá roční evidence spíše slabší, proto pro rok 1991 a 1992 musel být použit pouze všeobecný index inflace. Vzhledem k tomu, že do roku 2001 nebyly cenové indexy stavební výroby specifikovány jednotlivými směry výstavby, bylo nutné použít pro přepočet pouze celkové indexy stavební výroby. Od roku 2002 již cenové indexy specifikovány byly. Na přepočet byly proto použity indexy cen nákladů stavebních děl podle směru výstavby viz. Tab. č. 1. Jako směr výstavby byly zvoleny vodohospodářské stavby. Pro přepočet ročních provozních nákladů byly použity indexy nákladů stavební výroby (tab. č. 2), které zahrnují jak mzdové náklady, tak i náklady na energii a materiály. Tento index se nejvíce podobá provozním nákladům v čistírnách.

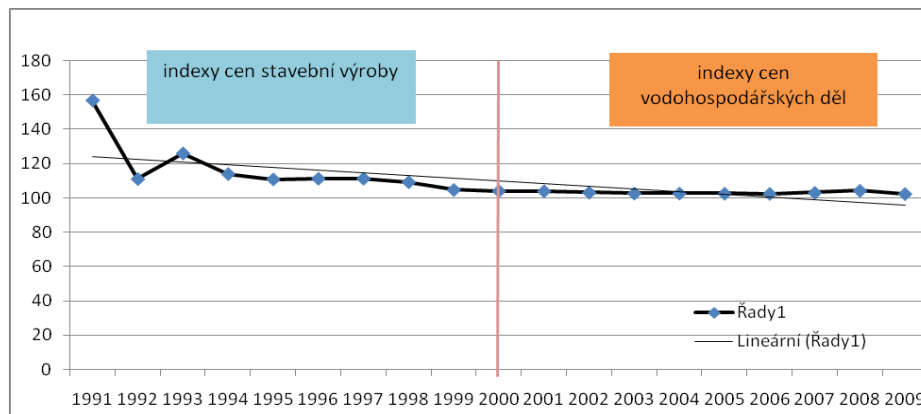
Rok	Index vzhledem k předchozímu roku	Koeficient přepočtu na ceny roku 2009
1991	156,6	3,424
1992	111,1	3,082
1993	125,9	2,448
1994	114	2,147
1995	110,9	1,936
1996	111,3	1,740
1997	111,3	1,563
1998	109,3	1,430
1999	104,8	1,365
2000	104,1	1,311
2001	104	1,260
2002	103,2	1,221

2003	102,7	1,189
2004	102,7	1,158
2005	102,6	1,129
2006	102,5	1,101
2007	103,1	1,068
2008	104,3	1,024
2009	102,4	1,000

Tab. č. 1

Rok	Index vzhledem k předchozímu roku	Koeficient přepočtu na ceny roku 2009
2007	104	1,070
2008	107,2	0,998
2009	99,8	1,000

Tab. č. 2 Indexy cen stavební výroby



Obr.4 Graficky znázorněný vývoj cenových indexů v letech 1991-2009

Provozní náklady byly přepočítány pro každou kategorii zvlášť a vyjádřeny v Kč/m³ vycištěné vody. Investiční náklady byly přepočítány na cenu Kč/EO. V každé kategorii byly výsledné ceny zprůměrovány a porovnány s druhou skupinou čistíren. U kořenových čistíren bylo vypočítáno, za kolik let provozu se vyplatí vyšší investiční náklady na úkor provozních nákladů. Pro výpočet byly použity investiční náklady přepočítané na EO, zprůměrované pro

každou velikostní kategorii zvlášť a dále roční provozní náklady zprůměrované a přepočítané na EO.

5.4 Telefonický průzkum

Cílem telefonického průzkumu bylo obvolat všechny obce, které vlastní KČOV nad 100 EO a zjištění úspěšnosti provozu KČOV dle výstupních parametrů a případných provozních problémů. Celkem bylo obvoláno 75 obecních KČOV nad 100 EO. Zjišťovány byly provozní problémy, typ obsluhy a spokojenost s výstupními parametry u KČOV. Průzkum poslouží k celkovému posouzení výhod a nevýhod kořenových čistíren.

6 Výsledky

KATEGORIE		KČOV	MECH.-BIOLOGICKÁ
0 - 10 EO			
	I.	BOHUMILEČ	ENVI-PUR
	II.	PRAHA 6, HOROMĚŘICE	TOPOL WATER
	III.	ŽITENICE	BUŠOVICE
100 - 500 EO			
	I.	CHMELNÁ	BOHOSTICE
	II.	KOTENČICE	SUCHODOL
	III.	MOKROVRATY	JESENICE
500 - 1500 EO			
	I.	DRAHLÍN	VIŠŇOVÁ
	II.	OBEKNICE	HVOŽDANY
	III.	DRAŽOVICE	KOSOVA HORA

Tab. č. 3 Přehled sledovaných čistíren rozdělených do tří velikostních skupin.

6.1 KATEGORIE 0-10 EO - KOŘENOVÉ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD

6.1.1 KČOV BOHUMILEČ

Tato kořenová čistírna se nachází v obci Bohumileč v okrese Hradec Králové. Čistírna je postavena u soukromého rodinného domu na severním okraji obce. Slouží k čištění splaškových odpadních vod a je navržena pro 4 EO. Plocha kořenových polí je 25,2 m².

Průměrné množství přitékajících odpadních vod je 0,6 m³/den. Stavba čistírny proběhla v roce 2009.

Technologie KČOV

Odpadní voda z domu je přiváděna trubním přivaděčem do tříkomorového kruhového septiku od firmy Ekomonitor. Septik je vyroben z polypropylenu o objemu 4,5 m³. Zajišťuje mechanické předčištění vody, zbaví odpadní vodu hrubých nečistot a nerozpuštěných látek, dochází zde také k usazování kalu, který pak anaerobně vyhnívá. Mechanicky předčištěná voda je dále odváděna potrubím ke kořenovému loži. Rovnoměrný přítok a odtok odpadních vod zajišťuje děrované PVC potrubí DN 100, které je doplněno revizními šachtami, sloužícími pro průplach čistou vodou.

Kořenové lože má plochu 25,2m² o půdorysných rozměrech 3,6x 7,0m, což odpovídá cca 6,3 m²/1EO. Hloubka kořenového lože je 0,8m, na jeho dně je položeno hydroizolační souvrství, které se skládá z ochranné geotextilie GETEX a hydroizolační vrstvy AQUAPLAST. Jako výplň u vtoku a výtoku slouží hrubší prané kamenivo frakce 63-128mm. Zbylá náplň kořenového lože je prané drcené kamenivo frakce 8-16mm a svrchní vrstva je tvořena z kačírku. Vzhledem k tomu, že se jedná o domovní kořenovou čistírnu, která by měla plnit i estetickou funkci, je tato čistírna osázena zejména okrasnými rostlinami. Kořenové pole je osázeno mokřadními rostlinami kosatcem žlutým, tužebníkem jilmovým rákosem obecným a kyprejí vrbicí.

Odpadní voda, která protekla kořenovým filtrem, je dále jímána v akumulární a regulační jímce o objemu 2 m³, ze které je dále využívána na zálivku zahradní zeleně. V mimovegetačním období je voda přepadem vypouštěna do bezpečnostního vsakovacího objektu, který je obdobou pískového filtru. Zde se voda přefiltruje přes prané kamenivo a pískovou vrstvu a dále se vsakuje do půdy. Tato jímka má také funkci regulační šachty tím, že umožňuje regulování hladin v kořenovém filtru a také slouží jako přepad do bezpečnostního vsakovacího objektu.

Stavba KČOV

KČOV byla postavena v roce 2009. Část prací byla provedena svépomocí. Jednalo se zejména o zemní práce a podbetonování septiku. Technologickou část kořenové čistírny tvoří:

- regulační šachta – tříkomorový septik

- PVC fólie
- geotextilie
- vtokové a výtokové potrubí typu dn150 + tvarovky
- akumulční nádrž

Dále byla nutná doprava písku, kameniva a kačírku na výplň kořenového lože, které bylo následně osázeno rostlinami.

Investiční náklady

Jak již bylo výše zmíněno, tato čistírna byla postavena v roce 2009. V tabulce č. 4 jsou uvedeny kompletní investiční náklady.

Název položky	celkem (Kč)
Zemní práce	
Zemní práce - bagr	8 000 Kč
Ruční úpravy povrchu výkopu, ukládání písku	2 400 Kč
Kopaný písek	2 080 Kč
Doprava písku	1 200 Kč
Doprava - dozor zemních prací	1 400 Kč
Tříkomorový septik	
Tříkomorový septik	21 000 Kč
Podbetonování septiku	1 600 Kč
Instalace septiku vč. přepadu, napojení	2 600 Kč
Doprava - dozor instalačních prací	1 400 Kč
Kořenový filtr	
Fólie PVC*	8 562 Kč
Geotextilie 300 g/m2*	1 696 Kč
Prostup fólií DN 150	4 600 Kč
Doprava osob a materiálu pro pokládání fólie	5 000 Kč
Položení a svaření fólie*	6 150 Kč
Položení geotextilie*	4 800 Kč
Montáž prostupu fólií	1 200 Kč
Vtokové a výtokové potrubí DN 150 s perforací + tvarovky	6 000 Kč
Kačírek/kamenivo	9 500 Kč
Doprava kačírku	3 400 Kč
Strojní ukládání kačírku - bagr	2 400 Kč
Rostliny	2 500 Kč
Sázení rostlin	2 000 Kč
Napojení KČOV na septik (v úrovni začátku KČOV)	1 600 Kč
Akumulační jímka	18 000 Kč
montáž akumulční jímky	6 000 Kč
Organizace a dozor	17 000 Kč

Kontrola autorizovanou osobou	2 000 Kč
Celkem	144 088 Kč

Tab. č. 4 Kompletní investiční náklady na stavbu čistírny

Provozní náklady

Provoz čistírny není bezobslužný. Avšak téměř všechny úkony může provádět majitel sám. U septiku je nutné v průběhu roku alespoň 1x ročně zkontrolovat objem usazeného kalu, aby nedocházelo k pronikání pevných částic do kořenového filtru. To může zapříčinit ucpání vtokové části. Dále je nutné, zkontrolovat úroveň hladiny v kořenovém filtru, aby nedošlo k uschnutí rostlin. Na podzim je třeba rostliny posekat a nechat ležet na kořenovém loži. Přes zimu posekané rostliny tvoří tepelnou izolaci, na jaře se zbytky rostlin mohou dát na kompost.

Roční provozní náklady u této kořenové čistírny, u které je údržba prováděna majitelem, jsou odhadnuty autorizovaným odborníkem takto:

Provozní náklady zahrnují čištění potrubí, septiku a kořenového pole 1x za 3 roky = 6000 Kč, za rok tedy tato částka činí 2000 Kč. Jedenkrát za dva roky je nutná Technická prohlídka, kterou provádí odborná firma. Cena této inspekční prohlídky je 4000 Kč. Za rok tato částka činí opět 2 000 Kč. Celkové roční náklady za provoz KČOV Bohumileč jsou **4 000 Kč**.

Emisní standardy

Dle provozního řádu, jsou emisní standardy navrženy takto:

Emisní standardy mg/l	"p"	"m"
BSK ₅	30	50
CHSK _{Cr}	100	170
NL	35	60

Tab. č. 5 "m"- maximálně přípustná hodnota koncentrací pro rozbor dvouhodinového směšného vzorku získaného smícháním osmi dílčích vzorků stejného objemu v intervalu 15 minut. "p" - přípustná hodnota koncentrace směšných vzorků.

Účinnost čištění

U této čistírny nejsou prováděny průběžné kontroly kvality vyčištěné vody. Hodnoty z technické zprávy jsou uvedeny v tabulce č. 6.

Ukazatel	Koncentrace na přítoku do septiku	Požadované množství na odtoku z ČOV	Navrhovaná účinnost ČOV
BSK ₅	200 mgO ₂ /l	30 mgO ₂ /l	85%
CHSK _{Cr}	533 mgO ₂ /l	100 mgO ₂ /l	81%
NL	333 mg/l	35 mg/l	89%

Tab. č. 6 Účinnost čištění, hodnoty podle technické zprávy

6.1.2 KČOV PRAHA – HOROMĚŘICE

Vegetační čistírna se nachází v Praze 6 v Horoměřické ulici. Slouží k čištění splaškových odpadních vod z objektu, ve kterém se nachází dvě bytové jednotky, kanceláře a archiv Národního památkového ústavu. Kapacita je navržena pro 9 EO a celková plocha kořenových polí je 52,6 m². Průměrné množství přitékajících odpadních vod je 1,35 m³/den. Stavba čistírny je naplánována na rok 2010.

Technologie KČOV

Vzhledem ke konfiguraci terénu je pro předčištění navržen tříkomorový biologický septik od firmy BIOWA o objemu 8 m³, který odpadní vodu zbaví především hrubých nečistot. Odpadní voda protéká jednotlivými komorami septiku, kde se kal usazuje a anaerobně vyhnívá. Přepážky u dna zabraňují přesouvání kalu a norné stěny zabraňují přesunu plovoucích nečistot. Vyčištěná voda se odvádí potrubím k dalšímu stupni čištění, kterým jsou kořenové filtry.

Kořenové filtry jsou navrženy dva o celkové užité ploše 52,6 m², což odpovídá 5,8 m²/1EO. Tento poměr zajišťuje více než dostatečnou účinnost čištění splaškových odpadních vod. Kořenové filtry jsou vyloženy hydroizolačním souvrstvím, které se skládá z ochranné geotextilie GETEX 300 a z vlastní hydroizolace AQUAPLAST 805. Jejich hloubka je 0,9 m. Jako náplň u vtokového a výtokového potrubí je použito hrubé prané kamenivo frakce 63-128mm. Vnitřní náplň tvoří prané drcené kamenivo frakce 8-16mm. Svrchní vrstva je z kačírku. Kořenová pole jsou osazena Chrašticí rákosovitou, Tužebníkem jilmovým a Rákosem obecným.

Pro rovnoměrný přítok a odtok z kořenového filtru je navrženo děrované PVC potrubí DN 100, které je doplněno revizními šachtami, sloužícími pro průplach čistou vodou. Jako přepad do odtokového potrubí slouží regulační šachta, která také umožňuje regulování hladin v kořenovém filtru. Odtokové potrubí je vedeno v nezpevněné ploše a je zakončeno výústním objektem ve stávajícím zpevněném břehu Litovicko-Šáreckého potoka.

Stavba KČOV

Stavba KČOV je navržena na rok 2010. Rozpočet stavby byl převzat od projektující firmy s cenami platnými pro rok 2009. Ve výsledném provedení by se neměl výrazně lišit. Dle projektantů je výsledná cena této čistírny vyšší, protože se jedná o specifickou čistírnu. Rozpočet je uveden v tabulce číslo 7.

Název položky	celkem (Kč)
Odstranění zeleně a přípravné práce	6 220 Kč
Podkladná vrstva	26 865 Kč
Zemní práce	81 716 Kč
Terénní a sadové úpravy	19 706 Kč
Obsyp potrubí	21 253 Kč
Zakládání	68 741 Kč
Trubní vedení	78 273 Kč
Tříkomorový septik	41 000 Kč
Betonové obrubníky	6 184 Kč
Přesun hmot	127 093 Kč
Izolace proti vodě, vlhkosti a plynům	43 766 Kč
Celkem	520 817 Kč

Tab. č. 7 Kompletní investiční náklady na stavbu čistírny

Provozní náklady

Četnost obsluhy by dle provozního řádu měla být jednou týdně. Obsluha je ve výlučných případech možná svépomocí. Je nutné kontrolovat obsah kalu v septiku a úroveň hladiny vody v kořenovém poli. Pokud kal dosáhne předepsané výšky, je potřeba zajistit jeho odvoz.

Na podzim je vhodné pokosit porost kořenových filtrů a vegetaci nechat na ploše filtru jako tepelnou izolaci k zabránění promrznutí kořenového filtru. Na jaře je třeba pokosený porost odstranit a je možno ho využít například na kompostování. Náklady na roční provoz této čistírny svépomocí byly odhadnuty autorizovaným odborníkem pro rok 2009 na 3 000 Kč. To zahrnuje jednu ročně odvoz kalů, odběr vzorků a zahradní úpravy.

Emisní standardy

Emisní standardy jsou navrženy dle provozního řádu a uvedeny v tabulce č. 8.

Emisní standardy mg/l	"p"	"m"
BSK ₅	30	50
CHSK _{Cr}	110	170
NL	40	60

Tab. č. 8 Emisní standardy KČOV Horoměřice

Účinnost čištění

U této čistírny dle provozního řádu budou prováděny průběžné kontroly kvality vyčištěné vody. Vzhledem k tomu, že tato čistírna ještě není zcela dostavěna, nejsou k dispozici žádné rozborů. Hodnoty z technické zprávy jsou uvedeny v tabulce č. 9.

Ukazatel	Koncentrace na přítoku do septiku	Požadované množství na odtoku z ČOV	Navrhovaná účinnost ČOV
BSK ₅	200 mgO ₂ /l	30 mgO ₂ /l	85%
CHSK _{Cr}	533 mgO ₂ /l	110 mgO ₂ /l	79%
NL	333 mg/l	40 mg/l	88%

Tab. č. 9 Účinnost čištění navržená dle provozního řádu

6.1.3 KČOV ŽITENICE

Kořenová čistírna v Žitenicích okr. Litoměřice, byla vybudována v roce 1993. Patří do kategorie malých domovních ČOV a je navržena pro 9 EO. Nachází se v areálu technického zázemí firmy EKOS a slouží pro čištění vody z budov firmy a dvou bytových jednotek. Firma EKOS se zabývá právě vodohospodářskými stavbami, proto tato čistírna slouží k dlouhodobému sledování a ověřování vlastních stavebních a provozních postupů a poznatků. Od začátku jejího provozu je také vystavována značnému látkovému a hydraulickému zatížení, které většinou přesahuje návrhové údaje. Sledována je zejména spolehlivost celkového provozu a funkčnost v průběhu všech ročních období, požadavky na údržbu a hygienické dopady umístění na zahradě.

ČOV je navržena na čištění výhradně splaškových vod z objektu. Čištění je řešeno v anaerobní jednotce SL s dočištěním v kořenovém poli o ploše 20m². Průměrný přítok je 0,6 m³/den.

Technologie

Mechanický stupeň předčištění tvoří septik typu SL – 0, který je oproti standardnímu biologickému septiku intenzifikován vestavěnými dělicími a nornými stěnami, které zlepšují hydraulickou účinnost.

Biologický stupeň tvoří kořenové pole s horizontálním průtokem. Plocha kořenového pole je 20m² (délka 9m, šířka asi 2,2 m). Výplň tvoří štěrk frakce 1 – 4 mm s rozvodnou vrstvou z kačírku 16 – 30 mm. Po průchodu kořenovým polem vyčištěná voda natéká do jezírka o ploše 4,5 m² a odtud přepadá do akumulární jímky. V průběhu vegetace je voda využívána jako hnojná zálivka. Nespotřebovaná voda dále přepadá do trativodu umístěného pod celou plochu mokřadu.

Stavba KČOV

Čistírna byla postavena v průběhu roku 1993 firmou EKOS. Investiční náklady jsou odhadnuty na **80 000 Kč**.

Provozní náklady a provoz

Nároky na údržbu jsou téměř minimální - 1 x ročně vyklizení septiku, 1 x ročně vyčištění jezírka a dále zahradní úpravy v okolí mokřadu. Problémem, který u čistírny nastal, bylo rozrůstání plevelného svlačce. Ten postupně parazitoval na celém porostu tak, že „omotal“ svazky rákosu a bylo nutno rákos i svlačec odstranit a porost byla nahrazen jinými mokřadními rostlinami zejména okrasnými kosatci. Provozní náklady za rok 2007 byly odhadnuty na **4 000 Kč**.

Emisní standardy

Emisní standardy dle provozního řádu jsou uvedeny v tabulce č. 10.

Emisní standardy mg/l	"p"	"m"
BSK ₅	30	60
NL	30	60
CHSK _{Cr}	120	180

Tab. č. 10 Emisní standardy dle provozního řádu pro čistírnu Žitenice

Účinnost čištění

Účinnost čištění byla sledována od roku 1993. V tabulce č. 11 jsou pro jednotlivé roky uvedeny průměry z měření a výsledná spočítaná průměrná účinnost za 12 let provozu.

	BSK ₅ mgO ₂ /l		CHSK _{Cr} mgO ₂ /l		Nerozpuštěné látky mg/l		Průměr z X měření
	Přítok	Odtok	Přítok	Odtok	Přítok	Odtok	
1993		18		99		41,5	2
1994	271	40	642	160	137	18,8	7
1995	336	15	618	87	154	18,7	6
1996	333	12,5	767	102	58	8	2
1997	129	11	240	60	66	6	2
1998		13,5		59		6,3	3
1999		4,6		36		6,5	2
2000		3,5		22		7,5	2
2001	338	3,9	619	86	130	4	1
2002	333	4,7	1201	27	695	5,5	6
2003	314	12	946	38	491	6,8	6
2004	486	7,7	1461	38	839	13,1	4
Průměr	317	12,2	812	68	321	11,9	
% účin.	96,15%		91,63%		96,29%		

Tab. č. 11 Účinnost čištění čistírny v průběhu jedenácti let sledování

Podle dlouhodobého přehledu je patrné, že KČOV zcela splňuje požadované parametry. Shodou okolností se výzkumem této čistírny zabývala studie provedená v roce 2009, výsledná účinnost čištění pro CHSK BSK a NL byla označena za excelentní. Ve studii byla dále sledováno účinnost odstranění hlavních nutrientů, které bylo označeno za průměrné avšak běžné u tohoto druhu čistírny (*Vymazal J.-2, 2009*).

6.2 KATEGORIE 0-10 EO - MECHANICKO-BIOLOGICKÉ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD

6.2.1 MECHANICKO-BIOLOGICKÁ ČISTÍRNA OD FIRMY ENVI-PUR

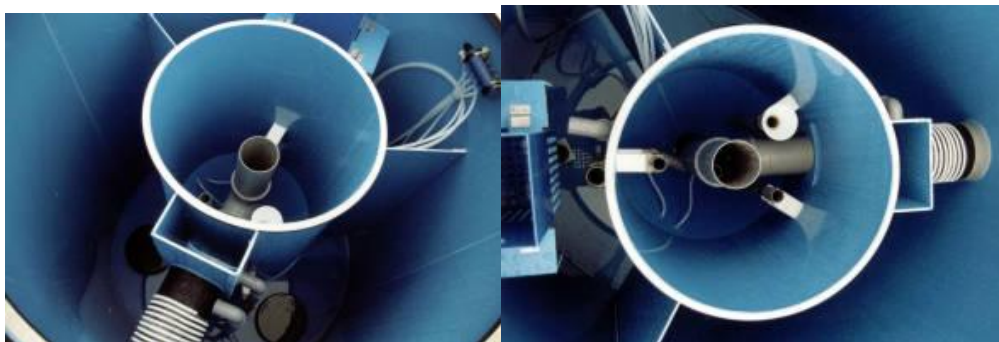
Údaje k této malé balené čistírně BIO CLEANER BC 4 byly získány přímo do výrobce firmy Envi-Pur. Čistírna je určena pro odstranění odpadních vod z malých zdrojů znečištění, jako jsou například rodinné domy, penziony nebo čerpací stanice. Výhodou této čistírny je, že

dobře zvládá nerovnoměrné a přerušované nátoky OV. Je navržena pro 2 - 6 EO, průměrný průtok OV je 0,6 m³/den.

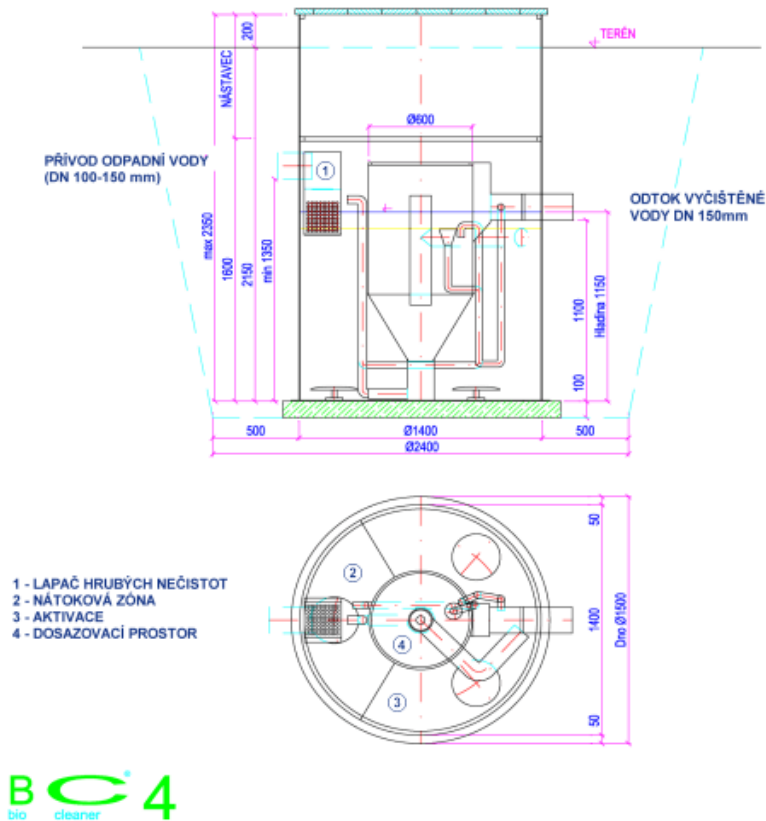
Technologie

Vlastní čistící jednotka je tvořena plastovou nádrží, ve které se nachází jednotlivé funkční prostory oddělené příčkami. Celkový objem této nádrže je 1,79 m³ a hmotnost 150 kg. Funkce biologického čištění u čistírny je založena na velmi nízkém zatížení aktivovaného kalu, díky jemnobublinnému provzdušnění. To také přispívá ke snížení jeho produkce a nutnosti odkalování.

Odpadní voda je nejprve mechanicky předčištěna průtokem přes provzdušňovaný koš. Dále voda vtéká do denitrifikační nádrže, kde dochází k biologickému odstraňování dusíku. Nitrifikační nádrž je provzdušňována jemnobublinnou aerací, jejímž zdrojem je membránové dmyhadlo. Dosazovací nádrž je vyrobena z plastu a nerezů a je vložena do aktivační nádrže ČOV. Recirkulaci kalu do denitrifikační nádrže zajišťuje mamutkové čerpadlo, stejně jako stahování plovoucích nečistot, které se mohou objevit na hladině dosazovací nádrže. Pohon čistírny je zajištěn membránovým vzduchovým dmyhadlem LP-60 o příkonu 61 W. Dmyhadlo většinou pracuje 12 hodin denně. Kromě řízení chodu dmyhadla je celkový provoz čistírny řízen počítačovou řídicí jednotkou, která se nachází v elektroskříni ČOV.



Obr.5 Vlastní čistící jednotka (4)



Obr.6 Schéma čistírny Biocleaner BC 4 EO (5)

Stavba čistírny

Čistírna odpadních vod BIO CLEANER BC 4 se nejčastěji umísťuje pod úroveň terénu, ale může být instalována i nad terénem. Čistírna se umísťuje na betonový podklad o tloušťce 10 - 15 cm a je nutno ji obsypat prosetou zeminou nebo obetonovat. Vzduchovou hadici dmychadla je nutno uložit do plastové nebo kovové trubky, aby nedošlo k jejímu poškození.

Investiční náklady

V ceně ČOV je zahrnuto:

- Montáž, zaškolení a uvedení do provozu
- Plastová nádrž ČOV a technologická vestavba
- Membránové dmychadlo a ovládací jednotka

- Doprava do sídla obchodního zástupce

Celková cena dle ceníku z roku 2009 pro tuto čistírnu je uvedena v tabulce č. 12.

Položka	Cena
BIO CLEANER BC4 - vlastní technologie	50 465 Kč

Doplňková zařízení

Položka	Cena
Nástavec pláště	6 011 Kč
Zastropení z fošen	3 534 Kč
Zastropení z laminátu	3 272 Kč

Tab. č. 12 Cena celé čistírny dle platného ceníku z roku 2009

V ceně není zahrnuta doprava ČOV a individuální cestovné montážního technika.

Konkrétní nabídka od dodavatele technologií Envi-Pur je uvedena v tabulce číslo 13.

Položka	Cena
BIO CLEANER BC4 + montáž	50 465 Kč
Výkopové práce - 10 m ³	8 000 Kč
Betonování - 0,2 m ³	1 000 Kč
Zastropení z laminátu	3 272 Kč
Doprava (při vzdálenosti 100 km od sídla firmy)	1 200 Kč
Potrubí (průměr 60 mm) délka 10 m	3 240 Kč
Hadice a chránička na vzduchovu hadici dmychadla 5 m	450 Kč
Celkové pořizovací náklady	67 627 Kč

Tab. č. 13 Konkrétní nabídka od dodavatele čistírny

Provozní náklady

Provozní náklady čistírny závisí na délce provozu a programu dmychadla. U čistírny BC 4 dmychadlo pracuje 12 hodin denně. Příkon dmychadla je 61 W, při průměrné ceně elektřiny v roce 2009 - 4,65 Kč/kWh, lze roční provozní náklady dmychadla spočítat na 1242 Kč. Přebytkové kaly se dají buď kompostovat, nebo vyvážet feka vozem.

Účinnost čištění

Při průměrném zatížení ČOV v BSK₅ 240 g/den a průměrném množství odpadních vod 0,6 m³/den je kvalita vody na odtoku uvedena v tabulce č. 14.

Ukazatel	Kvalita vody na odtoku v mg/l
BSK ₅	25
CHSK _{Cr}	90
NL	25

Tab. č. 14 Kvalita vody na odtoku z ČOV

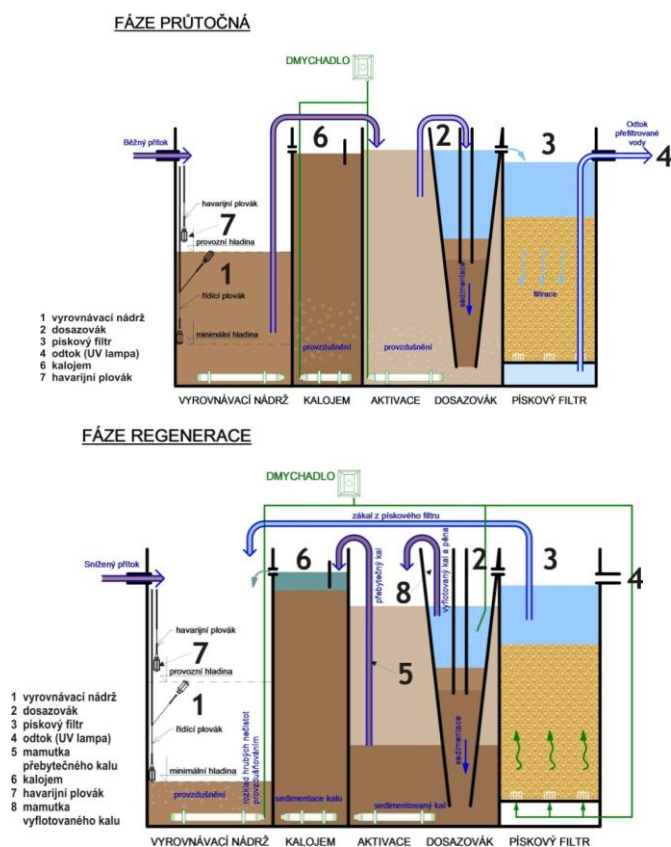
6.2.2 MECHANICKO-BIOLOGICKÁ ČISTÍRNA OD FIRMY TOPOL WATER

V dnešní době je na trhu velký výběr malých balených mechanicko-biologických čistíren. Data o této čistírně Topas 5 byly poskytnuty přímo výrobcem. Jedná se o domovní čistírnu, která je určena k čištění výhradně splaškových odpadních vod z domácností. Je navržena pro 5 EO s průměrným průtokem 0,75 m³/den. Princip této čistírny spočívá ve střídání průtočné a regenerační fáze. Jakost vyčištěné vody je vhodná pro vypouštění do vodoteče, nebo pro zalévání vegetace. Tento typ čistírny lze doplnit o pískový filtr a akumulární nádrž.

Technologie

Odpadní vody přitékají bez předčištění do vyrovnávací nádrže. Zde dochází k homogenizaci odpadních vod z hlediska koncentrace znečištění a k vyrovnání průtoků během dne. Dochází zde i k zachycení hrubých nečistot, které se zde postupně rozkládají periodickým provzdušňováním ve směsi s aktivovaným kalem. Odpadní vody jsou dále přečerpány vzduchovým čerpadlem - mamutkou do aktivační nádrže, kde dochází k biologickému čištění aktivovaným kalem. Směs vyčištěné vody a aktivovaného kalu je dále čerpána do dosazováku, ve kterém se kal gravitačně oddělí od vyčištěné vody a zůstává u dna. Odtud propadá zpět do aktivační nádrže a vyčištěná voda přepadá do odtoku z čistírny, případně protéká přes pískový filtr. Jedná se klasický pískový filtr vodárenského typu se zrnitostí písku 2 mm a s mezidnem, ze kterého je přefiltrovaná voda odtahována mamutkou do odtoku nebo na UV lampu. Automatická regulace provozu čistírny spočívá v tom, že při přerušení přítoku odpadních vod na čistírnu a tím vytvoření volného akumulárního prostoru ve vyrovnávací nádrži, se vypne aktivace a přebytečný kal se přečerpá do kalojemu. Současně s přerušením aktivace a tím i odtoku vody z čistírny se provzdušňuje povrch dosazováku s odtahem vyflotovaného kalu do aktivace. Zároveň se provzdušňuje a tím čistí pískový filtr. Tyto regenerační procesy se uskutečňují 2x až 6x za den podle množství odpadních vod.

V případě poruchy chodu čistírny dojde k naplnění akumulace a havarijní plovák signalizuje závadu. Schéma celé technologie je znázorněno na obrázcích.



Obr.8 Schéma čistící fáze čistírny

Rozměry celé čistírny jsou 1,04 x 1,14 x 2,32 metrů a hmotnost 280 Kg. Čistírna je opatřena víkem s tepelnou izolací a UV filtrem. Tím je omezena hluknost i únik pachů a čistírna tak může být osazena i v blízkosti obytných budov. Kompresor čistírny je uložen ve speciální schránce přímo uvnitř ČOV, takže není třeba ho instalovat v domě. Příkon čistírny je 59 W a spotřeba elektrické energie 1,43 kWh/den

Stavba čistírny

Čistírna odpadních vod Topas 5 je kompletní samonosná plastová nádrž. Osazuje se do výkopu tak, aby víko zhruba o 0,15m vyčnívalo nad okolní upravený terén. Tím je ČOV zajištěna proti vniknutí dešťových vod. Usazení čistírny je, vzhledem k její velké hmotnosti, nutno provést autojeřábem. Na dně výkopu by měla být vrstva písku o tloušťce 10 cm. V

případě vysoké hladiny spodní vody je nutné dno výkopu zpevnit 15 cm širokou vrstvou betonu. Obsypání stěn zeminou je nutné provádět současně s postupným napouštěním nádrže, aby nedocházelo k prohnutí stěn tlakem zeminy.



Obr. 9 Usazování nádrže

Po usazení je nutné vyříznout otvor pro přítok. Přítokovou trubku je potřeba přivařit svářecí pistolí na plasty. Čistírna se nakonec připojí zemním kabelem k elektrické přípojce v objektu.

K této čistírně je možno přikoupit následující zařízení:

- monitorovací modul tom c – monitoruje a řídí provoz čistírny, automaticky reguluje výkon
- dávkovací zařízení – dávkování prostředků pro úpravu vyčištěné vody
- ponorné čerpadlo na vyčištěnou vodu

Investiční náklady

Cena balené čistírny Topas 5 je podle ceníku od výrobce (platnost od 1.4.2009) uvedena v tabulce č. 15.

Topas 5 - vlastní čistírna	základní cena	60 095 Kč
	s vestavěným pískovým filtrem	66 640 Kč
	Příplatek za vestavěnou akumulaciční nádrž 0,5 m ³	12 495 Kč
	Příplatek za vestavěnou akumulaciční nádrž 2,5 m ³	25 585 Kč
	Příplatek za vestavěnou akumulaciční nádrž 5,5 m ³	57 120 Kč
Doplňková zařízení		

	Monitorovací modul TOM C	6 367 Kč
	čerpadlo na čerpání čisté vody	5 355 Kč
Montáž a doprava		
	Výkopové práce - 7 m ³	
	Doprava	10 Kč/Km
	Montáž	300 Kč/h

Tab. č. 15 Cena balené čistírny Topas 5 dle platného ceníku

Jako příklad celkových pořizovacích nákladů uvádí výrobce domovní čistírnu s vestavěnou akumulační nádrží, která se nachází 100 km od výrobce. Celkové náklady vztahující se k roku 2008, jsou uvedeny v tabulce č. 16.

Položka	Cena
Projekt	4 522 Kč
ČOV Topas 5 s vestavěným pískovým filtrem a akumulač. Nádrží 5,5 m ³	123 760 Kč
Čerpadlo s automatikou	7 735 Kč
Výkopové práce - 7 m ³	5 600 Kč
Betonování 0,2 m ³	1 000 Kč
Doprava a montáž (při vzdálenosti 100 km od sídla firmy)	10 472 Kč
Celkové pořizovací náklady	153 089 Kč

Tab. č. 16 Příklad celkové ceny výstavby domovní čistírny

Provozní náklady

Membránový kompresor pracuje 24 hodin denně a má příkon 59 W. Denní spotřeba elektrické energie je tedy $24 \times 59 = 1,42$ kWh/den, což představuje 518,3 kWh/rok. Při ceně 4,65 Kč/kWh tedy roční provoz kompresoru stojí 2 410 Kč. Přebytečný kal lze likvidovat svépomocí na kompost. Další náklady jsou na opravy např. výměna membrán v elektrickém kompresoru. Výrobce jsou odhadnuty částkou 1000 Kč za rok. V součtu dostáváme tedy přímé roční provozní náklady **3 410Kč.**

Účinnost čištění

Certifikační testy pro čistírnu Topas 5 s pískovým filtrem, byly provedeny Strojírenským zkušebním ústavem v roce 2007. Provoz a účinnost čistírny byl sledován celý rok a to ve třech stupních zatížení. Výsledky těchto ročních testů jsou uvedeny v tabulce č. 17.

Ukazatel	Průměrná účinnost během běžného zatížení	Průměrná účinnost během nízkého zatížení	Průměrná účinnost během přetížení
BSK ₅	98%	97%	98%
CHSK _{Cr}	95%	95%	94%
NL	96%	96%	96%
N-NH ₄ ⁺	95%	74%	79%

Tab. č. 17 Výsledky sledování účinnosti čištění v čistírně Topas 5.

Výrobce je deklarováno běžné denní zatížení 0,3 kg/BSK

6.2.3 MECHANICKO-BIOLOGICKÁ ČISTÍRNA BUŠOVICE

Tato čistírna je postavena u soukromého rodinného domku v obci Bušovice (okr. Plzeň). Jedná se o aktivační čistírnu splaškových odpadních vod BIOX 4, která funguje na mechanicko-biologickém principu. Tato čistírna je navržena pro 1-6 EO s maximálním denním množstvím odpadních vod 1m³. Recipientem vyčištěné vody je v zimních měsících kanalizace obce Bušovice a ve vegetačním období je vyčištěná voda používána na závlahu zahrady.

Technologie čistírny

Odpadní splaškové vody odtékají samostatnou kanalizací do čistírny, kde se nachází mechanický předstupeň čištění – provzdušňovaný česlicový koš. Na tomto stupni čištění jsou zachycené nerozložitelné odpady. Provzdušňování umožňuje rozmělnění rozložitelných nečistot. Dále voda vstupuje do biologické části čistírny. Čistící účinek vlastní biologické jednotky BIOX 4 spočívá v biochemickém rozkladu organických látek pomocí aerobní biomasy. Potřebný kyslík je do nádrže dodáván provzdušňováním. Zdrojem tlakového vzduchu do česlicového koše a aktivační nádrže je dmychadlo. Vyčištěná voda je shromažďována v akumulární nádrži o objemu 3 m³, kde se mísí s vodou dešťovou. Odtud voda odtéká do kanalizace, nebo je využita na zalévání. Instalovaný příkon čistírny je 0,08 kW.

Stavba čistírny

Stavba čistírny byla provedena v roce 2008. Vlastní čistírna se skládá z těchto částí:

- přítoková kanalizace splašková – délka 7 metrů
- plastová nádrž čistírny ø 1400 x 2100 mm
- čistící jednotka BIOX 4 obsahující česlicový koš, aktivační nádrž, dosazovák, dmychadlo, přívod el. energie
- akumulární nádrž

- odtoková kanalizace do recipientu

Při stavbě bylo nutné vykopat jámu na vlastní čistírnu, položit trubky vedoucí od domu do čistírny a dále do dešťové kanalizace. Betonování bylo provedeno třikrát. Nutná je výstavba betonové plochy jako podkladové desky, dále vybetonování okolo čističky a konečné přebetnování shora.

Investiční náklady

Celkové investiční náklady na výstavbu čistírny jsou uvedeny v tabulce č. 18. Některé práce např. výkopové práce, betonování se dají dělat svépomocí. Dále je v tabulce uvedena také cena za akumulční nádrž, která není u tohoto typu čistírny nezbytná.

Položky	cena
Projekt	6 000 Kč
Výkopové práce	4 000 Kč
Odvoz zeminy	10 000 Kč
Odtoková kanalizace do recipientu	10 000 Kč
Přítoková kanalizace	10 000 Kč
technologie BIOX 4 -	28 500 Kč
nádrž	12 500 Kč
armování	1 500 Kč
montáž	870 Kč
doprava	760 Kč
dokumentace	220 Kč
poklop čistírny dřevěný	5 450 Kč
akumulační nádrž	14 000 Kč
betonování	14 000 Kč
Celkem	117 800 Kč

Tab. č. 18 Celkové investiční náklady na stavbu čistírny v Bušovicích

Provozní náklady

Roční provozní náklady zahrnují pouze poplatek za elektrickou energii, kterou spotřebuje dmychadlo umístěné v domě. Dmychadlo je v provozu 12 hodin denně, 4380 hodin ročně. Jeho příkon je 80 W, dle ceníku 4,65 Kč/kWh lze potom roční provozní náklady dmychadla spočítat na **1629 Kč**.

V rámci údržby je nutno odstraňovat nejlépe kalovým čerpadlem přebytečné kaly biomasy. Ty se pak dají zakompostovat. Četnost tohoto odběru závisí na zátěži čistírny. Nutné je také průběžné vybírání shrabků z česlicového koše, které se zneškodňují společně s komunálním odpadem. Obsah akumulční nádrže se dá použít na zalévání zahrádky.

Účinnost čištění

Účinnost čištění technologie BIOX 4 na základě měření parametrů je uvedena v tabulce č. 19.

Ukazatel	Přítok	Odtok	účinnost
BSK ₅	325 mg O ₂ /l	44,8 mg O ₂ /l	86 %
CHSK _{Cr}	227 mg O ₂ /l	40,7 mg O ₂ /l	82% %
NL	250 mg /l	205 mg /l	18 %

Tab. č. 19 Účinnost čištění čistírny v Bušovicích

6.3 KATEGORIE 100-500 EO- KOŘENOVÉ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD

6.3.1 KČOV CHMELNÁ

Obec Chmelná leží v povodí řeky Želivky asi 12 km na jihovýchod od Vlašimi. V obci se nachází jednotná mělká kanalizace, která dříve odváděla splaškové a dešťové vody bez jakéhokoli čištění do silničního příkopu pod obcí. V roce 1991 zde byla vybudována KČOV, která byla uvedena do zkušebního provozu v následujícím roce 1992. Čistírna se nachází asi 500 m od obce u silnice z Miřetic na Jeníkov. Byla navržena pro 160 EO a současné době je na čistírnu připojeno 120 obyvatel obce. Zajímavostí je, že patří k nejdéle fungujícím kořenovým čistírnám v České Republice. Projekt i realizaci zajistila firma EKOS Hrnčič.

Technologie KČOV

Mechanický stupeň předčištění je zajištěn oddělovačem dešťových vod, lapačem písku, česlemi a štěrbínovou nádrží. Předčištěná odpadní voda dále vtéká na dvě kořenová lože, ve kterých je osazen rákos obecný a chrastice rákosovitá. Plocha kořenových polí je celkem 603 m², to odpovídá asi 5,5 m²/EO.

Investice a provoz

Stavba této kořenové čistírny proběhla v roce 1991. Investiční náklady byly administrativou obce odhadnuty na **2 071 000 Kč**. Čistírna je provozována již téměř 18 let bez poruch a s opravdu minimálními náklady. Provozní náklady za rok 2008 byly vypočítány na **40 000 Kč**.

Emisní standardy

Emisní standardy jsou uvedeny v tabulce č. 20.

Emisní standardy mg/l	
BSK ₅	30
CHSK _{Cr}	70
NL	30

Tab. č. 20 Emisní standardy dle provozního řádu pro čistírny Chmelná

Účinnost čištění

Mezi léty 1993 a 1994 sledoval provoz KČOV Chmelná VÚV Praha s těmito výsledky:

Parametry odtoku	BSK ₅	2,8 mg O ₂ /l	Účinnost čištění	91,4 %
	CHSK _{Cr}	10,0 mg O ₂ /l		61,1 %
	NL	17,0 mg/l		90,4 %

Zjištěná účinnost nevykazovala rozdíly mezi ročními obdobími a ani nebyla ovlivněna

kolísáním kvality vtékající odpadní vody. Výsledky za rok 2006 jsou uvedeny v tabulce č. 21.

Hodnoty znečištění na přítoku a odtoku KČOV za rok 2006						
Datum odběru	BSK ₅ mgO ₂ /l		CHSK _{Cr} mgO ₂ /l		Nerozpuštěné látky mg/l	
	Přítok	Odtok	Přítok	Odtok	Přítok	Odtok
25.4.2006	92,1	2	187	36	156	18
19.9.2006	101,9	4,6	198	32	96	14
14.11.2006	73,3	6,1	181	38	135	12
Průměr	89,1	4,2	188,7	35,3	129,0	14,7
% účin.	95,20%		81,20%		88,60%	

Tab. č. 21 Účinnost čištění čistírny Chmelná za rok 2006

Podle výsledků čištění dle studie (Beneš J.,2008), čistírna splňuje i ta nejnáročnější kritéria pro kvalitu vody odtékající z KČOV. Vzhledem k tomu, že čistírna stále pracuje v režimu zkušebního provozu, jsou emisní limity přísnější, než požaduje Nařízení vlády č. 61/2003. Tyto limity čistírna bezpečně plní.

V květnu roku 2007 bylo provedeno posouzení a vyhodnocení stavu KČOV Chmelná, agenturou BRM s.r.o. Plzeň. Toto posouzení bylo provedeno jako podklad k udělení povolení k trvalému provozu. Posudek doporučil drobné stavební úpravy, které by zlepšily provoz

mechanického stupně předčištění, výsadbu většího množství mokřadních rostlin a zlepšení regulace výšky hladiny (Beneš J., 2008.)

6.3.2 KČOV KOTENČICE

Kořenová čistírna se nachází v obci Kotenčice v okrese Příbram. Byla vybudována v roce 1994. Je navržena pro 326 EO s plochou kořenového lože 1800 m², tedy 5,5 m²/EO. V obci je vybudována splašková kanalizace, která přímo ústí v KČOV. V roce 2002 bylo napojeno 200 obyvatel. V současné době se již nepřivádí OV fekálním vozem. Průměrný denní přítok je 60 m³/den.

Technologie KČOV

Čistírna je řešená jako mechanicko-biologická. Mechanický stupeň tvoří :

- Nátokový objekt s česlicovým košem
- Hrubé předčištění tvořené nádrží z plastu s třemi žlaby a nornou stěnou
- Štěrbínová nádrž s dvěma žlaby a nornou stěnou

Biologický stupeň tvoří kořenové lože o rozměrech 30x60 m, které je vyplněno z žulové drtě frakce 4-8 mm a na nátocích frakce 32-63 mm. Je osázeno rákosem obecným. Rozvodné potrubí je z poloděrované kameniny s možností čištění na koncích. Nátoková i odtoková šachta je vyrobena z plastu o tloušťce 15 mm. Vyústění odtoku vyčištěné vody z KČOV je v místě soutoku Kotenčického a Občovského potoka.

V případě malého přítoku je zřízeno potrubí z Kotenčického potoka, kterým je možné přivádět doplňující vodu do objektu hrubého předčištění. Na břehu potoka je osazena šachta s regulačním uzávěrem, odtud vede kameninové potrubí do kořenového lože čistírny.

Stavba KČOV

Stavba proběhla v roce 1994, provedla ji firma ALVA s.r.o Příbram. Byly vybudovány tyto objekty:

- KČOV – vlastní kořenové pole
- předčištění
- trubní vedení a odběrní objekt
- komunikace a zpevněná plocha
- sadové úpravy
- pročištění Kotenčického a Občovského potoka

Dále při stavbě čistírny byla také provedena revitalizace Kotenčického a Občovského potoka.

Investiční náklady

Investiční náklady v roce stavby 1994 jsou uvedeny v tabulce č. 22.

Položka	Cena
KČOV	1 500 000 Kč
· <i>KČOV – vlastní kořenové pole</i>	
· <i>Pozemek</i>	
· <i>Předčištění</i>	
· <i>Trubní vedení a odběrní objekt</i>	
· <i>Sadové úpravy</i>	
· <i>Pročištění Kotenčického a Občovského potoka</i>	
Dokumentace	52 500 Kč
· <i>Projektové práce</i>	
· <i>Geodetické práce</i>	
· <i>Subdodávky</i>	
Revitalizace potoka	600 000 Kč
Zpevněná komunikace	385 500 Kč
CELKEM	2 538 000 Kč

Tab. č. 22 Celkové investiční náklady čistírny Kotenčice

Provozní náklady

Čistírnu neprovozuje obec, ale soukromá firma. Dále má obec najatého zaměstnance na údržbu. Provozní náklady za rok 2009 podle provozovatele jsou uvedeny v tabulce č. 23.

Provozní náklady za rok 2009	Cena
Materiál	3 157 Kč
Pohonné hmoty	3 778 Kč
Mzdy	9 000 Kč
Rozbory vod	16 950 Kč
Smlouva s provozní firmou	31 392 Kč
Vývoz kalů a shrabků	13 577 Kč
Čištění potrubí	12 744 Kč
CELKEM	90 598 Kč

Tab. č. 23 Roční provozní náklady čistírny v Kotenčicích

Emisní standardy

Rozhodnutím MěÚ Příbram, referát ŽP ze dne 26.4 2005 bylo povoleno vypouštění OV z ČOV do Kotenčického potoka v kvalitě uvedené v tabulce č. 24.

Emisní standardy mg/l	"p"	"m"
BSK ₅	20	35
CHSK _{Cr}	80	120
NL	15	30

Tab. č. 24 Emisní standardy KČOV Kotenčice

Účinnost čištění

Datum odběru	BSK ₅ mgO ₂ /l		CHSK _{Cr} mgO ₂ /l		Nerozpuštěné látky mg/l	
	Přítok	Odtok	Přítok	Odtok	Přítok	Odtok
30.1.2008	90,5	42,1	188	81,5	36	4
14.4.2008	640	42	930	110	500	2
21.8.2008	180	30	330	97	84	4
27.11.2008	290	33	530	99	160	4
Průměr	300,1	36,8	494,5	96,9	195,0	3,5
% účin.	87,7 %		80,4 %		98,2 %	

Tab. č. 25 Účinnost čištění v čistírně Kotenčice

6.3.3 KČOV MOKROVRATY

Kořenová čistírna odpadních vod Mokrovraty KČOV I byla navržena pro 500 EO a v současné době zabezpečuje čištění splaškových odpadních vod z obce Mokrovraty. KČOV byla postavena v roce 1996 společností Šindler spol. s.r.o. Odpadní vody se vypouští do bezejmenného potoka, který je levostranným přítokem lososového toku říčky Kocáby. Průměrné množství odpadních vod přitékajících na Kořenovou čistírnu je 90 m³/den a maximální množství 135 m³/den. Odpadní vody přitékají potrubím, které je napojeno jak na kanalizační síť, tak i na objekt výpustě fekálních vozidel. Plocha kořenového lože je 2000 m².

Technologie KČOV

Mechanický stupeň čištění zahrnuje lapák písku a splavenin se sedimentačním prostorem a ručně stíranými česlemi a dále sedimentační nádrž o celkovém objemu 15 m³.

Biologický stupeň čištění je zajištěn čtyřmi sériově zapojenými kořenovými filtry s horizontální filtrací. Velikost plochy je 4x 500 m², tedy celková plocha filtračního lože je 2000 m².

Odpadní vody jsou přiváděny gravitačně splaškovou kanalizací nejprve na mechanický stupeň, kde dochází k předčištění a dále vtékají přes rozdělovací šachtu postupně do pěti kořenových filtrů. Po biologickém vyčištění odtéká odpadní voda trojúhelníkovým přelivem,

který slouží jako měrný objekt do recipientu. Kořenová pole jsou osázena rákosem obecným (*Phragmites Australis*) a dále chřasticí rákosovitou (*Phalaris Arudinacea*).

Stavba KČOV

Při stavbě KČOV byly postaveny následující objekty:

- objekt na vypouštění fekálních vozidel
- kanalizační přivaděč s vstupními šachtami
- lapač písku s ručně stíranými česly a bezpečnostním přelivem
- štěrbinová nádrž
- rozdělovací šachty
- kořenové filtry
- měrná šachta
- obslužná komunikace se zpevněnou plochou
- zatrubnění vodoteče v místě KČOV
- bezpečnostní přívalové koryto

Objekt na vypouštění fekálních vozidel je betonová jímka, do které vypouštějí svůj obsah fekální vozidla. Nachází se zde česle pro záchyt hrubých nečistot a sedimentační prostor. Odpadní voda je sem přivážena z jímek části obce Mokrovraty, z míst ve kterých ještě není zavedena kanalizace a z okolních malých obcí a rekreačních objektů.

Kanalizační přivaděč je napojen na kanalizaci, která odvádí odpadní vodu z velké části obce. Je tvořen z PVC kanalizačních hrdlových rour. Vždy po 50 metrech jsou umístěny vstupní šachty zakryté litinovými poklopy.

Lapač písku s ručně stíranými česly je betonová jímka, ve které dochází na česlech k záchytu hrubých nečistot a ve vlastním lapači písku dochází k sedimentaci mechanických nečistot.

Štěrbinová nádrž je vyrobena z polypropylenu a je opatřena polypropylenovými žlaby, kde dochází k dalšímu mechanickému předčištění odpadní vody. Ve dně se nacházejí 4 odkalovací porubí, díky nimž je zde možnost vybírání kalů. Odpadní vody jsou ze štěrbinové nádrže dále odváděny k vlastním kořenovým filtrům. Na vtocích a výtocích se nacházejí rozdělovací šachty, které umožňují regulaci hladiny v kořenových polích.

Kořenové filtry jsou od podloží odděleny vodotěsnou izolací, kterou chrání proti protržení geotextilie. Okraje kořenového pole jsou tvořeny sypanými valy, které jsou zpevněny betonem. Vyplněny jsou drobným kamenivem, ve kterém jsou vysázeny rostliny.

Měrná šachta se nachází na odtoku z KČOV a umožňuje provádět odběry vzorků vody a měřit průtok vody čistírnou.

Obslužná komunikace se zpevněnou plochou umožňuje příjezd fekálních vozidel, které vybírají kaly ze štěrbínové nádrže a sediment z lapače písku. Příjezdová komunikace vznikla zpevněním stávající polní cesty, na její prodloužení byla nutná výstavba malého mostku. Vzhledem tomu, že se KČOV nachází v údolí, které před její výstavbou sloužilo jako přirozený odvodňovací příkop z okolních ploch, bylo nutné vystavět zatrubněnou vodoteč. V případě přívalových dešťů je jako prevence zahlcení zatrubněné vodoteče navrženo na východní straně hrází filtrů bezpečnostní přívalové koryto.

Investiční náklady

Čistírna byla postavena v roce 1996. Investiční náklady jsou rozepsány v tabulce č. 26.

Investiční náklady v roce stavby 1996	
Položky	Cena
Objekt na vypouštění fekálních vozidel	195 000,00 Kč
Kanalizační přivaděč včetně šachet	1 350 000,00 Kč
KČOV	
Zemní práce a hrubé terénní úpravy	500 000,00 Kč
Lapač písku	52 000,00 Kč
Štěrbínová nádrž	445 000,00 Kč
Izolace kořenových filtrů	490 000,00 Kč
Náplň kořenových filtrů	830 000,00 Kč
Kanalizace včetně šachet	476 000,00 Kč
Osázení filtrů rostlinami	268 000,00 Kč
Výústní objekt	20 000,00 Kč
Zatrubnění	
Vlastní zatrubnění včetně šachet	399 000,00 Kč
Nátokový objekt	56 000,00 Kč
Výústní objekt	33 000,00 Kč
Komunikace	
Obslužná komunikace	157 000,00 Kč

Zpevněná plocha	99 000,00 Kč
Bezpečnostní přívalové koryto	240 000,00 Kč
Můstek	66 000,00 Kč
Další náklady - zahrnuje:	840 883 Kč
Pozemek	
Globální zařízení staveniště	
Další terénní úpravy	
CELKEM	6 516 883 Kč

Tab. č. 26 Investiční náklady čistírny Mokrovraty

Provozní náklady

Až do roku 2003 neprobíhala téměř žádná údržba. Díky tomu došlo k následnému ucpání šterbinové nádrže. Dnes jsou předčišťovací nádrže čištěny dvakrát ročně. Jedná se o čištění šterbinové nádrže a nádrže na vypouštění fekálních vozů. Jednou za 2 roky je nutné posekání rákosu na čistírně a dvakrát ročně posekání okolních ploch a břehů KČOV. Rozbory vody na přítoku a odtoku se provádějí čtyřikrát ročně. Provozní náklady za rok 2008 byly vypočítány na **42 840 Kč**.

Emisní standardy

Emisní limity zbytkového znečištění dle požadavků vodoprávního úřadu jsou uvedeny v tabulce č. 27.

Emisní standardy mg/l	"p"	"m"
BSK ₅	30	45
CHSK _{Cr}	90	120
NL	30	40

Tab. č. 27 Emisní standardy pro čistírnu Mokrovraty

Účinnost čištění

V roce 2008 byly provedeny 4 rozbory vod na přítoku a odtoku. Vypočítaná účinnost čištění je dána porovnáním hodnot znečištění na přítoku a odtoku a je uvedena v tabulce č. 28.

Datum odběru	BSK ₅ mgO ₂ /l		CHSKCr mgO ₂ /l		Nerozpuštěné látky mg/l		Fosfor celkový		N-NH ₄ ⁺	
	Přítok	Odtok	Přítok	Odtok	Přítok	Odtok	Přítok	Odtok	Přítok	Odtok
18.2.2008	460	26,4	1287	99	670	12	16,33	10,15	65,01	42,87
14.4.2008	233	20,2	524,3	126,2	124	14	10,81	9,93	65,57	45,95
4.6.2008	231	16,2	495	39,6	184	12	8,83	5,08	65,57	51,28
Průměr	308,00	20,93	768,77	88,27	326,00	12,67	11,99	8,39	65,38	46,70
% účín.	93,20%		88,50%		96,10%		30%		28,57%	

*údaje jsou pouze za první polovinu roku, dále byly prováděny rozborů pouze na odtoku

Tab. č. 28 Účinnost čištění za rok 2008 pro čistírnu Mokrovraty

6.4 KATEGORIE 100-500 EO - MECHANICKO-BIOLOGICKÉ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD

6.4.1 MECHANICKO-BIOLOGICKÁ ČISTÍRNA BOHOSTICE

Čistírna v Bohosticích okr. Příbram byla postavena v roce 2004 a zkušební provoz byl zahájen v lednu roku 2005. Jedná se o mechanicko-biologickou čistírnu odpadních vod pracující jako nízkozátěžová aktivace s aerobní stabilizací kalu. Čistírna je navržena pro 250 EO s technologií AČB 250 od firmy Fortex Šumperk. Na čistírnu jsou přiváděny komunální splaškové odpadní vody z kanalizačního systému obce Bohostice, které nezahrnují žádné významné zdroje průmyslové odpadní vody. Dále na čistírnu přivázejí splaškové odpadní vody fekální vozy z obce Kamenná. Průměrné množství odpadních vod přiváděných na čistírnu je 49,2 m³/den a maximální 216,5 m³/den.

Technologie ČOV

Odpadní vody před zaústěním kanalizace do ČOV natékají do oddělovací komory s oboustranným přelivem, do které je zavedena dešťová voda, která odpadní vodu naředí. Dále jsou gravitačně přivedeny potrubím typu DN 200 na ruční česle. Hrubých nečistot zbavené OV jsou vedeny nejdříve do rozdělovací jímky a pak do čerpací jímky ve které jsou osazena dvě ponorná mělníci čerpadla. Jedno je provozní a druhé slouží jako záložní. OV přivážené fekálním vozem jsou vypouštěny do kanalizační šachty a po mechanickém předčištění jsou při uzavřeném nátoku do čerpací jímky odvedeny do jímky svážených vod. Zde jsou provzdušněny a po kontrole pH upravovány přidávkem práškového vápna. Biologická část zahrnuje denitrifikační a nitrifikační část s odplyňovací zónou a vestavěnou dosazovací nádrží. V denitrifikační části je OV míchána s recirkulujícím kalem a provzdušňována. Dále je odváděna na nitrifikační část, kde dochází k jemnobublinnému provzdušňování. Aktivní směs pak samovolně protéká do přes odplyňovací zónu dostředivého válce dosazovací nádrže, kde dojde k rozdělení vody a kalu. Voda odtéká přes měrný Parshallův žlab opatřený ultrazvukovou sondou do recipientu a kal je odsáván mamutkou vratného kalu zpět do denitrifikace. Část

kalu jde do nádrže přebytečného kalu, kde probíhá proces aerobní stabilizace kalu. Recipientem vyčištěné vody je Bohostický potok.

Stavba ČOV

Stavba byla zahájena na konci roku 2003 a ukončena v roce 2004. Celkové investiční náklady na stavbu čistírny jsou uvedeny v tabulce č. 29. Stavbu provedla firma Novadus spol. s r.o. Příbram.

Položka	Cena
ČOV vlastní stavba	1 349 000 Kč
Technologie - Fortex	1 997 000 Kč
Elektrická přípojka	64 000 Kč
Pitná voda -přípojka	121 000 Kč
Zpevněné plochy	64 000 Kč
Terénní úpravy	235 000 Kč
Oplocení	42 000 Kč
CELKEM	3 872 000 Kč

Tab. č. 29 Celkové investiční náklady na stavbu čistírny Bohostice

Provozní náklady

Provozní náklady za rok 2008	Cena
Materiál	4 904 Kč
Elektrická energie	32 850 Kč
Mzdy	70 608 Kč
Rozbory vod	24 154 Kč
Finanční náklady	500 Kč
Výrobní režie	32 008 Kč
CELKEM	165 024 Kč

Tab. č. 30 Provozní náklady ČOV Bohostice za rok 2008

Emisní standardy

Emisní standardy pro tuto čistírnu jsou v souladu s nařízením vlády ČR č.61/2003 Sb. a platnými předpisy EU. (Tab. č. 31)

Emisní standardy mg/l	"p"	"m"
BSK5	20	40
CHSKCr	80	120
NL	20	40
N-NH4+	10	20

Tab. č. 31 Emisní standardy čistírny Bohostice

Účinnost čištění

Účinnost čištění za rok 2008 je uvedena v tabulce č. 32.

Datum odběru	BSK ₅ mgO ₂ /l		CHSKCr mgO ₂ /l		Nerozpuštěné látky mg/l		N-NH ₄ ⁺	
	Přítok	Odtok	Přítok	Odtok	Přítok	Odtok	Přítok	Odtok
30.1.2008	301	4,7	766	35	354	3	21,74	3,04
28.4.2008	180	5	390	37	130	8	X	X
14.8.2008	180	19	400	67	140	8,5	61	42
13.11.2008	160	15	280	42	70	13	40	0,55
8.12.2008	150	8	370	36	130	4,5	91	2,6
Průměr	194,20	10,34	441,20	43,40	164,80	7,40	53,44	12,05
% Účinnosti	94,60%		90,20%		95,50%		76,60%	
X - Při rozboru nebylo vyhodnoceno								

Tab. č. 32 Účinnost čištění ČOV Bohostice za rok 2008

6.4.2 MECHANICKO-BIOLOGICKÁ ČISTÍRNA SUCHODOL

Tato čistírna je majetkem obce Suchodol, která leží i v okrese Příbram. Byla postavena v roce 2006 a slouží k čištění běžných splaškových odpadních vod z obce. Je navržena pro 400 EO. Proces čištění je navržen jako nízkozátěžová aktivace s úplnou aerobní stabilizací kalu. Průměrné množství natékajících odpadních vod je 76,8 m³/den.

Technologie čistírny

Čištění odpadních vod probíhá biologickým způsobem v železobetonové nádrži – biologickém reaktoru o objemu 116,8 m³. Ten je vybaven betonovými přepážkami a nerezovými vestavbami, které tvoří prostory aktivační, denitrifikační, a dosazovací. Odpadní voda natéká gravitačně kanalizací DN 250 do šachty, která je vybavena obtokovým potrubím pro případ havárie ČOV. Z šachty voda odtéká na mechanické předčištění, které je tvořeno provzdušňovaným česlicovým košem umístěným v denitrifikační části reaktoru. Zde je také umístěno ponorné míchadlo, které udržuje aktivovaný kal ve vznosu. Z denitrifikačního prostoru aktivovaný kal přechází prostory ve stěně do aktivační – nitrifikační nádrže. Aktivační nádrž je ode dna provzdušňována. Aktivovaný kal je od vody oddělen v dosazovací nádrži, která je vložena do aktivační nádrže. Ze dna dosazovací nádrže je část kalu přečerpávána zpět mamutkou do denitrifikační části ČOV. Přebytečný kal je odčerpán do kalové zahušťovací nádrže, kde dochází ke gravitačnímu zahuštění. Kal se likviduje odvozem v tekuté formě pomocí cisteren. Dodávka vzduchu na provzdušňování je zabezpečena pneumaticky dmychadlem. Vyčištěná voda odtéká přes měrný objekt a je vypouštěna do Občovského potoka.

Stavba čistírny

Stavba byla provedena v průběhu roku 2006 a provedla ji firma Novadus spol. s r.o. Příbram. Kompletní investiční náklady jsou uvedeny v tabulce č. 33.

Položka	Cena
ČOV vlastní stavba	1 285 000 Kč
Technologie	1 495 000 Kč
Elektrická přípojka	76 000 Kč
Pitná voda -přípojka	35 000 Kč
Příjezdová komunikace	200 000 Kč
Pozemek	129 000 Kč
Terénní úpravy a oplocení	54 000 Kč
Obtokové potrubí	112 000 Kč
CELKEM	3 386 000 Kč

Tab. č. 33 Investiční náklady čistírny Suchodol

Provozní náklady

Provozní náklady za rok 2008 dle provozovatele jsou uvedeny v tabulce č. 34.

Provozní náklady za rok 2008	Cena
Materiál	6 200 Kč
Elektrická energie	27 800 Kč
Mzdy	78 100 Kč
Rozbory vod	26 600 Kč
Likvidace kalu	26 600 Kč
Ostatní (zahrnuje i provoz)	37 900 Kč

Tab. č. 34 Provozní náklady čistírny Suchodol za rok 2008.

Emisní standardy

Emisní standardy jsou dle provozního řádu, jsou navrženy v tabulce č. 35.

Emisní standardy mg/l	"p"	"m"
BSK ₅	25	40
CHSK _{Cr}	80	110
NL	25	40
N-NH ₄ ⁺	15	25

Tab. č. 35 Emisní standardy dle provozního řádu čistírny Suchodol

Účinnost čištění

Účinnost čištění za rok 2008 je uvedena v tabulce č. 36.

Datum odběru	BSK ₅ mgO ₂ /l		CHSK _{Cr} mgO ₂ /l		Nerozpuštěné látky mg/l		N-NH ₄ ⁺	
	Přítok	Odtok	Přítok	Odtok	Přítok	Odtok	Přítok	Odtok
17.1.2008	320	24	580	76	260	11	100	38
27.2.2008	290	8	550	43	170	4	67	0,79
20.3.2008	600	17	1000	57	400	12	46	0,48
28.4.2008	250	29	470	86	96	4	62	1,2
28.5.2008	370	10	700	51	260	2	95	0,48
25.6.2008	400	12	690	47	640	4	95	1,9
29.7.2008	2100	17	3100	59	790	9	67	5,8
21.8.2008	230	8	420	29	170	6	110	11
29.9.2008	560	44	960	120	400	37	180	39
30.10.2008	520	28	900	89	390	32	170	35
12.12.2008	330	14	750	48	260	9	X	X
Průměr	542,7	19,2	920,0	64,1	348,7	11,8	99,2	13,4
Účinnost	96,40%		93%		96,60%		86,50%	

Tab. č. 36 Účinnost čištění čistírny Suchodol za rok 2008

6.4.3 MECHANICKO-BIOLOGICKÁ ČISTÍRNA JESENICE

Čistírna odpadních vod je vybudována na pravém břehu Sedleckého potoka v obci Jesenice u Sedlčan v okrese Příbram. Je navržena pro 560 EO, jedná se o čistírnu Stainless cleaner SC 700 (mechanicko-biologická s nízkou zátěžovou aktivací a aerobní stabilizací kalu). Průměrný přítok je 86,4 m³/den. V obci je postavena splašková kanalizace, která ústí do čistírny. Na kanalizaci jsou napojeny pouze domácnosti a vybavenost obce, která zahrnuje školu, školní jídelnu, restauraci a sportovní areál. V obci nejsou producenti, u kterých by mohlo dojít k vypouštění průmyslových odpadních vod a látek, které nejsou odpadními vodami. Svoz odpadních vod z bezodtokových jímek je zajištěn fekálními vozy.

Technologie čistírny

Odpadní voda natéká gravitačně na mechanické předčištění, které je zajištěno provzdušňovaným česlicovým košem umístěným na přítokovém potrubí. Dále je voda odváděna do biologického reaktoru, který tvoří železobetonová nádrž. Uvnitř je prostor rozdělen betonovými přepážkami a nerezovými vestavbami je vytvořen prostor aktivační-nitrifikační, denitrifikační, dosazovací a kalová nádrž. Dále je součástí objektu biologického reaktoru nádrž pro svoz fekálních vod z obcí, které nejsou napojeny na kanalizační síť. Dodávka

potřebného množství kyslíku pro proces čištění je zabezpečena pneumaticky, vháněním vzduchu dmychadlem provzdušňovacími elementy jemnobublinné aerace.

Vyčištěná voda odtéká z dosazovacích nádrží přes odtokové žlaby opatřené pilotovitou přelivnou hranou do Sedleckého potoka.

Stavba čistírny

Při výstavbě byly postaveny tyto objekty biologické čistírny OV:

- mechanické předčištění
- biologický reaktor
- denitrifikační část
- aktivační nitrifikační část
- dosazovací část
- kalová nádrž
- měrný objekt, odtok vyčištěné vody
- provozní budova (elektrorozvaděč, dmychadla)
- jímka na svoz fekálních vod

Stavba proběhla v roce 2004. Stavbu provedla firma Novadus spol. s r.o. Příbram.

Podrobný rozpočet je uveden v tabulce č. 37.

Položka	Cena
ČOV vlastní stavba	2 211 000 Kč
Technologie	2 289 000 Kč
Elektrická přípojka	70 000 Kč
Pitná voda -přípojka	113 000 Kč
Pozemek	240 000 Kč
Zpevněné plochy a komunikace	317 000 Kč
Terénní úpravy a oplocení	300 000 Kč
Obtok a propojení	212 000 Kč
CELKEM	5 752 000 Kč

Tab. č. 37 Kompletní investiční náklady čistírny Jesenice

Provozní náklady

O provoz čistírny se stará soukromá firma. Provozní náklady za rok 2008 jsou uvedeny v tabulce č. 38.

Provozní náklady za rok 2008	Cena
Opravy infrastrukturního majetku	42 638 Kč
Elektrická energie	93 687 Kč
Mzdy	23 463 Kč
Osobní náklady	8 243 Kč
Rozbory vod	52 951 Kč
Finanční náklady	29 533 Kč
Výrobní režie	27 309 Kč
CELKEM	277 824 Kč

Tab. č. 38 Provozní náklady čistírny Jesenice za rok 2008

Emisní standardy

Rozhodnutím MěÚ Sedlčany ze dne 24.4 2006 bylo povoleno vypouštění OV z ČOV do Sedleckého potoka v kvalitě uvedené v tab. č. 39.

Emisní standardy mg/l	"p"	"m"
BSK ₅	20	35
CHSK _{Cr}	90	160
NL	25	40
N-NH ₄ ⁺	10	20

Tab. č. 39 Emisní standardy pro čistírnu Jesenice

Účinnost čištění

Účinnost čištění za rok 2008 je uvedena v tabulce č. 40.

Datum odběru	BSK ₅ mgO ₂ /l		CHSK _{Cr} mgO ₂ /l		Nerozpuštěné látky mg/l		N-NH ₄ ⁺	
	Přítok	Odtok	Přítok	Odtok	Přítok	Odtok	Přítok	Odtok
30.1.2008	311	6,9	900	44,5	316	28,58	68,33	7
15.4.2008	X	16	X	57	X	11	X	26
12.8.2008	530	52	950	140	440	66	100	29
10.11.2008	240	20	510	62	150	14	120	10
Průměr	360,3	23,7	786,7	75,9	302,0	29,9	96,1	18,0
% Účinnosti	93,40%		90,40%		90,10%		81,30%	
X-Rozbory nebyly provedeny								

Tab. č. 40 Účinnost čištění čistírny Jesenice za rok 2008

6.5 KATEGORIE 500-1500 EO KOŘENOVÉ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD

6.5.1 KČOV DRAHLÍN

Obec Drahlín leží na úpatí Brd několik kilometrů severovýchodně od Příbrami. Obec provozuje kořenovou čistírnu odpadních vod již od konce roku 1994. Místo umístění čistírny je po stránce vodohospodářské velice vhodné. Území má přirozený spád, je zde i relativní blízkost recipientu a vhodné geologické složení podkladu. Nejkratší vzdálenost čistírny od obytné zástavby je 300 m.

Čistírna je navržena pro 600 EO, průměrné množství odpadních vod je 210 m³/den a maximální množství je 315 m³/den. Plocha čistírny je 2880 m² + 400 m² dočišťovací nádrž, to odpovídá průměrně 4,8 m²/EO. Přítok odpadní vod na ČOV je řešen 275m dlouhou přívodní stokou, která odvádí odpadní vody z místa výpusti fekálních vozů.

Technologie čistírny

Odpadní voda je přiváděna přívodní stokou do rozváděcí šachty typu Š1. Odtud je voda svedena do dvou řad nádrží přívodním potrubím PE 90. Regulace odtoku a přítoku je možná pomocí tvarové hadice KTDN 150. Mezi paralelně zapojenými nádržemi se nachází propojovací potrubí PE 90, které umožňuje regulaci výšky hladiny u nádrže, která je položena výše. Kořenové pole tvoří 6 paralelně propojených kořenových polí o rozměru 20 x 24 m ústících v jedné společné vodní nádrži. Společná dočišťovací nádrž má plochu 400 m². Nádrže mají hloubku 0,6 m a spád dna je 2 %. Vyplněné jsou drobným štěrkem o průměru 8-16 mm, na vtoku a výtoku jsou vytvořeny drenážní prostory z hrubého štěrku 80 – 150 mm. Izolace kořenových polí od podkladu je provedena použitím folie Hydroizol. Kořenová pole jsou osázena rákosem obecným a chrasticí. Mělká vodní nádrž je osázena okřehkem.

Stavba čistírny

Stavba čistírny probíhala v roce 1994, kdy také byla čistírna zkolaudována a uvedena do provozu. Stavbu provedla firma Šindler s.r.o. Při stavbě kořenové čistírny odpadních vod byly postaveny tyto objekty:

- příjezdní komunikace
- přívodní stoka
- přívod vody z potoka

- kořenové pole ČOV

Příjezdní komunikace pro přístup dopravních prostředků k ČOV je řešena 294 metrů dlouhou polní cestou zpevněnou hutněným štěrkopískem na štěrkodrtvém podkladu. Přívod vody z potoka slouží k odběru vody z potoka v období sucha. Celková délka přívodu je 97 m a je zaústěn do rozváděcí šachty. Oplocení objektu nebylo provedeno.

Investiční náklady

Kompletní investiční náklady na stavbu této KČOV jsou uvedeny v tabulce č. 41.

Investiční náklady v roce stavby 1994	
Položky	cena
Příjezdová komunikace	174 276 Kč
Přívodní stoka	795 951 Kč
Trubky délka 300 m	334 859 Kč
rozdělovací šachta Š1	62 772 Kč
revizní šachty na trase	115 576 Kč
septik	282 744 Kč
Přívod vody z potoka	82 975 Kč
Trubní řád PE 6/4	20 080 Kč
Odběrný objekt	25 865 Kč
Odpad vyčištěné vody	37 030 Kč
Kořenová pole	2 530 648 Kč
Zemní práce 7 polí	256 448 Kč
Izolace - folie Hydroizol	760 630 Kč
štěrkový filtr	915 720 Kč
sazenice rákosu	232 977 Kč
Obvodový beton	92 122 Kč
Nátokové a výtokové šachty	172 711 Kč
Ostatní terénní úpravy	66 259 Kč
Globální zařízení staveniště	64 177 Kč
Příprava + elektro přípojka	30 000 Kč
Likvidace, stěhování, odvoz	34 177 Kč
Pozemek	100 000 Kč
Celkem	3 714 286 Kč
DPH 5%	185 714 Kč
Cena celkem včetně DPH	3 900 000 Kč

Tab. č. 41 Investiční náklady KČOV Drahlín

Provozní náklady

Provozní náklady byly zjištěny za rok 2008, ve kterém byla čistírna již třináctý rok v provozu. Údržbu čistírny provádí placený zaměstnanec obce. Tato údržba obnáší sekání rákosu 1x za dva roky, sekání náspů a přilehlých ploch a pravidelnou

kontrolu správného chodu čistírny. Vysátí jímek je nutno udělat jedenkrát ročně, aby nedošlo k vytvoření krusty. Rozbory vod na přítoku a odtoku provádí Hygienická laboratoř v Příbrami třikrát ročně. Podrobný rozpočet provozních nákladů za rok 2008 je uveden v tabulce č. 42.

Provozní náklady za rok 2008	Cena
Vyvezení septiku - 1x ročně	17 000 Kč
Plat pracovníka - údržbář	20 160 Kč
Pohonné hmoty a maziva	1 324 Kč
Rozbory vody	9 000 Kč
Odvoz odpadu z ČOV	5 000 Kč
Celkem	52 484 Kč

Tab. č. 42 Provozní náklady KČOV Drahlín za rok 2008

Emisní standardy

Dle požadavků vodoprávního úřadu jsou stanoveny emisní limity zbytkového znečištění. (Tab. č. 43)

Emisní standardy mg/l	"p"	"m"
BSK ₅	30	40
CHSK _{Cr}	90	120
NL	30	35
N-NH ₄ ⁺	15	20

Tab. č. 43 Emisní standardy čistírny Drahlín

Účinnost čištění

Účinnost čištění je dána porovnáním hodnot znečištění na přítoku a odtoku. Účinnost čištění u sledovaných hodnot je uvedena v tabulce č. 44.

Datum odběru	BSK5 mgO2/l		CHSKCr mgO2/l		Nerozpuštěné látky mg/l	
	Přítok	Odtok	Přítok	Odtok	Přítok	Odtok
27. 5 2008	208	13,9	435,6	57,7	132	7
08.10 2008	522	8,5	1000	40	200	2
24.11 2008	183	9,6	390	50	135	6
Průměr	304,3	10,7	608,5	49,2	155,7	5,0
% účín.	96,5		91,9		96,7	

Tab. č. 44 Účinnost čištění za rok 2008

6.5.2 KČOV OBECNICE

Kořenová čistírna se nachází na okraji obce Obecnice nedaleko Příbrami. Je umístěna na levém břehu údolní nivy Obecnického potoka na východním okraji obce. V obci je postavena kanalizace ústící v KČOV. Je navržena pro 800 EO s průměrným množstvím odpadních vod 163,5 m³/den. Plocha filtračních polí je 4860 m². Slouží k likvidaci pouze běžných splaškových odpadních vod s vysokým obsahem organických suspendovaných a rozpuštěných látek. Byla v provozu od roku 2000 do roku 2007, v současné době slouží jako dočištění k nově postavené mechanicko-biologické čistírně. Recipientem vyčištěné vody je Obecnický potok.

Technologie čistírny

Mechanické předčištění se skládá z česlí, horizontálního lapáku písku a usazovací štěrbínové nádrže. Součástí mechanického předčištění je i nádrž na dovážené odpadní vody s regulačním uzávěrem před česlemi pro plynulé vypouštění. Čistírna má 4 Kořenová pole, která jsou paralelně zapojená a horizontálně protékána. Jsou utěsněna hydroizolační fólií s ochrannou vrstvou geotextilie. Náplň je z drceného kameniva frakce 8-16 mm, na přítoku a odtoku je frakce 63-125 mm. Rozvodné a sběrné potrubí je z děrovaných rour které jsou pro možnost revize a údržby v rozích polí vytaženy. Regulace hladin v kořenových polích je zajištěna v odtokových šachtách pomocí flexibilní hadice.

Stavba KČOV

Stavba čistírny proběhla v roce 2000. Při stavbě byl jako součást areálu vybudován uzamykatelný přístřešek sloužící na uložení potřebného nářadí a pomůcek pro údržbu. Cena přístřešku 150 000 Kč. Celková cena za stavbu KČOV je dle vedení obce **9 922 000 Kč**.

Provozní náklady a provoz

Čistírna je provozována od roku 2000. Provozovatelem čistírny je obec Obecnice. O údržbu se stará pověřená osoba. Dvakrát ročně je nutné čištění nátoků (2x 8 000 Kč), nutné je také sekání rákosu a jeho následný odvoz na kompost (5 000 Kč). Mezi ostatní náklady je zahrnuta mzda pracovníka (6 000 Kč/měsíc). Provozní náklady pro rok 2007 jsou spočítány na **93 000 Kč**

Emisní standardy

Dle požadavků vodoprávního úřadu jsou stanoveny emisní standardy. Jsou uvedeny v tabulce č. 45.

Emisní standardy mg/l	p	m
BSK ₅	30	40
CHSK _{Cr}	90	120
NL	30	35
N-NH ₄ ⁺	15	20

Tab. č. 45 Emisní standardy KČOV Obecnice

Účinnost čištění

Pro rok 2004 byly naměřeny hodnoty uvedené v tabulce č. 46.

Datum odběru	BSK ₅ mgO ₂ /l		CHSK _{Cr} mgO ₂ /l		Nerozpuštěné látky mg/l		N-NH ₄ ⁺	
	Přítok	Odtok	Přítok	Odtok	Přítok	Odtok	Přítok	Odtok
24.2.2004	110	9	236	44	69	2	13	18
29.4.2004	155	11	207	49	58	4,5	X	X
29.6.2004	526	5	866	29	450	2	23	18
12.8.2004	216	14	498	41	180	3,5	58	26
14.10.2004	164	25	383	115	92	2	41	25
1.12.2004	229	12	418	58	160	4	47	24
Průměr	233,3	12,7	434,7	56,0	168,2	3,0	36,4	22,2
% Účinnosti	94,60%		87,10%		98,20%		39,00%	

Tab. č. 46 Účinnost čištění KČOV Obecnice za rok 2004

6.5.3 KČOV DRAŽOVICE

Kořenová čistírna je postavena v obci Dražovice u Vyškova. Funguje již od roku 1999 je navržena pro 780 EO, avšak v současnosti ji využívá 850 EO. Celková plocha kořenových polí která jsou zapojena paralelně je 3900 m². Vyčištěné odpadní vody jsou odváděny do Dražovického potoka. Do kanalizace vedoucí obcí je zaústěno velké množství balastních vod

(např. drenáže), které zvyšují množství vody na přítoku a vyrovnávají kolísání množství splaškových vod během dne. V projektové dokumentaci byl odhadnut podíl balastních vod na 20 %. Průměrný přítok odpadních vod je 190 m³/den.

Technologie KČOV

Tato čistírna zahrnuje tři stupně čištění. První stupeň mechanického předčištění tvoří dešťový oddělovač, dešťová zdrž, šterbinový lapák písku s jemnými česlemi a typizovaná šterbinová usazovací nádrž. Druhý stupeň, tedy biologické čištění, tvoří tři kořenová horizontálně protékaná pole. Hloubka kořenových polí je 0,7 – 1 m a šířka 31 m. Sklon dna je 1,2% a náplň tvoří šterk o zrnitosti 6-16 mm, v rozvodných zónách je použita frakce 100-200 mm. Pole jsou provozována paralelně s možností nastavení na provoz v sérii a jsou osazena porostem rákosu obecného. Třetím stupněm je tzv. dočišťovací stupeň, který tvoří mělká stabilizační nádrž, ve které převládají aerobní podmínky. V této nádrži je osazen okřehek napomáhající dokonalejšímu dočištění.

Stavba KČOV

Čistírna byla postavena v roce 1999. Byla vybudována vlastní KČOV, 235m dlouhá přírodní stoka navazující na kanalizaci a odlehčovací komora. Celkové náklady jsou vypočítány na **9 700 000 Kč**.

Provozní náklady a provoz

Oproti projektovým parametrům je čistírna hydraulicky přetížena, jde zejména o objekty mechanického předčištění, které díky tomu potřebují zvýšenou pravidelnou obsluhu. Proto jsou denně čištěny česle a podle potřeby je také čištěn usazovací prostor lapáku písku a čerpána voda z dešťové usazovací nádrže na přítoku do lapáku písku. Jendou za čtvrt roku je vyvážen zachycený anaerobně stabilizovaný kal ze šterbinové usazovací nádrže a písek z lapáku písku. Podle potřeby jsou také čištěny prostory rozdělovacích šachtic od uniklého kalu.

Rákos rostoucí na kořenových polích není sklizen, v zimním období, proto tvoří tepelnou izolaci kořenového pole.

Odbahnění dočišťovací nádrže dosud provedeno nebylo, avšak je známo, že dochází k postupnému plnění bahnem, uniklým kalem a rozloženou biomasou okřešku a řas. Pravidelným odstraňováním okřešku z dočišťovací dochází k eliminaci akumulované organické hmoty obsahující značné množství dusíku a fosforu.

Během dlouhodobého sledování této kořenové čistírny, které bylo provedeno MŽP, byly zjištěny některé provozní problémy. Patří mezi ně např. poddimenzovaná stabilizační nádrž, úniky kalu ze šterbinové nádrže při vysokých průtocích a nedostatečný sběr plovoucích nečistot ve šterbinové nádrži.

Provozní náklady za rok 2007 jsou uvedeny v tabulce č. 47.

Položka	CENA
energie (osvětlení, zásobení vodou a el.topení v provozní budově; pohon čerpadla pro čerp.dešťových vod)	27 700 Kč
Pohonné hmoty (sekačka trávy a další zařízení)	2 770 Kč
mzdy pro pracovníky obsluhy (včetně péče o kanalizační síť, pravděpodobně i další práce pro obecní úřad)	141 270 Kč
sociální pojištění	36 010 Kč
zdravotní pojištění	13 850 Kč
CENA CELKEM	277 000 Kč

Tab. č. 47 Provozní náklady čistírny Dražovice za rok 2007

Emisní standardy

Přípustné koncentrace na odtoku z čistírny jsou stanoveny dle vodoprávního rozhodnutí ze dne 1.1.2008. (Tab. č. 48)

Emisní standardy mg/l	p
BSK ₅	30
CHSK _{Cr}	
NL	30
N-NH ₄ ⁺	20

Tab. č. 48 Emisní standardy čistírny Dražovice

Účinnost čištění

Provoz čistírny byl sledován MŽP v letech 1999 – 2007. V tabulce č. 48 jsou uvedeny průměrné hodnoty znečištění na jednotlivých stupních KČOV:

Průměrné hodnoty mg/l	přítok na KČOV	přítok na KP	odtok z KP	odtok z BN
BSK ₅	59,9	51,6	21,9	18,8
CHSK _{Cr}	134,3	116,7	67,7	65,9
NL	65,7	56,3	11,5	17,8
N-NH ₄ ⁺	32,4	28,4	23,7	19,8

KP – kořenová pole

BN – dočišťovací stabilizační nádrž

Jak je z tabulky č. 49 patrné, snížení na stupni mechanického předčištění je minimální kolem 13% BSK₅ a 15 % pro NL. Je to z důvodu již výše zmíněného hydraulického přetížení objektů. Většina znečištění je dále odstraněna na kořenových polích. Opětovný nárůst koncentrace nerozpuštěných látek na odtoku ze stabilizační dočišťovací nádrže je zapříčiněn nárůstem biomasy ke kterému dochází zejména ve vegetačním období. Toto znečištění je však snáze odstranitelné v recipientu.

Hodnoty účinnosti byly stanoveny za sledované období prosinec 1999 až srpen 2007. (Tab. č. 50)

Ukazatel a účinnost %	Mechanické předčištění	Kořenová pole	Biologická dočišťovací nádrž	Celá ČOV	Celá ČOV bez BN
BSK ₅	13	58	14	68	63
CHSKCr	13	40	72	85	48
NL	15	79	-58	72	82
N-NH ₄ ⁺	8	20	16	38	27

Tab. č. 50 Účinnost čištění za sledované období prosinec 1999 až srpen 2007,

KP – kořenová pole

BN – dočišťovací stabilizační nádrž

Úbytek koncentrace amoniakálního dusíku (N-NH₄⁺) pro dlouhodobé sledování je v kořenových polích 20 % a ve stabilizační dočišťovací nádrži 16 %. Průměr celkové účinnosti čištění je 38 %. Při sledování byl zaznamenán fakt, že dočišťovací nádrž přispívá velkou měrou k dosažení předepsané limitní hodnoty N-NH₄⁺ na odtoku z KČOV. Výskyt patogenních organismů je v kořenových polích velmi efektivně eliminován. Podle dostupných výsledků sledování jakosti vody na této čistírně v období 12/1999-10/2001 bylo průměrné snížení výskytu fekálně koliformních (termotolerantních) a koliformních bakterií na celé KČOV 98,2 %. Při výzkumu nebyl zjištěn žádný významný rozdíl pro ukazatele organického znečištění a NL mezi účinností čištění v zimním nevegetačním provozu a ve vegetačním období. Naproti tomu účinnost čištění pro amoniakální dusík je v nevegetačním období nižší a to ze tří důvodů. Prvním důvodem je nižší teplota vody, při které dochází k omezení nebo zastavení nitrifikace. Dále je příčinou i částečné zamrzání hladiny stabilizační nádrže, která v tomto období není v uměle provzdušovaná a v neposlední řadě jde také o vyloučení vegetace z procesu čištění v tomto období.

6.6 KATEGORIE 500-1500 EO MECHANICKO-BIOLOGICKÉ ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD

6.6.1 MECHANICKO-BIOLOGICKÁ ČISTÍRNA VIŠŇOVÁ

Mechanicko-biologická ČOV v obci Višňová byla dokončena v roce 2002. Slouží k likvidaci splaškových odpadních vod přiváděných splaškovou kanalizací, která se nachází pod částí obce. Zbytek odpadních vod je na čistírnu přivážen feka vozy. V obci se nenacházejí producenti průmyslových odpadních vod. Čistírna má kapacitu 700 EO a v dnešní době slouží k likvidaci OV od 500 obyvatel. Průměrné množství protékající vody je 350 m³/den.

Technologie čistírny

Technologie čistírny je rozdělena na dvě samostatné linky, které umožňují provoz ČOV pro menší kapacitu. Každá linka je schopna pracovat v režimu 50 – 120 % zatížení. Odpadní vody z obce Višňová přitékají gravitační splaškovou kanalizací DN 300 do rozdělovací šachty, kde je umožněn v případě havárie či opravy ČOV její obtok. Odtud jsou OV vedeny do čerpací stanice, která je na přítoku osazena ocelovým košem, s kterým se dá manipulovat pomocí elektrického kladkostroje. Výtlačným potrubím jsou dále odpadní vody přiváděny na mechanické předčištění tvořené ručně stíranými česly a vertikálním lapákem písku. Dále voda odtéká do denitrifikační zóny, kde je míchání zabezpečeno ponorným míchadlem. Z denitrifikace odtéká aktivační směs potrubím do aktivačních nádrží s vestavěnou nerezovou separací kalu. Provzdušňování zajišťuje jemnobublinný provzdušňovací systém, do něhož je tlakový vzduch dodáván z dmyhadla. Vnitřní recirkulace je zabezpečena mamutkami, které jsou zaústěné zpět do denitrifikační nádrže. V provzdušňované kalové jímce dochází ke gravitačnímu zahuštění kalu. Ten se dále odvodňuje na odvodňovacím zařízení. Vyčištěná voda odtéká nerezovými odtokovými žlaby přes měrný objekt do recipientu. Recipientem vyčištěné vody je říčka Kocába.

Stavba čistírny

Výstavba čistírny byla dokončena v roce 2002. Technologie čistírny je od firmy Envi-Pur a stavební část zhotovila firma Šindler – důlní a stavební společnost. Celkové investiční náklady na stavbu čistírny byly vypočítány na **7 419 595 Kč**.

Provozní náklady

Čistírnu odpadních vod v obci Višňová provozuje Vodohospodářská společnost Dobříš. Provozní náklady za rok 2008 byly vypočítány na **371 568 Kč**.

Emisní standardy

Rozhodnutím MěÚ Příbram ze dne 1.6 2004 bylo povoleno vypouštění OV z ČOV do Kocáby v kvalitě uvedené v tabulce č. 51.

Emisní standardy mg/l	"p"	"m"
BSK ₅	20	40
CHSK _{Cr}	70	110
NL	20	40
N-NH ₄ ⁺	10	20

Tab. č. 51 Emisní standardy pro ČOV Višňová

Účinnost čištění

Účinnost čištění pro rok 2009 je uvedena v tabulce č. 52.

Rok 2009								
Měsíc odběru	BSK ₅ mgO ₂ /l		CHSK _{Cr} mgO ₂ /l		Nerozpuštěné látky mg/l		N-NH ₄ ⁺	
	Přítok	Odtok	Přítok	Odtok	Přítok	Odtok	Přítok	Odtok
leden	410	13	770	58	540	3	86	0,55
březen	230	5,4	440	27	210	8	85	0,32
květen	200	6	300	40	76	7	56	0,21
červenec	310	2,6	260	28	62	2	47	0,26
září	340	5	650	31	370	2	130	0,36
listopad	280	12	610	44	170	4	76	0,35
Průměr	295,0	7,3	505,0	38,0	238,0	4,3	80,0	0,3
Účinnost	97,50%		93%		98,20%		99,60%	

Tab. č. 52 Účinnost čištění čistírny Višňová za rok 2009

6.6.2 MECHANICKO-BIOLOGICKÁ ČISTÍRNA HVOŽĎANY

Čistírna odpadních vod se nachází v Obci Hvoždany ve Středočeském kraji. Byla postavena v roce 2004 a je navržena pro 700 EO. Je založena na biologickém principu jako nízkozátěžová aktivace s částečnou aerobní stabilizací kalu. Komunální Odpadní vody jsou na čistírnu přiváděny oddílnou kanalizací, která je v obci vybudována. Ze stávajících bezodtokých jímek a septiků jsou OV dováženy fekálním vozem. V obci se nevyskytují žádné speciální zdroje odpadních vod. Průměrné množství odpadních vod natékající na ČOV je 148 m³/den.

Technologie čistírny

Celá technologie čistírny je osazena do čtyř prefabrikovaných betonových nádrží firmy Betonbau typu UW 3072. Část jímek je zastropena pro umístění nutné průvodní technologie a sociálního zázemí. Biologická část je umístěna v zastřešené části objektu. Pro biologickou jednotku jsou navrženy 2 linky nitrifikace v samostatných nádržích s vestavěnými dosazovacími nádržemi. Denitrifikační zóna je společná ve třetí nádrži ve které je současně umístěna i jímka pro svážené vody. Pro uskladnění přebytečného kalu slouží čtvrtá nádrž, ve které je vytvořený prostor pro čerpací jímku. Čistírna pracuje s aktivačním procesem s aerobní stabilizací kalu v aktivační nádrži provzdušňované jemnobublinnou aerací. Hlavním znakem aktivačního procesu se společnou aerobní stabilizací je nízké specifické zatížení kalu a tedy i delší doba zdržení a vysoké stáří kalu. Odpadní voda přitéká gravitačně do česlicového koše a dále do čerpací jímky ve které jsou osazena dvojice řezacích čerpadel vhánějících vodu do denitrifikační nádrže. Sem je také přiváděna odpadní voda z jímky svážených vod. Na propojovacím potrubí mezi denitrifikační a nitrifikační nádrží jsou osazena stavitelná hradítka, která zajišťují možnost rovnoměrného nátoku v obou nitrifikačních nádržích. Dosazovací nádrže jsou umístěny v aktivačních nádržích a jsou vyrobeny z nerez oceli. Zde dochází k rozdělení vody a kalu. Voda odtéká přes měrný Parshallův žlab opatřený ultrazvukovou sondou do recipientu a kal je odsáván mamutkou vratného kalu zpět do denitrifikace, část také do nádrže přebytečného kalu. Zde probíhá proces aerobní stabilizace kalu. Recipientem vyčištěné vody je Hvoždanský potok.

Stavba čistírny

Stavba byla provedena v průběhu roku 2003 firmou Novadus.(Tab. č. 53)

Položka	Cena
ČOV vlastní stavba	1 880 000 Kč
Technologie - Fortex	1 800 000 Kč
Odtokové a propojovací potrubí	190 000 Kč
Elektrická přípojka	65 000 Kč
Pitná voda -přípojka	99 000 Kč
Pozemek	120 000 Kč
Zpevněné plochy	176 000 Kč
Oplocení a terénní úpravy	97 000 Kč
Zatrubnění příkopu	138 000 Kč
CELKEM	4 565 000 Kč

Tab. č. 53 Kompletní investiční náklady ČOV Hvoždany

Provozní náklady

Provozní náklady za rok 2008 byly dodány přímo provozovatelem. Celkové náklady jsou uvedeny v tabulce č. 54.

Provozní náklady za rok 2008	Cena
Materiál	42 366 Kč
Elektrická energie	61 345 Kč
Ostatní energie	2 880 Kč
Opravy infrastrukturního majetku	43 382 Kč
Mzdy	103 460 Kč
Rozbory vod	90 692 Kč
Finanční náklady	131 000 Kč
CELKEM	475 125 Kč

Tab. č. 54 Provozní náklady čistírny Hvoždany za rok 2008

Emisní standardy

Rozhodnutím MěÚ Příbram ze dne 30.6.2003 bylo povoleno vypouštění OV z ČOV do Hvoždanského potoka v kvalitě uvedené v tabulce č. 55.

Emisní standardy mg/l	"p"	"m"
BSK ₅	15	35
CHSK _{Cr}	60	120
NL	20	40
N-NH ₄ ⁺	5	15

Tab. č. 55 Emisní standardy čistírny Hvoždany

Účinnost čištění

Účinnost čištění za rok 2008 je uvedena v tabulce č. 56.

Datum odběru	BSK ₅ mgO ₂ /l		CHSK _{Cr} mgO ₂ /l		Nerozpuštěné látky mg/l	
	Přítok	Odtok	Přítok	Odtok	Přítok	Odtok
15.5.2008	291	8	551	67,5	120	12
5.6.2008	166	19	312	80	170	25
10.7.2008	496	104	698	152	356	11
28.8.2008	621	5,5	1585	47,5	450	8
25.9.2008	351	11	735	59	280	14
27.11.2008	310	580	580	300	330	300
Průměr	372,5	121,3	743,5	117,7	284,3	61,7
% účin.	67,40%		84,20%		78,30%	

Tab. č. 56 Účinnost čištění čistírny Hvoždany za rok 2008

6.6.3 MECHANICKO-BIOLOGICKÁ ČISTÍRNA KOSOVA HORA

Mechanicko-biologická čistírna odpadních vod BIOCLENER BC 1250 EO slouží pro zneškodnění splaškových odpadních vod z obce Kosova Hora. Je navržena pro 1250 EO a jedná se o mechanicko-biologickou čistírnu se separací fluidní filtrací. Odpadní vody z obce jsou na čistírnu přiváděny stávající jednotnou gravitační kanalizací. Z části obce, kde ještě není kanalizace, jsou OV sváženy feka vozem. Průměrný přítok je 2,7 l/s.

Vyčištěná voda odtéká gravitačním potrubím do recipientu potoka Mastník

Technologie čistírny

Odpadní vody z obce přitékají kanalizací do rozdělovací šachty, která je součástí kompaktního stavebního objektu lapáku štěrku a čerpací jímky. Zde je pomocí ručního uzavíracího stavítka a jízku s hrubými česlemi umožněn obtok celé ČOV.

Z rozdělovací jímky jsou OV vedeny přes hrubé ručně stírané česle, na které navazuje lapák štěrku, až do čerpací stanice. Usazený štěrk v lapáku štěrku je vybírán pomocí strojního těžení štěrku a písku typu Fontana – TŠP-K-250 sestávajícího z otočného sloupového jeřábu se lžícovým drapákem o objemu 50 l. V čerpací jímce jsou osazena celkem 3 ponorná kalová čerpadla s automatickým provozem v závislosti na stavu hladiny v jímce. Výkon čerpadel je dimenzován tak, aby přítok do biologické části ČOV nepřekročil 6,9 l/s. To zajišťuje, že dešťové vody, které nepojme akumulací prostor čerpací stanice, odtékají bezpečnostním přepadem do obtoku ČOV a dále do recipientu. Zachycené shrabky z česlí přepadají do šnekového lisu na shrabky s promýváním, odkud jsou potrubím dopravovány do pytlů a následně odváženy na skládku TKO. Biologické čištění je řešeno dvěma samostatnými kompaktními biologickými reaktory o celkovém objemu 173 m³. Nepřetržitě míchání denitrifikace je zabezpečeno ponorným míchadlem. V aktivačních nádržích je provzdušňování zajištěno jemnobublinným provzdušňovacím systémem REHAU. Dodávku tlakového vzduchu zajišťují dmychadlové agregáty KUBÍČEK 3D 28 B umístěné v dmychárně provozní místnosti ČOV. Vnitřní recirkulace je zabezpečena mamutkami, zaústěnými do denitrifikační nádrže.

Vyčištěná voda z reaktorů odtéká odtokovými žlaby se stavitelnou přepadovou hranou a nornými stěnami a dále PVC potrubím přes měrný objekt do recipientu.

Stavba čistírny

Stavba čistírny proběhla v roce 2002, stavební část provedla firma Novadus spol. s r.o. Příbram, technologii čistírny vyrobila a osadila firma Envi-Pur. Celkové investiční náklady jsou uvedeny v tabulce č. 57.

Položka	Cena
ČOV vlastní stavba	3 572 000 Kč
Technologie	2 528 000 Kč
Elektrická přípojka	76 000 Kč
Pitná voda -přípojka a studna	42 000 Kč
Zpevněné plochy	164 000 Kč
Oplocení a sadové úpravy	172 000 Kč
Pozemek	125 000 Kč
Obtok a odtok z ČOV	276 000 Kč
Příjezdová komunikace	46 000 Kč
hrubé terénní úpravy	200 000 Kč
CELKEM	7 201 000 Kč

Tab. č. 57 Investiční náklady čistírny Kosova Hora

Provozní náklady

Provozní náklady ČOV Kosova Hora za rok 2009 byly provozovatelem 1.SČV Příbram vypočítány na **371 351,-Kč**. Cena zahrnuje výrobní i správní režii. Podrobný rozpis nákladů provozovatel neposkytl.

Emisní standardy

Emisní standardy dle provozního řádu jsou uvedeny v tabulce č. 58.

Emisní standardy mg/l	"p"	"m"
BSK ₅	15	50
CHSK _{Cr}	60	130
NL	20	50
N-NH ₄ ⁺	10	30

Tab. č. 58 Emisní standardy dle provozního řádu čistírny Kosova Hora

Účinnost čištění

Účinnost čištění za rok 2009 je uvedena v tabulce č. 59.

Datum odběru	BSK ₅ mgO ₂ /l		CHSKr mgO ₂ /l		Nerozpuštěné látky mg/l		N-NH ₄ ⁺	
	Přítok	Odtok	Přítok	Odtok	Přítok	Odtok	Přítok	Odtok
6.1.2009	330	10,0	510	55	230	16,0	63	0,7
3.2.2009	190	9,0	530	70	200	17,0	83	1,3
2.3.2009	630	7,0	1300	26	1500	5,0	38	6,9
21.4.2009	390	6,0	690	35	280	5,5	44	0,3
4.5.2009	92	6,0	150	27	60	6,0	56	0,5
2.6.2009	94	2,5	220	21	86	3,5	22	0,4
7.7.2009	70	5,3	140	29	52	4,0	26	2,3
3.8.2009	86	4,2	240	23	46	4,0	45	2,1
15.9.2009	140	6,0	370	31	96	2,0	84	0,1
20.10.2009	110	8,0	240	37	210	2,0	52	0,3
2.11.2009	340	5,0	670	19	380	3,5	38	0,3
7.12.2009	140	9,0	270	42	84	4,0	43	0,6
Průměr	218	7	444	35	269	6	50	1
Účinnost	96,80%		92,10%		97,80%		98%	

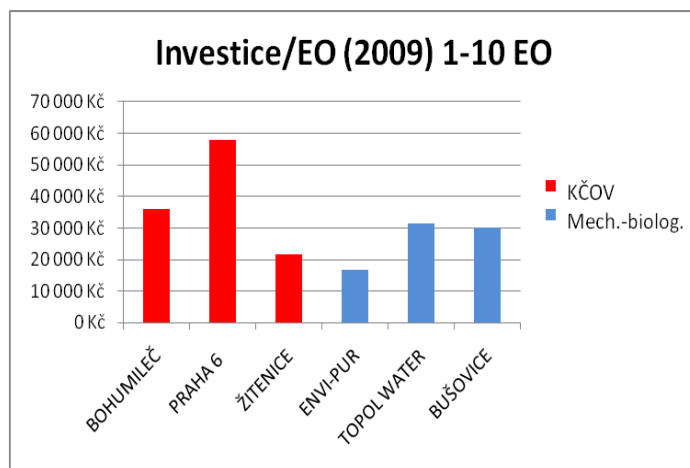
Tab. č. 59 Účinnost čištění ČOV Kosova Hora za rok 2009

6.7 Ekonomické zhodnocení

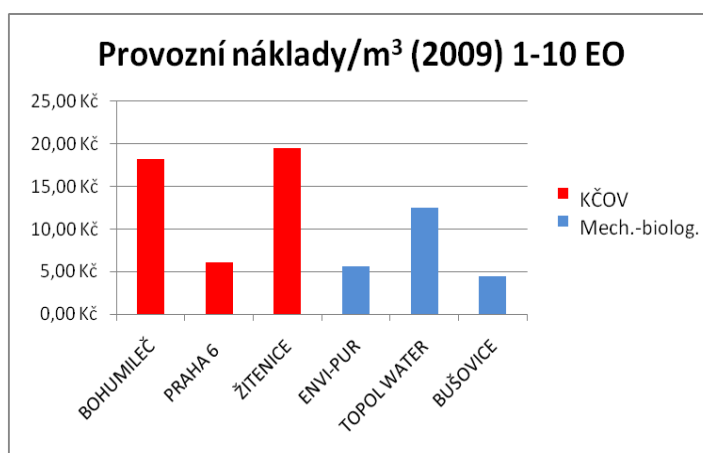
V každé velikostní skupině čistíren byly vzájemně porovnány celkové investiční a provozní náklady KČOV s mechanicko-biologickými ČOV. Tabulka shrnující celou ekonomickou stránku je uvedena v příloze.

6.7.1 Malé čistírny 1-10 EO

Investiční náklady malých čistíren se mezi jednotlivými zástupci značně liší. V grafu jsou zaznamenány ceny přepočtené na 1 EO. Provozní náklady jsou přepočítány dle přítoku na čistírnu na m³ vyčištěné vody. Zprůměrováním jednotlivých částek u obou skupin čistíren vychází, že investiční náklady u KČOV jsou o 47% vyšší a dokonce i provozní náklady u KČOV jsou vyšší a to o celých 94%.



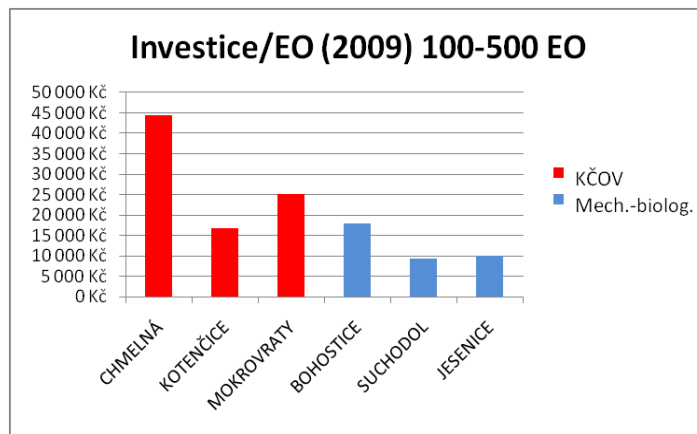
Obr. 10 Graf znázorňující investiční náklady (Kč) malých čistíren přepočtené na 1 EO



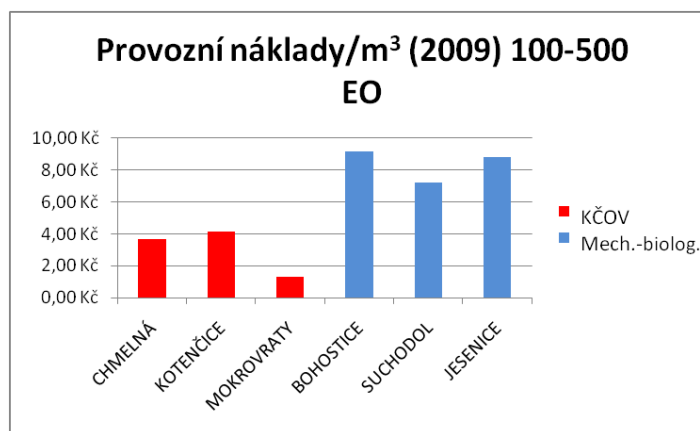
Obr.11 Graf znázorňující provozní náklady (Kč) malých čistíren přepočtené na 1 EO

6.7.2 Střední čistírny 100-500 EO

Kategorie středních čistíren zaznamenává očekávaný trend kořenových čistíren, kterým jsou vyšší investiční náklady na úkor nižších provozních nákladů. Průměrné hodnoty investičních nákladů jsou u KČOV vyšší o 130%, zatímco provozní náklady jsou oproti mechanicko-biologickým čistírnám nižší a to o celých 64%.



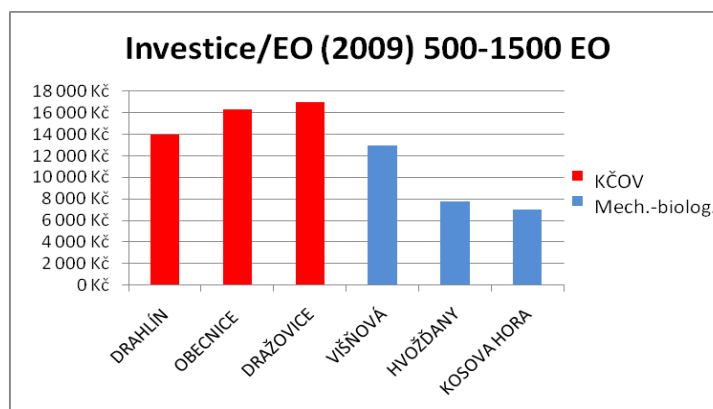
Obr.12 Graf znázorňující investiční náklady (Kč) středních čistíren přepočtené na 1 EO



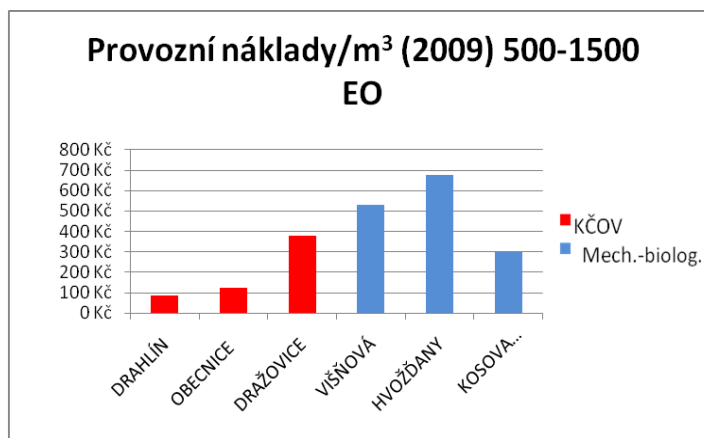
Obr.13 Graf znázorňující provozní náklady (Kč) středních čistíren přepočtené na 1 EO

6.7.3 Velké čistírny 500-1500 EO

Je patrné, že se zvyšující se velikostí kořenových čistíren, se zmenšuje rozdíl mezi investičními náklady obou skupin čistíren. Investiční náklady jsou v tomto případě u kořenových čistíren o 70% vyšší, naproti tomu provozní náklady jsou o 59% nižší



Obr. 14 Graf znázorňující investiční náklady (Kč) velkých čistíren přepočtené na 1 EO



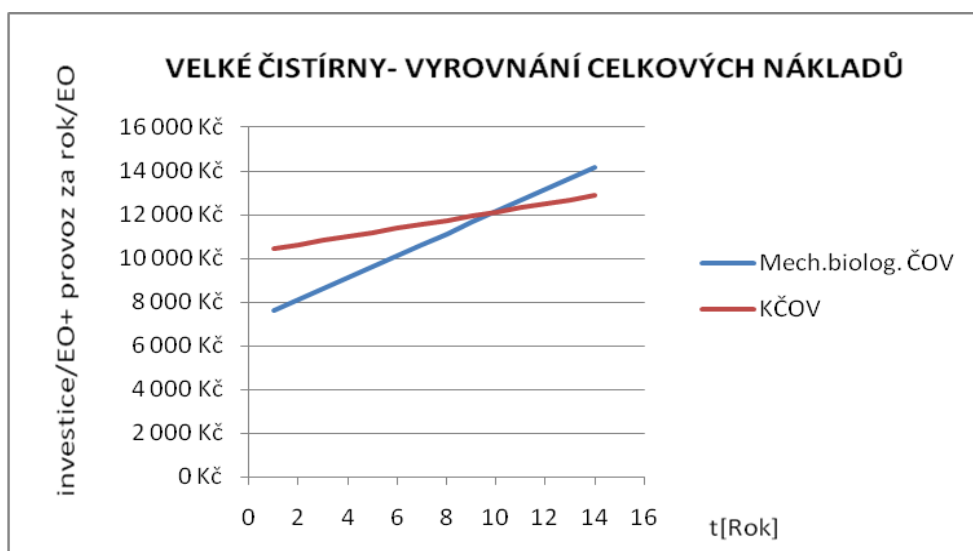
Obr. 15 Graf znázorňující provozní náklady (Kč) velkých čistíren přepočtené na 1 EO

Byly porovnávány investiční a provozní náklady všech velikostí obou typů systémů ČOV. Největší nesrovnalosti se objevují u nejmenších typů čistíren, kde výsledky práce absolutně nesouhlasí se všemi dostupnými literárními údaji.

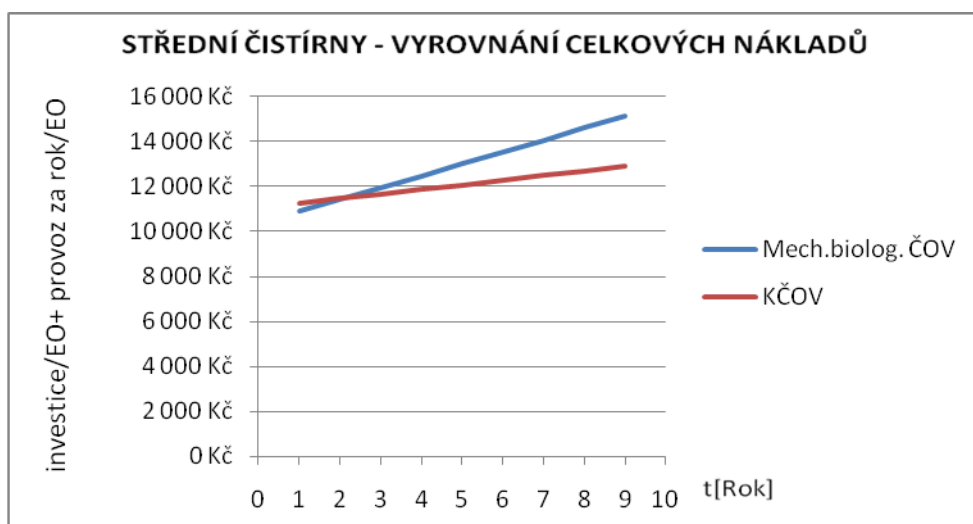
Malé čistírny do 10 EO vycházejí investičně nejdražší. Je to nepochybně díky posouzení dat pouze od tří zástupců, kde především u pražské čistírny byly do investičních nákladů zahrnuty i ceny souvisejících úprav, které nebyly nezbytné a cenu neúměrně zvýšily. Vysoké provozní náklady u nejmenších KČOV lze těžko vysvětlit, tyto výsledky odporují všemu, co bylo dosud publikováno. Určité vysvětlení by bylo možno podat vzhledem k tomu, že každá KČOV musí mít kvalitní předčištění. To je v případě malých čistíren řešeno septikem, který musí být pravidelně vyvážen. Mechanické předčištění může znamenat zvýšení provozních nákladů, které se pochopitelně projeví v celkovém rozpočtu.

6.7.4 Srovnání ekonomické efektivity v závislosti na délce provozu

U kategorie středních a velkých kořenových čistíren jsou sice vyšší investiční náklady, zato náklady provozní jsou mnohem nižší. Proto nás zajímalo, po kolika letech dojde k vyrovnání celkových nákladů u obou typů čistíren, respektive za kolik let se díky nižším provozním nákladům srovnají celkové náklady. Výpočet byl proveden graficky. K investičním nákladům/EO byly postupně přičítány roční provozní náklady přepočítané na 1 ekvivalentního obyvatele. U kategorie středních čistíren vyšla návratnost vyšších investičních nákladů po 3 letech provozu čistírny (*obr. 17*) a u kategorie velkých čistíren po 10 letech (*obr. 16*).



Obr.16 Graf znázorňující vyrovnání celkových nákladů velkých KČOV oproti Mech. Biologickým ČOV v letech.



Obr.17 Graf znázorňující vyrovnání celkových nákladů středně velkých KČOV oproti Mech. Biologickým ČOV v letech.

6.8 Zhodnocení účinnosti

6.8.1 Malé čistírny 1-10 EO

Účinnost čištění pro kategorii malých čistíren je uvedena v tabulce č. 60.

KATEGORIE ČISTÍREN 0 - 10 EO						
Čistírna	KOŘENOVÉ ČISTÍRNÝ			MECHANICKO - BIOLOGICKÉ ČISTÍRNÝ		
	BOHUMILEČ	PRAHA 6	ŽITENICE	ENVI-PUR	TOPOL WATER	BUŠOVICE
Počet EO	4	9	9	4	5	4
BSK						
Účinnost odstranění BSK	85%	85%	96%	N	98%	91%
Mn. odstraněné BSK Kg/rok	0,04	0,08	0,07	N	N	0,1
CHSK						
Účinnost odstranění CHSK	81%	79%	92%	N	95%	61%
Mn. odstraněné CHSK Kg/rok	0,11	0,21	0,15	N	N	0,07
NL						
Účinnost odstranění NL	89%	88%	96%	N	96%	90%
Mn. odstraněné NL Kg/rok	0,07	0,15	0,07	N	N	0,02

Tab. č. 60 Účinnost odstranění BSK, CHSK a NL kategorie malých čistíren. N - Data o čistírnách Envi-Pur a Topol Water jsou získána od výrobce, nejedná se tedy o konkrétní realizované čistírny, proto chybí data o účinnosti čištění.

6.8.2 Střední čistírny 100-500 EO

Účinnost čištění pro kategorii středních čistíren je uvedena v tabulce č. 61.

KATEGORIE ČISTÍREN 100 - 500 EO						
Čistírna	KOŘENOVÉ ČISTÍRNÝ			MECHANICKO - BIOLOGICKÉ ČISTÍRNÝ		
	CHMELNÁ	KOTENČICE	MOKROVRATY	BOHOSTICE	SUCHODOL	JESENICE
Počet EO	160	326	500	250	400	660
BSK						
Účinnost odstranění BSK	95%	88%	93%	95%	96%	93%
Mn. odstraněné BSK Kg/rok	0,91	5,77	9,42	3,29	14,67	10,62
CHSK						
Účinnost odstranění CHSK	81%	80%	89%	90%	93%	90%
Mn. odstraněné CHSK Kg/rok	1,68	8,72	22,34	7,15	23,98	22,41
NL						
Účinnost odstranění NL	89%	98%	96%	96%	97%	90%
Mn. odstraněné NL Kg/rok	0,00	4,20	10,29	2,81	9,45	8,58
N-NH₄⁺						
Účinnost odstranění N-NH ₄ ⁺	N	N	28,57%	76,60%	86,50%	81,30%
Mn. odstraněné N-NH ₄ ⁺ Kg/rok	N	N	0,62	0,73	2,41	2,45

Tab. č. 61 Účinnost čištění – střední čistírny, N – Tento parametr není v čistírně měřen

6.8.3 Velké čistírny 500-1500 EO

Účinnost čištění pro kategorii velkých čistíren je uvedena v tabulce č. 62.

KATEGORIE ČISTÍREN 500- 1500 EO						
Čistírna	KOŘENOVÉ ČISTÍRNÝ			MECHANICKO - BIOLOGICKÉ ČISTÍRNÝ		
	DRAHLÍN	OBEKNICE	DRAŽOVICE	VIŠŇOVÁ	HVOŽDANY	KOSOVA HORA
Počet EO	600	800	780	700	700	1250
BSK						
Účinnost odstranění BSK	97%	95%	63%	98%	67%	97%
Mn. odstraněné BSK Kg/rok	22,48	13,18	2,85	36,76	13,58	17,96
CHSK						
Účinnost odstranění CHSK	92%	87%	48%	93%	84%	92%
Mn. odstraněné CHSK Kg/rok	42,85	22,59	4,75	59,64	33,80	34,82
NL						
Účinnost odstranění NL	97%	98%	82%	98,20%	78%	98%
Mn. odstraněné NL Kg/rok	11,53	9,86	3,29	29,86	12,01	22,34
N-NH₄⁺						
Účinnost odstranění N-NH ₄ ⁺	N	39%	27%	99,60%	N	98%
Mn. odstraněné N-NH ₄ ⁺ Kg/rok	N	0,84	0,88	10,18	N	4,09

Tab. č. 62 Účinnost čištění – velké čistírny, N – Tento parametr není v čistírně měřen

6.1 Výsledky vlastních rozborů

Vlastní rozborů byly provedeny vždy dvakrát u dvou zástupců čistíren a byly sledovány parametry, které se v tomto typu čistíren neměří. Vybrané parametry byly stanovovány v laboratoři ÚŽP, normovanými postupy. Přehled norem je uveden v příloze. Při každém měření byly odebrány 2 totožné vzorky, jejichž výsledky byly zprůměrovány. Konečné výsledky rozborů jsou uvedeny v tabulce č. 63.

	odběr	KNK	ZNK	Tvrlost	CHSK	Chloridy	pH	Dusitany	Dusičnany	Amonné jonty	Železo	Fosfáty	Vodivost
Kotenčice	1	9,09	2,69	4,46	42,4	74,45	7,73	0	5,54	26,8	0,13	4,25	930
	2	11,7	2,79	3,5	33,8	106,7	7,69	0,25	13,3	41	1,04	17,13	1108
	průměr	10,39	2,74	3,98	38,10	90,58	7,71	0,13	9,42	33,90	0,59	10,69	1019,00
Mokrovraty	1	8,62	2,59	2,71	25	53,88	7,96	0	2,55	37,8	0,48	6,75	848,5
	2	10,93	3,17	2,73	29,2	109,9	7,51	0,32	29,93	46	0,39	13,63	1194,5
	průměr	9,775	2,88	2,72	27,1	81,89	7,735	0,16	16,24	41,9	0,435	10,19	1021,5

Tab. č. 63 Výsledky kontrolních rozborů u čistírny Kotenčice a Mokrovraty

6.2 Výsledky stanovení obsahu těžkých kovů

Jako doplňující parametry byly použity i koncentrace těžkých kovů v přítoku a odtoku z ČOV. Výsledky byly zpracovány na VŠCHT, metodou AAS. Ve všech případech je procento odstranění TK velmi vysoké u obou typů čistíren, KČOV vykazují však lepších výsledků, především v odstranění Zn, Cd a Hg. Důvodem je patrně sorpce TK v kořenovém loži, které ve srovnání s aktivovaným kalem má větší styčnou plochu a delší dobu zdržení. Výsledky stanovení obsahu těžkých kovů jsou uvedeny v tabulce č. 64.

KČOV	Mokrovraty	Přítok (mg/l)	Sediment (mg/kg sušiny)	Odtok (mg/l)	Účinnost odstranění (%)	
	Pb	17	0,12	1,2	93	
	Cd	26	0,96	2,1	92	
	Zn	12	230	0,5	96	
	Hg	0,08	10	0,01	88	
	Kotenčice					
	Pb	10,1	1	0,3	97	
	Cd	39,5	0,22	0,6	98	
	Zn	16,2	196	3,6	78	
	Hg	0,96	8,3	0,003	100	
Mech.biolog. ČOV	Jesenice	Přítok	Kal	Odtok	Účinnost odstranění (%)	
	Pb	6,3		0,1	0,01	100
	Cd	22,8		0,05	1,3	94
	Zn	120		0,98	15	88
	Hg	0,012		0,12	0,002	83
	Višňová					
	Pb	7,1		0,05	0,5	93
	Cd	2		0,01	0,5	75
	Zn	32		0,63	4,7	85
	Hg	0,008		0,03	0,001	88

Tab. č. 64 Výsledky stanovení obsahu těžkých kovů na přítoku, odtoku a v sedimentu/kalu čistírny

6.3 Telefonický průzkum

Celkem bylo obvoláno 75 provozovatelů obecních čistíren z celé ČR. Výsledky telefonického průzkumu jsou uvedeny v tabulce č. 65.

Provoz KČOV	
<i>Obec</i>	75%
<i>Externí firma</i>	25%
Výstupní parametry	
<i>Splňující limity</i>	87%
<i>Špatné</i>	13%
Problémy	
<i>Bez problémů</i>	64%
<i>Problémy</i>	36%
<i>Kolmatace</i>	18%
<i>Průmyslové OV</i>	4%
<i>Malý nátok</i>	2%
<i>Jiné</i>	12%

Tab. č. 65 Výsledky telefonického průzkumu

7 Diskuze

7.1 Srovnání ekonomických nákladů

Bylo provedeno srovnání dvou typů malých čistíren odpadních vod jednak v oblasti ekonomické a jednak v oblasti hodnocení efektivity čištění. Práce vycházela z podrobné literární rešerše, jejíž výsledky můžeme shrnout do následujících bodů:

- kořenové čistírny jsou zvláště vhodné u menších obcí s relativním dostatkem volných ploch - a samozřejmě u jednotlivých rodinných domů nebo jejich skupin. Důvodem je, že vyžadují poměrně velkou plochu - na jednoho ekvivalentního obyvatele je to minimálně 5 m².
- kořenové čistírny čistí velmi dobře splaškové odpadní vody, ale i splachy z ulic, parkovišť a dalších zpevněných ploch. Dobře postavené kořenové čistírny jsou co do účinnosti srovnatelné s klasickými čistírnami. Vysokou účinnost mají zvláště při odstraňování fekálního znečištění, ale dovedou si poradit i s detergenty z myček a praček a s běžným znečištěním.
- výhodou kořenových čistíren je malá náročnost na obsluhu, podstatně nižší než u klasických čistíren - jednou či dvakrát týdně je třeba vyregulovat hladinu vody v čistírně, odstranit shrabky a případně jednou za rok posekat rostliny,
- důležité pro rozhodování o výstavbě jsou samozřejmě investiční a provozní náklady. Vzhledem ke stále stoupající ceně zemních prací, filtračního materiálu, rostlin a jejich dopravy se dnes cena za 1 m² filtračních polí pohybuje v rozmezí 1 000 - 1 500 Kč a cena na jednoho ekvivalentního obyvatele tak vychází na 4 - 6 000 Kč.
- nástup kořenových čistíren byl ve všech zemích EU poměrně pomalý. Zlom nastává zpravidla v okamžiku, kdy se podaří prolomit odpor místní "betonové lobby" často s vazbami na státní aparát. Potom se počet kořenových čistíren najednou explozivně zvyšuje. Příkladem může být Rakousko, kde ročně přibývalo 3 - 5 kořenových ČOV, a pak najednou v r. 1995 se jich postavilo na osmdesát. Prudký nárůst je ostatně patrný i u nás,
- po velmi opatrném nástupu v letech 1989 - 91 se počet KČOV každoročně zvyšoval a dnes jich fungují téměř dvě stovky. Jen za rok 1996 jich u nás přibýlo

minimálně deset. V tomto jsou ale zahrnuty jen větší čistírny. Kolik lidí si kořenovou čistírnu postavilo u svého rodinného domku, se dá jen obtížně vysledovat. Zároveň se už stabilizoval okruh projektantů a stavitelů, kteří dovedou dobře fungující čistírnu vyprojektovat a uvést do provozu.

Obecně můžeme říci, že každá kořenová čistírna je v podstatě originální stavba a její cena a použitá technologie odráží specifika místa, kde je postavena. Zatímco klasické mechanicko-biologické čistírny jsou projektovány podle normovaných projektů, kořenové čistírny je třeba projektovat jednotlivě, podle místních podmínek. Literární zdroje uvádí rozmezí investičních nákladů pro kořenové čistírny v České republice přepočítané na 1 EO od 4 166 Kč do 48 000 Kč (*Vymazal J., 2009-3*). Podle výsledků sledování v DP se investiční náklady pro všechny velikostní kategorie pohybují v rozmezí od 13 000 do téměř 58 000 Kč. Průměrné investiční náklady na jednoho EO u tří velikostních kategorií jsou u malých KČOV 38 550 Kč, 28 756 Kč u středních a 15 730 Kč u velkých. Je tedy zřejmé, že tyto náklady odpovídají literaturou deklarovanému rozmezí. Další studie (*Rousseau et. al. 2004*) uvádí průměrné investiční náklady pro stavbu KČOV 1258 €/EO, při přepočtu (1€ = 26 Kč), dostáváme částku 32 708 Kč/EO, což vcelku odpovídá naměřeným hodnotám.

Silva and Braga 2006 uvádí závislost mezi velikostí filtračního pole a investičními náklady. Se zvětšující-se plochou filtračního pole klesají investiční náklady. Také tento trend lze pozorovat u výsledků této diplomové práce, investiční náklady/EO jsou nejnižší právě v kategorii velkých čistíren od 500 do 1500 EO. Podle Kropfelové a Vymazala (*Kropfelova, Vymazal 2008*), jsou náklady na stavbu kořenových čistíren v České republice ve srovnání s jinými evropskými státy podstatně vyšší.

Co však je příčinou takto vysokých částek? Největší investicí je dle literárních zdrojů nepochybně filtrační pole, z celkových investičních nákladů může až 50% tvořit filtrační materiál (šterk, kačírek aj.) a jeho doprava na místo stavby. Velmi významnou položku v ČR tvoří zemní práce, jejichž cena je u nás podstatně vyšší než v ostatních státech EU. Další náklady představuje podkladová folie, geotextilie, rozvodné trubky a drenáže. Je však důležité si uvědomit, že právě zemní práce, filtrační materiál a jeho doprava je položka tvořící největší část investičních nákladů, je ovlivnitelná podmínkami a místem stavby čistírny (*Vymazal J., 2009-3*). Celkové investiční náklady také ovlivňuje správný výběr vhodného místa pro stavbu, který může snížit velmi významně náklady na zemní práce, výstavbu komunikace a druhu použité folie (*Carl DuPoldt et al.*). Nesmíme také zapomenout na fakt, že KČOV oproti klasickým ČOV zabírají více místa, a proto je nutné uvažovat i cenu za použitý pozemek. Ve

většině případů je pozemek ve vlastnictví obce nebo státu. Vzhledem k záboru nejčastěji zemědělských ploch však cena za případný odkup pozemků u obcí není vysoká. V případě záboru pozemků ve vlastnictví státu např. Pozemkového fondu ČR a souladu s územním plánem jsou převedeny tyto pozemky na obec zdarma (Křšňák J., 2010).

Mechanicko-biologické čistírny jsou ve své postatě mnohem složitější, jak z hlediska stavby, tak i provozu. Nejvyšší investiční položkou je nepochybně technologie, která je v současné době nejčastěji dodávána kompletně od výrobce a osazovaná do k tomuto účelu postavených objektů. Dnes, kdy je na trhu celá řada různých technologií, je cenové rozmezí použité u konkrétní čistírny rozdílné. Další značnou položkou je také stavba objektu, komunikace, přípojka pitné vody a elektřiny. Avšak z výsledků je zřejmé, že investiční náklady mechanicko-biologických čistíren přepočítaných na 1 EO jsou oproti cenám KČOV výrazně nižší. Nejvyšší rozdíl je patrný u kategorie středních čistíren, kdy jsou investiční náklady kořenových čistíren dokonce o celých 130% vyšší, než náklady na stavbu klasických ČOV. Je otázkou, zda je takto vysoká rozdílnost dána výběrem zkoumaných čistíren. Dle mého názoru musíme brát v potaz, že právě v této kategorii středních KČOV jsou zástupci čistíren, které byly postaveny v první polovině devadesátých let. V této době, kdy se kořenové čistírny teprve začínaly stavět, byla technologie ve srovnání s dneškem rozdílná a možná i dražší. Je také nutno zmínit, že přepočítávání cen cenovými indexy nemusí být vždy přesné. Srovnávané čistírny ze skupiny klasických mechanicko-biologických ČOV jsou naopak postaveny teprve nedávno, až po roce 2000, kdy se dá říci, že je technologie na jiné úrovni než v devadesátých letech. I některé literární zdroje uvádí, že investiční náklady kořenových čistíren jsou ve většině případů vyšší a proto jejich ekonomická výhodnost je dána pouze nižšími provozními náklady (Křšňák J., 2010).

Další velikostní kategorie čistíren to jenom potvrzují. Malé čistírny odpadních vod do 10 EO, jsou patrně nejproblematictější, pokud jde o vyjádření nákladů jak investičních, tak provozních. Velkou roli zde hraje rok výstavby, dále druh a kvalita mechanického předčištění a konečně i získané údaje. Vzhledem k tomu, že údaje o provozu čistírny jsou většinou získány od provozovatele, což je v tomto případě majitel domku-laik rodinný příslušník, nemusí být jasné, co všechno je do provozních nákladů zahrnováno. Dalším problémem je i vyjádření cen jako průměru. U KČOV je každá čistírna originál a její náklady jak investiční, tak provozní se mohou výrazně měnit podle použité technologie, ale i podle místa stavby. Podle získaných výsledků mají námi vybrané malé kořenové čistírny investiční náklady o 47% vyšší. Všichni zástupci obou skupin čistíren, mimo KČOV Žitenice, jsou nové, postavené v roce 2008 nebo v roce 2009. Dá se tedy říci, že ceny nejsou znatelně ovlivněny vývojem technologie a

přepočtem cenovými indexy, přesto jsou investiční náklady KČOV zřetelně vyšší. Také kategorie velkých čistíren má investiční náklady u KČOV vyšší a to o celých 70%. Domníváme se, že tyto rozdíly mohou být způsobeny cenami zemních prací, které se v posledních letech podstatně zvýšily.

Provozní náklady kořenových čistíren jsou jejich velkou ekonomickou výhodou oproti klasickým mechanicko-biologickým ČOV. Provozní náklady tvoří vlastně jen kontrolní chemické rozbory vody, vývoz kalu z předčištění, mzdy pro obsluhu a náklady na sekání vegetace a údržbu. Díky malé náročnosti na údržbu a provoz, (ve většině případů provozuje obec KČOV sama), jsou náklady velmi nízké.

Jak vyplynulo z telefonického průzkumu, v 75% případů si KČOV obec sama provozuje a pouze v 25% případů provozuje KČOV externí provozovatel. Další velkou výhodou je téměř nulová spotřeba elektrické energie, která u klasických čistíren tvoří velkou část provozních nákladů. Ve studii (*Beneš J., 2008*) je uvedeno na základě údajů z 28 KČOV, že průměrné roční provozní náklady jsou 385 Kč/EO. Z výsledků této práce je většina zjištěných průměrných ročních provozních nákladů poněkud optimističtější. Například pro kategorii středních čistíren jsou průměrné roční provozní náklady 204 Kč/EO a pro kategorii velkých čistíren je to pouhých 197 Kč/EO. Kategorie malých čistíren se z tohoto průměru vymyká, průměrná částka za roční provoz je u nich 603 Kč. Důvodů je jistě celá řada, ale hlavním důvodem patrně bude nízká kvalita získaných dat. Provozování malé KČOV je prakticky v rukou laiků, a tak i údaje o provozních nákladech jsou často zkreslené.

Jiná studie uvádí roční provozní náklady pro čistírnu o velikosti 1000 EO 4 769\$, po přepočítání na Kč/EO (1 \$= 21 Kč) vychází roční provozní náklady přibližně 100 Kč/EO. Tato částka je oproti zjištěným výsledkům v této práci opravdu nízká. Studie je však již 8 let stará, proto se dá říci, že její výsledky mohou být zkreslené (*Platzer M., et al. 2002*).

U klasických mechanicko-biologických čistíren jsou provozní náklady z velké části tvořeny cenou za spotřebovanou elektrickou energii, která zajišťuje provoz aerace a čerpadel. Velkou část provozních nákladů dále tvoří náklady na mzdy pracovníků obsluhy, opravy a údržby technologií a rozbory vod. Je zřejmé, že se složitějším systémem, kterým opravdu mechanicko-biologické čistírny jsou, je třeba počítat s náročnější obsluhou a to i časově. Složitější technologie také vyžaduje náročnější opravy a celkově náročnější obsluhu. Ve studii, která srovnává právě ekonomické náklady dvou typů čistíren je uvedeno, že provozní náklady mechanicko-biologických čistíren oproti kořenovým jsou čtyřikrát vyšší (*Zhou J., et al. 2009*). Podle ceny za provoz čistíren se vypočítává cena stočného, záleží však na obci, zda promítne do

stočného nižší provozní náklady u KČOV. Ponecháním vyšších cen stočného, si obec může střídat na celkovou rekonstrukci, či na splácení vyšších investičních nákladů. (Kršňák J., 2010).

Vzhledem k nižším investičním nákladům u KČOV bylo vypočítáno, po kolika letech dochází ke srovnání celkových nákladů mezi oběma typy čistíren. V literatuře se uvádí průměrná životnost kořenových čistíren více než 30 let. Poté dochází k zakolmatování kořenového lože a je nutná celková rekonstrukce. Celková rekonstrukce zahrnuje vyprání, úplnou výměnu, nebo vymrznutí šterkové náplně a její navrácení zpět do filtru. Podle zjištěných celkových nákladů u kategorie středních čistíren vyšlo, že tato investice do KČOV se srovná s celkovými náklady mech-biol. čistírny po 3 letech provozu. Ve studii (Reckerzügl and Bringezu, 1998) je uvedeno, že vyrovnání nákladů u KČOV nastane již po jednom roce provozu. U velkých čistíren je návratnost po 10 letech provozu.

Celá analýza má však i svá omezení, které mohou jednotlivé výsledky zkreslit. Je nutno si uvědomit, že přepočet nákladů na současné ceny pomocí cenových indexů může vést ke zkreslení (převážně při převodu cen z 90.let), srovnání také nebere v úvahu použití rozdílných technologií. Poskytnuté údaje o investičních a provozních nákladech byly dodány majiteli nebo provozovateli jednotlivými čistírnami v rozdílné kvalitě. Počet vzorků (3 čistírny od každého typu a velikosti) nemusel být dostatečný.

Srovnání investičních a provozních nákladů také nezahrnuje ostatní ekonomické náklady, které jsou obtížně vyčíslitelné (vliv na životní prostředí, estetické hledisko, zápach, potřebnou zabranou plochu apod.). Tato práce taktéž nehodnotí případné přínosy jednotlivých čistíren.

7.2 Posouzení a srovnání účinnosti

Správně fungující čistírna musí splňovat emisní standardy dané místním vodoprávním úřadem. V práci jsou tyto údaje vypsány pro každou čistírnu zvlášť v kapitole výsledků. K výsledkům je nutno dodat, že všechny sledované čistírny dlouhodobě splňují emisní limity.

Podle literárních zdrojů se efektivita čištění hlavních sledovaných látek u KČOV liší v různých zemích. Podle české studie (Vymazal J., 2002) je průměrná efektivita odstranění BSK₅ v ČR vypočítaná z výsledků 55 zástupců čistíren 88%, v Bavorsku 79,6% a nejvyšší efektivita je dosahována u čistíren ve Švédsku 92,7%. Podle výsledků DP, je u kategorie středních čistíren tato efektivita 92% a u kategorie velkých čistíren 85%, což v průměru odpovídá deklarovaným výsledkům v České republice. Mechanicko-biologické čistírny dosahují výsledků téměř stejných jako čistírny kořenové. V průměru je u středně velkých čistíren

efektivita odstranění BSK₅ 92%, tedy shodná s výsledkem středně velkých kořenových čistíren. U kategorie velkých čistíren je efektivita odstranění BSK₅ pouze o 2% vyšší, tedy 87%.

Odstraňování CHSK_{Cr} je dle stejné studie u 53 zástupců KČOV v ČR průměrně 75%. Ve výsledcích je tato efektivita u středně velkých čistíren 83%, což je oproti výsledku 91% u stejné kategorie klasických čistíren hodnota poněkud horší. Avšak ve srovnání s literaturou přesahuje i výsledek u KČOV literaturou deklarovanou průměrnou hodnotu. To však neplatí u kategorie velkých čistíren, kde efektivita čištění u KČOV odpovídá hodnotě v literatuře, tedy 75%. U velkých mechanicko-biologických ČOV je efektivita odstranění CHSK_{Cr} opět vyšší a to celých 95%. Důvodem může být například vyšší rozmanitost osídlení mikroorganismy v aktivovaném kalu a tedy lepší schopnost odstranit i obtížněji biologicky rozložitelné látky. Nerozpuštěné látky jsou z KČOV dle literatury odstraňovány s efektivitou 84%. Z výsledků vyplývá, že jak KČOV, tak klasické ČOV dosáhly stejných hodnot. U střední kategorie je to 94% a u kategorie velkých čistíren 92%.

7.3 Odstraňování těžkých kovů

Podle naměřených hodnot přítoku a odtoku byla vypočítána účinnost odstranění hlavních těžkých kovů. V pákistánské studii (*Khan et al., 2009*) byla účinnost odstranění kadmia v kořenové čistírně změřena na 92%. Tomu odpovídají i výsledky rozborů, kdy bylo kadmium odstraněno s účinností 92% u KČOV Mokrovraty. V Koteňické čistírně byla účinnost odstranění Cd dokonce 98%. V jiné studii byla změřena průměrná účinnost odstranění těžkých kovů ze tří českých kořenových čistíren. Olovo bylo odstraněno s účinností 62,6%, zinek 78,3% a rtuť 38,6%. Tyto výsledky jsou v porovnání s naměřenými hodnotami v této práci rozdílné a účinnost odstranění v literatuře je horší (*Kropfelova L., et al. 2009*). Pro porovnání, v KČOV Mokrovraty byla naměřena účinnost odstranění olova 93% a v Koteňické čistírně dokonce 97%. Hodnoty odstranění rtuti jsou v Mokrovratech 88% a v Koteňicích dokonce 100%.

Studie, zabývající se účinností odstranění těžkých kovů v mechanicko-biologických čistírnách, byla provedena ve Francii. Průměrně bylo čistírnou odstraněno 89% olova a 57% obsahu kadmia. Porovnávané čistírny Višňová a Jesenice jsou účinnější, zde účinnost dosahovala pro olovo 97% a 100% a pro kadmium 94% a 75%. Horších výsledků dosahovala čistírna ve Višňové (*Buzie R., et al. 2006*).

Oliver a Cosgrove ve své studii (*Oliver and Cosgrove, 1973*) uvádí průměrnou účinnost z třítydenní studie a to pro odstranění zinku 77% a rtuti 85%. Rtuť odpovídá i námi naměřeným hodnotám u ČOV Jesenice 83% a ČOV Višňová 88%. V průměru nejlépe odstraňuje těžké kovy

kořenová čistírna v Kotenčicích, nejhůře mechanicko-biologická čistírna ve Višňové. Kořenové čistírny odstraňují těžké kovy v průměru účinněji než mechanicko-biologické čistírny. Je to nejspíš z důvodu delšího zdržení odpadní vody v kořenovém poli.

7.4 Výhody a nevýhody obou systémů

Který systém se tedy vyplatí? Je výhodnější postavit kořenovou čistírnu, nebo zůstat u klasické varianty? Zkusme se zaměřit na zjištěná fakta. Argumentem pro stavbu klasické čistírny jsou podle výsledků DP nižší investiční náklady na stavbu a podstatně menší nároky na zastavěnou plochu.

Nároky na plochu lze hodnotit jako individuální problém stavebníka. Některé obce, vlastní příhodné pozemky, vhodné pro stavbu čistírny, nebo mají možnost výhodně odkoupit potřebný pozemek. Pokud obec tuto možnost nemá, je pro ni snadnější postavit klasickou mechanicko-biologickou ČOV.

Jiná je situace u majitelů rodinných domů nebo rekreačních objektů. Výstavba KČOV je v tomto případě nejen technickým řešením, ale dobře navržená KČOV je i estetickým přínosem a řešením závlahy pozemků. Estetická stránka kořenových čistíren je jejich velkou výhodou nejen proto, že tvoří nový ekosystém a tím i biotop pro mnoho organismů, ale i její zapojení je nenásilné. Podle studie si majitelé obecní kořenové čistírny v Thajsku dokonce vydělávají na provoz pěstováním okrasných květin v kořenovém poli (*Rousseau D., et al., 2008.*)

Je třeba připustit, že i dnešní podoba klasických mechanicko-biologických čistíren je vedena snahou o minimální narušení krajinné rázu. Obecní čistírny jsou stavěny do malých domečků, které jsou na první pohled k nerozeznání od klasických obytných domů ve venkovské zástavbě. Domovní čistírny bývají umístěny v zemi, takže jediné co z nich je vidět, je plastový nebo dřevěný poklop.

Podle telefonického průzkumu bylo zjištěno, že provozní problémy má pouze 36% kořenových čistíren a nejčastěji se jednalo o kolmataci, tedy o postupném ucpávání kořenového lože. Dalším zajímavým výsledkem je plnění emisních limitů u 87% oslovených případů.

Z uvedeného je tedy zřetelné, že velice záleží na specifických podmínkách místa výstavby, které v podstatě rozhodne o volbě vhodnější varianty čistírny. Kořenové čistírny jsou

ekologičtější, potřebují však velký prostor a u nejmenších domovních KČOV nebylo v naší studii jednoznačně prokázáno, že jde o ekonomičtější variantu. U velkých čistíren po delší době provozu jsou vyšší investiční náklady navraceny. Tato varianta je tedy vhodná do obcí, které vlastní nebo mají možnost odkoupení dostatečně velkého pozemku, chtějí si čistírnu provozovat sami s minimálními náklady a vyhovuje jim jejich estetická a ekologická funkce. U domovních čistíren jsou vhodným řešením do větších zahrad a výhodou je estetický vjem a ekologičtější způsob čištění s minimální spotřebou elektrické energie.

Mechanicko-biologické čistírny zabírají méně místa, domovní čistírny jsou prokazatelně levnější jak na provoz, tak na investici. Velké a střední čistírny mají prokazatelně vyšší provozní náklady s nutností napojení na elektrickou energii. Co se týče účinnosti čištění, nebyl prokázán velký rozdíl mezi oběma druhy čistíren. Výstavba mechanicko-biologických čistíren je vhodná v obcích s drahými pozemky nebo tam, kde není vhodný prostor a podmínky pro stavbu KČOV.

Výsledky diplomové práce nepřinesly jednoznačnou odpověď na původně zadaný úkol, tj. dokázat, že kořenové čistírny odpadních vod jsou výhodnější než klasické čistírny mechanicko-biologické. Podle našich výsledků lze kořenové čistírny považovat za levnější až po delší době provozu, hlavně u kategorie velkých čistíren. Účinnost čištění kořenových čistíren se ukázala jako srovnatelná s účinností klasických ČOV. Rozhodující roli při rozhodování budou hrát jistě náklady na stavbu a provoz, a v současné době patrně nebude nezajímavé ani hledisko ekologické a estetické.

8 Závěr

Bylo provedeno srovnání mechanicko-biologických a kořenových čistíren odpadních vod jednak podle ekonomických ukazatelů, jednak podle účinnosti čistícího procesu. Výsledky lze shrnout do následujících bodů:

- podle ekonomických ukazatelů stavba kořenových čistíren (patřící do kategorie malých KČOV 1-10 EO) není výhodnější variantou oproti mechanicko-biologickým čistírnám a to jak z hlediska investičních, tak i provozních nákladů. Faktem však je, že právě u těchto nejmenších KČOV jsou údaje o veškerých nákladech a provozu nejméně přesné. Pro přesnější a průkaznější výsledky by bylo třeba pracovat s podstatně větším souborem nejmenších KČOV, což by znamenalo získat údaje od soukromých vlastníků. Znamenalo by to zdoluhavý sběr dat v rodinných domech a malých rekreačních zařízeních. To ale nebylo předmětem DP,

- investiční náklady na stavbu kořenových čistíren jsou u všech velikostních kategorií vyšší – ovlivňuje to hlavně vysoká cena za zemní práce a cena pozemku,
- provozní náklady jsou u kategorie středních a velkých kořenových čistíren nižší. Je to dáno především úsporou za elektrickou energii a menší náročností na obsluhu. Podle telefonického průzkumu je 75% obecních KČOV provozováno přímo majitelem - obcí,
- k vyrovnání celkových nákladů mezi oběma typy čistíren dochází u kategorie středních KČOV po 3 letech, u velkých čistíren je to po 10 letech provozu
- účinnost odstranění BSK₅ a NL je u obou posuzovaných druhů čistíren ve všech velikostních kategoriích srovnatelná, účinnost odstranění CHSK_{Cr} je vyšší u mechanicko-biologických čistíren
- účinnost odstraňování těžkých kovů je dle provedených rozborů vyšší u zástupců kořenových čistíren

Na závěr je možno konstatovat, oba typy čistíren mají své výhody a nevýhody a nelze bez předchozího průzkumu jednoznačně doporučit, který typ je výhodnější. Budoucí majitel čistírny by si měl vždy nechat vypracovat předběžnou projektovou dokumentaci (studii) a na základě ní se rozhodnout pro výhodnější typ čistírny

9 Seznam literatury

- AMBROŽOVÁ J., HUBÁČKOVÁ J., 2003: Aplikace vzdušné flotace na různých typech vod.- VII.Mezinárodní vodohospodářská konference VODA ZLÍN 2003, 26.-27.3.2003: p. 75-81
- BENEŠ, J., 2009: Kořenové čistírny odpadních vod. Evidence a hodnocení existujících KČOV v ČR. MŽP ČR, v tisku.
- BRIX H., ARIAS C.A., 2005: The use of vertical flow constructed wetlands for on-site treatment of domestic wastewater: New Danish guidelines, Ecological Engineering 25 (2005) 491–500
- BUZIE R., TUSSEAU-VUILLEMIN M., MERIADEC M., ROUSSELOT O., MOUCHEL J.,2006: Trace metal speciation and fluxes within a major French wastewater treatment plant: Impact of the successive treatments stages, Chemosphere 65 (2006) 2419–2426
- ČÍŽEK, P., HEREL, F., KONÍČEK, Z., 1970: Stokování a čištění odpadních vod, monografie, SNTL, Praha, 400 s.
- DUPOLDT C., ET AL.: A handbook of constructed wetland, a guide to creating wetlands for: agricultural wastewater, domestic wastewater, coal mine drainage, stormwater in the Mid-Atlantic Region, Volume 1, 53 pages
- FÍŠER M., 2000: Modernizace čistírny odpadních vod u podniku Vodovody a kanalizace a.s. Mladá Boleslav, Diplomová práce, ČZU – katedra technologických zařízení staveb, Praha
- FRINTOVÁ K., 2007: Čištění odpadních vod, Diplomová práce, Masarykova Univerzita v Brně, Pedagogická fakulta, katedra chemie
- GELT J., 1997: Constructed Wetlands: Using Human Integrity, Natural Processes to Treat Water, Build habitat, Arroyo, March , Vol. 9, No.4
- GHERMANDI A.,BIXIO D.,THOEYE C., 2007: The role of free water surface constructed wetlands as polishing step in municipal wastewater reclamation and reuse, Science of the Total Environment 380 (2007) 247–258

- GUO CH. H., STABNIKOV V., IVANO V., 2010: The removal of nitrogen and phosphorus from reject water of municipal wastewater treatment plant using ferric and nitrate bioreductions, *Bioresource Technology* 101 (2010) 3992–3999
- HAMODA M. F., GHUSAIN I., AL-MUTAIRI N.Z., 2004: Sand filtration of wastewater for tertiary treatment and water reuse, *Desalination* 164 (2004) 203-211
- HLAVÍNEK P., 2000: Možnosti čištění odpadních vod z malých sídel a obcí, sborník přednášek Luhačovice, NOEL, 73 str.
- HLAVÍNEK P., Moderní metody čištění odpadních vod s ohledem na eliminaci dusíku a fosforu, 25 Str.
- HUANG J., RENEAU R. B. JR., HAGEDORN C., 2000: Nitrogen removal in constructed wetlands employed to treat domestic wastewater, *Wat. Res.* Vol. 34, No. 9, pp. 2582±2588, 2000
- CHAN S. Y. at. al., 2008: Performance study of vegetated sequencing batch coal slag bed treating domestic wastewater in suburban area, *Bioresource Technology* 99 3774–3781
- CHAN Y., CHONG M., LAW CH., HASSELD., 2009: A review on anaerobic–aerobic treatment of industrial and municipal wastewater, *Chemical Engineering Journal* 155 (2009) 1–18
- CHUDOBA J., 1991: Odpadní vody a jejich čištění, Praha 1991
- JÁSEK J., 2006: Sto let moderního kanalizačního systému, *SOVAK*, 6/2006, 1-7
- KISTEMANN T., RIND E., RECHENBURG A., KOCH CH., CLAßEN T., HERBST S., WIENAND I., EXNER M., 2008: A comparison of efficiencies of microbiological pollution removal in six sewage treatment plants with different treatment systems, *Int. J. Hyg. Environ. Health* 211 (2008) 534–545
- KOČKOVÁ et al., 1994: Vegetační kořenové čistírny odpadních vod. Edice Obnova venkova, Min. zemědělství ČR, Praha, str. 67.
- KRÁSA P., 1997: Kořenové čistírny a možnost jejich využití, Bakalářská práce, ÚŽP PŘF UK Praha

- KROPFELLOVA L., VYMAZAL J., SVEHLA J., STYCHOVA J., 2009: Removal of trace elements in three horizontal sub-surface flow constructed wetlands in the Czech Republic, *Environmental Pollution* 157 (2009) 1186–1194
- KRŠŇÁK J., 2010: kořenové čistírny odpadních vod – ekonomika výstavby a provozu, *Obec a Finance*, 6/2010
- LEE CHANG-GYUN, FLETCHER T.D, SUN GUANGZHI, 2009 : Nitrogen removal in constructed wetland systems, *Eng. Life Sci.* 2009, 9, No. 1, 11–22
- MACH M., 2003: Umělý mokřad krajinně sluší, *Ekolist*, 8/2003, č. 11, s. 20–21.
- MAINE M. A. at al., 2007: Removal efficiency of a constructed wetland for wastewater treatment according to vegetation dominance, *Chemosphere* 68 1105–1113
- MUGA H., MIHELIC J., 2008: _ Sustainability of wastewater treatment technologies, *Journal of Environmental Management* 88 (2008) 437–447
- MUNDOKOVÁ M., 2009: Stavba a funkce kořenových čistíren odpadních vod na příkladu dvou staveb v biosférické rezervaci Třeboňsko, *Bakalářská práce, JČU Zemědělská fakulta, České Budějovice*
- OLIVER B., COSGROVE E., 1973: The efficiency of heavy metal removal by a conventional activated sludge treatment plant, *Water Res.* 8 (1974), pp. 869–
- PARK CH., HONG S.W., CHUNG A., CHOI Y.S., 2010: Performance evaluation of pretreatment processes in integrated membrane system for wastewater reuse, *Desalination* 250 (2010) 673–676
- PELIKÁN P., 2004: Kořenové čistírny odpadních vod, *Konf. Voda a krajina II. Veronica, Brno*, 42-45
- PELL M., WORMAN A., 2008: Biological Wastewater Treatment Systems, *Encyclopedia of ecology*, 426-441
- PG&E, 2003: New construction – Energy management program, *Municipal Wastewater Treatment Plant Energy Baseline Study, San Francisco*

- PLATZER M., CACERESY V., FONG N. AND HABERL R.,2002: Investigations and experiences with subsurface flow constructed wetlands in Nicaragua, Central America. Proc. 8th IWA International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, Arusha, Tanzania,1 (2002) 350–365.
- RECKERZÜGL T., BRINGEZU, S., 1998: Vergleichende Materialintensitätsanalyse verschiedener Abwasserbehandlungssysteme, GWF-Wasser/Abwasser 139: 706-713.
- ROUSSEAU, VANROLLEGHEM, PAUW, 2004: Constructed wetlands in Flanders: A performance analysis. Ecol. Eng., 23(3) (2004) 151–163.
- ROUSSEAU D., LESAGEB E., STORYC A., VANROLLEGHEME P., PAUWC N.,2008: Constructed wetlands for water reclamation, Desalination 218 (2008) 181–189
- ŘÍHOVÁ, AMBROŽOVÁ J., 2007: Čištění odpadních vod. From *Encyklopedie hydrobiologie : výkladový slovník* [online]. Praha: VŠCHT Praha, 2007 [cit. 2010-04-02].
- SARDAR K., IRSHAD A., TAHIR S., SHAFIQR R., ABDUL K., 2009: Use of constructed wetland for the removal of heavy metals from industrial wastewater, Journal of Environmental Management 90 (2009) 3451–3457
- SILVA, N., BRAGA, J. 2006: Construction and maintenance costs of constructed wetlands in the centre of Portugal, in: *Proc. 10th Internat. Conf. Wetland Systems for Water Pollution Control*, MAOTDR 2006, Lisbon, Portugal, pp. 149-157.
- SIMERAL K.D., 1998: Using constructed Wetlands for Removing Contaminants from Livestock Wastewater, Ohio State University Fact Sheet, A-5-98
- SOMMER L., 1993: Malé čistírny odpadních vod, Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, 186 str.
- SÖTEMANN, WENTZEL, EKAMA, 2006: Mass balance – base plant – wide wastewater treatment plant models – Part 4: Aerobic digestion and primary and waste activated sludge, South Africa, Water research, Vol. 32, 297-306, 9 s.

- SUNDARAVADIVEL M., VIGNESWARAN S., 2001: Constructed Wetlands for Wastewater Treatment, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 31:4,351 – 409
- TEGEGNE B., BRUGGEN H., KEEFFE J., WASALA W.,2008: A Constructed Wetland for Wastewater Treatment Emphasis on Optimization of Nitrogen Removal, *Water Mill Working Paper Series*, 2008, no. 6
- VODA A KRAJINA, 2001, ZO ČSOP Veronica, Brno 2001, 12 str.
- VYMAZAL J., 1995: Čištění odpadních vod v kořenových čistírnách. Třeboň, 146 str.
- VYMAZAL J., 2002: The use of sub-surface constructed wetlands for wastewater treatment in the Czech Republic: 10 years of experience, *Ecological Engineering* 18 (2002) 633–646
- VYMAZAL J., 2004: Kořenové čistírny odpadních vod, ENKI, Třeboň, 14 str.
- VYMAZAL J., 2005: Constructed wetlands for wastewater treatment, *Ecological Engineering* 25 (2005) 475–477
- VYMAZAL J., 2007: Various types of constructed wetlands, *Science of the Total Environment* 380 (2007) 48–65
- VYMAZAL J., 2009 - 1: The use constructed wetlands with horizontal sub-surface flow for various types of wastewater, *Ecological Engineering* 35 (2009) 1–17
- VYMAZAL J., 2009 - 2: Constructed wetlands with horizontal subsurface flow in the Czech Republic, Two long-term case studies, *Desalination and Water Treatment*, 4 (2009) 40–44
- VYMAZAL J., 2009 – 3: Kořenové čistírny odpadních vod: Dvacet let zkušeností v České republice,vh 4/2009
- VYMAZAL, J. A KRÖPFLOVÁ, L., 2008: Wastewater Treatment in Constructed Wetlands with Horizontal Sub-Surface Flow. Springer, Dordrecht, Nizozemí, 576 p.
- Wetlands and wastewater treatment in Alaska, 2005, *Agroborealis* vol.36, nb.2, pp. 13-19
- ZESSNER, M., LINDTNER, S., 2003: A method for load estimations of municipal point source pollution, mezinárodní konference, Olomouc
- ZHOU J., JIANG M., CHEN B., CHEN G.,2009: Energy evaluations for constructed wetland and conventional wastewater treatments,

Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation 14 (2009)
1781–1789.

- **INTERNETOVÉ ZDROJE**

(1) <http://www.biotes.com/>

(2) <http://kcov.wz.cz/KCOV.php>

(3) <http://www.fs.cvut.cz/cz/U218/pedagog/predmety/5rocnik/tov/exkurse/ekotmuse.htm>

(4) <http://www.envi-pur.cz>

(5) <http://www.eko-technologie.cz/envipur/domovni.htm>

10 Přílohy

10.1 Souhrnná tabulka výsledků

KATEGORIE ČISTÍREN 0 - 10 EO						
Čistírna	KOŘENOVÉ ČISTÍRNÝ			MECHANICKO - BIOLOGICKÉ ČISTÍRNÝ		
	BOHUMILEČ	PRAHA 6	ŽITENICE	ENVI-PUR	TOPOL WATER	BUŠOVICE
Průměrný přítok (m ³ /den)	0,6	1,35	0,6	0,6	0,75	1
Počet EO	4	9	9	4	5	4
Cena investice - úroveň roku 2009	144 088 Kč	520 817 Kč	195 840 Kč	67 627 Kč	156 763 Kč	120 627 Kč
Investice/EO (2009)	36 022 Kč	57 869 Kč	21 760 Kč	16 907 Kč	31 353 Kč	30 157 Kč
Investiční náklady	144 088 Kč	520 817 Kč	80 000 Kč	67 627 Kč	153 089 Kč	117 800 Kč
Rok stavby	2009	2009	1993	2009	2008	2008
Cena provozu - úroveň roku 2009	4 000 Kč	3 000 Kč	4 280 Kč	1 242 Kč	3 410 Kč	1 629 Kč
Provozní náklady/EO (2009)	1 000 Kč	333 Kč	476 Kč	311 Kč	682 Kč	407 Kč
Provozní náklady	4 000 Kč	3 000 Kč	4 000 Kč	1 242 Kč	3 410 Kč	1 629 Kč
Rok provozu	2009	2009	2007	2009	2009	2009
Cena za 1 m ³ vyčištěné vody	18,26 Kč	6,09 Kč	19,54 Kč	5,67 Kč	12,46 Kč	4,46 Kč
Vyčištěná voda m ³ za rok/EO	54,75	54,75	24,33	54,75	54,75	91,25
Účinnost odstranění BSK	85%	85%	96%	N	98%	91%
Mn. odstraněné BSK g/den	0,1	0,23	0,2	N	N	0,28
Účinnost odstranění CHSK	81%	79%	92%	N	95%	61%
Mn. odstraněné CHSK g/den	0,3	0,57	0,4	N	N	0,19
Účinnost odstranění NL	89%	88%	96%	N	96%	90%
Mn. odstraněné NL g/den	0,2	0,4	0,2	N	N	0,05

KATEGORIE ČISTÍREN 100 - 500 EO						
Čistírna	KOŘENOVÉ ČISTÍRNÝ			MECHANICKO - BIOLOGICKÉ ČISTÍRNÝ		
	CHMELNÁ	KOTENČICE	MOKROVRATY	BOHOSTICE	SUCHODOL	JESENICE
Průměrný přítok (m ³ /den)	30	60	90	49,2	76,8	86,4
Počet EO	160	326	500	250	400	660
Cena investice - úroveň roku 2009	7 091 104 Kč	5 449 086 Kč	12 616 685 Kč	4 483 776 Kč	3 727 986 Kč	6 660 816 Kč
Investice/EO (2009)	44 319 Kč	16 715 Kč	25 233 Kč	17 935 Kč	9 320 Kč	10 092 Kč
Investiční náklady	2 071 000 Kč	2 538 000 Kč	6 516 883 Kč	3 872 000 Kč	3 386 000 Kč	5 752 000 Kč
Rok stavby	1991	1994	1995	2004	2006	2004
Cena provozu - úroveň roku 2009	39 920 Kč	90 598 Kč	42 754 Kč	164 694 Kč	202 794 Kč	277 268 Kč
Provozní náklady/EO (2009)	250 Kč	278 Kč	86 Kč	659 Kč	507 Kč	420 Kč
Provozní náklady	40 000 Kč	90 598 Kč	42 840 Kč	165 024 Kč	203 200 Kč	277 824 Kč
Rok provozu	2008	2009	2008	2008	2008	2008
Cena za 1 m ³ vyčištěné vody	3,65 Kč	4,14 Kč	1,30 Kč	9,17 Kč	7,23 Kč	8,79 Kč
Vyčištěná voda m ³ za rok/EO	68,44	67,18	65,70	71,83	70,08	47,78
Účinnost odstranění BSK	95%	88%	93%	95%	96%	93%
Mn. odstraněné BSK g/den	2,5	15,8	25,8	9	40,2	29,1
Účinnost odstranění CHSK	81%	80%	89%	90%	93%	90%
Mn. odstraněné CHSK g/den	4,6	23,9	61,2	19,6	65,7	61,4
Účinnost odstranění NL	89%	98%	96%	96%	97%	90%
Mn. odstraněné NL g/den	3,4	11,5	28,2	7,7	25,9	23,5

KATEGORIE ČISTÍREN 500- 1500 EO						
Čistírna	KOŘENOVÉ ČISTÍRNÝ			MECHANICKO - BIOLOGICKÉ ČISTÍRNÝ		
	DRAHLÍN	OBEKNICE	DRAŽOVICE	VIŠŇOVÁ	HVOŽDANY	KOSOVA HORA
Průměrný přítok (m ³ /den)	210	163,5	190	350	148	233
Počet EO	600	800	780	700	700	1250
Cena investice - úroveň roku 2009	8 373 300 Kč	13 007 742 Kč	13 240 500 Kč	9 059 325 Kč	5 427 785 Kč	8 792 421 Kč
Investice/EO (2009)	13 956 Kč	16 260 Kč	16 975 Kč	12 942 Kč	7 754 Kč	7 034 Kč
Investiční náklady	3 900 000 Kč	9 922 000 Kč	9 700 000 Kč	7 419 595 Kč	4 565 000 Kč	7 201 000 Kč
Rok stavby	1994	2000	1999	2002	2003	2002
Cena provozu - úroveň roku 2009	52 379 Kč	99 510 Kč	296 390 Kč	370 825 Kč	474 175 Kč	371 351 Kč
Provozní náklady/EO (2009)	87 Kč	124 Kč	380 Kč	530 Kč	677 Kč	297 Kč
Provozní náklady	52 484 Kč	93 000 Kč	277 000 Kč	371 568 Kč	475 125 Kč	371 351 Kč
Rok provozu	2008	2007	2007	2008	2008	2009
Cena za 1 m ³ vyčištěné vody	0,68 Kč	1,67 Kč	4,27 Kč	2,90 Kč	8,78 Kč	4,37 Kč
Vyčištěná voda m ³ za rok/EO	127,75	74,60	88,91	182,50	77,17	68,04
Účinnost odstranění BSK	97%	95%	63%	98%	67%	97%
Mn. odstraněné BSK g/den	61,6	36,1	7,8	100,7	37,2	49,2
Účinnost odstranění CHSK	92%	87%	48%	93%	84%	92%
Mn. odstraněné CHSK g/den	117,4	61,9	13	163,4	92,6	95,4
Účinnost odstranění NL	97%	98%	82%	98,20%	78%	98%
Mn. odstraněné NL g/den	31,6	27	9	81,8	32,9	61,2

Tab. č. 66 Souhrnná tabulka všech výsledků

10.2 Obrazová příloha



Obr. 18 KČOV v obci Kotenčice (foto Kristýna Dudíková)



Obr. 19 KČOV u soukromého objektu na Šumavě (foto Michal Šperling)



Obr. 20 Rozestavěná KČOV u rodinného domu v Mnichovicích (vlevo), stejná čistírna po roce provozu (vpravo), (foto Adam Krejčík)



Obr. 21 ČOV v obci Jesenice (foto *Libuše Benešová*)



Obr. 22 ČOV v obci Višňová na Příbramsku



Obr. 23 Malá domovní mechanicko-biologická čistírna v Bušovicích (foto *Marie Süssová*)

10.3 Přehled jednotlivých norem použitých k rozborům vody

- **Stanovení chemické spotřeby kyslíku manganistanem (CHSK_{Mn})** titračně (ČSN EN ISO 8467)
- **Stanovení pH** (ČSN ISO 10523)
- **Stanovení elektrické konduktivity** (ČSN EN 27888)
- **Stanovení chloridů** - titračně (ČSN ISO 9297)
- **Stanovení kyselinové neutralizační kapacity (KNK)** - titračně (ČSN EN ISO 9963-1)
- **Stanovení zásadové neutralizační kapacity (ZNK)** - titračně (ČSN 75 7372)
- **Stanovení amonných iontů** – spektrometricky (ČSN ISO 7150)
- **Stanovení dusičnanů** -spektrometricky (ČSN ISO 7890-3)
- **Stanovení dusitanů** - spektrometricky (ČSN EN 26777)
- **Stanovení tvrdosti**- podstata stanovení: Podstatou stanovení celkové tvrdosti je reakce mezi chelatonem 3 (sodná sůl kyseliny ethyléndiaminotetraoctové) a dvojmocnými kationty Ca²⁺ a Mg²⁺ v silně alkalickém prostředí (amoniakální tlumivý roztok o pH 10). Při stanovení se titruje odměrným roztokem chelatonu 3 současně vápník i hořčík. Konec titrace (dosažení ekvivalentního bodu) indikuje přidavek eriochromové černi T, která tvoří s hořčíkem vínově červenou sloučeninu. Kdyby vzorek obsahoval jen malá množství hořčíku, zbarvení by nebylo dosti intenzivní a přechod indikátoru by nebyl zřetelný. Proto se přidává do tlumivého roztoku trochu hořečnaté soli, kompenzované přidavkem ekvivalentního množství chelatonu. Vápník ve vzorku vytěsni z Mg-komplexonátu ekvivalentní množství Mg a barevný přechod je pak ostřejší.
- **Fosforečnany** podstata stanovení: Ortofosforečnany reagují v prostředí H₂SO₄ v přítomnosti antimonitých iontů s molybdenem amonným za vzniku heteropolykyseliny – kyseliny molybdátosfosforečné. Redukcí kyselinou askorbovou přechází pak žlutý komplex molybdátosfosforečné kyseliny na roztok fosfomolybdenové modři, který je vhodný pro fotometrické stanovení.