

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE  
PEDAGOGICKÁ FAKULTA  
KATEDRA BIOLOGIE A ENVIRONMENTÁLNÍCH  
STUDIÍ

Problematika odpadních vod v ČR a její zařazení do výuky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vypracovala: Kateřina Jelínková

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Jana Skýbová

Praha 2013

## **Abstrakt**

Tato práce shrnuje problematiku čištění odpadních vod pro výukové účely. Obsahuje teoretickou a praktickou část. V teoretické části můžete najít rozdělení druhů odpadních vod, způsobu čištění, a omezování zniku odpadních vod. V kapitole „Druhy odpadních vod“ uvádím rozdělení na vody splaškové, srážkové, balastní a průmyslové vody. Další velmi obsáhlou kapitolou je: „Způsoby čištění odpadních vod“. Zde jsem uvedla rozdělení na intenzivní a extenzivní a poté také klasičtější rozdělení na mechanické, chemické a biologické. Dočíst se můžete zajímavé informace o kořenové čističce. V praktické části jsem navrhla 3 badatelsky orientované pokusy, didaktické karty pro učitele a žáky a dále návrh exkurze do čistírny Bubeneč. Tyto aktivity jsou určené pro žáky 2. stupně ZŠ a nižšího gymnázia.

## **Klíčová slova**

odpadní vody, znečištění, čištění

## **Abstract**

This thesis summarizes the problems of wastewater treatment for training purposes. It contains theoretical and practical parts. In the theoretical section, you can find the distribution of types of wastewater, treatment methods and reduction of wastewater. In the chapter "Types of wastewater" I show the distribution of wastewater to the sewage water, precipitation water, ballast water and industrial water. Another chapter is very comprehensive, "Methods of wastewater treatment." Here I have set out the division between intensive and extensive, and then also wastewater to the more classic distribution to the mechanical, chemical and biological. You can read interesting information about the root sewage treatment. In the practical part, I propose three research workers oriented attempts, didactic cards for teachers and pupils, as well as excursions to the sawage treatment in Bubeneč. These activities are designed for pupils of second class on primary school and lower classes on high school.

## **Key words**

wastewater, contamination, water treatment

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Jany Skýbové s vyznačením všech použitých pramenů a spoluautorství.

Souhlasím se zveřejněním bakalářské práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách, ve znění pozdějších předpisů.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, ve znění pozdějších předpisů.

Práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Souhlasím s uložením své bakalářské/diplomové práce v databázi Theses.

V Praze dne 27.4.2013

podpis

## **Poděkování**

Na tomto místě bych ráda poděkovala RNDr. Janě Skýbové za trpělivost, čas a především cenné rady, které mi poskytla při psaní mé bakalářské práce. Také bych chtěla poděkovat pracovníkům Hostětínské kořenové čističky, kteří mi poskytli velké množství informací. Na závěr bych chtěla poděkovat své rodině za podporu při studiu.

## Obsah

1 Úvod .....	6
2 Druhy odpadních vod .....	7
• 2.1 Splaškové odpadní vody .....	8
• 2.2 Srážkové odpadní vody .....	9
• 2.3 Balastní odpadní vody .....	10
• 2.4 Průmyslové odpadní vody .....	11
3 Způsoby čištění odpadních vod .....	12
• 3.1 Mechanické předčištění .....	13
• 3.2 Chemické čištění .....	15
• 3.3 Biologické čištění .....	19
• 3.4 Kořenová čistička .....	24
4 Omezování vzniku znečištění a odpadních vod .....	29
5 Praktická část .....	32
• 5.1 Badatelsky orientované pokusy pro žáky .....	32
• 5.2 Didaktické karty pro žáky .....	39
• 5.3 Didaktické karty pro učitele .....	46
• 5.4 Návrh exkurze Bubeneč .....	49
6 Diskuze .....	55
7 Závěr .....	57
8 Seznam literatury .....	58
9 Přílohy .....	60

## 1 Úvod

Voda je základní podmínkou pro život. Nachází se v živých organismech, pro mnohé je klíčová k rozmnožování, a pro všechny organismy nezbytná k přežití. Hlavní zdroje jsou voda povrchová a voda podpovrchová. V této práci jsem se především věnovala vodě povrchové. Aby mohlo docházet k opětovnému používání vody, je nutné důkladné čištění.

Sama jsem se tímto tématem začala zabývat již na gymnáziu a to především kvůli nedostatku informací během mého studia. Jak jsem se přesvědčila ve svém okolí, velmi málo mých přátel tuto problematiku probíralo na své střední škole. To byl pro mě impuls zpracovat přehledně toto téma.

Moje práce je rozdělena na dvě části, teoretickou a praktickou část. V teoretické části jsem se snažila v několika kapitolách shrnout komplexně problematiku odpadních vod, znečištění a čištění. Prvním stupněm celého procesu čištění je mechanické předčištění. Je to velmi důležitý krok, který nemůže být přeskočen. V tomto stupni se voda zbaví největších nečistot. Další stupeň je chemické čištění. Zde se využívá několika chemických reakcí, činidel, atd. Většina lidí jistě zná chlorování vody, nebo ozonizaci. Klíčovou kapitolou je biologické čištění a kořenová čistička. Praktická část obsahuje badatelsky orientované pokusy, didaktické karty pro učitelé a žáky a návrh exkurze do čistírny Bubeneč.

### **Cíle mé bakalářské práce:**

- Přehledně zpracovat problematiku čištění odpadních vod, tak aby mohla sloužit učitelům jako příručka.
- Navrhnout řadu pracovních listů a pokusů s problematikou čištění odpadních vod pro žáky 2.stupně ZŠ a nižšího gymnázia.
- Na vybrané třídě nižšího gymnázia ověřit, zda-li jsou pracovní listy srozumitelné a pokusy proveditelné v rámci výuky.

## 2 Druhy odpadních vod

Odpadní vody se skládají z několika druhů vod a to vod splaškových, odpadních vod z provozoven a z dešťových vod. Pronikání dešťových vod do odpadních vod ve většině případů není žádoucí, kvůli nadměrnému zředění a ochlazování.

### Co odpadní vody obsahují?

- Hrubě rozptýlené látky
- Jemně rozptýlené, snadno usaditelné látky (vytváří hnilobné nánosy)
- Jemně rozptýlené, obtížně usaditelné látky, neusaditelné látky a rozpuštěné látky

### **Organické látky:**

Tyto látky jsou biologicky rozložitelné. Na těchto procesech se podílejí mikrobiální organismy. Díky těmto procesům se ve vodě potřebovává kyslík, při vyčerpání kyslíku ve vodě mohou uhynout ryby i další vodní živočichové. Biochemická spotřeba kyslíku- **BSK<sub>5</sub>** –je základním ukazatelem biologického znečištění. BSK<sub>5</sub> je definována jako hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku spotřebovaného za stanovených podmínek biochemickou oxidací organických látek ve vodě. Chemická spotřeba kyslíku- **CHSK**-je ukazatelem celkového obsahu organických látek. CHSK je definována jako hmotnostní koncentrace kyslíku, která je ekvivalentní hmotnosti silného oxidačního činidla spotřebovaného za přesně vymezených podmínek v 1 litru vody. U odpadních vod je velmi důležitý chemický rozbor. Zde nastává otázka správného určení velikosti organického znečištění. Používá se právě nepřímých metod, tj. stanovení chemické spotřeby kyslíku (CHSK) a biochemické spotřeby kyslíku (BSK<sub>5</sub>). Pro stanovení CHSK se používá dichromanová metoda v kyselém prostředí. Stanovením CHSK se určí celkové množství organických látek biologicky rozložitelných i nerozložitelných. Stanovením BSK<sub>5</sub> se určí pouze látky biologicky rozložitelné. Poměr BSK<sub>5</sub>/CHSK je indikátorem relativního zastoupení látek biologicky rozložitelných. Jestliže je hodnota 0,5 a vyšší svědčí o přítomnosti látek snadno a rychle rozložitelných. Poměr 0,2 a nižší svědčí o přítomnosti látek obtížně a pomalu rozložitelných. Další významnou hodnotou je pH a neutralizační kapacita (NK).

### **Sloučeniny dusíku:**

V odpadní vodě- splaškové můžeme najít největší zastoupení močoviny a také amoniakálního dusíku. Při procesu čištění se dusík oxiduje. Obsah celkového dusíku je souhrným ukazatelem. ( $N_{\text{celk}}$ ). Voda obsahující mnoho dusíku je nevhodná pro kojení. V kombinaci s jinými látkami dlouhodobé pití vody s velkým množstvím dusíku může podpořit vznik rakoviny.

### **Sloučeniny fosforu:**

Sloučeniny fosforu jsou rozhodujícím faktorem pro vznik a růst eutrofizace. Nejvíce fosforu pochází z čistících a pracích prostředků. Společně s dusíkem tyto látky podporují růst fytoplanktonu. Velké množství fytoplanktonu ve vodě nazýváme jako eutrofizaci vody. Tento jev je nežádoucí hlavně ve vodárenských nádržích. Mohou být i toxické a způsobovat citlivějším jedincům alergické reakce (podle Chudoba, 1991).

## **2.1 Splaškové vody**

Splaškové odpadní vody (splašky) jsou odpadní vody z domácností a sociálních zařízení závodů (kuchyní, záchodů, umýváren), které neobsahují odpadní vody průmyslové. Pokud není v daném městě žádný průmysl, jsou městské odpadní vody pouze vodami splaškovými. V posledních letech však většina městských odpadních vod obsahuje i vody průmyslové ( např. pivovarské, mlékárenské, jateční aj.) Složení městských odpadních vod se může poněkud lišit v závislosti na tom, zda stoková síť daného města je jednotná (splašky + dešťová voda) nebo oddělená (pouze splašky, dešťová voda má svoji odtokovou síť) Splaškové vody jsou zpravidla zbarveny šedě až šedohnědě a jsou silně zakalené. Jejich teplota se pohybuje od 5-20C v závislosti na ročním období a hodnota pH je v rozmezí od 6,8-7,5 (podle Chudoba,1991).

Vypouštění splaškových vod do vodního toku přináší celou řadu nepříznivých jevů. Tok bývá šedě zbarvený, plný zápachu a pěny z čistících prostředků. Na březích se mohou zachycovat odpadky- látky, tukové skvrny, ovoce, zelenina, útržky papíru. Na



dně se usazuje hnilobný kal, který bývá černý a je velmi zapáchající. Ve vodě probíhají samočistící procesy, kterých se zúčastňují bakterie, prvoci a také například červi. Tito živočichové spotřebovávají kyslík. Pokud jej ve vodě není dostatek nastanou hnilobné procesy. Na dně můžeme také najít bílé až šedé bakteriální slizy. To je důkaz aktivního odstraňování organického materiálu. Se splaškovými vodami se můžeme setkat s jednotkou EO. Tato jednotka znamená: ekvivalentní obyvatel. Můžeme například uvést, 1EO představuje produkci 60g BSK<sub>5</sub> za den. Nyní uvedu tabulku s průměrnými hodnotami pro BSK<sub>5</sub>, N, P (převzato z [www.czso.cz](http://www.czso.cz)).

	BSK <sub>5</sub>	N	P
Egypt	27-41	8-14	1,1-1,6
Turecko	27-41	8-14	1,1-1,6
Itálie	49-60	8-14	1,6-2,7
Brazílie	55-68	8-14	1,6-2,7
Dánsko	55-68	14-19	4,1-5,5
Švédsko	68-82	11-16	2,2-3,3
USA	<b>82-96</b>	<b>14-19</b>	<b>4,1-5,5</b>

*Extrémní hodnoty znečištění v USA dle zdrojů jsou dány velkým používáním drtičů odpadu.*

## **2.2 Srážkové vody**

Do jednotlivých kanalizací pronikají dešťové vody a vody z tání sněhu. Dešťové vody způsobují jednorázové odtokové vlny, za nichž průtoky i mnohonásobně přesahují běžné odtoky splaškových vod. Znamenají mimořádně objemovou i látkovou zátěž odtokového systému. Dešťové vody ze samotné obce mohou být znečištěny smyvy z ploch, extrémní znečištění již havarijního charakteru může být vyplachováno ze zemědělských areálů, jejichž plochy jsou znečištěny stájovými odpady a ropnými látkami. Dešťový odtok také způsobuje jednorázové vypláchnutí někdy i velmi

objemných usazenin z kanalizace. V systému s jednotnou kanalizací a čistírnou odpadních vod může nedokonalá funkce dešťového odlehčení způsobit selhání čistírny: dešťová vlna vyplaví z čistírny biologický kal, zbývající kal je pak přitékajícími odpadními vodami přetížen. Před těmito situacemi je třeba systém chránit.

Ve venkovských sídlech mohou často způsobovat problémy srážkové vody z přiléhajících polností. Zvláště nebezpečné jsou nevhodně obdělávané, proti povrchovému odtoku a erozi nechráněné svažité plochy. Přívalový odtok z těchto ploch, mimořádně obohacený půdními částicemi i hrubým kamením, může v odtokovém systému obce způsobit kalamitu. Nejsou vzácné případy zanesení nejen kanalizace a čistírny, ale také návesních nádrží a veřejných prostranství (Just, Fuchs, Písařová, 1999).

### **2.3 Balastní vody**

Balastní vody jsou podzemní a povrchové vody, které pronikají do kanalizace. V dešťové kanalizaci nevadí, ovšem v kanalizaci jednotné nebo splaškové jsou nežádoucí. Ředí a ochlazují splaškové vody, a tak zhoršují jejich čistitelnost, zbytečně zaplňují objemovou kapacitu nádrží a podobných zařízení v čistírně, zvětšují náklady na čerpání. Navíc balastní vody jsou často obohaceny dusíkem, který čistírnou do značné míry prochází a zhoršuje hodnocení její účinnosti (podle Just, Fuchs, Písařová, 1999).

Podzemní vody představují tu část podpovrchových vod, které vyplňují dutiny zvodněných hornin. Horninové prostředí vytváří podmínky pro proudění vody nebo pro její akumulaci pod zemským povrchem a v neposlední řadě ovlivňuje i chemické složení podzemních vod. Podzemní vody jsou velmi často, i přes svoji omezenou kapacitu, využívány jako vodní zdroj pro zásobování obyvatelstva, průmyslu i zemědělství. Podzemní vody ve srovnání s vodami povrchovými mají méně rozkolísané fyzikálně-chemické složení (stálá teplota, vysoké koncentrace oxidu uhličitého, zvýšené koncentrace železa a manganu, minimální koncentrace organických látek,

mikrobiologické oživení těchto vod je téměř vyloučeno) Povrchové vody představují z hlediska množství hlavní části využitelných vodních zdrojů v ČR. Podíl povrchové vody pro zásobování obyvatelstva, průmyslu a zemědělství se neustále zvyšuje a představuje ročně  $1,6 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ , zatímco v případě podzemních vod se jedná ročně cca o  $4 \cdot 10^8 \text{ m}^3$ . Povrchové vody, ve srovnání s vodou podzemní, mají obvykle vyšší proměnlivou teplotu, podstatně vyšší koncentrace organických látek různého původu, vyšší koncentraci kyslíku (s výjimkou velmi znečištěných vod), nízkou koncentraci oxidu uhličitého, nízkou koncentraci hydrolyzujících kovů, zejména železa a manganu a menší mineralizaci. Rozdílné je i zastoupení mikroorganismů, které je u povrchových vod výrazně větší než u podzemních vod (Bindzar a kolektiv, 2009).

#### **2.4 Průmyslové odpadní vody**

Průmyslové odpadní vody jsou kapalné odpady vznikající při zpracování nebo těžbě organických a anorganických surovin a při výrobním procesu. Řadí se mezi ně i zemědělské odpadní vody. V některých případech nelze hovořit o vodě v obvyklém slova smyslu (např. matečné louhy z krystalizace, sulfitové výluhy při výrobě sulfitové celulosy aj.) Průmyslové odpadní vody mají na rozdíl od odpadních vod splaškových velmi rozmanitý charakter složení. Každé průmyslové odvětví má své odpadní vody. Z jednotlivých výrobních postupů odpadají vody typických vlastností a složení. Podle charakteru znečišťujících látek se průmyslové odpadní vody dělí na převážně anorganicky znečištěné a převážně organicky znečištěné (podle Chudoba, 1991).

Vznikají většinou v továrnách, výrobnách atd. Vznikají tak, že se voda dostane do kontaktu se surovinami výrobního procesu a tím kontaminuje vodu. Každé průmyslové odvětví má své kontaminované vody. Je možné společné čištění technologických a splaškových vod. Společné čištění je výhodnější pro průmyslový podnik. Úspory se dosáhne především snížením investičních a provozních nákladů při výstavbě jedné čističky místo dvou, dále možnost získání dokonalejší technologie a kvalifikovanější obsluhy, vyrovnání hladiny dusíku a fosforu, naředění některých toxických látek.

V roce 1964 se konalo v USA symposium o společném čištění průmyslových a městských odpadních vod. Nevýhoda společného čištění pro průmyslový podnik prakticky neexistuje. Z tohoto zasedání vyplynul jednoznačný závěr: společné čištění je optimálním řešením vždy, pokud to podmínky alespoň trochu umožňují. Musí být především sledován zájem celé společnosti, nikoliv upřednostňovat zájem města nebo průmyslové společnosti.

### **3 Způsoby čištění odpadních vod:**

Různé publikace se zde rozcházejí v rozdělení způsobů čištění. Uvedla jsem proto oba dva nalezené způsoby a to extenzivní-intenzivní a mechanické, chemické a biologické.

#### **Intenzivní čištění odpadních vod**

Toto čištění je na úrovni mechanicko-biologického. Nachází se v čističkách od nejmenších velikostí- domovních až po městské čistírny. Mechanicko-biologické čističky vyžadují přítomnost kanalizace.

#### **Extenzivní čištění odpadních vod**

Toto čištění využívá přírodní principy jako jsou půdní filtry. Extenzivní postupy dělíme na centralizované a decentralizované. Centralizované čištění odpadních vod je relativně novodobá záležitost v lidských dějinách. Tento způsob vznikl ke konci 19. století. K základním charakteristikám patří shromažďování odpadních vod, transport, naředění a centralizované čištění, vysoká účinnost čištění. K základním charakteristikám decentralizovaného čištění patří především minimalizace objemu, separace vod podle znečištění, úsporné technologie, čištění přímo v místě vzniku znečištění, recyklace biologicky cenných látek (N a P). Tento způsob je hospodárnější a měl by v budoucnu doplňovat a možná i nahrazovat centralizované čištění.

Decentralizované bez kanalizace existují: vyvážené obsahů žump, vyvážení hnojiště, „ořechový“ záchod (tj. latrína pod vzrostlým stromem, který odčerpává její obsah), septik se zemním filtrem. Tyto způsoby nevyžadují napojení na elektrickou energii.

Další způsob dělení, které jsem pro prostudování literatury našla:

- **Mechanické** – používají se síta, sedimentační nádrže, pískové filtry a odstředivky, česle, flotační nádrže
- **Chemické** – využívají se srážecí reakce, extrakce, adsorpční procesy, neutralizace, odpařování a spalování, membránové procesy
- **Biologické** – organické látky se odbourávají činností různých druhů bakterií.

Bakterie mohou být:

- A. aerobní (berou si kyslík ze vzduchu nebo vody),
- B. anaerobní (kyslík získávají redukcí kyslíkatých látek).

- **Kořenové čistírny odpadních vod** ( Tento způsob čištění mě velice zaujal a proto jsem se rozhodla oslovit Hostětínskou kořenovou čističku. Poskytni mi materiály o jejich čističce.)

### 3.1 Mechanické předčištění:

Běžná odpadní voda obsahuje kromě běžných znečišťujících látek také celou řadu dalších. Jsou to například vlasy, odpadky, zbytky jídla, plasty, kusy hadrů, tuky, fekálie atd. Mechanický způsob čištění je velmi důležitou součástí každé čistírny odpadních vod. Zabraňuje tak poškození strojních zařízení, ucpání potrubí, a zanešení čerpadel. Mechanickým čištěním čističky odpadních vod dosahují lepších výsledků čištění.

Několik druhů mechanického čištění: česle, lapák písku, lapák tuků a šterbinovitá usazovací nádrž.

### **Česle:**

Zařízení na odstranění velkých plovoucích předmětů, mohou se zde zachycovat větve, PET lahve, odpadky, tráva, hadry atd. Česle jsou tvořeny velkým množstvím ocelových tyčí (česlic), jsou zasazeny do rámu. Rám je zasazen do přítokového žlabu pod úhlem 30-60 stupňů. Česle mohou být hrubé nebo jemné. Toto rozdělení záleží na vzdálenosti jednotlivých česlic (hrubé-větší než 60mm a jemné-menší než 40mm). Hrubé česle se obvykle používají ve velkých a středních čistírnách jako ochrana strojně stíraných jemných česlí. Jemné česle jsou na středních a velkých čistírnách vždy strojně stírané a musí být chráněny proti povětrnostním vlivům. Z česlic se odstraňují shrabky. Tento odpad musí být patřičně zlikvidován. Tato manipulace patří k hygienicky nejobtížnějším operacím celého čištění. Je totiž považován za hygienicky nebezpečný materiál. Zabezpečí se vápnem nebo chlorovým vápnem a uloží se do kontejnerů. Také se může kompostovat, ukládat na skládky, lisovat a spalovat. Kompostování je možné pouze v případě jedná-li se o shrabky z malých čističek. Další využívanou metodou je ukládání na skládkách, kde se musí dbát na to, aby nedošlo ke kontaminaci podzemní vody. Lisování a spalování je hygienicky nejméně závadným způsobem. Spalování je možné provádět ve speciálních pecích přímo v čistírně, nebo společně s komunálním odpadem v městských spalovnách. Aby se zabránilo nepříjemnému zápachu, musí být teplota spalování nejméně 800 °C.

### **Lapák písku:**

Lapák písku slouží k zachycení nejen písku, ale i drobného šterku, kamínků s velikostí nad 0,2mm. Lapák písku funguje na principu sedimentace. Písek má přibližně dvojnásobnou hmotnost než organické nerozpuštěné látky. V nádrži se sníží průtočná rychlost na 0,15-0,45m/s vody. Při této rychlosti dochází k usazování jen minerálních látek nikoliv organických. Kdyby se usazovaly i organické látky docházelo by k hnití. Lapáky rozlišujeme na horizontální, vertikální a komorový. Lapák komorový je nejpoužívanější. Skládá se z několika žlabů, voda je řízena stavitky. Většinou voda protéká jedním žlabem a další jsou čištěny. Velikou nevýhodou těchto lapáku je

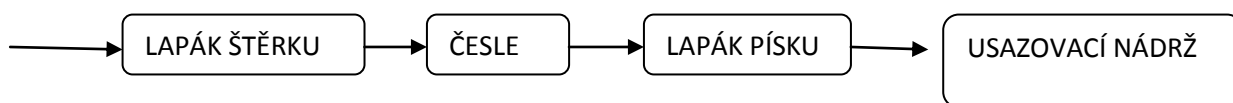
přirozené kolísání rychlosti průtoku. Proto byl sestaven lapák písku s regulovanou rychlostí průtoku. Tento lapák písku obsahuje na konci clonu, ta zajistí konstantní průtok vody. Ve velkých a středních čistírnách je písek vyklízen mechanicky.

### **Lapák tuků:**

Dle potřeby se může za lapák písku zařadit ještě lapák tuků. Ve většině případů toto opatření není nutné. Jelikož tuk, který se dostává do kanalizace, je ve stoce rozrušen.

### **Štěrbínovitá usazovací nádrž:**

Tento typ nádrže slouží k zachycování jemných kalových částic. Dno je rozděleno štěrbinou. V horní části probíhá usazování a dolní část probíhá vyhnívání. Tyto nádrže se musí vyklízet 2x ročně ( podle Bindzar a kolektiv, 2009).



*Schéma procesu mechanického čištění vody*

## **3.2 Chemické čištění:**

### **Neutralizace:**

Nejvyužívanější reakci při chemickém čištění je neutralizace. Neutralizace je reakce mezi kyselinami a zásadami, neutralizací se upravuje pH vody. Roztok o hodnotě pH nižší než 7 považujeme za kyselý, o hodnotě pH vyšší než 7 považujeme za zásaditý. Neutralizace se provádí tím, že se do odpadní vody přidá neutralizační činidlo (ve vodném roztoku nebo prášku). Tento způsob se dá použít v průtočném i neprůtočném systému.

### **Neutralizační činidla:**

Dříve se používalo k neutralizaci v čističkách odpadních vod pálené vápno. Z této suroviny se muselo připravit vápno hašené a vápenné mléko. Bylo to náročné pro obsluhu svojí nebezpečností. Dnes se používá hydratované vápno. To se nemusí „hasit“. Největší výhodou je, že se dávkuje v prášku přímo do jímek. Dalším neutralizačním činidlem hojně užívaným v ČR je acetylenový kal. Tento kal vzniká při výrobě acetylenu. Je to mírně znečištěné hydratované vápno. Acetylenový kal se uchovává v tekutém stavu v čističkách odpadních vod (podle Dočkal, 1988).

V praxi se využívá i dalších jiných způsobů než jen dávkování vápna. Například vypouštěním odpadních vod do toku. Tento postup je založen na využití tlumivé kapacity vody. Je to schopnost vody tlumit změny hodnoty pH po přidání kyseliny nebo zásady. V čistých povrchových vodách převažuje tzv. hydrogenuhličitanový systém. Dalším způsobem je míchání kyselých a zásaditých odpadních vod. Vznikají-li v jednom podniku jak zásadité tak kyselé vody je neefektivnější a nejlevnější způsob využití neutralizaci a smíchání je. Důležité je jaké reakce smícháním proběhnou. Mohou totiž vznikat toxické látky.

### **Srážení:**

Srážení je klasická metoda pro odstraňování iontů kovů a některých aniontů. Proto je někdy používána i v případech, kdy existuje efektivnější (selektivnější) alternativa. Její výhodou je jednoduchost a nízké provozní a investiční náklady. Nevýhodou je nízká selektivita, tvorba velkého množství odpadu (kalu) a v některých případech nemožnost dostatečně nízkých koncentrací odstraňovaných látek v upravené vodě. Většinou se používá srážení málo rozpustných hydroxidů, sulfidů, fosforečnanů a uhličitanů (Jelínek, 2008).

Technické provedení srážení spočívá v nadávkování srážecího činidla do odpadní vody a promíchání. Někdy je také potřeba upravit hodnotu pH roztoku na optimální hodnotu pro srážení. Sráženina je oddělena v sedimentační nádrži, vyčištěná voda odtéká přepadem a kal je zahuštěn a odvodněn. Finální zpracování kalu závisí na



jeho charakteru-může být recyklován nebo deponován na skládce (Bindzar a kolektiv, 2009).

Metodu srážení můžeme rozdělit do dvou kategorií- srážení kationtů a srážení aniontů. Největší praktický význam má srážení fosforečnanů. Nejvíce je toho využíváno v městských čistírnách odpadních vod. Tímto způsobem je možné dosáhnout přísných limitů pro fosfor.

### **Adsorpce:**

Tato metoda spočívá v odstraňování látek z roztoku pomocí vazby na povrch tuhé látky. K tomuto účelu se nejčastěji využívají porézní látky s velkým povrchem-aktivní uhlí. Je to materiál na bázi uhlíku a mimořádně měrným povrchem. Aktivnímu uhlí je přisuzován převažující nepolární charakter. Je známo několik způsobů přípravy aktivního uhlí a to aktivaci termickou a aktivaci chemickou. Aktivace termická má dva stupně. V prvním stupni je černé uhlí karbonizováno při 600°C . Dochází k odstranění všech neuhlíkatých složek. V dalším stupni při teplotách okolo 900-1100 °C dochází k tvorbě tolik požadované porézní struktury. Při chemické aktivaci se výchozí surovina (dřevo, rašelina atd.) impregnuje  $H_3PO_4$  nebo KOH. Tato připravená surovina se karbonizuje při teplotách 450-800 °C. Vzniká touto metodou aktivované uhlí s většími pory, a proto je vhodnější pro adsorpci velkých molekul. Při vazbě mezi látkou a povrchem adsorpčního činidla se uplatňují tři druhy sil. Podle povahy sil rozlišujeme fyzikální adsorpci, chemiadsorpci, iontovou adsorpci. Při fyzikální adsorpci se uplatňují slabé mezimolekulární Van der Waalsovy síly. Podle velikosti molekuly a prostorových možností je možné, aby se látka navázala v několika vrstvách na adsorbent. Vnější vlivy však mohou tyto látky uvolnit. Je to například zvýšení teploty. Při iontové adsorpci se využívá elektrická přitažlivost mezi látkami.

### **Oxidace a redukce:**

Při chemických oxidacích daný iont nebo atom elektrony ztrácí a oxiduje se, při redukcích naopak přijímá a redukuje se. Oxidace a redukce probíhají vždy současně. Tyto děje jsou také označovány jako redoxní. Reakce bývají ovlivňovány teplotou, pH, katalyzátorem. Na oxidaci se používají nejčastěji tato činidla: plynný chlor, chlornan

sodný, oxid chloričitý, ozon, manganistan draselný, peroxid vodíku a kyslík. Jako první způsob oxidace uvedu *chloraci*. Je to oxidace za pomoci chloru, nebo sloučení chloru. Nepoužívá se tato metoda, když má odpadní voda velký obsah organických látek. Je zde velká pravděpodobnost vzniku chlorovaných derivátů, které jsou velmi toxické a zdravotně závadné. Známým způsobem jak omezit vznik škodlivin je použití oxidu chloričitého. Je to nestabilní plyn, dobře rozpustný ve vodě. (Důležité je odstranit zbytkový chlor z vody po procesu chlorování. Chlor je pro ryby toxický již v koncentracích 0,01 až 0,1 mg<sup>-1</sup>. Dechlorace se provádí obvykle sloučeninami síry, nebo se také doporučuje použít aktivní uhlí (podle Dočkal, 1988).

Dalším způsobem je oxidace ozonem. Ozon je jedovatý plyn, který se musí vyrábět na místě použití v ozonizátorech. Vyrábí se ze vzdušného kyslíku výbojem o několika tisících voltů. Samozřejmě tato výroba je velmi finančně náročná. Avšak i přesto se tato výroba vyplatí, ozon je totiž jedním z nejsilnějších oxidačních činidel. Ozonizace se používá k čištění vod z textilního průmyslu. Ozonizace se také ale používá jako koncové čištění vody. Zajišťuje hygienické zabezpečení vody. Tato metoda má také svoje nevýhody. Je to jeho toxicita, která může ohrozit obsluhu ozonizační stanice a velmi vysoká energetická náročnost. Dalším známým způsobem je oxidace peroxidem vodíku. Peroxid vodíku bezpečné činidlo. Velmi snadno se dá uchovat. Již dlouhou dobu se využívá v čištění vod. Používá se k omezení tvorby sulfanu. Sulfan způsobuje nepříjemný zápach, korozi stok. Navíc peroxid má antibakteriální účinky.

### **Chemická redukce:**

Chemická redukce je méně častou metodou v čištění odpadních vod. Je to totiž způsobeno tím, že odpadní vody velmi málo obsahují znečišťující látky ve vyšším oxidačním stupni. Z vyššího oxidačního stupně se redukuje do nižšího tím, že přijme elektron. Redukce je náročná na technologii a chemikálie. Redukce se provádí čistým železem v kyselém prostředí 2% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Po redukci se musí provést neutralizace.

### **3.3 Biologické čištění:**

Princip technologie spočívá v zadržování vody v biologických nádržích. Tyto nádrže dělíme do skupin: a) anaerobní biologické nádrže, b) aerobní biologické nádrže, c) dočišťovací biologické rybníky, d) nádrže s akvakulturami. Výhodu u biologických nádrží můžeme vidět především ve snadném stavebním provedení, malých provozních nákladech, vysokých čistících účincích. Jako nevýhodu můžeme shledat poměrně velkou plochu, provzdušňování v zimních měsících, těžbu biomasy, možnost kontaminace podzemních vod.

#### **A) ANAEROBNÍ**

U anaerobních nádrží je charakteristická absence molekulárního kyslíku.

Septik je nádrž na odpadní vody s přepadem. U nás je septik velmi oblíbený hlavně pro malá domovní zařízení. Dnes samotné čištění v septiku není dostatečné. Proto se septik používá jako první čistící stupeň. Jenom ve výjimečných případech lze použít septik jako jediný stupeň čištění se zvláštním hygienickým souhlasem, a to když je používán méně než 20-ti obyvateli. Septik funguje jako usazovací nádrž, dochází v něm k částečnému odstraňování organických látek bez přístupu volného kyslíku. Účinky septiku zlepšuje dělení septiku a více komor oddělených příčkami. Pro dosažení optimálního účinku se musí voda zdržet nejméně 3 dny. Rozměry septiku by měly být nejméně: 1,3m hloubka, 1m šířka. Jestliže kal dosáhne 1/3 výšky je nutné jej vyvézt.

#### **B) AEROBNÍ**

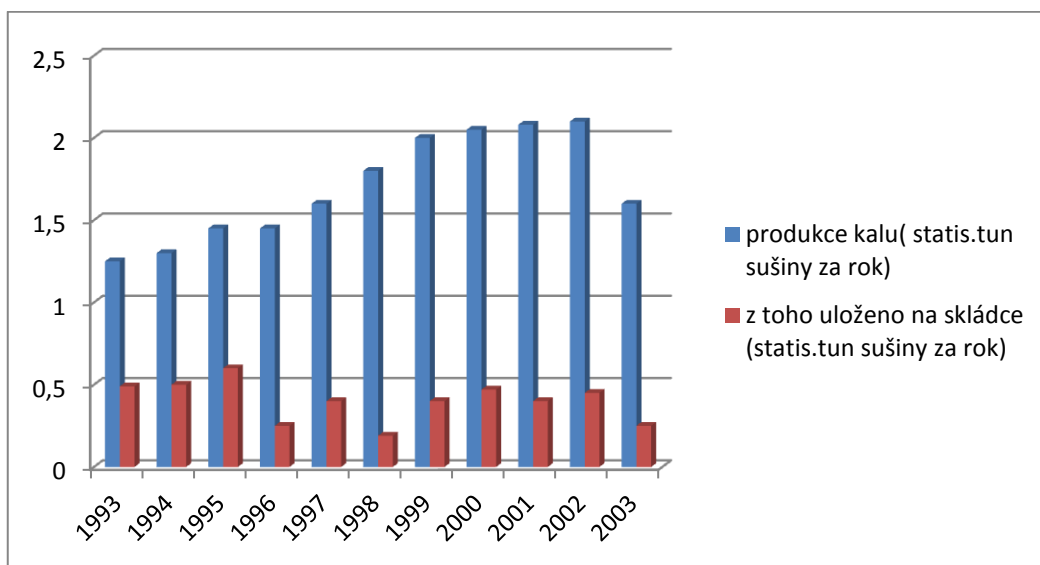
U aerobních nádrží tvoří čistící proces sedimentace, biologická a chemická flokulace, oxidace apod. Biochemických procesů se zde zúčastňují nejen bakterie, ale i vyšší organismy. Část organických látek se oxiduje na  $\text{CO}_2$  a  $\text{H}_2\text{O}$  a část se spotřebovává na syntézu zásobních látek. Syntéza se projevuje zvyšováním počtu mikroorganismů a hmotnosti biomasy. Většina biologických nádrží je konstruována i na čištění srážkové vody odtékající z obcí. Doporučuje se, aby tyto vody nebyly vedeny současně. Většinou je součástí biologické nádrže mechanické předčištění, kdyby toto zařízení chybělo, mohlo by docházet k zbytečným naplaveninám a přetěžování nádrže.

Hloubka nádrže se doporučuje 1-1,5m. Voda v této nádrži musí být minimálně 10 dní (doporučuje se 10-20dní).

Biologický stupeň čištění využívá schopnosti směsi bakterií, hub, prvoků a jiných destruentů. Nejrozšířenější je čištění aktivačním kalem. Aktivační kal se vznáší volně ve vodě, a po ukončení čištění je odstraňován sedimentací. Další z používaných technologií je využití přisedlé kultury. Tato kultura žije přisedle na nosiči a čištěná voda tento nosič obtéká. V obou případech je znečištění transformováno v kal. Za tímto stupněm čištění nesmí chybět dočišťovací stupeň. Aktivační kal je vracen zpět do aktivačních nádrží. Aktivační kal ale i jiné mikroorganismy rozkládají organické znečištění na oxid uhličitý a vodu. Provozní nevýhodou je velký nárok na energii a možnost úniku nerozpuštěných látek. V aktivačních nádržích musí probíhat neustále míchání a provzdušňování. O toto se starají povrchové aerátory válcovitého tvaru. Tyto válce se nazývají Kessenerovy. Dalším zařízením jsou aerační turbíny. Ty jsou upevněny na plovácích a mohou provzdušňovat nádrže s kolísavou hladinou. Jednou z nejmodernějších metod je jemnobubliné provzdušňování. Tato technologie vyžaduje potrubní systém, který je ukončený deskovitými elementy, které vytvářejí drobné bublinky. V nových čistírnách se čím dál tím víc prosazuje druhý stupeň biologického čištění. Zajišťuje biologické odstraňování dusíku a fosforu. Avšak je to velmi investičně nákladné.

### **Zpracování čistírenských kalů:**

Jako odpad z většiny čistíren odpadních vod je čistírenský kal. Ty se mohou buď dál využít. A nebo dopravit k likvidaci. Až 50% nákladů z čistírny jde na zpracování nebo likvidaci kalů. Statistiky ukazují, že produkce kalu neustále roste. V současné době je v ČR produkce okolo 200 tisíc tun sušiny kalu ročně.



*Z tohoto grafu vyplývá skutečnost, že se kaly v ČR průmyslové podniky snaží co nejvíce dále zpracovávat a využívat.*

Kal je suspenze pevných látek ve vodě. Surový kal se dělí na primární kal a aktivovaný kal. V surovém kalu z městských čistíren odpadních vod je poměr organických látek k anorganickým 2:1, po anaerobní stabilizaci se poměry vyrovnají. Kal z městské čistírny obsahuje kolem 5% sušiny. Primární kal pochází z mechanického stupně čištění. Zachycuje se v usazovacích nádržích. Aktivovaný kal pochází z biologického stupně čištění.

Dobře stabilizovaný kal (vyhnilý) je nepáchnoucí, hygienicky nezávadný a dobře odvoditelný. Kal se dá využít přímo jako hnojivo. Kal se ale ve většině případů odvodňuje buď na kalových polích, nebo odstředivkami a lisy, nebo sedimentací. Nevýhodou kalových polí můžeme vidět především ve velké náročnosti na prostor. V dnešní době, kdy se města velkou rychlostí rozrůstají je výhodnější způsob odvodňování pomocí odsředivek. Kal se přivádí potrubím v ose bubnu odstředivky. Odstředěný kal se usazuje na vnitřní straně bubnu. Tento kal je dopravován pomocí spirály ve středu bubny ven, kde vypadává z odstředivky. Z odstředivky odtéká kalová voda. Obsah organických a anorganických látek samozřejmě závisí na tom, odkud voda pochází. Množství kalové vody se pohybuje v průměru mezi 0,1-0,4% čištěných odpadních vod. Nejrozšířenějším způsobem zpracování kalové vody je vrácení zpět do aktivační nádrže. Dávkování musí být řízené (podle Bindzar a kolektiv, 2009).

## Separace kalu usazováním:

Usazování je nejjednodušší způsob odstraňování suspendovaných látek, jejichž hustota je odlišná od hustoty vody. Při usazování suspenzí se rozlišují tyto procesy:

- *Prostá sedimentace*, při níž si částice suspenze zachovávají svůj individuální charakter a platí pro ně vztahy pro pád izolované částice v klidném prostředí. Usazovací rychlost částic je po celé dráze jejich pohybu v kapalině konstantní.
- *Rušená sedimentace*, kdy při koncentraci suspenze nad 0,5% začne rozruch způsobený pádem jedné částice ovlivňovat sedimentační rychlost jiných částic a současně začne koncentrace suspenze ovlivňovat viskozitu a hustotu prostředí. Protože rychlost usazování částic je funkcí obou těchto veličin.
- *Zahušťování suspenzí* probíhá u suspenzí, kde kalové částice mají velký objem nebo koncentrace suspendovaných látek je tak veliká, že jednotlivé částice jsou v těsné vzájemné blízkosti a ztrácejí individuální charakter ( Ptáček, Erlebach, Lischke, Matějka, 1981).

Ze stabilizace kalů vzniká bioplyn. Bioplyn se skládá převážně z  $\text{CH}_4$  –methan a  $\text{CO}_2$ - oxid uhličitý. Bioplyn z dobře pracujících anaerobních stabilizačních nádrží obsahuje 60-70% methanu a 30-40% oxidu uhličitého. Bioplyn se dá velmi dobře využít. Vysoký obsah methanu zajišťuje vysokou výhřevnost. Jako nejefektivnější se zdá využití pro pohon spalovacích motorů spojených s agregátem na výrobu elektrické energie. Velké čistírny jsou dnes díky anaerobní stabilizaci zcela soběstačné, pokud jde o elektrickou energii. (například na ÚČOV Praha až z 90%). Nejen bioplyn ale i kaly mají své využití. Za asi nejpřínosnější se považuje zemědělské využití. Zde je velmi dobře naplněna myšlenka recyklace, avšak ne všechny kaly se k tomuto účelu hodí. Mohou se zde vyskytovat patogenní mikroorganismy, těžké kovy atd. Takže je nutné tento kal velmi přísně kontrolovat. Jestliže se v kalu najdou nežádoucí látky nebo mikroorganismy, je nepřijatelnější variantou spálení. Ještě je využívána varianta skládkování. Právě zmíněné skládkování je aktuálním problémem Pražské ÚČOV. Pražský magistrát se od roku 2000 snaží částečně přesunout části spojené s kaly do

okolí Prahy. Právě tímto místem je malá vesnička Drásky. Dle oficiální zprávy existují dvě varianty. První varianta počítá s anaerobní stabilizací kalů, druhá varianta počítá s aerobní fermentací. Magistrát argumentuje snížením ekologických nároků a omezenými logistickými možnostmi současně lokality. Navrhuje se tedy omezit technologii na Císařském ostrově na nezbytné minimum a surový kal s 6% sušiny transportovat kalovodem do kaliště Drásky. Podle studii by toto jednání magistrátu mělo na okolní vesnice vliv jako spalovna Malešice. Nejen zhoršení ovzduší je problémem, ale i vystavění 30m vysoké věže a několik 23m vysokých komínů. Samozřejmě tento krok by narušil tamní klid. Proto se počítá i s výstavbou protihlukové bariéry. Na tomto místě jsem se byla osobně podívat. Nemyslím si, že je to rozumné. Mladí lidé se čím dál tím více stěhují na okraj Prahy, chtějí pro svoji rodinu klidné prostředí. V sousední vesnici Větrušice (2km) je obrovský sad s nejrůznějšími druhy ovoce. V této obci se také staví nové rodinné domky skoro přímo u kaliště. (tyto informace jsem získala z oficiálních stránek obce Větrušice <http://www.vetrusice.cz/project/article.php?id=1185> ).

objekty	BSK <sub>5</sub>	Nerozpuštěné látky
	Snížení obsahu látek v %	
Jemné česle	5-10	
septik	15-30	50
Prostá sedimentace	20-30	30-60
Biologický filtr-rychlofiltr	60-80	65-90
Aktivace	80-90	85-90
<b>Zemní filtr</b>	<b>90-95</b>	<b>85-95</b>

*Tabulka č.1: Účinnost odstraňování látek*

Z tabulky č.1 je patrné, že nejúčinnější odstraňování látek probíhá v zemním filtru.

### **3.4 Kořenové čistírny odpadních vod:**

První kořenová čistička začala fungovat v roce 1974 v Othferesenu. V Německu, Dánsku, Velké Británii a Spojených státech se tento způsob čištění stal zcela běžným. V roce 1989 byla v ČR postavená první kořenová čistička. Od roku 1989 do roku 2008 bylo vystavěno 240 těchto čističek (jako malé čističky pro 100-500 EO). Tento způsob čištění je z extenzivních způsobů čištění vod v ČR nejrozšířenější. Kořenové čistírny odpadních vod stojí na 4 hlavních složkách. (volně plovoucí rostliny, rostliny s volně plovoucími listy, emerzní rostliny, submerzní rostliny) Vodu čistí hlavně bakterie žijící na kořenech rostlin. Kořenové čistírny vod rozdělujeme:

- a) Horizontální a vertikální (nejrozšířenější v ČR)
- b) Podpovrchové a povrchové
- c) Kontinuální a diskontinuální

Kořenová čistírna funguje na principu mokřadů. Tyto přírodní systémy jsou založeny na mechanických, fyzikálně-chemických a biologických procesech, které probíhají ve filtrační vrstvě za spolupůsobení rostlin.

Jsou to procesy, které svým charakterem a rychlostí odpovídají procesům, které můžeme pozorovat v přirozených mokřadních a vodních biotopech. Čištění vod probíhá filtrací přes kořenová pole, která jsou vyplněna filtračním materiálem a pracují na principu biologické filtrace vody. Kořenové čistírny většinou obsahují mechanické předčištění. Jako výhody můžeme vidět malé provozní náklady, jednoduché stavební provedení. Kořenové čističky se velmi dobře dají zabudovat do krajiny. Jsou srovnatelné svojí efektivitou s biologickými čističkami. Kořenové čistírny vod mohou obsahovat česle, lapáky písku.

#### **Mikroorganismy:**

Jeden z hlavních dějů na kterých se mikroorganismy podílí, je rozklad dusíkatých organických látek. Proteolytické bakterie štěpí aminokyseliny a amonizační bakterie způsobují přeměnu rozpuštěného organického dusíku na amonné ionty. Dalším krokem, na kterém se bakterie podílí je nitrifikace. Je to děj, při kterém přechází amonné ionty na dusitany nebo dusičnany. Za rozklad celulozy při anaerobních



podmínkách jsou zodpovědné methanobakterie. Při rozkladu škrobů a nižších cukrů působí amylolytické bakterie. Na rozklad organických a anorganických látek obsahující síru jsou třeba sulfurikační a desulfurikační bakterie, aby docházelo k redukci síranů na sulfidy, je třeba silně anaerobního prostředí. O rozklad organických a anorganických sloučenin fosforu je starají fosfobakterie.

Na účinnost kořenové čistírny má velký vliv vnější prostředí. (teplota vody, teplota vzduchu, vítr, sluneční záření, rychlost průtoku. Dalším důležitým faktorem je vliv vegetace (kvalita rostlin, hustota, vegetační a nevegetační období, odběr živin)

**Rostliny**, které můžeme při návštěvě kořenové čistírky najít.

Rákos obecný, chrastice rákosovitá, orobinec široolistý, zblochan vodní, kosatec žlutý, skřípínek jezerní

název:	kosatec žlutý ( <i>Iris pseudacorus</i> L)
čeleď:	kosatcovité ( <i>Iridaceae</i> )
popis:	Vytrvalá bažinná bylina se silným oddenkem, výška 50-150cm, oddenek se používal v léčitelství.

název:	chrastice rákosovitá ( <i>Phalaris arundinacea</i> L., syn.: <i>Baldingera arundinacea</i> /L./ Dum.)
čeleď:	lipnicovité ( <i>Poaceae</i> )
popis:	Vytrvalá, cizosprašná rostlina s 2m vysokými stébly. Velký kořenový systém, vysoké nároky na vlhkost. Nesnáší sešlapávání. Do budoucna má tato rostlina sloužit jako potencionální energetický zdroj a zdroj buničiny.

název:	orobinec širolistý ( <i>Typha latifolia</i> )
čeleď:	lipnicovité ( <i>Poaceae</i> )
popis:	Listy jsou nelesklé 100-200cm dlouhé, samčí a samičí květenství jsou těsně nad sebou, palice samičích květů tvoří palice-hnědé 10-15cm,vyžaduje bahnitě okraje vod.

název:	rákos obecný ( <i>Pragites australis (Cav.) Trin. ex Steudel</i> )
čeleď:	lipnicovité ( <i>Poaceae</i> )
popis:	Rostlina se stébly 2m se zakončením bohatou latou. Vytváří se velký kořenový systém, oddenky dosahují až do 2m Rozmnožování generativním a vegetativním cestou. Plodochmýřená obilka.

Rostliny mají velký význam v kořenové čističce. Vytvářejí vhodné prostředí pro růst různých druhů bakterií, které se váží na kořeny rostlin. Bakterie na kořenech také zateplují povrch kořenů, což je důležité v zimě. Kořeny rákosu obecného a skřípince jezerního vylučují alkaloidy, které redukuje počty bakterií *Escherichia coli* až o 50-90%. *Escherichia coli* je běžný hostitel tlustého střeva. Znečištění vody fekáliemi se může dostat snadno do vody. Tato bakterie způsobuje záněty močových cest, hnisavé procesy, záněty ran, průjmy. Chrastice i rákos rostou velmi dobře a jejich nadzemní biomasa je porovnatelná s biomasou rostlin, které se nacházejí v eutrofních přirozených stanovištích. Chrastice roste rychleji než rákos a dosahuje maximální biomasy již druhý rok po výsadbě, zatímco rákos třetí a čtvrtý rok. Důležité je osadit kořenovou čističku takovými rostlinami, které poskytnou svými nadzemními částmi ochranu kořenům v zimních měsících. Doporučuje se vysazovat rostliny z předpěstovaných sazenic, úhyn rostlin není tak velký. Mělo by se také dbát na rozmístění rostlin. U rákosu se doporučuje čtyři rostliny na 1m<sup>2</sup> a u chrastice rákosovité deset rostlin na 1m<sup>2</sup>. Spalování

posečené biomasy přímo v místě čističky se nepovažuje za vhodné. Dochází tak k nadbytečnému obohacování systému. Navíc může dojít k poškození biomasy. Rákos se může využít na výrobu drobných předmětů nebo rohoží. Měl by se však sušit za vyšších teplot v sušárnách kvůli bakteriálnímu znečištění.

### **Mikrofauna:**

Bičíkovci (*Flagellata*) Jsou nejmenší protozoa, vyskytují se v kalech. Mají oválný nebo bičíkovitý tvar a pohybují se pomocí jednoho nebo více bičíků. Potravu přijímají pomocí ústního otvoru a nebo fagocytozou.

Kořenonožci (*Rhizopoda*) Kryténky mají pevnou schránku, měňavky mají nepravidelný tvar, pohybují se pomalu díky přelévání cytoplazmy.

### **Živočichové:**

Ploštěnky, blešivci, jepice, perloočka, plovatka bahenní, vodouch stříbřitý, vážka ploská, komár pisklavý, chrostíci, bruslařka obecná, potápník vroubený, karas obecný, kapr obecný, skokan hnědý, ropucha obecná, rosnička zelená, užovka obojková, užovka hladká, slepýš křehký, ještěrka obecná, strakapoud velký, žluva hajní, kos černý, špaček obecný, pěnkava obecná, strnad obecný, strnad luční, červenka obecná, konipas bílý, ledňáček říční, lyska černá, kachna divoká, čáp bílý, ježek východní, kuna skalní, ondatra pižmová

### **Technický popis kořenové čistírny v Hostětíně:**

- 1) Přítok
- 2) Mechanické předčištění
- 3) Biologický stupeň čištění:
- 4) Dočišťovací stupeň
- 5) Odtok

**Přítok:** Odpadní vody z obce Hostětín jsou svedeny do kanalizační sítě.

#### **Mechanické předčištění:**

- A) Odlehčovací šachta: Slouží pro oddělení části vody při velkém průtoku.
- B) Dešťová nádrž: Slouží při velké dešti k zachycování vody, po skončení deště je voda přiváděna k lapáku písku a následně pouštěna do toku.
- C) Mělká kombinovaná nádrž: Zachycuje jemné částice v odpadní vodě (organické i anorganické), anaerobní vyhnívání probíhá ve dvou žlabech, které se musí 2x ročně vyklízet. Tento materiál se dále používá jako hnojivo. Tato nádrž musí zachytit 92% sedimentů.

#### **Biologický stupeň čištění:**

- A) Rozdělovací potrubí: Potrubí přivádí vodu rovnoměrně do filtračních loží, existuje letní a zimní potrubí.
- B) Filtrační lože: Je nádrž izolována PVC folií a geotextilií, dále obsahuje cca 1m vrstvou směsi hrubých kamínků (50–120mm) a jemného štěrku (4–8mm), toto je osázeno chřasticí rákosovitou a rákosem obecným. Pod kamenitým povrchem (cca 10cm) jsou uloženy regulační šachty, umožňující regulovat množství vody ve filtračním loži. Lože je rozděleno na dvě pole, aby mohl probíhat střídavý provoz. Rostliny jsou jednou ročně koseny.
- C) Sběrné potrubí: Zabezpečuje odtok vody z filtrační lože.

#### **Dočišťovací stupeň v korytech a nádržích:**

- A) Nádrž: Ve většině případů slouží k chovu ryb a jako požární zásobárny vody. Základním procesem v nádržích je usazování. K základní sedimentaci dochází je-li voda zadržována alespoň 2 hodiny. K plné sedimentaci je třeba několik dní. Je-li nádrž silně zabahněna při kolísavých průtocích mohou být sedimenty odnášeny. V nádržích díky velkému organickému znečištění se vyskytuje velké množství fytoplanktonu

- B) Odběrný objekt
- C) Výpustný objekt

(podle Obec Hostětín, Občanské sdružení Tradice Bílých Karpat, Nadace Veronica, Nadace Partnerství, *Voda a krajina, Přírodní způsoby čištění odpadních vod, Kořenová čistírna odpadních vod v Hostětíně*, ZO ČSOP Veronica Brno, Brno 2004)

#### **4 Omezování vzniku znečištění a odpadních vod:**

Šetření s vodou je dnes velmi důležité nejen kvůli stále se zvyšujícím cenám za vodu, ale i kvůli ochraně životního prostředí. Úspora vody je nejvíce vidět hlavně při běžném čištění odpadních vod. Menší objem odpadních vod znamená v čistírně menší nároky na objemy nádrží, na čerpání, provzdušňování a míchání. Koncentrované vody se také biologicky čistí lépe než vody naředěné.

Úsporné jednání spotřebitelů podporované osvětou a školní výchovou může mít velmi dobré výsledky. Maximální využívání odpadních vod přímo v místě vzniku, využívání malých čističek přímo majiteli domu – s takto upravené vody lze zalévat zahradu a tím ušetřit náklady vody až na polovinu. K dalším šetrným krokům patří úsporné nakládání s pracími a mycími prostředky, díky nimž se do vody dostává velké množství fosforu. Na jednoho obyvatele napojeného na kanalizaci připadá v průměru celková denní produkce fosforu 2-4g. Z toho asi 1,5g pochází z moče a fekálií. Spotřebitelé jsou vždy informováni o optimálním využívání pracího prostředku na etiketě, tyto dávky by neměly být překračovány, nepřináší totiž odpovídající zlepšení pracího účinku. Ve společnosti stále převládá názor „čím víc tím líp“ ,čímž dochází k mnohem větší produkci fosforu. Navíc citlivým jedincům může takto vyprané prádlo způsobit podráždění pokožky. Úsporně se také musíme chovat při dávkování desinfekčních a čistících prostředků pokud využíváme malou domácí čistírnu. Neustálá reklama v médiích tlačí lidi mít antiseptickou domácnost. Čistit nejrůznější povrchy antibakteriálními prostředky. V tomto případě se oběťmi však stávají mikroorganismy zajišťující funkci mechanicko-biologických čistíren (podle Just, 1999).

Majitelé domácích chemických čistíren by neměli používat prostředky s chlorem. Navrhují využít prostředky z řady Ecover. Jsou biologicky odbouratelné. Dle mého zjištění jsou dostupné v síti DM Drogerie a také Countrylife. Jsou však drahé.

V některých bohatších zemích se projevuje snaha o zachycování a využívání dešťové vody ze střech. Základem takového uspořádání je podzemní zásobník, čerpadlo a rozvod zásobující zahradu. Někteří lidé dešťovou vodu využívají k praní a splachování. Nevýhoda spočívá ve velkých pořizovacích nákladech, které i po letech podstatně převyšují úspory.

## **Omezování přítoků dešťových vod do kanalizací**

Smyslem omezování dešťových vod do kanalizace je chránit čistírnu odpadních vod a následující koryta chránit před přetížením, narušením anebo poškozením maximálními průtoky.

Akumulační nádrže jsou jedním z mnoha řešení na omezení přítoku dešťových vod do kanalizace. Tyto nádrže mohou být zřízeny v různých částech obce. Nejjednodušší akumulací nádrží je běžný sud, který se umístí pod okap. Shromážděná voda může najít uplatnění například na zalévání. Další možností jsou nádrže vyplněné kamenivem, které jsou často umístovány pod parkovišti. Porézní krycí materiály a perforované tvárnice podporují jednoduchou možnost přímého vsakování z chodníků a jiných ploch. Vsakovací pásy a rýhy bývají vytvořeny podél chodníků a jiných ploch. Zabudovaný pás vyplňuje pórovitý materiál jako je štěrk nebo zemina s trávou. Do pásu lze vysadit stromy i keře. Pás musí být vybudován tak, aby voda z okolí do něj stékala. Tyto pásy jsou využívány v městech a obcích před lokálními záplavami.

## **Další systémy zneškodňování odpadních vod**

### **Žumpový systém**

Žumpy byly dříve velmi hojně využívány, dnes je tento trend na ústupu. Avšak v řadě obcí a chatových oblastech se žumpy vyskytují. Žumpa je bezodtoká betonová jámka shromažďující odpadní vody z domu. Dnes se už vyrábí i z polypropylenu. Obsah se musí nechávat vyvážet cisternami. Ceny za vývoz jsou v dnešní době vysoké, a proto žumpa není konkurenci schopným zařízením. Umístění žumpy nesmí ohrožovat zdroje okolní vody. Od studny by měla žumpa být vzdálená 12m (podle Mlejnská, Rozkošný, Baudišová, Váňa, Wanner, Kučera, 2009)

## **5 Praktická část:**

V této části jsem navrhla soubor praktických cvičení a k nim řadu didaktických karet pro žáky a učitele. Kladu důraz na rozvoj samostatného myšlení, ale také týmovou spolupráci. První část mé práce je zaměřena na pokusy pro žáky. Kladla jsem velký důraz na to, aby pokusy byli materiálně nenáročné a mohli si je tak vyzkoušet všechny školy, nejen ty dobře vybavené. Samozřejmě u pokusů by měl asistovat učitel a pomoci žákům s přípravou. Další nedílnou součástí mé praktické části jsou pracovní listy pro žáky. Pracovní listy by měly být rozdány žákům ihned po provedení pokusu. Žáci tak získají šanci na ověření svých znalostí z praktické činnosti. V třetí kapitole praktické části jsem navrhla karty pro učitele, které by měly posloužit jako stručný přehled o problematice odpadních vod. Učitelé by měli žáky s touto tematikou seznámit, než přikročí ke krokům z praktické části. Poslední kapitola se zaměřuje na čistírnu Bubeneč v Praze. Tato kapitola má posloužit jako stručný návod na exkurzi.

### **5.1 Badatelsky orientované pokusy pro žáky**

Badatelsky zaměřené pokusy pro žáky by měly být nedílnou součástí badatelsky zaměřeného vyučování, které se v dnešní době stále více prosazuje. Tyto pokusy jsou navrženy pro žáky nižšího gymnázia (prima a sekunda) nebo pro žáky 6. a 7. tříd základní školy. Učitel může tyto pokusy využít ve výuce biologie, chemie a environmentální výchovy. Pokusy nejsou náročné na materiály ani provedení, pokus se tedy může provádět v školní třídě i biologické laboratoři. Časová náročnost na pokusy je 1 vyučovací hodina, avšak doporučuji spojit 2 vyučovací hodiny. V následující hodině by žáci měli vypracovat pracovní list a zamýšlet se nad problematikou. Aby pokusy splnily svůj účel, měl by učitel s žáky nejprve probrat téma odpadních vod.



## **Pokus č.1: „Zemní filtr“**

### cíle:

- Žáci si osvojí techniku filtrace.
- Žáci se zamyslí, proč tento způsob může fungovat i v praxi.

### Pomůcky:

Plastový průhledný kelímek, nůžky, jemný písek, jemný štěrk, hrubý štěrk, voda, toaletní papír, hlína,

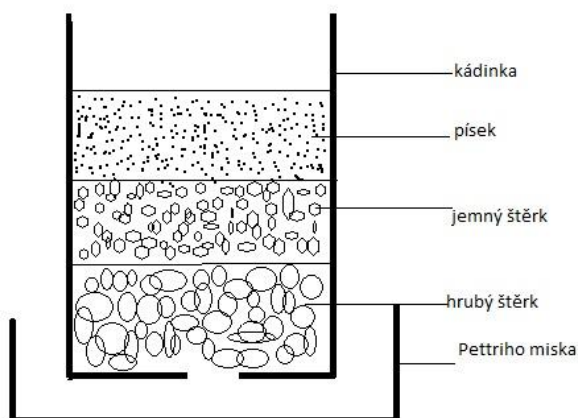
### Využití v předmětech:

Tento pokus má využití v biologii, chemii ale také v environmentální výchově.

### Postup:

- Žáci si nůžkami vytvoří několik menších dírek na dně kelímku.
- Vrstvení materiálu musí být přesně dle nákresu.
- Vrchní písek žáci musí pořádně umačkat, doporučuji vytvořit 2 kusy na jednoho žáka
- Nyní by měla proběhnout diskuze mezi žáky a učitelem o znečišťování, čištění a možné úspore vody
- Žáci by měly dávat své podněty jak a čím „znečistit“ vodu v podmínkách třídy.
- Navrhují několik způsobů na bezpečné znečištění vody v podmínkách třídy- voda by měla obsahovat pevné částice!
- Voda s jedním útržkem toaletního papíru- rozmáčíme a zamícháme- tímto simulujeme splaškové vody, voda s hlínou- zamícháme
- Žáci si pod své kelímky dají Petriho misku
- Žáci si pomalu nalijí „znečištěnou“ vodu do svých kelímků

- Pevné částice zachytí písek a voda by na konci měla být čištění než na začátku
- Vyčištěnou vodu opět nalijí do „čističky“ a ještě několikrát tento proces budou opakovat
- Pokud by se někomu nepovedlo dosáhnout dobrého výsledku, hledáme s ním důvod.



*Schéma zemního filtru, vlastní nákres*

#### Závěry pokusu:

Žáci si v pokusu vyzkouší techniku filtrace, zamyslí se nad tím, proč může toto fungovat v praxi.

#### Praktické ověření:

Tento pokus jsem vyzkoušela nejprve osobně. Jelikož provedení nebylo náročné, vyzkoušela jsem jej na vybrané třídě žáků sekundy gymnázia. Čas na provedení pokusu jsem měla jednu vyučovací hodinu. Žákům jsem nejprve vysvětlila, jak budou pokus provádět. Poté jsem rozdala potřebný materiál. Žáci během 5 minut naplnili kelímky vrstvami materiálu. Poté si vytvořili „znečištěnou vodu“ a prolili. Z mého pozorování jsem si ověřila, že pokus v praxi funguje, avšak doporučila bych jej propojit s pokusem č.2 nebo propojit všechny 3 pokusy. Samotný pokus je velmi krátký.

## **Pokus č.2: „Simulace česlí a lapáku písku“**

### Cíle:

- V tomto pokusu si žáci objasní v praxi fungování česlí a lapáku
- Učitelé by měli žáky vést k cílenému zamyšlení nad tím, proč lapák písku takto může v praxi fungovat.

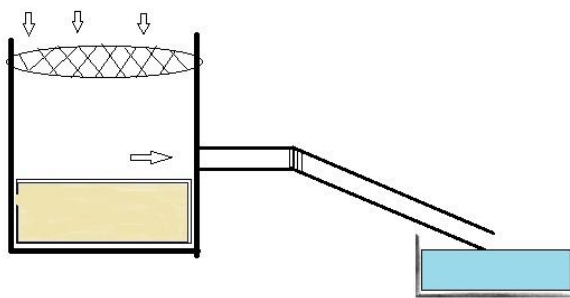
### Pomůcky:

Plastový kelímek 2 ks/žák, brčko, klasická mřížka na krájení brambor do bramborového salátu, lepicí páska, miska, písek, hlína

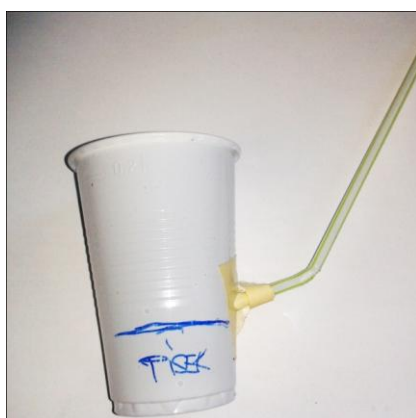
Využití v předmětech: Tento pokus má využití v biologii, chemii ale také v environmentální výchově. Při zjednodušení je možné použití i u menších dětí.

### Postup:

- 1) Do 2/3 výšky kelímku žáci vytvoří malou díрку, na druhý stejný kelímek vyznačí fixou ve stejné výšce rysku.
- 2) Do této dírky musí nasunout brčko a utěsnit lepicí páskou, toto brčko na začátku lehce přilepíme k okraji kelímku, tak aby voda ihned neodtékala.
- 3) Nyní se vytvoří „znečištěná voda“
- 4) Navrhují tuto variantu: Do prázdného kelímku nasypou písek ještě méně než po rysku! Poté žáci přidají vodu, lžičku proseté jemné hlíny a drobné větvičky.
- 5) Na kelímek žáci musí položit mřížku simulující česle
- 6) směs „znečištěné vody“ žáci velmi zamíchají a okamžitě nalijí do připraveného kelímku
- 7) Žáci nechají tuto směs krátce sedimentovat
- 8) Odlepí brčko a vypustí vodu do připravené misky,
- 9) Nyní by měla proběhnout diskuze mezi žáky a učitelem o jaký jev se zde jedná, k čemu to slouží atd.



*Schéma česlí a lapáku, vlastní nákres*

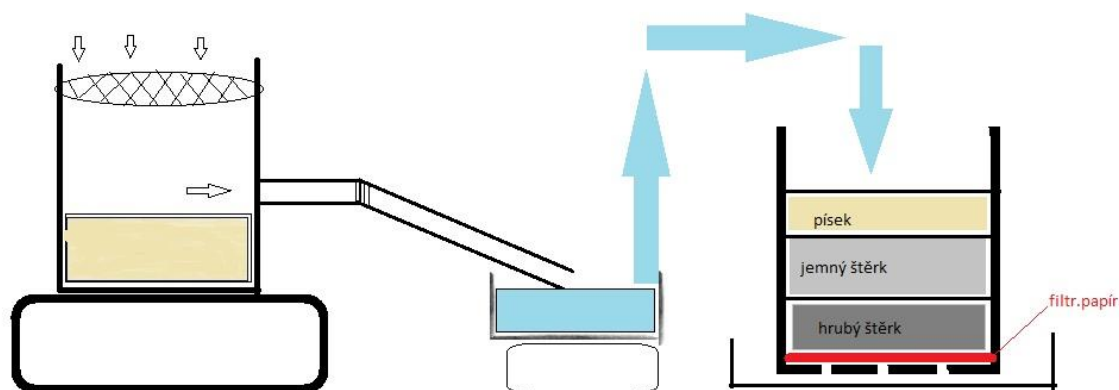


*Fotografie- lapák písku, vlastní výrobek*

### Výstup z vlastního provedení pokusu:

Při sestrování zařízení bych doporučila asistenci učitelů u stříhání otvoru na brčko. Doporučuji lapák umístit například na krabici, aby byl lepší odtok. Brčko musí být kvalitně připevněné na kelímek, jinak hrozí protékání. Vyznačená hladina pro písek musí být pod otvorem s brčkem, jinak „znečištěná“ směs i s pískem bude vytékat brčkem. Směs se musí skládat z písku, a opravdu kvalitně proseté hlíny-simulujeme bahno. Dáme-li do směsi hrubou hlínu, budou ve směsi kousky, které ucpou odtok. Pokud nemáte přístup k jemné jílovité hlíně, doporučuji tento pokus udělat s hrubou moukou nebo dětskou krupičkou (ne instantní).

## Propojení pokusu č.1 a č.2: „ KOMPLETNÍ ČISTIČKA“



*Schéma- kompletní čistička, vlastní nákres*

Tímto pokusem bychom měli simulovat reálnou situaci čištění vody. Po provedení pokusu č.1 a č.2 by si žáci měli ujasnit problematiku čištění. Měli by vypracovat protokoly o pokusech. V tomto simulačním pokuse navrhují týmovou práci. Učitel by měl žáky rozdělit do skupinek max. po 4 lidech.

### Pomůcky:

Plastový kelímeček 2 ks/skupina, brčko, klasická mřížka na krájení brambor do bramborového salátu, lepicí páska, miska, písek, hlína/mouka/krupička, plastový průhledný kelímeček, nůžky, jemný písek, jemný štěrk, hrubý štěrk, voda.

### Postup:

- Žáci by již měli mít vytvořené lapáky a zemní čističky z předchozích pokusů.
- Již vyrobený lapák písku žáci umístí na krabici, aby zajistili lepší odtok.
- Žáci vytvoří „znečištěnou vodu“.
- Tuto směs nalijí do lapáku, a již jímají do kádinky vodu bez písku, který sedimentoval.
- Vodu zbavenou písku, ale obsahující hlínu/hrubou mouku/ krupičku nalijí do zemní čističky a vodu jímají do kádinky

- Koloběh se zemní čističkou několikrát opakují.
- Výsledky by si měli během pokusu zaznamenávat.

Navrhuji jednoho žáka pověřit zaznamenáváním výsledků o stavu znečištění, dalšího žáka pověřit přípravou „znečištěné vody“, dalšího obsluhou lapáku a posledního obsluhou zemní čističky. Vedeme takto žáky k týmové spolupráci. Také vypracování výstupních materiálů by mělo být kolektivní. Doporučuji, aby žáci „znečištěnou vodu a sedimentované produkty“ nevylévali do WC a umyvadel. Navrhuji slít do jedné velké nádoby a zneškodnění např. na školní zahradě. Voda obsahuje jen přírodní složky a není životnímu prostředí nebezpečná. Avšak školní odpad by mohla zanést. (především písek)

## 5.2 Didaktické karty pro žáky

Navrhla jsem pracovní listy pro žáky s tematikou odpadní vody. Tyto listy nejsou přímo navázané na pokusy, avšak doporučuji před vypracováním těchto listů pokusy udělat. Kladla jsem důraz na hravou formu. V této části si žáci shrnují informace a upevňují si pojmy v „pojmové mapě“. Jednotlivé úkoly na sebe nenavazují, učitel tedy může zadat jen vybrané úkoly. V pracovních listech je zařazeno několik soutěží, jejich zařazení záleží na časových možnostech a chuti žáků soutěžit.

## Pracovní list č.1 pro žáky - Téma: „Odpadní vody“

1) Zamysli se a napiš, co všechno odpadní voda může obsahovat?

.....

.....

.....

.....

2) Jaké druhy odpadních vod znáš?

- 1)
- 2)
- 3)

3) Napiš, co je to eutorofizace a kde ji můžeš vidět?

.....

.....

.....

.....

.....

4) Průměrná denní spotřeba vody v domácnostech ČR (v litrech)

WC	33
SPRCHOVÁNÍ	48
PRANÍ, ÚKLID	17
KOUPEL	120
MYTÍ NÁDOBÍ	10
PITÍ	2
OSTATNÍ	8

Máš nějaký nápad, čím výrazně můžeš ušetřit vodu, nebo naopak čím se výrazně zvýší spotřeba vody? Proveďte úkol ve dvojici a napište své výsledky a porovnejte je.



Průměrná cena za 1l vody je 0,077Kč, spočítej denní provoz tvé domácnosti za normálních podmínek, a potom při „úsporném“ režimu.

běžný režim	úsporný režim
Kč	Kč

**5) Napiš několik případů, kterými můžeš omezit znečištění vody (jak chemické, tak biologické).**

- 1) .....
- 2) .....
- 3) .....

## Didaktická karta č. 2 pro žáky - téma : „Čistění odpadních vod“

**1) Jaké způsoby čištění odpadních vod znáš? Rozděl je do kategorií.**

--	--	--

**2) Do tohoto rámečku nakresli česle a popiš jejich funkci.**

**3) Zamysli se a napiš, jak funguje lapák písku? A proč může fungovat?**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**4)Uvedené položky seřad' za sebe tak, jak se opravdu v praxi používají. Přiřad' je k uvedeným číslům.**

LAPÁK PÍSKU

USAZOVACÍ NÁDRŽ

ČESLE

LAPÁK ŠTĚRKU

Nápověda: srovnej, jak těžké věci se zachytávají!

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)

**5)Tajenka - pracuj se seřazenými pojmy z předchozího úkolu, slova napiš na vyznačené místo podle pořadí které jsi vytvořil/a a zatrhni požadovaná písmena.**

- 1) Zatrhni u druhého slova první tři písmenka + **NĚ**  
.....
- 2) Zatrhni první dvě písmenka + **NDA**  
.....
- 3) Zatrhni u prvního slova první čtyři písmenka , u druhého slova první písmenko + **Q**  
.....
- 4) Zatrhni u prvního slova 2,3,4, 8,9 písmenko+CH, u druhého slova první dvě písmenka + **D KAMNY** .....
- 5) VÝSLEDEK: \_ \_ \_ \_ \_  
\_ \_ \_

**6)Zamysli se a napiš, na jakém principu funguje biologické čištění.**

.....  
.....  
.....  
.....

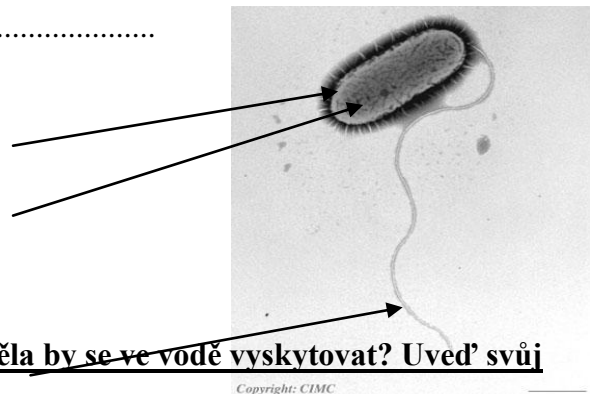
**7) Napiš co všechno víš o organismech, které se podílejí na biologickém čištění odpadních vod?**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

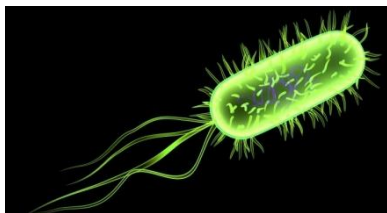
**8) Jak se jmenuje organismus na obrázku?**

.....

**9) Pojmenuj jednotlivé jeho části:**



**10) Na obrázku je Escherischia Coli. Měla by se ve vodě vyskytovat? Uved' svůj názor.**



ANO/NE a napiš proč:

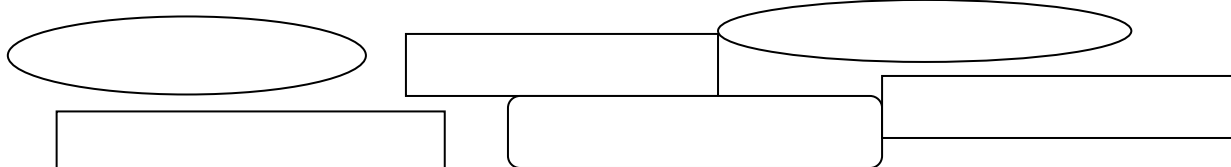
**11) Uved', čím je specifická kořenová čistička? (označ správné)**

chemické čištění      rostliny      nízký nárok na plochu

kořenový systém      mikroorganismy

.....

**12) Vyjmenuj organismy, které můžeme najít v kořenové čističce: (alespoň 7)**



**13) Zkus najít všechna slova, která jsou uvedena pod tajenkou. Musíš hledat ve směru svislém, vodorovném i diagonálním. Slova jsou psaná zleva doprava. Slova jsou uvedena bez diakritiky! Pokud chcete, zasoutěžte si se sousedem. Začněte ve stejný okamžik a uvidíte kdo bude rychlejší :-)**



oxidace mikroorganismy neutralizace bakterie splasky redukce adsorpce sedimentace  
kal lapak bioplyn filtrace odpad rostliny

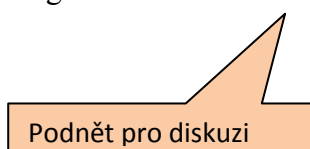
## 5.3 Didaktické karty pro učitele

### Didaktická karta pro učitele- „Druhy odpadních vod“

#### Co je vlastně odpadní voda?

Je to znečištěná voda z městských sídel, zemědělství, podniků atd. Odpadní vody obsahují velké množství biologicky odbouratelných látek, dusíku a fosforu. Tato voda může obsahovat stopy nejrůznějších škodlivin a bakterií. Samozřejmě v ní můžeme najít odpadky, jídlo, větve atd.

**Jaké druhy odpadních vod známe?** Odpadní vody si můžeme rozdělit do několika kategorií.



A) SPLAŠKOVÉ VODY

B) PRŮMYSLOVÉ VODY

C) BALASTNÍ VODY

D) SRÁŽKOVÉ VODY

**A) Splaškové vody:** Splaškové odpadní vody (splšky) jsou odpadní vody z domácností a sociálních zařízení závodů (kuchyní, záchodů, umýváren), které neobsahují odpadní vody průmyslové. Splaškové vody jsou zpravidla zbarveny šedě až šedohnědě a jsou silně zakalené. Jejich teplota se pohybuje od 5-20 °C v závislosti na ročním období.

**B) Průmyslové vody:** Jsou vody vznikající v průmyslových zařízeních. (pivovary, cukrovary, lihovary, galvanická zařízení, výroby papíru atd.) Mohou být vysoce kontaminované. Řadíme sem i vody vznikající v zemědělství.

**C) Balastní vody:** Jsou vody povrchové a podpovrchové pronikající do kanalizace. Tento jev není žádoucí, jelikož dochází k ředění a ochlazování splaškových vod. Tím se zvětší celkové množství vody, která se musí vyčistit.

D) **Srážkové vody:** Srážkové vody jsou vody z dešťových srážek a tání sněhu. Mohou pronikat do kanalizace a způsobují tak stejně jako balastní vody nárůst objemu vody.

**Otázky k danému tématu:**

Navrhuji zde rozvinout diskuzi s dětmi, ať mají podnět přemýšlet!

- 1) Co hrozí, když by se tato voda vypouštěla přímo do řek?
- 2) Navštívil/a jsi s rodiči nějakou zemi ve které, špatně čistí odpadní vodu? (Turecko, Tunisko, Egypt, Maroko..)
- 3) Na co jsi si v takové zemi musel/a dát dobrý pozor a proč?

Nyní navrhuji v rámci mezipředmětových vztahů (biologie, zeměpis, popř. chemie) rozvinout diskuzi s tématem: „Znečištění v řece Ganga v Indii“. Samozřejmě žáci musí být s obecným problémem v Indii nejdříve seznámeni. Také je důležitý věk žáků. Tuto diskuzi navrhuji rozvinout na druhém stupni ZŠ a gymnáziích. Nyní zpracuji rámcově téma řeky Gangy z biologického hlediska a také z hlediska znečištění.

S řekou Ganga je spjat každodenní život na březích. Kvůli vysoké chudobě zde lidé využívají řeku k hygieně, praní, vaření, mytí zvířat, ale i k pohřbům. Při klasické kremaci jsou mrtvá těla zabalena do oranžových plachet a spálena. Na jedno tělo je třeba v průměru 350Kg dřeva. Což je v přelidněné Indii nedostatkový materiál. Staří, nemocní a chudí lidé často do posledního dne svého života žebrají, aby si mohli dovolit tento rituální pohřeb. Po kremaci je vhozen popel přímo do řeky. Děti do 10 let, těhotné ženy, svatí muži, nemocní, chudí a lidé uštknutí hadem tento rituál nepodstupují, ale jsou vhozeni do řeky přímo. Samozřejmě lidé se v blízkosti koupají, vaří, perou prádlo atd. Významné je také chemické znečištění, které je ale většině Indů neznámé. Ve vodě po laboratorní analýze byly zjištěny ve vysoké koncentraci bakterie: zlatý stafylokokus (*Staphylococcus aureus*), *Vibrio fluvialis*, *Escherichia coli*. Bakterie ve vodě indukují fekální znečištění a při koupeli ve znečištěné vodě způsobuje zánět močových cest

(převážně u žen). Zlatý stafylokok produkuje velké množství enzymů a toxinů, které se výrazně uplatňují v infekčních onemocněních a léčí se silnými antibiotiky. Může způsobovat zánět mléčné žlázy v prsech žen, v případě rozšíření bakterií do celého organismu způsobuje septický šok. Může také způsobovat zápal plic nebo osteomyelitidu (zánět kostní dřeně). Zjištěné *Vibrio fluvialis* patří do skupiny bakterií, které způsobují tzv. střevní chřipku (gastroenteritida) nebo silné průjmy (i krvavé), křeče žaludečních svalů a horečky, jedná se o blízkého příbuzného *V. cholerae*. Bakterie způsobující přímo cholera nebo tyfus zjištěny nebyly. (citace z článku <http://www.igeo.cz/ganga>)

Světová banka se rozhodla Indii půjčit 17 miliard na vybudování čističek a renovaci řeky Gangy. Tyto informace pochází ze zdroje BBC (3.12.2009). Tento projekt by měl být realizován v roce 2020. Poslední plány na „čistou Gangu“ ztroskotaly v roce 1989.

( podle <http://www.novinky.cz/zahranicni/svet/185987-indie-dostane-miliardovou-pujcku-na-vycisten-gangy.html>)

Zkuste se zamyslet, jaká mohou být úskalí v tomto projektu? Proč by mohl opět selhat?



## 5.4 Návrh exkurze – Pražská čistička odpadních vod Bubeneč

### Úvod:

Tato exkurze je navržena jako návod pro učitele, kteří by rádi svým žákům poskytli netradiční formou zajímavý a naučný výlet do Bubeneče. Je koncipována pro žáky 6. a 7. třídy. V kapitole „Teoretická část“ jsou shrnuté informace o historii čištění vody a především té pražské. Navrhuji pracovní list, který doporučuji vypracovat přímo při prohlídce. V teoretické části jsem zvýraznila část textu, která je podstatná pro následující praktickou část. Tyto body by tedy neměly být při výkladu opomenuty, jelikož je žáci budou potřebovat. Tato kapitola je koncipována jako nadstavba znalostí již získaných z pokusů a pracovních listů. Žáci si tak mohou doplnit své vědomosti o zajímavosti z historie.

### Organizační záležitosti:

Rezervace je nutná na [www.staracistirna.cz](http://www.staracistirna.cz). Při této rezervaci je dobré objednat film: „Koloběh vody“, který je pouštěn na začátku celé exkurze a je zdarma. Doba trvání prohlídky je 60min. Hromadné vstupné je 50Kč/žák. Čistírna má dobrou dopravní dostupnost. Doporučuji jet na stanici metra Hradčanská, a poté autobusem č. 131 na autobusovou zastávku „Nádraží Bubeneč“. Při mé návštěvě nebyla možnost zakoupení občerstvení, bylo mi sděleno, že se plánuje vybudování kavárny. Proto doporučuji upozornit žáky na tento fakt. Dále je nutné upozornit žáky na vhodné oblečení. V podzemí je opravdu vlhko a zima, a to i v letních měsících. Pokud tuto exkurzi budeme dělat s mladšími dětmi navrhovala bych ji učinit formou hry: „Sestup do podzemí“. Na tuto hru by si žáci mohli přinést pláštěnky, svítilny, holinky. Mohlo by to tak pro ně být zajímavější. Žáky je také nutné upozornit na nutnost mít podložku pod pracovní list. Před exkurzí je důležité zjistit u žáků alergii na plísň. V těchto prostorách se mohou vyskytovat. Učitelům doporučuji, pokud na exkurzi půjdou sami s třídou, jít za celou skupinou! Ve spletitých prostorách se žáci mohou snadno ztratit.

## **Vypracování teoretické části:**

### **Kanalizace v nejstarších dobách ve světě**

Nejstarší vodohospodářský plán na světě nechal vypracovat Samsuiluna, syn babylonského krále Chammurapiho, asi před 370 lety. Součástí projektu byly zavlažovací kanály zahrad Semiramidiných a regulace Eufratu, vodovod pro Babylon, jezera, lázně, náhony pro vodní kola a další stavby. Realizace tehdy trvala neuvěřitelně krátkou dobu- šestnáct let. Kolem roku 2510 př. Kr. budovali v mezopotámských a protoindických městech, zejména ve velkém chrámovém komplexu Mohendžo-Daru, speciální kanalizační systémy na odvádění odpadních vod. V Mezopotámii začali používat splachovací záchody, z nichž se fekálie splachovaly bezprostředně do kanalizace. Také v sumerských městech si obyvatelé si obyvatelé budovali rozvětvenou kanalizační síť. Přípojky, které vedly pod jednotlivé domy, sbíraly odpadní vody. Skládaly se z části z hliněných trubek, zčásti byly zděné z pálených cihel a přikryté čtverhrannými deskami. Měly prudký spád, aby mohla voda rychle odtékat do hlavních stok, a nevznikalo zanešení či ucpání trubek.

V Číně dokázali již v roce 2300 př. Kr. regulovat veletoky Chuang-che a Jang-c-tiang. Stavitel tohoto díla získal takový obdiv a popularitu, že se stal císařem Chuang-ti. Vodní kola používána zejména k zavlažování měla průměr až 11 metrů. Přibližně v té době dokázali také v údolí Indu v Pákistánu vystavět město s koupelnami v každém domě a funkční terakotovou síť. Již 1500 př. Kr. byly na Krétě v Knossu koupelny, splachovací záchody a dokonce trojitá oddílná kanalizace. Nejčistší dešťová voda se jímala k potravinářským účelům, další pak k účelům hygienickým. Povrchová dešťová voda se vedla do rybníků a splaškovou vodu odváděla skutečná kamenná splašková kanalizace do moře. (Dagmar Broncová, Praha 2002)

### **Kanalizace a Praha**

Nejstarší zmínka o kanalizační stavbě v Praze pochází z roku 1310, kdy byl odvodněn proboštský dům v Ostruhové (nyní Nerudově) ulici na Malé Straně. To však byla výjimka. Otázka odvádění splašků nehrála v prvních stoletích existence Prahy

žádnou roli a jako všude v Evropě, domovní odpady kapalné i tuhé byly vyhazovány přímo na ulici a o jejich „úklid“ se staral hlavně vítr a déšť. Z roku 1380 pochází zákaz vyhánění prasat na ulice ve Starém Městě.

Z této doby pochází i stížnost od Johanna von Neumarkta: „...díky dešťům narůstá na ulici takové množství odpadů, že jezdci již nemohou projíždět městem bez obav, že buď jejich jezdci zapadnou do neřádstva, umažou se od výkalů a jako svině zapáchati budou nebo se umažou od ostatních koní...“ V letech 1782-1790 proběhla další vlna modernizované výstavby a to z popudu nejvyšších purkrabství Království českého. Tehdy vzniklo 44km stok vedoucích do Vltavy bez čištění s 35 vyústěními. V 19.století byl tento systém zchátralý a zanešený. Velké problémy nastaly v 60 a 70. letech díky hospodářskému růstu. V roce 1884 vyhlásila městská rada první výběrové řízení na výstavbu moderní kanalizační sítě. Navrhované projekty však nebyly schváleny, proto rada v roce 1888 vyhlašuje 2. kolo soutěže. V roce 1893 podal projekt Lindley, který byl schválen. Rozpočtové náklady dosáhly 6,5 milionu zlatých a kanalizovaná plocha činila 2588ha. Důležité byly pro stavbu kvalitní cihly. Pro stavbu bylo třeba asi 8 milionů cihel ( podle Palas, Just, 1998).

Poloha v Bubenči byla příznivá jak vzdáleností, tak i výškovými poměry. Rozdíl výšek mezi čistírnou a řekou do níž odtékaly vyčištěné splašky, byl dostatečný i při vysokém stavu vody. Poměry zlepšovala i současná výstavba plavebního kanálu a regulace říčního koryta. V letech 1896 a 1897 probíhaly výkupy pozemků pro čistící stanici. Smlouvou mezi městem a radou Lindleyem bylo stanoveno dokončení prováděcího projektu čistírny na 15. května 1899. Vzorem pro pražskou čistírnu byla Lindeyova sedimentační čistírna ve Frankfurtu na Mohanem. Byla moderní nejen druhem použité technologie, ale progresivní bylo rovněž umístění všech špinavých provozů pod povrch, takže neobtěžovali okolí a ušetřené pozemky bylo možno použít jinak.

Zařízení mechanického předčištění, tedy hrubé česle, lapák písku a jemné česle, bylo ukryto v útrobách provozní budovy, zatímco vlastní sedimentační nádrže se nacházely pod pozemkem mezi budovou a plavebním kanálem (na tuto plochu se žáci podívají na samém konci prohlídky). Celkem 400 vteřinových litrů odpadní vody

přitékalo pod provozní budovu třemi kmenovými stokami. Nejvyšší z nich ústila asi 3 metry nad hladinou vody v čistírně, a proto nejprve procházela komorou, kde spád splašků zpracovávalo vodní kolo. Všechny tři stoky pak společně vstupovali do lapače písku. Zde se v 34m dlouhé a 6m hluboké nádrži při rychlosti toku 90mm/s usazoval šterk, písek a hlína. Tento materiál byl ze dna odsáván odstředivým čerpadlem. Plouvoucí nečistoty se zachycovaly na jemných česlích o rozteči prutů 7mm, lemujících okraj lapače v celé délce. Česle se vybíraly upravenými hráběmi, zachycená hmota –česlové shrabky- byla lopatou posouvána k soudkovému výtahu, který jí dopravil na povrch, a úzkorozchodnou čistírenskou drahou pak byla odvážena na skládku na Císařském ostrově. Česlových shrabků se denně zachytily asi 4 tuny. Závěrečným stupněm čištění bylo usazování kalu v podzemních nádržích o délce téměř 90m s obsahem po 1200m<sup>2</sup>. Ze sedimentace se denně získalo asi 100m<sup>3</sup> kalu, který ze dna nádrží odsávaly dvě pumpy. Vyčištěná voda přepadala z nádrží do odpadní galerie a odtud proudila do Vltavy dvěma vypustními stokami profilu 200x250 cm.

Mezi válkami došlo až k dvojnásobnému nárůstu shrabků a kalů. Čistící stanice proto byla průběžně modernizována. V roce 1921 započala elektrifikace, která znamenala konec nepřetržitého provozu parních strojů, spouštěných nadále jen na jaře v době povodní. Elektromotory postupně převzaly pohon pískového čerpadla v lapači písku (1921), kalových čerpadel (1924) i výtahu na shrabky (1927). Po dvaceti letech provozu již zařízení neodpovídalo novým podmínkám. V roce 1927 se začala čistírna rozšiřovat.

O provozu čistírny v období II. světové války se nedochovaly téměř žádné údaje. Lze předpokládat, že kromě snížení počtu zaměstnanců k významnějším změnám nedošlo. V roce 1957 byla na Císařském ostrově započata 1. etapa výstavby nové Ústřední čistírny odpadních vod. V červenci 1965 byla slavnostně otevřena nová čistírna. Kvůli závadám musel být provoz na dva roky přesunut zpět na starou čistírnu. Stará čistírna se nechala stát kvůli případnému výpadku nové čistírny. Časem postupně chátrala až v polovině 80.let ji znovuobjevili nadšenci, kteří ji vraceli zašlý lesk. Z iniciativy Prahy 7 byla dne 26.4.1991 stará čistírna prohlášena za kulturní památku.

V letech 1955-1957 proběhla první etapa výstavby nové ústřední čistírny odpadních vod na Císařském ostrově. Musel y tu být provedeny nutné úpravy toku Vltavy a prohloubení dna. V této etapě se vybuřovalo také výtlačné potrubí kalů do Drast. ( podle Palas, Just, Praha 1998).

## Praktická část - pracovní list

- 1)Pamatuješ si, kdy byla 1. zmínka o kanalizaci?
  - 2)Jaký byl problém v té době? velké sucho/ mor/ velké množství nepořádku v ulicích (zaškrtni)
  - 3)Jakou polohu pro čistírnu architekt Lindey zvolil? Bubeneč/ Buben/ Bučenec
  - 4)Kdybys byl/a Lindey kolik bys potřeboval/a cihel na stavbu čistírny?
  - 5)Byly již v první čistírně česle?
  - 6)K čemu vlastně česle slouží?
  - 7)Popiš jejich stavbu.
  - 8)Kdybys měl/a pracovat u česlí, co by byla tvoje náplň práce, a jaké náčiní bys potřeboval/a?
  - 9)Kolik shrabků se denně muselo uskladnit? 500Kg / 1 tuna / 4 tuny
  - 10)Byla za války čistírna vybombardována? ano/ne
  - 11)Jsou v muzeu věci původní?
- Zde je místo na tvé zajímavé poznámky z exkurze:

## Diskuze

Praktické ověření badatelsky orientovaných pokusů jsem prováděla na žácích sekundy z gymnázia Arcus- pokus č.2. Zvolila jsem si časovou náročnost jednu vyučovací hodinu. Žákům jsem rozdala návod na pokus a nechala jsem jim dostatečný čas na pročtení. Všem žákům bylo zadání jasné a přístupila jsem k rozdávání materiálu. Žáci s praktickým provedením neměli žádné potíže. Velmi rychle měli zadání vypracované. Mohla jsem si i připravit materiály k propojení s pokusem č.1 nebo mít pracovní listy. Ale jelikož žáci dané téma neprobírali, bylo by pro ně obtížné vyplňovat pracovní list. Žáky tyto aktivity bavili, v hodině jsme hovořili také o různých možnostech venkovních aktivit spojených s vodou, a především čištěním vod.

Proto jsem jim navrhla exkurzi do čistírny Bubeneč. Také čistírna nabízí programy od školek až po téměř dospělé žáky. Na programy pro školy jsou vybaveni, program zahajují krátkým filmem o koloběhu vody. Poté průvodkyně provádí celou čistírnou. Další aktivity spojené s čištěním vody nabízí [www.veoliavoda.cz](http://www.veoliavoda.cz), kde se žáci každoročně mohou zúčastnit soutěží. Pedagogové mohou využít didaktické pomůcky, se kterými pracují i jiná pedagogická zařízení, jako je například Toulcův Drůr. Pro žáky ve věku 6-16 [www.veoliavoda.cz](http://www.veoliavoda.cz) připravila „Klub vodních strážců“. Děti píší články do časopisu a šíří tak myšlenku aktivní odpovědnosti vůči životnímu prostředí.

Dalším zajímavým projektem, který se zabývá tematikou odpadních vod je „Evropské školy pro čistou vodu“. Do tohoto projektu se mohly školy přihlásit bohužel jen do 15. dubna 2013, ale věřím, že do budoucna se projekt bude opakovat. V tomto projektu si přihlášená škola vymyslí svůj projekt a s ním bude soutěžit. (např. sledování čistoty potoka u školy, plýtvání vodou ve škole). Nalezla jsem velmi zajímavou nabídku na [www.bataknalodi.cz](http://www.bataknalodi.cz), kde je nabízeno 5 výukových programů, které probíhají přímo na lodi plující po Baťově kanálu. Každý program je pro jinou věkovou kategorii. Cena za program na žáka vychází na 38Kč. Loď je koncipována pro 45 osob. Zde může být jediný problém v tom, že pro jednu třídu je loď příliš velká a tím i cena stoupá, a naopak pro dvě větší třídy malá.

Podobné programy nabízí ekologické centrum Toulcův Dvůr. Zde se cena výukového programu pohybuje okolo 70Kč/os. Vyberou si zde učitelé z mateřských škol, tak učitelé z gymnázií a středních škol. Nabídka je velmi pestrá a neustále doplňována.

Učitelé s žáky mohou každoročně také využít programy připravené na „Den vody, který je 22. března. Na mnoha místech republiky mohou návštěvníci využít netradiční nabídky čističek, vodáren a jiných zařízení. V Plzni v čistírně odpadních vod byli připraveny netradiční exkurze pro 20-30 lidí. Pracovníci se tento rok zaměřili na předškolní děti a učili je jak se správně k vodě a přírodě chovat. Své dveře pro veřejnost otevřela i MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ a.s. a mnoho jiných čistíren odpadních vod. Připravila zde velmi zajímavý program pro prarodiče s vnoučaty. Zájemci do určených laboratoří mohli donést vzorky vody ze své studny, potoka a jiný vodních zdrojů. Na místě jim laborantky stanoví množství dusičnanů, tvrdost vody a amoniaku. Trasu skrz běžně nepřístupné prostory několika přehrad můžete absolvovat s pracovníky Povodí Moravy. Tyto prohlídky se konají na Horní Bečvě, Landštejně a Koryčanech. V roce 2013 mohli občané Ostravy a okolí poprvé využít nabídky Ostravské vodárny a kanalizace. Vzhledem k nepřetržitému provozu vodárny bude kapacita návštěvníků omezena.



## Závěr

Cílem mé práce bylo vytvoření přehledného a uceleného celku na téma „Odpadní vody a jejich čištění“, který by mohl sloužit učitelům na základních a středních školách pro výuku. Bakalářská práce je rozdělena na dva velké celky – praktická a teoretická část.

V teoretické části jsou popsány odpadní vody, jejich vznik, druhy, čištění a omezování znečištění. Odpadní vody jsem rozdělila do kategorií podle vzniku. Další velkou kapitolou je: „Způsob čištění odpadních vod“. Zde bych chtěla podotknout, že mnohé publikace se v zařazení způsobu čištění odpadních vod rozcházejí. Proto jsem zmínila oba pohledy na tuto problematiku. Rozdělení na extenzivní a intenzivní, to je první rozdělení. Více populárním je rozdělení na mechanické, chemické a biologické čištění. Zvláštní kategorií je „Kořenová čistička“. Při studiu materiálu k mé bakalářské práci, mě velmi zaujalo toto téma „Kořenové čističky“ a rozhodla jsem se jej detailněji popsat. Byla jsem v kontaktu s pracovníky z Hostětínské kořenové čističky, kteří mi poskytli mnoho informací a studijních textů. V budoucnu plánuji navštívit tuto čističku.

V praktické části bylo mým cílem vypracovat pracovní listy, navrhnout pokusy a exkurzi do Bubence. Tuto část jsem ještě obohatila o didaktické karty pro učitele, aby celé učivo bylo kompletně zpracováno. Při sestavování návodu na pokusy jsem se v žádných materiálech neinspirovala. Poté jsem zjistila, že existuje několik portálů s těmito pokusy, avšak jsou částečně odlišné (například [www.chemiehrou.cz](http://www.chemiehrou.cz)) Před samotným zpracováním návodu na exkurzi jsem samozřejmě navštívila pražskou čistírnu odpadních vod v Bubenci, kde mi poskytli mnoho potřebných informací.

Přínos by tato práce měla mít hlavně pro učitele 2. stupně základní školy a nižšího gymnázia. Ve většině středoškolských učebnic je toto téma shrnuté na úplné minimum, nebo dokonce zcela vynecháno. Při zpracování jsem se dozvěděla velké množství informací, které mohu použít nejen při své pedagogické praxi, ale v běžném životě.

## Seznam literatury

- 1) Bindzar, J. *Základy úpravy a čištění vod*, Praha, VŠCHT Praha 2009, ISBN 978-80-7080-729-3
- 2) Broncová, D. *Historie kanalizací, Dějiny odvádění a čištění odpadních vod v Českých zemích*. Praha, MILPO MEDIA s.r.o. 2002, ISBN 80-86098-25-7
- 3) Dočkal, P. *Opětovné používání vody v průmyslu*. Praha: SNTL 1988.
- 4) Chudoba, J. *Odpadní vody a jejich čištění*, Praha 1991, ISBN 80-85122-09-x
- 5) Jelínek, L. a kolektiv, *Desalinační a separační metody v úpravě vody*, Praha, vydavatelství VŠCHT Praha 2008, ISBN 978-80-7080-705-7
- 6) Just, T., Fuchs, P., Písařová, M., *Odpadní vody v malých obcích*, VÚV TGM, Praha 1999, ISBN 80-85900-31-9
- 7) Mlejnská, E., Rozkošný, M., Baudišová, D., Váňa, M., Wanner, F., Kučera, J., *Extenzivní způsoby čištění odpadních vod*. Praha, VÚV TGM 2009. ISBN 978-80-85900-92-7
- 8) Obec Hostětín, Občanské sdružení Tradice Bílých Karpat, Nadace Veronica, Nadace Partnerství, *Voda a krajina, Přírodní způsoby čištění odpadních vod, Kořenová čistírna odpadních vod v Hostětíně*, Brno, ZO ČSOP Veronica 2004.
- 9) Palas, J., Just, T., Martínek, M. *O historii pražské kanalisace se zvláštním zřetelem k čistící stanici v Bubenči*, Praha, Ekotechnické museum v Praze 1998.
- 10) Ptáček, M., ERLEBACH, J., LISCHKE, P., MATĚJKA Z. *Čištění odpadních vod z galvanotechniky a chemické povrchové úpravy kovů*. Praha, SNTL 1981.
- 11) Žáček, L. *Technologie úpravy vody*, Brno, VUTIUM 1998, ISBN 80-214-1257-7

**Internetové zdroje:**

[www.czso.cz](http://www.czso.cz)

<http://www.vetrusice.cz/project/article.php?id=1185>

<http://www.novinky.cz/zahranicni/svet/185987-indie-dostane-miliardovou-pujcku-na-vycisten-gangy.html>

[www.staracistirna.cz](http://www.staracistirna.cz)

[www.veoliavoda.cz](http://www.veoliavoda.cz)

[www.bataknalodi.cz](http://www.bataknalodi.cz)

[www.chemiehrou.cz](http://www.chemiehrou.cz)

<http://www.igeo.cz/ganga>