

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE

Návrh řešení problematiky likvidace odpadních vod v obci Velké Hydčice

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

VEDOUcí BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

Prof. RNDr. KOMÍNKOVÁ DANA, Ph.D.

BAKALANT: BAMBULE LUBOŠ

V PRAZE 2016

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta Životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Luboš Bambule

Vodní hospodářství

Název práce

Návrh řešení problematiky likvidace odpadních vod v obci Velké Hydčice

Název anglicky

Proposal of waste water treatment in small village Velké Hydčice

Cíle práce

- Zhodnotit kritickou situaci nakládání s odpadními vodami v obci Velké Hydčice
- Zhodnocení možností odvádění a čištění odpadních vod v malých obcích
- Navrhnout možná řešení nakládání s odpadními vodami v zájmové lokalitě
- Vyhotovení návrhu nakládání s odpadními vodami v zájmové lokalitě s ohledem na environmentální požadavky a finanční možnosti obce
- Zhodnotit vhodnost lokality pro výstavbu doporučené technologie čištění odpadních vod.

Metodika

- Zhodnocení současné situace v zájmové lokalitě
- Rešerše – způsoby nakládání s odpadními vodami
- Sběr dat
- Návrh možností nakládání s odpadními vodami, porovnání variant

Doporučený rozsah práce

40 stran

Klíčová slova

odpadní vody,

Doporučené zdroje informací

Dohányos, M., Koller, J., Strnadová, N. Čistění odpadních vod. Praha: VŠCHT, 1998.

Hlavínek, P., Mičin, J., Prax, P., Hluštík, P., Mířek, R. Stokování a čišění odpadních vod. Brno: VUT, 2006.

Krejčí V. a kol., 2002: Odvodnění urbanizovaných území – koncepční přístup. Vydavatelství NOEL 2000, Brno, 562s.

Sojka J., 2001: Malé čistírny odpadních vod. Vydavatelství ERA, Brno, 98s.

Šálek J. a spol., 2008: Přírodní čišění a využívání vody v rodinných domech a rekreačních objektech. Vydavatelství ERA, Brno, 115s.

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – FŽP

Vedoucí práce

prof. RNDr. Dana Komínková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno dne 2. 12. 2015

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 7. 12. 2015

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan

V Praze dne 07. 04. 2016

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma Návrh řešení problematiky likvidace odpadních vod v obci Velké Hydčice vypracoval samostatně pod vedení prof. RNDr. Dany Komínkové, Ph.D., a že jsem zde uvedl všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal. Veškeré citace jsem v textu řádně zaznamenal.

V Praze, dne

.....

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucí práce prof. RNDr. Daně Komínkové, Ph.D. za odborné připomínky a rady, díky kterým jsem mohl zdárně práci dokončit. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Janě Máchové a panu Stanislavu Bartoňovi za odborné konzultace a materiály, které mi při zpracování bakalářské práce velice pomohly.

Abstrakt:

Bakalářská práce se zabývá návrhem likvidace odpadních vod v obci Velké Hydčice.

V této bakalářské práci jsem zhodnotil čištění odpadních vod. Shrnuj hlavní problematiku znečišťování vod, způsoby čištění a typy čistíren odpadních vod. Z této teoretické části jsem poté vybral nejvhodnější způsob čištění odpadních vod a typ čistírny odpadních vod pro danou obec s ohledem na finanční možnosti a environmentální požadavky obce. Tento výběr jsem poté doplnil o výsledky dotazníkového šetření, ze kterých vyplývá povědomí respondentů o kořenových čistírnách odpadních vod.

Na základě zjištěných údajů je možné výsledek bakalářské práce aplikovat i na jiné malé obce, s ohledem na celkový počet obyvatel a finanční možnosti lokality.

Klíčová slova: odpadní vody, čistírna odpadních vod, kořenová čistírna odpadních vod

Abstract:

This thesis deals with sewage disposal in the village of Great Hydčice.

In this thesis I evaluated wastewater treatment. I summarized the main issues of water polluted treatment methods and types of wastewater treatment plants. From this overview section I then chose the most suitable treatment and waste water treatment for the community with regard to the financial possibilities and environmental requirements of the municipality. This choice I then added on the results of the questionnaire which indicates respondents' awareness of the root wastewater treatment plants.

Based on the data the result of the thesis can be applied to other small municipalities, with regard to the total population and the financial possibilities of the place.

Key words: waste water, wastewater treatment plants, root wastewater treatment plants

Obsah

1. Úvod.....	10
2. Cíle práce	12
3. Literární rešerše	13
3.1 Znečištění odpadních vod	13
3.1.1 Typy odpadních vod.....	13
3.1.1.1 Splaškové odpadní vody	13
3.1.1.2 Průmyslové odpadní vody.....	14
3.1.1.3 Dešťové odpadní vody.....	14
3.1.1.4 Balastní vody.....	14
3.1.1.5 Městské odpadní vody	15
3.2 Čištění odpadních vod a způsoby čištění.....	16
3.2.1 Mechanické čištění.....	16
3.2.2 Objekty mechanického čištění.....	16
3.2.2.1 Septiky	16
3.2.2.2 Biologické septiky	17
3.2.2.3 Česle.....	17
3.2.2.4 Lapáky tuků a olejů	18
3.2.2.5 Lapáky písku	19
3.2.2.6 Usazovací nádrže.....	20
3.2.3 Biologické čištění.....	22
3.2.3.1 Aerobní čištění odpadních vod.....	23
3.2.3.2 Půdní (zemní) filtry.....	24
3.2.3.3 Vegetační kořenové čistírny	25
3.2.3.4 Anaerobní čištění odpadních vod	32
3.2.3.5 Stabilizační nádrže.....	33
3.2.4 Chemické čištění	35
3.2.4.1 Separace kalů.....	36
4. Metodika.....	38
4.1 Informace o obci Velké Hydčice	38
4.2 Dotazníkové šetření	40
5. Výsledky.....	42

5.1 Výsledky dotazníkového šetření	42
5.2 Zhodnocení cílů práce.....	47
6. Diskuze	48
7. Závěr	51
8. Přehled literatury a použitých pramenů	52
9. Přílohy	55

Seznam zkratk

OV – odpadní vody

KČOV – kořenové čistírny odpadních vod

VKČ – vegetační kořenová čistírna

ČOV – čistírna odpadních vod

EO – ekvivalentní obyvatelé

BSK₅ – biologická spotřeba kyslíku

BP – bakalářská práce

VKČ-HP – vegetační kořenová čistírna s horizontálním průtokem

1. Úvod

„Odpadní vody jsou vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních prostředcích, pokud mají po použití změněnou jakost (složení nebo teplotu), jakož i jiné vody z těchto staveb, zařízení nebo dopravních prostředků odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod.“ (Zákon č.273/2010 Sb. v ods. 1 § 38: Zákon o vodách). Množství těchto vod závisí na stupni vybavení domácnosti (koupelna, myčka, spotřebiče vody na WC, přívod teplé vody, vodovod apod.) a obce (hotely, služby, nemocnice, průmysl apod.). V Evropě se spotřeba pitné vody určuje v rozmezí 130-200 l/os.den, v naší zemi se spotřeba pitné vody odhaduje na 130-150 l/os.den. Se zvyšující cenou se však postupně průměrná spotřeba vody snižuje. Díky životnímu rytmu obce, rodiny, města či výrobních procesů lze vypočítat určitou pravidelnost průtoku a množství odpadních vod, i když toto množství je velmi nestálé a kolísá (Sojka, 2013).

Ke konci 19. století mnoho evropských měst (Moska, Berlín, Paříž aj.) čistilo odpadní vody na filtračních polích. Praha ovšem v této době nezaostala za těmito městy, začala odvodňovat svá území a v letech 1818-1828 vybudovala prvních 44 km stokové sítě. V roce 1893 byl inženýr britského původu sir William Heerlein Lindley pověřen vypracováním plánu pražské stokové sítě (sloužící městu Praha dodnes) a projektu kanalizační čistírny. V této době byla postavena ČOV, která svým pojetím patřila k nejmodernějším na celém kontinentu. Mechanické čištění se schopností intenzifikace výkonu chemickým srážením bylo hlavním cílem této použité technologie. Tato čistírna byla v provozu od června 1906 do roku 1967, ovšem dochována a otevřena veřejnosti je v pražské Bubenči dodnes. První zkrápěný biofiltr byl uveden do provozu v roce 1910 v rámci Rakouska-Uherska. Tento biofiltr zpracovával OV z paláce Rádium. Největší aktivační čistírna ve střední Evropě byla do provozu uvedena v letech 1965-1967 a dodnes se nachází na Císařském ostrově v Praze. Tato čistírna je mechanicko-biologická a čistí 94 % OV z území hl. města, zbytek území obstarávají menší ČOV a bezodtokové jímky nacházející se na okraji Prahy. Odpadní vody sem přivádí společný kanalizační systém. V tomto případě se tedy jedná o směs OV z domácností, průmyslů, srážkové i podzemní vody.

Po vyčištění je voda vypouštěna do řeky Vltavy - nejbližšího vodního toku. Velkým impulzem pro další rozvoj a vývoj čistírenství bylo přijetí nového zákona o vodách, tzv. *vodní zákon*, č.273/2010 Sb. v ods. 1 § 23, který říká: „*Kdo vypouští odpadní nebo zvláštní vody do vod povrchových nebo podzemních, je povinen dbát, aby jakost povrchových nebo podzemních vod nebyla ohrožena nebo zhoršena. Za tím účelem je povinen zejména zajišťovat zneškodnění vypouštěných vod způsobem odpovídajícím současnému stavu technického pokroku.*“ (Wanner, Hlavínek, 1997).

Města v rozvojových zemích zažívají bezkonkurenční růst a rychle se zvyšující výstavbu vodovodů a kanalizací, který bude pokračovat v postupném růstu objemu odpadních vod. V mnoha rozvojových zemích se částečně vyčištěná odpadní voda používá k zavlažování vlastního jídla, píce a zelených ploch. Zemědělci používali odpadní vody po celá staletí, ale nyní na nich závisí jejich živobytí, a tato poptávka byla předzvěstí řady nových postupů využívání OV (Scott, Faruqui, Raschid-Sally, 2004).

V této době se k čištění OV využívá několik druhů čistíren, které jsou děleny dle velikosti a typu čistírenského procesu. Mezi nejpoužívanější čistírenské procesy řadíme procesy mechanické, biologické a fyzikálně-chemické. V České republice se můžeme nejčastěji setkat s kombinací biologického a mechanického procesu (Šálek, Tlapák, 2006).

V bakalářské práci se budu zabývat čištěním odpadních vod v malé obci. U venkovských obcí do 1 000 obyvatel se k hodnotám pro bytový fond připočítává ještě potřeba vod (odpovídající množství OV), pro občanskou a technickou vybavenost ve výši asi 20 l na osobu a den. U velkých sídel se počítá 120 l na osobu a den (Bareš, Herle, 1990).

2. Cíle práce

Cílem mé práce je zhodnotit kritickou situaci nakládání s odpadními vodami v obci Velké Hydčice s celkovým počtem obyvatel 252 (2013) (www.velkehydvice.cz). Dále zhodnotit možnosti odvádění a čištění odpadních vod v malých obcích, navrhnout možná řešení nakládání s odpadními vodami v již zmíněné lokalitě, vyhotovit návrh nakládání s odpadními vodami v obci s ohledem na environmentální požadavky a finanční možnosti obce a zhodnotit vhodnosti lokality pro výstavbu doporučené technologie čistírny odpadních vod.

3. Literární rešerše

3.1 Znečištění odpadních vod

Mezi odpadní vody lze řadit všechny vody, které prošly výrobním postupem. V rámci těchto procesů byla změněna teplota i jakost OV. Mezi OV dále řadíme vody, které odtékají z dolů, závodů, sídlišť, obcí a mnoha dalších míst, z kterých je voda vypouštěna do povrchových vod, čímž se může ohrozit jakost povrchových vod (Švehla et al. 2004). Pokud tyto vody potřebujeme zbavit většiny znečišťujících látek, je potřeba provést několik naprosto odlišných čistících procesů za sebou. Tyto jednotlivé procesy, které jsou seskupeny do jednotného procesu, zajišťuje technologická linka čištění (Dohányos et al. 1994).

3.1.1 Typy odpadních vod

OV můžeme rozdělit na vody splaškové, průmyslové, dešťové, balastní a městské. Toto rozdělení závisí zejména na složení odpadních vod a je z hlediska právní úpravy OV velice důležité (Pěničák, 1990).

3.1.1.1 Splaškové odpadní vody

Splaškovými vodami, též splašky, nazýváme OV z objektů se stravováním, hygienických zařízení, domácností a podobně. Toto znečištění vzniká především každodenní lidskou činností a je tvořeno především biologicky rozložitelnými látkami, které se ve vodě (za působení mikroorganismů) samovolně rozkládají pomocí kyslíku, který je obsažen ve vodě. Na zmiňovaném principu je postaveno nejrozšířenější měření organického znečištění vody - biochemická spotřeba kyslíku (Sága, Šťastný, 1992). Splašky jsou velmi nebezpečné z hlediska infekčnosti, závadné jsou obvykle vzhledově (např. zbarvením) a pachem - senzoricky, vždy jsou ale závadné z hygienického hlediska. Co se týče barvy jsou splaškové vody především šedé až hnědé s relativně vysokým množstvím rozpuštěných látek a s vysokým množstvím rozšířených nerozpuštěných látek, které způsobují silné zakalení. V porovnání s povrchovými vodami je teplota OV nápadně mnohem vyšší, v letním období je teplota OV vyšší než teplota vzduchu. „*Hlavní podíl*

znečišťujících látek splaškových odpadních vod připadá na moč a fekálie. Předpokládá se, že až 80 % organických látek ve splašcích pochází z moče a fekálií.“ (Švehla et al. 2004).

3.1.1.2 Průmyslové odpadní vody

Průmyslové odpadní vody jsou kapalné odpady, které vznikají při výrobním procesu a dále také při těžbě či zpracování organických a anorganických surovin. Na rozdíl od odpadní vody komunální mají průmyslové odpadní vody rozmanitý charakter i složení. Dle tohoto složení se průmyslové odpadní vody dělí na převážně anorganicky znečištěné a převážně organicky znečištěné. Pevně anorganicky znečištěné odpadní vody obsahují anorganické látky nerozpuštěné (keramický, sklářský průmysl apod.), které se většinou z odpadních vod odstraňují (sedimentací, čířením nebo filtrací), a rozpuštěné látky, ze kterých se odstraňují pouze toxické látky (odpadní vody z výroby sody, chloru apod.). Tyto vody se biologicky čistit nedají. Pevně organicky znečištěné OV jsou tvořeny především třemi skupinami látek: proteiny (bílkoviny), lipidy (tuky) a sacharidy, které tvoří největší podíl (Chudoba et al. 1991).

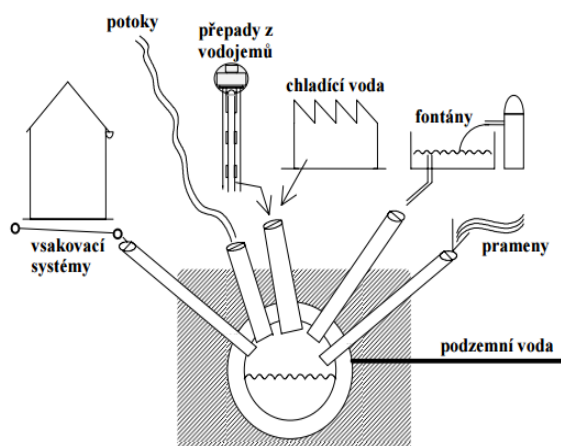
3.1.1.3 Dešťové odpadní vody

Dešťové vody (též vody srážkové) jsou z tzv. urbanizovaného povodí (parkoviště, ulic, střech, veřejných prostranství apod.) odváděny do kanalizačního systému (Pošta, 2005). Srážková voda je relativně čistá, avšak při průchodu atmosférou či při splachování různých ploch se kontaminuje nečistotami. Dešťová voda mění svou kvalitu v závislosti na četnosti srážek, předešlém průběhu dešťů či sběrných místech stoky, co do rozlohy, podílu nepropustného a propustného povrchu, spádu atd. (Švehla et al. 2004).

3.1.1.4 Balastní vody

Balastní vody jsou podzemní vody, které se do kanalizace dostávají netěsnostmi. Řadíme sem přítok infiltrující vody z podzemních horizontů (prameny, které jsou svedené do kanalizace) a také dešťové OV, které se v oddílných sítích dostávají

do splaškové kanalizace (dále obrázek č. 1). Z tohoto důvodu mají balastní vody negativní vliv, jelikož ředí splašky a také OV ochlazují (Švehla et al. 2004). Ředění balastních vod je v některých případech až tak velké, že pro nízkou koncentraci znečištění (BSK_5 pod 50 mg.l^{-1}) je biologické čištění těchto vod velice problematické. Bohužel balastní vody představují poměrně značné procento celkových OV (Wanner, Hlavínek, 1997).



Obr. č. 1 - Zdroje balastních vod (Groda & kol., 2007)

3.1.1.5 Městské odpadní vody

Mezi městské OV řadíme směsi vod průmyslových, splaškových, ale také vody balastní a dešťové. Tyto směsi vod přicházejí na ČOV kanalizací. Ve větších městech převažují vody splaškové, v malých městech složení OV závisí na účasti průmyslu (Pošta, 2005). V případě, že se v daném městě či obci nenachází průmysl, městské OV (schéma městské čistírny odpadních vod zakresleno v obr. č. 2) tvoří pouze vody splaškové či splaškové vody naředěné balastními a dešťovými vodami (Švehla et al. 2004).

Dle článku z časopisu Vodní hospodářství (2014) jsou městské odpadní vody hlavním zdrojem pro zavlažení především zemědělských plodin a zatravněných pozemků a v současné době se jim opět v České republice začíná věnovat větší pozornost. Je to především z důvodu klimatických změn a nedostatku vláhy (nedostatku srážek). Na tento globální problém zareagovala již i legislativa České republiky, kdy v tzv. „velké novele vodního zákona“ odkazuje na problematiku sucha (tento pojem je zde oficiálně zaveden). Avšak ani tato změna v zákoně neobsahuje konkrétní způsoby řešení sucha (Krátký, 2014).

3.2 Čištění odpadních vod a způsoby čištění

3.2.1 Mechanické čištění

Vysoce účinné, kvalitní a funkční mechanické čištění OV je důležitým prvkem všech druhů čištění. Uspořádání mechanického stupně čištění v různých lokalitách je následující:

- Při čištění OV vesnic, sídlišť a menších měst se navrhuje úplné mechanické čištění, které tvoří česle, lapák písku, lapák tuků a olejů a usazovací nádrže.
- U jednotlivých druhů staveb či skupin domů, malých restaurací se navrhuje biologický septik, případně usazovací nádrže s horizontálním a vertikálním prouděním.
- U znečištěných povrchových vod se převážně navrhuje úplné mechanické čištění (Šálek, Tlapák, 2006).
- Herle a Bareš (1990) tvrdí, že se mechanické čištění skládá ze zachycení drsných plovoucích látek, které jsou unášeny vodou, tekutých a pevných (suspendovaných) látek plovoucích na vodní hladině, pevných (suspendovaných) látek těžších než voda, které jsou usazené na dně (Herle, Bareš, 1990).

3.2.2 Objekty mechanického čištění

3.2.2.1 Septiky

Septiky jsou nádrže, ve kterých společně s kalem a usazováním probíhá anaerobní vyhnívání OV, proto tedy při odstraňování znečištěné vody řadíme septiky do fáze usazování. Prostor nádrže je dělen přepážkami (2 až 3 postupně protékané komory), avšak minimální účinný prostor je 3 m³. Usazující se kal v těchto komorách vyhnívá. OV po průtoku septikem je hnilobná, neobsahuje kyslík a hodnota BSK₅ je vysoká. „*Biochemická spotřeba kyslíku (BSK₅) je definována jako množství rozpuštěného kyslíku spotřebovaného mikroorganismy za stanovených podmínek na biochemickou oxidaci organických látek obsažených v jednom litru testované OV. Vyjadřuje se v mg/l.*“ (Švehla, 2012). Nedostačující jsou především velkoobjemové septiky, které

v řadě případů zhoršují kvalitu vody, zapříčiňují vyplavování kalu, zakolmatování filtračního pole, a jejich „čistící účinek“ je často v daných časových intervalech nízký (malá účinnost zde činní max. 10 až 15 %). I přes tyto nepříznivé podmínky jsou septiky nejrozšířenějším objektem od nejmenších producentů, jednotlivých domů až skupin domů, malých osad i rekreačních zařízení. Na druhou stranu k přednostem septiků patří výhoda, že nevyžadují předčištění, nepotřebují příjem energie a je jednoduché je obsluhovat, což vyvažuje vyšší náklady na výstavbu (Šálek, Tlapák, 2006).

3.2.2.2 Biologické septiky

Biologické septiky vykazují podstatně lepší výsledky čištění OV nežli již zmiňované septiky. Na vstupu do biologického septiku je umístěna malá usazovací nádrž s vertikálním prouděním, s lapákem tuku a sítovým košem, který slouží k zachycení případných hrubých splavenin. Vlastní prostor biologického septiku je rozdělen normými stěnami pro zachycení vzplývavého kalu s výpustí s normou stěnou. Odkalovací potrubí slouží k odstranění kalu (Šálek, Tlapák, 2006).

3.2.2.3 Česle

„Pokud jsou pro předčištění navrženy česle nebo síta, musí odstraňovat hrubé plovoucí a nerozpuštěné látky z přítoku odpadních vod.“ (ČSN EN 12255-3).

Česle jsou určeny k zachycování lehčích nečistot unášených pod hladinou nebo po hladině plujících. Česle lze při procesu odstraňování znečištěné vody zařadit do fáze předčištění. OV unáší hrubé plovoucí nečistoty, které jsou z velké části nehmotné (jedná se o textilní zbytky, pryž, součásti z plastů, vlákna apod.). Zmiňované odpady se společně s hmotnými odpady (potravinami, papírem apod.) zachycují a odstraňují z vody pomocí jemných česlí. Shrabky se následně spalují a zakopávají (Herle, Bareš, 1990). Mezi nevýhody česlí patří fakt, že několikrát denně vyžadují obsluhu. Z tohoto důvodu se více používají jemné česle s automatickým čištěním a s navazující dopravou shrabků do kontejnerů nebo přímo do pytlovacího zařízení (Wanner, Hlavínek, 1997).

Dle Herleho a Bareše (1990) je vhodnější využívat širokoplošné česle, které se osazují na celou šířku usazovacího žlabu šterbinových nádrží. Jemné česle, které je potřeba stírat ručně, je možno nahradit česlemi mělníci, které zachycují shrabky, které rozmělní a vrátí zpět do OV, ve které se nečistoty usazují spolu s kalem (Herle, Bareš, 1990). Co se týče parametrů česlí, jemné česle mají šířku průliny 0,015 až 0,02 m, hrubé česle mají šířku 0,05 m a více. U domovních ČOV (do 500 připojených obyvatel) se z ekonomických důvodů mechanicky stírané česle nepoužívají (Šálek, Tlapák, 2006). Mimo česlí se na městských ČOV používají i tzv. mělníci česle a designátory, které přeměňují hrubší nečistoty na jemnou suspenzi. Tato suspenze je následně zachycena do aktivovaného kalu či je odstraněna v usazovací nádrži. Pro usnadnění technologie čištění jsou tyto mělniče využívány především na malých ČOV (Švehla et al. 2004).

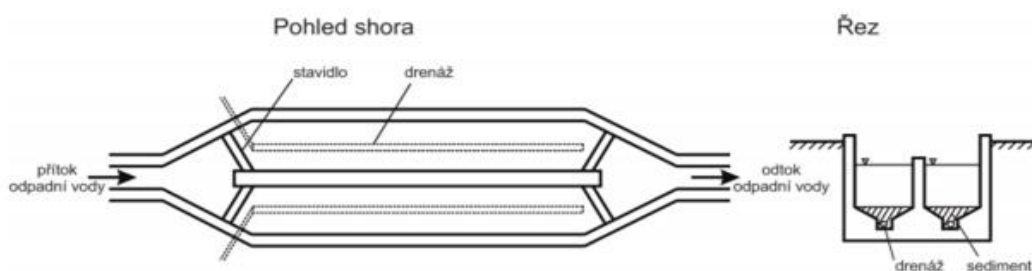
3.2.2.4 Lapáky tuků a olejů

Lapáky tuků a olejů z OV zachycují částice tuků, olejů, naftových derivátů apod., proto se lapáky tuků a olejů při odstraňování znečištění vod řadí do fáze předčištění. Mezi nejjednodušší konstrukty patří lapáky tuků a olejů s jednoduchou nornou stěnou, která je umístěna v nádrži. Doba zdržení v lapáku tuků trvá 3 minuty, poměr délky k hloubce činí 2 až 1,5 : 1 (Broža, 1988). Ropné látky, tuky a oleje, které se nachází v běžných splašcích, se zachycují v usazovacích. Důležité je, aby tyto látky byly zachyceny hned u zdroje, jelikož větší množství ropných látek či tuků by způsobilo závady v provozu kanalizace nebo by mohlo ohrožovat bezpečnost obsluhy. *„Pokud se očekává zvýšený obsah tuků, doporučuje se používat před primárním čištěním samostatný lapák tuků.“* (ČSN EN 12255-4). Následné vypouštění OV do veřejných kanalizací se řídí tzv. kanalizačním řádem, který nařizuje maximální množství olejů, ropných látek a tuků, které může vypouštěná OV obsahovat. Tato povinnost je dána i právním předpisem, který nařizuje zbavení vypouštěné OV zmiňovaných látek. Z tohoto důvodu musí OV vypouštěné z hotelů, restaurací či motorestů protéct lapákem tuků a dešťové splachy z umývacích ploch motorových vozidel musí být zbaveny vzplývavých ropných látek (Herle, Bareš, 1990).

3.2.2.5 Lapáky písku

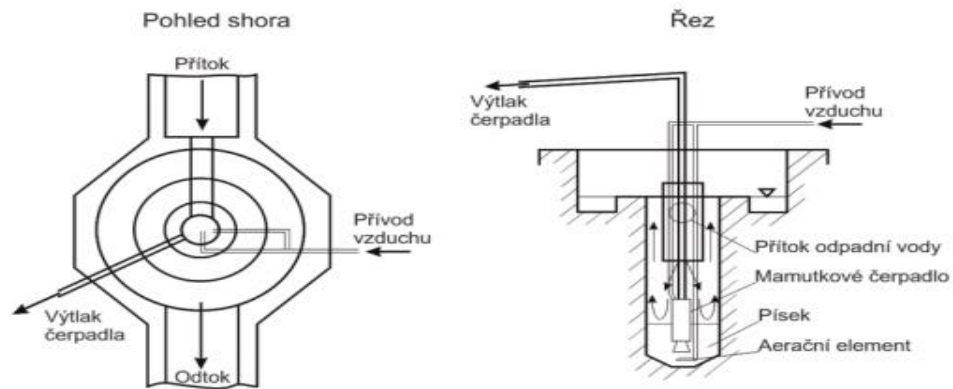
Dle způsobu přivádění OV lze rozlišovat lapáky písku s horizontálním průtokem, s vertikálním průtokem a s příčnou cirkulací, mezi které se zařazuje provzdušňovaný lapák a virový (též tangenciální) lapák písku (Dohányos et al., 1994). Lapáky lze také dělit dle způsobu odstraňování písku na ručně a strojně vyklízené, kdy ručně vyklízené lapáky je potřeba jednou až dvakrát týdně čistit (Chudoba, 1991).

Lapák písku s horizontálním průtokem je nejjednodušší a skládá se ze dvou nebo více úzkých a mělkých žlabů. Pomocí stavítek je OV dle potřeby rozdělena do jedné či obou komor, v takovém případě hovoříme o dvoukomorových lapácích (viz obr. č. 2). „Rychlost vody v komorách se má pohybovat v rozmezí od 0,15 do 0,45 m/s. Optimální rychlost, při které se zachycuje relativně málo organických suspendovaných látek, je 0,3 m/s. Šířka komory bývá asi 0,4 m.“ (Švehla et al. 2004).



Obr. č. 2 - Komorový lapák písku (Junga et al., 2015)

Vertikální lapák písku (zobrazen na obr. č. 3) je šachtou, která má hloubku přibližně 3 m, vytvořenou v korytu tekoucí vody. Doba zdržení by při maximálním průtoku měla činit zhruba 2 minuty. Usazený písek se z tohoto prostoru odebírá tzv. mamutkou, resp. mamutkovým čerpadlem, které ke své funkci využívá stlačený vzduch, jak je zobrazeno na obr. č. 3 (Chudoba, 1991). Písek se společně s jinými minerálními suspenzemi dostává do OV v systémech, které mají jednotnou kanalizaci (především srážkovou vodou a splachem). Avšak problematikou těchto látek je, že by mohly sedimentovat v jednotlivých nádržích ČOV, a tím pádem by poškozovaly čerpadla a další zařízení a také by mohly snižovat jejich efektivní objemy. Lapáky písku jsou navrženy tak, aby zachycovaly částice do velikosti zrn 0,2 až 0,25 mm, v některých případech i částice o velikosti 0,1 mm (Švehla et al. 2004).



Obr. č. 3 - Vertikální lapák písku (Junga et al., 2015)

Písek má přibližně dvojnásobnou specifickou hmotnost oproti organickým nerozpuštěným látkám. Kdyby se takto rozdílné nečistoty zachytily spolu v nádržích usazovacích, dostal by se písek společně se smíchaným kalem až do nádrží vyhnívajících, kde by vzhledem k relativně vysoké specifické hmotnosti sedimentoval u dna. Hromadění písku by zmenšovalo účinný objem vyhnívací nádrže, až by se nakonec musela nádrž odstavit a písek pracně vyklidit (Chudoba, 1991).

Konstantní rychlost vody v lapáku se obstarává pomocí tvarovaných clon (též přepadů) na konci žlabu. Tato clona (tvar této clony je závislá na tvaru profilu žlabu) je postavena kolmo na směr vody, při zvýšeném průtoku vzdouvá vodu ve žlabu, tím pádem se zvětší i průtočná plocha a rychlost zůstává konstantní. Dle Chudoby (1991) se využívají tyto kombinace: trojúhelníkový žlab – parabolická clona, obdélníkový žlab – hyperbolická clona, parabolický žlab – obdélníková clona. Jako clony se často používá tzv. Parshallův žlab, který vedle udržování konstantní rychlosti v lapáku pásku slouží současně jako vodoměrné zařízení.

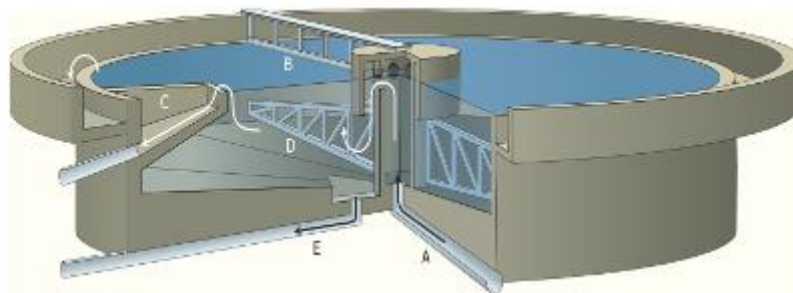
Některé teorie o tom, že písek lze odstraňovat v usazovací nádrži společně s ostatními nerozpuštěnými organickými látkami a následně je z této směsi vypírat, byly převedeny na ČOV v Humpolci do praxe, ale skončily neúspěchem (Chudoba, 1991).

3.2.2.6 Usazovací nádrž

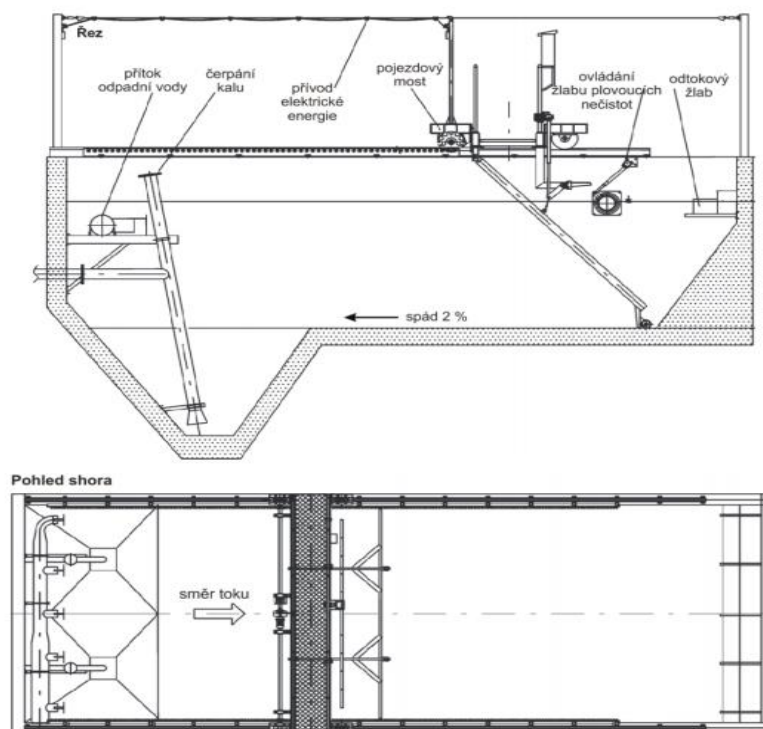
Posledním zařízením, které řadíme mezi mechanické čištění, je usazovací nádrž. V usazovacích nádržích probíhá usazování jemných nerozpuštěných látek, stírání nečistot z povrchu nádrže, které plavou na vodě, a také jsou zde OV spojeny v jeden

objekt s vyhánějícím kalovým prostorem, do kterého se usazující se kal propadá. Nádrže, které pracují s tímto systémem, nazýváme šěrbinové. Tímto procesem vzniká primární kal, který je zpracován v kalovém hospodářství (Groda, 1995). Průtok, který se nachází v usazovacím prostoru, může být horizontální (podélný) s nádržemi žlabového nebo obdélníkového tvaru, radiální pro nádrže kruhového tvaru a vertikální v nádrži tvaru kužele či jehlanu. V malých čistírnách se používají pouze podélné (žlabové) usazovací nádrže a vertikální nádrže pro biologický kal.

Suspendované vzplývavé látky, které jsou lehčí nežli voda (oleje, tuky, nečistoty), v usazovacích nádržích vyplouvají k hladině. Tyto nečistoty se před výtokem z hladiny a z usazovacího prostoru stírají a zachycují nornou stěnou. V této fázi je voda mechanicky vyčištěná a vedena na biologické čištění. Při tomto procesu se tvoří další kal, který se usazuje v druhých usazovacích - dosazovacích nádržích, jak je zobrazeno na obrázcích č. 4 a 5 (Herle, Bareš, 1990).



Obr. č. 4 - Usazovací nádrž s kruhovým půdorysem kalu, škrabkou a plovoucím plevelem škrabky (Wastewater treatment) A. přívod s odpadními vodami, B. plovoucí kalová škrabka, C. žlab, D. škrabka kalů, E. výstup kalů



Obr. č. 5 - Podélná usazovací nádrž (Junga et al., 2015)

3.2.3 Biologické čištění

Cílem biologického čištění je převést rozpuštěné organické nečistoty z rozpustné formy do plavenin v podobě buněk biomasy, které pak mohou být následně odstraněny sedimentací (Templeton, Butler, 2011).

Velkým přínosem a hlavní výhodou biologického čištění OV je mnohočetné zrychlení samočisticích pochodů, které probíhají v přírodních povrchových vodách. Biologické čištění lze dělit na dva způsoby, a to na anaerobní a aerobní (tyto způsoby biologického čištění jsou vysvětleny v samostatných kapitolách) (Sága, Šťastný, 1992). Nevýhodou biologického čištění je, že se z OV nedají odstranit látky biologicky nerozložitelné. Avšak v porovnání s fyzikálně-chemickými a chemickými procesy při stejné účinnosti čištění je biologické čištění ekonomicky výhodnější (i z tohoto důvodu v metodické části BP navrhuji pro vybranou obec biologickou čistírnu), navíc se do čištěné OV nevnáší jiné znečišťující látky (např. sírany či chloridy) (Chudoba, 1991).

3.2.3.1 Aerobní čištění odpadních vod

Během biologického čištění OV v aerobních podmínkách se využívají procesy podmíněné činností aerobních mikroorganismů, které rozkládají substrát (organické látky) za přítomnosti kyslíku. Způsoby aerobního čištění se rozdělují na intenzivní čištění (rotační biofilmové reaktory, aktivace, biofiltr) a extenzivní čištění (biologické rybníky, vegetační čistírny) (Sojka, 2001). Aerobní biologické nádrže se projektují s půdorysem kruhu, čtverce, lichoběžníku, či obdélníku, ale též se zcela nepravidelným tvarem s rozdílným systémem odtoků a vtoků. Na proud v biologických nádržích negativně působí členitý půdorysný nepravidelný tvar. Dále je také potřeba zesíleného množství a specifického rozestavení výtoků a vtoků. Dno nádrže se navrhuje ve sklonu 0,5-1 % k výpustné části. Aerobní nádrže se řadí za sebou v počtu 2 až 4 (možno i více) (Šálek, Tlapák, 2006).

Zařízení používané na biologických nádržích

Chod biologických nádrží vyžaduje vybavení specifickým zařízením, které lze dělit následujícím způsobem:

- Nápustné zařízení, které zajišťuje pravidelné napouštění a oddělování OV, která je však čištěna mechanicky;
- Převodní zařízení, které slouží k převodu čištěné vody z jedné nádrže do druhé;
- Výtoková zařízení, která rovnoměrně odebírají vodu po celé výtokové straně (vylučují vznik zkratkových proudů);
- Výpustné zařízení, které je určeno k úplnému vypuštění nádrže;
- Odlehčovací zařízení a bezpečnostní přelivy na odvod převážně dešťových vod;
- Měrné a regulační zařízení, které je určeno k oddělování vody a měření průtoku;
- Vybavení sloužící pro odstraňování a zachycování biomasy;
- Kalové hospodářství, odkalovací zařízení, spolu se zpracováním kalu stabilizací (Šálek, Tlapák, 2006).

3.2.3.2 Půdní (zemní) filtry

Půdní (také zemní) filtr je těleso, které je tvořeno hrubozrnnou náplní. Toto těleso protéká OV a jeho náplň je tvořena šterkem. Klíčovým faktorem je společenstvo mikroorganismů, které žije na vnějšku náplně filtru a rozkládá organické znečištění vody. V zemní jámě je uloženo těleso filtru, které je od okolí odděleno nepropustnou izolací (Pošta, 2005).

Princip půdních filtrů se zakládá na využívání porézního filtračního prostředí k zachycení a odstranění znečištění. Ve většině případů se půdní filtry navrhují s vertikálním prouděním. Dle Šálka a Tlapáka (2006) mají půdní (zemní) filtry mnoho možností využití, využívají se především:

- K čištění a dočištění OV od menších producentů, především jednotlivých domů, hotelů, skupiny domů, sportovních a rekreačních zařízení;
- K čištění dešťových vod před dalším využitím;
- K čištění znečištěných povrchových vod přitékajících z extravilánu;
- Užívají se také jako ochranná clona (bariéra) proti poškození, znečištění a narušení cenných přírodních lokalit (především mokřadů, vodních nádrží, rašelinišť a dalších chráněných přírodních jednotek) (Šálek, Tlapák, 2006).

Během čištění OV se používají čistící účinky porézního půdního prostředí, ve kterém především během filtrace OV zároveň probíhají velice intenzivní chemické, fyzikální a biologické čistící procesy.

Pro uchycení znečištění se využívají následující druhy půdních (zemních) filtrů:

- s krycí vrstvou bez vegetace (potřebná tepelná izolace);
- s travními porosty (zemědělské plodiny) a ovladatelnou hladinou podzemní vody;
- se zakleslou hladinou podzemní vody s výsadbou vhodných dřevin (Šálek, Tlapák, 2006).

Návrhové parametry zemních filtrů

Mezi základní návrhové parametry řadíme stanovení filtrační rychlosti, filtrační plochy, určení fyzikálních vlastností filtračního materiálu, výšky porézního

filtračního prostředí, způsob zatěžování filtru apod. Důležité je znát sorpční vlastnosti filtračního materiálu - schopnost poutat fosfor, popřípadě těžké kovy (Šálek, Tlapák, 2006).

3.2.3.3 Vegetační kořenové čistírny

Přírozené mokřady se dle článku zveřejněného v časopisu Vodní hospodářství (2014) využívají pro čištění různých druhů OV více než 40 let (avšak ve většině případů se spíše jednalo o prosté vypouštění OV než o čištění). Nejčastějším typem mokřadů pro čištění městských OV v České republice jsou mokřady s horizontálním podpovrchovým průtokem (Vymazal et al., 2014). Do 60. let minulého století se mokřady řadily mezi bezcenné biotopy. Na počátku 50. let 20. století byly v Německu uskutečněny první pokusy využití mokřadních rostlin pro čištění OV. Až po více než 20 letech byla v roce 1974 v německém Othfresenu uvedena první plnoprovozní mokřadní čistírna s emerzními (vynořenými) rostlinami do provozu (Vymazal, 2003). Dle článku z časopisu Vodní hospodářství (2009) bylo v České republice uvedeno do provozu přibližně 250 KČOV (první KČOV byla do provozu uvedena až v roce 1989) a až na pár výjimek byly všechny navrženy pro čištění vod splaškových. Zkušenosti s KČOV ukazují vysokou účinnost odstraňování organických a nerozpuštěných látek a bez obtíží splňují požadavky na jakost vody (Vymazal, 2009).

VKČOV je tedy půdní filtr se sadbou obvyklých tříd makrofyt. Mezi nejčastěji používané a zároveň nejvhodnější mokřadní rostliny, které jsou vhodné pro VKČOV, patří: rákos obecný, chrastice rákosovitá, orobinec úzko- a širokolistý, skřípinec jezerní, zblochan vodní, sítina rozkladitá. Mezi rostliny s vyšší estetickou hodnotou, které jsou vhodné pro doplňkové výsadby, se řadí: kosatec žlutý, šmel okoličnatý, puškvorec obecný (Kočková, 1994). Ukázky kořenových čistíren jsou zobrazeny na obrázcích č. 6, 7, 8, 9, 10.

Návrhové parametry kořenové čistírny

Pro úspěšné čištění pomocí KČOV je důležitý předpoklad dobrého mechanického předčištění OV. Pro mechanické předčištění je v případě menších zdrojů znečištění (do 50 EO) používán septik či sedimentační nádrž.

Kombinování česlí a štěrbinové nádrže se jakožto nejvýhodnější kombinace doporučuje pro větší zdroje vod splaškových. Důležité je ale zajištění pravidelného odčerpávání kalu ze štěrbinové nádrže. V dnešní době se využívá odvodňování kalu přímo v působišti čištění v rákosových polích (Vymazal, 1995). Popsaný model KČOV a jeho uspořádání je zobrazeno na obrázcích č. 11 a 12.

V případě přivádění OV na KČOV z jednotné kanalizace (splašky, dešťové vody) je potřeba zařadit lapáky písku do předčištění a také přívodní potrubí opatřit dešťovým přelivem. KČOV byly zpočátku budovány, bez ohledu na velikost plochy, s jedním polem. Z tohoto důvodu vznikaly problémy s ideálním rozvedením OV na celý prostor kořenového pole. KČOV byly používány především pro menší zdroje znečištění, cca do 1000 EO (Vymazal, 1995). Základní konfigurace kořenových polí je následující: jedna plocha, paralelní plochy, plochy zapojené v sérii. Plocha kořenového pole je odvozována ze vztahu:

$$A = Qd (\ln C_0 - \ln C) / K_{BSK}$$

$$A = \text{plocha kořenového pole (m}^2\text{)}$$

$$Qd = \text{průměrný denní průtok (m}^3 \text{ d}^{-1}\text{)}$$

$$C_0 = \text{koncentrace BSK}_5 \text{ na přítoku (mg l}^{-1}\text{)}$$

$$C = \text{koncentrace BSK}_5 \text{ na odtoku (mg l}^{-1}\text{)}$$

$$K_{BSK5} = \text{reakční konstanta (m d}^{-1}\text{) odbourání BSK}_5$$

(Vymazal, 1995)

Výstavba KČOV

Výstavba KČOV se řídí stejnými pravidly a předpisy jako jiné stavby. Avšak má své specifčnosti, které jsou vypsány v následujících bodech.

- Z důvodu odvodu OV gravitací je důležité výškové založení stavby.
- Před uložením těsnicí folie je důležité ztuhit povrch jímky, odstranit nečistoty (hrubý materiál) a vytvořit vyrovnanou vrstvu pro položení plastové folie (fólii je potřeba chránit proti poškození, hlavně při nízkých teplotách).
- Pro filtrační náplň je nejlepší říční štěrk, resp. hrubý štěrkopísek.
- Je důležité zajistit regulační objekty, přívodní, rozdělovací a rozvodné potrubí apod. proti zamrznání (tepelnou izolací či odpovídajícím krytím zeminou).

- Nejvýhodnějším obdobím pro výsadbu rákosu na povrchu filtračního pole je červen, červenec. Optimální počet rostlin na 1m² plochy filtračního pole činí 5 až 7 ks. Po osazení plochy je důležité filtrační bazén naplnit vodou a přihnojit, aby se pro rostliny vytvořily vhodné růstové podmínky. OV se napustí nejdříve 2-4 týdny po výsadbě.
- Nejvhodnější dobou pro výstavbu filtračního pole je duben až červenec.
- Povrch filtračního pole je potřeba vodorovně vyrovnat a zamezit tak zhutňování lože přeježděním.
- Dále je důležitá úprava okolí KČOV.
- Po ukončení výsadby je potřeba zkontrolovat výšku stavby, prověřit funkčnost objektů, odsouhlasit stavbu v rámci projektu a ověřit těsnost jímky.

(Kočková, 1994)



Obr. č. 6 - Kořenová čistírna v Ondřejově, foceno r. 1994 (Vymazal, 1995, 114 s.)



Obr. č. 7 - Kořenová čistírna v Dolní Černé Studnici, foceno r. 1993 (Vymazal, 1995, 114 s.)



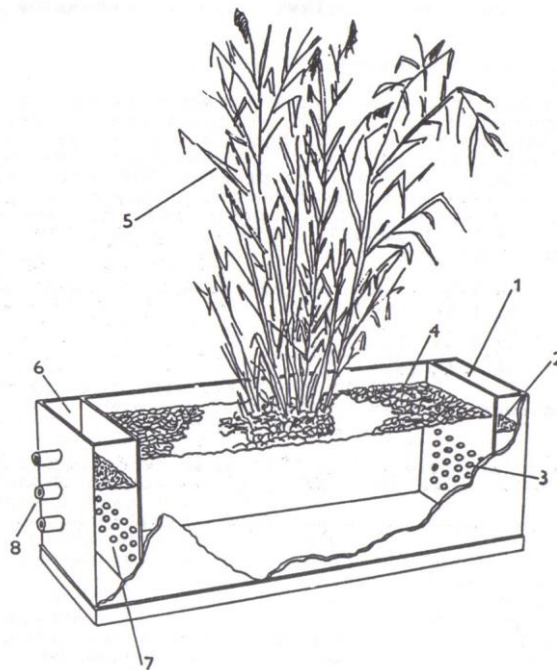
Obr. č. 8 - Kořenová čistírna v Lišném, foceno r. 1994 (Vymazal, 1995, 116 s.)



Obr. č. 9 - Acie - první kořenová čistírna ve Velké Británii (Vymazal, 1995, 117 s.)

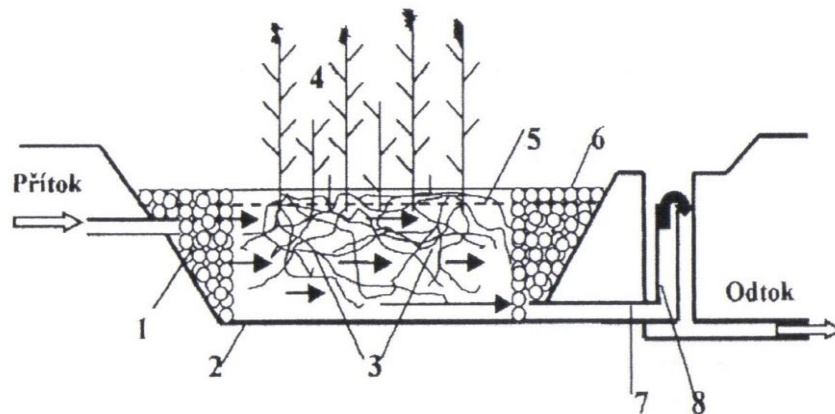


Obr. č. 10 – Combroke - typická sestava při čištění odpadních vod pro malé zdroje znečištění v okolí Birminghamu: usazovací nádrž – biofiltr – dosazovací nádrž – kořenová čistírna (Vymazal, 1995, 117 s.)



Obr. č. 11 - Model KČOV (Vymazal, 1995, 114 s.)

Model KČOV na pražské ÚČOV. 1 - přítoková zóna, 2 - hrubé kamení, 3 - rozvodná deska, 4 - štěrkové lože (0,5-8 mm), 5 - rákos obecný, 6- odtoková zóna, 7- sběrné otvory, 8- odtok



Obr. č. 12 - Uspořádání kořenové čistírny (Švehla et al. 2004, 92 s.)

Typické uspořádání KČOV – 1- distribuční zóna (kamenivo, 50-200 mm), 2 - nepropustná bariéra (PE nebo PVC), 3 - filtrační materiál (kačírek, štěrk, drcené kamenivo), 4 - vegetace, 5 - výška vodní hladiny v kořenovém lóži nastavitelná v odtokové šachtě, 6 - odtoková zóna (shodná s distribuční zónou), 7 - sběrná drenáž (průměr 150 – 200 mm), 8 - regulace výšky hladiny

KČOV lze dělit do tří skupin:

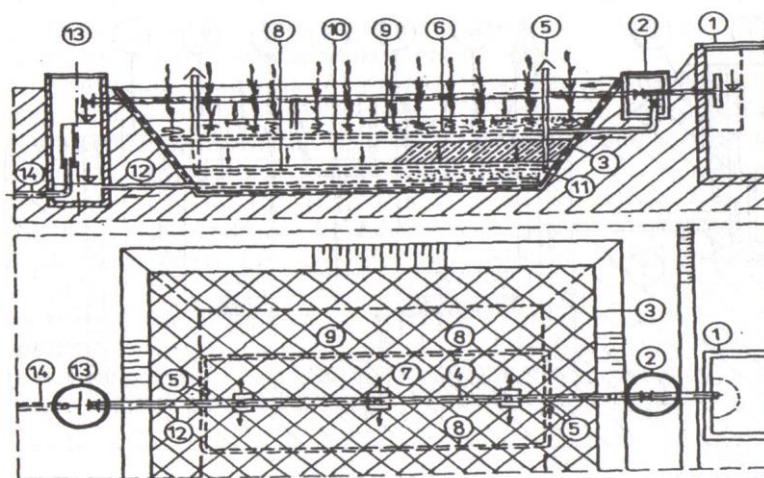
- vegetační kořenové čistírny s vertikálním prouděním směrem dolů;
- vegetační kořenové čistírny s vertikálním prouděním směrem vzhůru;
- vegetační kořenové čistírny s horizontálním prouděním.

Vegetační kořenové čistírny s vertikálním prouděním směrem dolů

U VKČOV s prouděním dolů se OV přivádí mělce pod povrch vegetační čistírny. OV je filtrována porézním prostředím, následně je odváděna sběrných drénem, který je uložen na dně těsněné jámky, těsněné jílovým těsněním či fólií (další možností je umístění do speciálně upravených nádrží) (Kočková, 1994).

Vegetační kořenové čistírny s vertikálním prouděním směrem vzhůru

VKČ s vertikálním prouděním směrem vzhůru je stanovena pro čištění OV především v letním období (pro letní tábory a taková další zařízení). Avšak pokud VKČ doplníme o sběrný drén, lze VKČ využít po celý rok (Kočková, 1994). V případě, že se rozhodneme čistírnu doplnit o sběrný drén a používat ji celoročně, platí pro použití určitá opatření, která VKČ chrání před zamrzáním. Čistírnu doplníme o tepelně izolační kryt, odvod jímacího potrubí (které je uloženo pod terénem), zatopení filtru a odvádění čištěné odpadní vody z vrstvy nacházející se pod ledem (Šálek, Tlapák, 2006), jak je zobrazeno ve schématu na obr. č. 13.



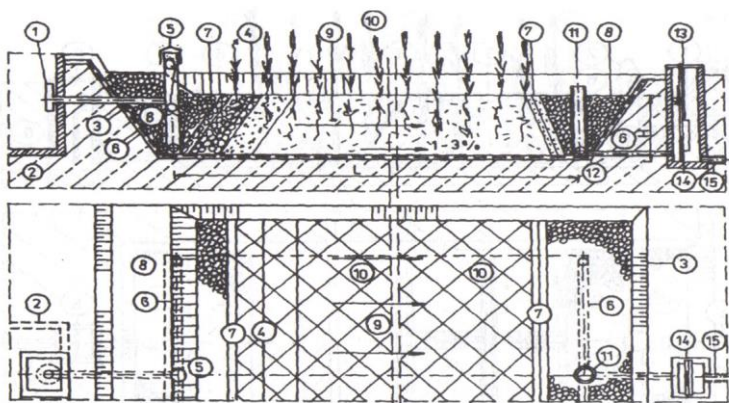
Obr. č. 13 - Vegetační kořenová čistírna s vertikálním prouděním (Kočková, 1994, 43 s.)

Schéma VKČ s vertikálním prouděním odpadní vody směrem dolů 1 - přívod odpadní vody, 2 - armaturní šachtice, 3 - těsnění, 4 - nadzemní rozdělovací potrubí, 5 - větrací šachtice, 6 - podzemní rozdělovací potrubí, 7 - makrofyta, 8 - provzdušovací drén, 9-11 filtr, 10 - filtrační prostředí, 12 - odvod odpadní vody, 13 - regulační šachtice, 14 - odpad

Vegetační kořenové čistírny s horizontálním prouděním

Vegetační kořenové čistírny s povrchového horizontálním prouděním (dále jen VKČ-HP) mají charakter plošného přeronu ploch s vlhkomilnými a mokřadními rostlinami. Povrchový tok (ron) vody je charakteristický velmi malými průtočnými rychlostmi v nízké vrstvě vody, která způsobuje intenzivní usazování částic na začátku půdního filtru. Čistící účinek těsně souvisí se zatížením, s rozměrem znečištění v přítokové vodě, hodnotou a typem porostu, klimatickými podmínkami apod. (Šálek, Tlapák, 2006).

VKČ-HP (znázorněna na obr. č. 14) tvoří čtvercová obdélníková nebo kruhová jámka, která má hloubku 1,2 až 1,4 m a která je oddělená od podloží těsněním tvořeným z jílových minerálů či fólií z plastů, které jsou ve sjednocení s krycími ochrannými geotextiliemi. OV se přivádí z mechanické čistírny. Ve vegetační kořenové čistírně lze septik, který se využívá u menších zařízení, nahradit vyrovnávací nádrží. Potrubím s výtokovými otvory, které se nachází v rozdělovacím filtračním pásu z hrubého štěrku, je přiváděna odpadní voda. Filtrační prostředí, které je přiřazeno k rozdělovacímu pásu, nejlépe vytváří říční štěrkopíský. Filtr je osázen vyhovujícími typy makrofyt. Jímací drén s revizní šachticí je usazen ve vstupním pásu. Do regulační šachtice je vedeno odpadní potrubí (Kočková, 1994).



Obr. 6. Podélný řez VKČ s horizontálním prouděním

Obr. č. 14 - Vegetační kořenová čistírna s horizontálním prouděním (Kočková, 1994, 39 s)

Objekty na vegetačních kořenových čistírnách odpadních vod

Objekty, které se používají na VKČOV, je možné rozdělit do těchto skupin:

- Měrná zařízení, vyrovnávací nádrže s dávkovacím zařízením, čerpací stanice;
- Rozdělovací, přívodní, rozvodné a regulační zařízení;
- Zpevněné plochy na regeneraci filtračního materiálu vybavení areálu vegetační kořenové čistírny, komunikace, skládky kalů, písku, sociální zařízení pro obsluhu apod.(Šálek, Tlapák, 2006)

3.2.3.4 Anaerobní čištění odpadních vod

Při odstraňování organických kalů (aktivovaný kal, primární kal) a také při čištění některých koncentrovaných průmyslových OV se v technologii vody jako jedné z možností využívá anaerobního rozkladu. Průběh, při kterém anaerobní mikroorganismy za tvorby metanu rozkládají organické látky, se nazývá obecným pojmem metanizace (což je souhrn dějů, při kterých směsná kultura mikroorganismů bez přístupu vzduchu rozkládá organické látky vyskytující se v kalech a OV) (Chudoba, 1991). Vedené anaerobní procesy lze použít pro čištění OV s vysokým organickým znečištěním a také pro stabilizaci kalu. Anaerobní mikroorganismy můžou být v reaktorech v podobě volných jednotek, které jsou přisedlé na suspenzi nebo na bionosiči. Nosičem bakterií v anaerobních podmínkách mohou být suspendované látky nereagující na biologické rozložení. Zvláštním typem anaerobní kultivace je agregace kalu (Sojka, 2004).

Anaerobní způsob čištění OV zaznamenal v posledním desetiletí velký rozvoj. Nejčastěji se využívá pro čištění koncentrovaných OV potravinářského průmyslu (drožďárny, mlékárny, konzervárny, jatka, cukrovary, lihovary a další). Provádí se však intenzivní studie čištění i městských OV (Chudoba, 1991).

Porovnání aerobních a anaerobních procesů

Mezi hlavní předností anaerobní technologie oproti aerobní je transformace a zušlechťování odpadních organických látek do energeticky bohatého bioplynu. Tento výsledek zřetelně vychází ze srovnání bilance energie a uhlíku při aerobních a anaerobních procesech.

Při aerobních procesech je zhruba 60 % energie spotřebováno na syntézu nové biomasy a 40 % se ztrácí ve formě reakčního tepla. Během anaerobních procesů je téměř 90 % energie původně obsažené v substrátu zachováno ve vzniklém bioplynu, 5 až 7 % je spotřebováno na růst nové biomasy a 3 až 5 % se ztrácí ve formě reakčního tepla.

Při aerobních procesech je přibližně 50 % uhlíku ze substrátu přeměněno na biomasu a 50 % na oxid uhličitý. Oproti tomu při anaerobních procesech přechází 95 % uhlíku do bioplynu (metan, oxid uhličitý) a 5 % do biomasy.

Z toho důvodu dochází k výrazně nižší tvorbě biomasy při zpracování daného množství substrátu anaerobní technologií v porovnání s procesy aerobními. Tato skutečnost je velice důležitá s ohledem minimalizace vzniku přebytečné (odpadní) biomasy během čistírenských procesů (Švehla et al. 2004).

Aerobní pochody probíhají rychleji než pochody anaerobní, avšak vyžadují vyšší spotřebu energie. Při aerobních pochodech je stupeň likvidace organických látek podstatně nižší než u pochodů anaerobních. Mikroorganismy se shromažďují na vločkách kalu nebo pokrývají povrch pevné látky jako slizová vrstva. Pro vytvoření optimálních podmínek (rychlý rozvoj organismů, které odstraňují nečistoty z OV) je důležitý dostatečný přísun kyslíku (vzduchu) do vody, nebo vytvoření přísně bezkyslíkatého prostředí (Herle, Bareš, 1990).

3.2.3.5 Stabilizační nádrže

V biologickém čištění OV patří stabilizační nádrže (také rybníky) mezi nejjednodušší a nejlevnější zařízení. K hlavnímu rozmachu stabilizačních nádrží dochází až po 2. světové válce. V této době se využívají různé druhy a typy stabilizačních nádrží, které se dělí dle svého významu a způsobu provozování. Stabilizační nádrže se převážně využívají pro dočišťování biologicky vyčištěných vod či pro čištění menšího množství OV průmyslových a splaškových. „*Provzdušňování stabilizační nádrže sestávají nejméně ze dvou jednotlivých nádrží: z jedné nádrže s umělým provzdušňováním pomocí technického zařízení a z druhé nádrže jako usazovací laguny.*“ (ČSN EN 12255-5).

Dělení stabilizačních nádrží

Pro veškeré modifikace čištění OV v povrchních zemních nádržích, v kterých probíhají současně anaerobní a aerobní pochody (nádrže mohou být buď akumulární či průtočné), je doporučeno označení stabilizační nádrž. Nádrže, ve kterých se kromě čištění OV také minimálně pár měsíců během roku chovají ryby, je doporučeno výhradně označovat stabilizačními rybníky. Nádrže, ve kterých probíhají pouze pochody anaerobní, se nazývají laguny. Nádrže, které slouží k uskladnění kalu, se nazývají laguny kalové. Hloubka nádrží činí cca 2,5 až 3 m. Do vody se kyslík dostává ředěním neznečištěné vody a povrchovou aerací. Řasy se v nádrži prakticky nevyskytují (Chudoba et al. 1991).

Fakultativní nádrže jsou nejrozšířenějším druhem nádrží a vynikají vyrovnaností mezi pochody anaerobními a aerobními. Fakultativní nádrže mají hloubku 0,6 až 1,5 m, doba zdržení činí 1 až 6 týdnů. Kyslík (dodávaný k aerobním pochodům povrchovou aerací) vytváří mizivý oddíl, který se vytváří působením řas. Za aerobních podmínek jsou organické rozpuštěné látky oxidovány bakteriemi, fosfor a anorganický dusík jsou odstraňovány řasami. Anaerobní pochody probíhají u dna, kam klesají sedimentační látky. Nádrže můžou být akumulární (bez odtoku), nebo průtočné (odtok je zde regulovatelný).

Vysokozatížené nádrže jsou mělké nádrže, ve kterých dochází k mísení nízké vrstvy vody a kyslíku, který je uvolňován z řas. Dochází k tomu, že v nádrži převažují aerobní pochody. Do těchto mělkých nádrží prostupuje světlo až ke dnu, což způsobuje velký růst řas. Vysokozatížené nádrže mají hloubku 0,15 až 0,4 m, s dobou zdržení kratší nežli jeden týden.

Provzdušňované laguny jsou synteticky provzdušňovány (většinou mechanickým zařízením), tím pádem v nich také převládají aerobní pochody. Laguna je vědecky konstruovaný rybník, který umožňuje za přítomnosti slunečního světla, řas, bakterií a kyslíku spojovat biologické a fyzikální procesy a tak v laguně působí na zlepšení kvality vody (Office of Water, 2004). Tyto nádrže mají hloubku nádrže 1,8 až 4,5 m, doba zdržení se pohybuje od několika dní do 2 týdnů dle požadovaného účinku (Chudoba et al. 1991).

3.2.4 Chemické čištění

Chemické čištění OV se používá v případě, že na tyto vody již nestačí mechanický a biologický stupeň čištění. Chemický stupeň čištění bývá využíván především k čištění OV ze zemědělství a průmyslu. Metody čištění OV se obvykle dělí do skupin dle převládajícího děje, který je řídicím procesem, i když ne zdaleka jediným. Dělení je následující:

- chemické procesy čištění;
- fyzikální procesy čištění;
- biochemické (biologické) procesy čištění.

Z předchozího dělení vyplývá, že v chemickém čištění se uplatňují procesy fyzikální, v ojedinělých případech může být chemické čištění doprovázeno procesy biochemickými, které jsou používány z důvodu toho, že OV, které byly zpracované chemickými procesy, jsou většinou nevhodné pro čištění biologické (Šálek, Tlapák, 2006). Dle Sojky (2001) chemické způsoby čištění ve většině případů zahrnují směšovací stupeň, ve kterém je koagulant míšen s vodou při vzniku vloček. U splašků, které však nejsou průmyslově znečištěné, jsou využívány např. metody srážení fosforu pomocí železa nebo solí hliníku (Sojka, 2001).

Přehled OV čištěných chemicky, dělených dle hlavních znečišťujících složek, je následující: alkalicko-kyselé vody s obsahem kovů, odpadní vody alkalicko-kyselé, odpadní vody s obsahem kyanidů, odpadní vody s obsahem oxidačních nebo redukčních látek, odpadní vody s obsahem dispergovaných látek, odpadní vody s obsahem tuků a ropných látek, odpadní vody s obsahem fluoridů, odpadní vody s obsahem síranů, odpadní vody s obsahem fosfátů, odpadní vody s obsahem sulfidů, odpadní vody s obsahem komplexotvorných látek, odpadní vody s obsahem dusitanů, odpadní vody s obsahem amoniaku a vody s obsahem drahých kovů.

Přehled chemických metod čištění: srážení – koagulační procesy (separace rozpuštěných škodlivin), oxidačně-redukční reakce (změna oxidačních stupňů umožňujících převedení škodlivin do nerozpustné formy), iontoměniče (koncentrační postupy pro záchyt iontově rozpuštěných látek), včetně zpracování eluátů (Fuka, 1997).

„Chemická úprava surového kalu může být považována za dostatečnou pro zemědělské využití nebo může být náhradním řešením v případě přerušení (výpadku) vlastní úpravy kalu, např. anaerobní stabilizací, pokud příslušné národní předpisy nestanoví jinak.“ (ČSN EN 12255-8, 2002)

3.2.4.1 Separace kalů

Kaly jsou čerpány k odvodnění ze sedimentačních zařízení, z reakčních jímek nebo přes akumulaci kapacitu zahušťovacích nádrží. Toto umožňuje při odstavném způsobu úpravy vod rychlejší uvolnění prostorů reaktoru. K odvodnění je možno použít hadicové filtry, kalolisy, pásové filtry a vakuové filtry. Materiál těchto zařízení musí odolávat alkalickému pH cca 9-10. Z tohoto důvodu nejde využívat starší typy kalolisů, jejichž desky byly vyrobeny ze slitin hliníku (v současné době jsou desky kalolisů vyráběny např. z plastů). Celkově materiály na zmíněná zařízení nejsou extrémně náročné (Fuka, 1997).

Hadicové filtry

Hadicové filtry jsou vhodné pro nižší produkci kalů, cca 100-200 l.d⁻¹. Dosažený stupeň odvodnění závisí na době vysychání a sušina kalu se pohybuje od 20 do 70 %. Z biologických čistíren lze očekávat sušinu 20-30 %.

Kalolisy

Kalolis je zařízení, které slouží k tlakové filtraci kapalin. Lze rozlišit rámový kalolis (sestavený z rýhovaných desek a rámu s držadly, které jsou od sebe odděleny filtrační tkaninou, tzv. plachetkou, a stlačované tlakem), dále komorový kalolis, který se od rámového liší pouze tím, že nemá rámy, je tvořen pouze deskami, které jsou potaženy plachetkami. Tyto desky jsou tvarovány tak, aby zde bylo místo pro filtrační koláč (komory). Automatický kalolis je velice výhodný z toho důvodu, že se nemusí pracně vyklízet a čistit. Kalolisy s automatickým vyprazdňováním kalového prostoru jsou používány především pro velké produkce kalu.

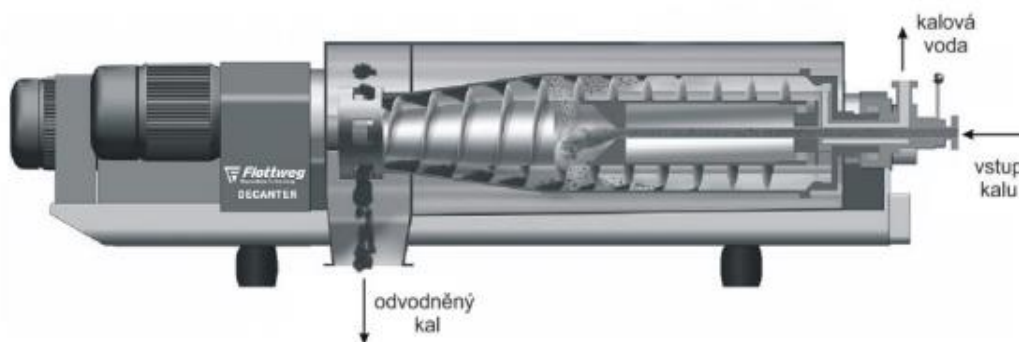
Aby vyklízení kalolisu nebylo příliš frekventované, je důležité, aby kalový objem byl sladěn s produkcí kalů. Stupeň odvodnění je dán pracovním tlakem, kvalitou kalu, případným dosoušením kalu na deskách vakuově a uspořádáním kalolisu (Fuka, 1997).

Pásové a vakuové filtry

Pásové a vakuové filtry pracují na principu filtrování suspenze, která se nachází ve žlabu. V tomto žlabu se otáčí buben, tvořený válcovou stěnou (filtrační přepážkou). Uvnitř bubnu se nachází vakuum, pomocí kterého je voda odsávána a odváděna mimo zařízení. Pásové a vakuové filtry jsou používány pro větší zdroje kalů. Obvyklá hranice sušiny kalů se pohybuje v rozmezí 20-40 % sušiny a je závislá na konstrukci zařízení (kal bývá vyklízen automaticky). Pokud použijeme papírové filtrační podložky, kaly se likvidují (ukládají) včetně ní (Fuka, 1997).

Odstředivky

Odstředivky jsou používány k zahuštění primárního kalu, kalu vznikajícího z chemického čištění a hlavně přebytečného aktivovaného kalu, u kterého lze dosáhnout sušiny 4 až 6 % (avšak bez dávkování organických flokulantů). Během tohoto procesu nedochází k úniku vlhkosti a zápachu do ovzduší. Vzhledem k menší objemové produkci kalu a vysokým cenám jsou pro separaci kalů z chemického čištění vod odstředivky používány méně, případně především na velkých ČOV. S obsahem sušiny kalů dosahují srovnatelných výsledků s kalolisy i pásovými filtry. Výkonově je k dispozici celkem rozsáhlá škála zpracovaného kalu, řádově již od 100 l.h.⁻¹ zpracovaného kalu (odstředivka znázorněna na obr. č. 15) (Fuka, 1997).



Obr. č. 15 – Odstředivka (Junga et al., 2015)

4. Metodika

4.1 Informace o obci Velké Hydčice

Tato obec, ve které budu provádět dotazníkové šetření, se nachází v plzeňském kraji, v okrese Klatovy (viz obrázek č. 16). Velké Hydčice leží na řece Otavě a protéká jimi také Černičský potok. První doložené zmínky o obci pochází z roku 1045. Nadmořská výška obce činí 432 m.n.m, katastrální výměra je 511 ha, z toho přibližně 50 % tvoří zemědělské plochy, 28 % lesy a více než 4 % vodní plochy. Průměrný věk obyvatel byl v roce 2013 vyměřen na 41,8 let a počet obyvatel činí 252. Poštu, zdravotnické zařízení, školu ani policii v obci nenalezneme, vše se nachází v nedalekém městě Horažďovice. Vodovod je zde místní a ve své správě ho má obec Velké Hydčice, kanalizace je zde částečná, dešťová. Starostou v této obci je Jaroslav Portášik (www.velkehydvice.cz).

V této obci představuje nejvyšší vrchol Svitník, nejnižší bod je hladina řeky Otavy, přesněji místo u Rosenauerova mlýna. Dle Quittova členění patří tato obec klimaticky do mírně teplé oblasti MT5. Průměrná roční teplota je přibližně 8°C, průměrný roční úhrn srážek se pohybuje mezi 600-700 mm (během vegetačního období se jedná v průměru o 350-450 mm srážek).

Z geologického hlediska toto území patří do moldanubika Šumavy a jižních Čech a převažují v něm především metamorfované horniny, jako jsou ortoruly a pararuly. Na jižním okraji obce Velké Hydčice se od jihozápadu k severovýchodu táhne pruh vápenců a dolomitů (ve velkém se zde těží od konce 19. století). Pleistocenní deluviální sedimenty lze nalézt na svazích a v údolí řeky Otavy, přičemž převládají holocenní šterky a písky fluviálního původu.

Geomorfologicky se toto území řadí do provincie Česká vysočina, subprovincie Šumavská soustava, oblasti Šumavská hornatina, celku Šumavské podhůří a podcelku Bavorovská vrchovina. Bavorovská vrchovina s erozně denudačním reliéfem má povahu plochého pohoří. Na spíše chudém a monotónním podloží, které je tvořeno metamorfity, se vytvořil zejména kambizemě dystrický typ. Na chemicky hojnějších svahovinách pak kambizemě modální typ. Na vápencovém podloží se vyvinuly rendziny. Půdní pokryv v nivě řeky Otavy tvoří glejové fluvizemě (<http://www.edpp.cz/>).



Obr. č. 16 – mapa obce Velké Hydčice
(maps.google.com)



Obr. č. 17 – pohled na obec Velké Hydčice
(www.velkehydvice.cz)

4.2 Dotazníkové šetření

V průzkumu v obci Velké Hydčice bylo použito dotazníkové šetření. Respondenti vyplňovali dotazníky dne 13. 2. 2016 v tištěné formě v místě svého bydliště. Dotazník jsem vložil do schránky s prosbou o vyplnění 50 obyvatelům, z toho 30 respondentů mi vyplněný dotazník vrátilo. Dotazník je strukturovaný s předem danými odpověďmi (a, b, nebo c) a zjišťuje, zda mají obyvatelé informace o připravované výstavbě KČOV, co od toho očekávají a zda s tím souhlasí. Dotazník obsahuje 10 otázek.

DOTAZNÍK – VELKÉ HYDČICE

1. Jaké je Vaše pohlaví?

- a) muž
- b) žena

2. Kolik je Vám let?

- a) 18-30 let
- b) 31-50 let
- c) 51 +

3. Víte na jakém principu funguje kořenová čistírna odpadních vod?

- a) ano, vím
- b) ne, nevím
- c) možná, nejsem si jistý/a

4. Souhlasíte s výstavou KČOV ve Vaší obci? Pokud ne, zdůvodněte:

- a) ano, souhlasím
- b) ne, nesouhlasím: _____
- c) je mi to jedno

5. Jaká by pro Vás byla nejpříjemnější doba trvání výstavby ČOV?

- a) půl roku
- b) rok
- c) rok a půl

6. Jaká je pro Vás osobně maximální přijatelná částka stočného (za kubík)?

- a) 20 Kč
- b) 30 Kč
- c) 40 Kč

7. Myslíte si, že by mohla mít kořenová čistírna špatný vliv na životní prostředí (zápach apod.)?

- a) ne, vím, že to u kořenových čistíren nehrozí
- b) ano, myslím si, že by to mohlo mít špatný vliv na životní prostředí
- c) nevím

8. Souhlasíte s výstavbou kořenové čistírny nebo byste měl zájem o jiný druh čistírny odpadních vod (pokud ano, kterou byste vybral/a):

- a) souhlasím s výstavbou kořenové čistírny v mé obci
- b) raději bych vybral jinou: _____
- c) nevím, je mi to jedno

9. Máte představu kolik litrů odpadní vody se v průměru vyprodukuje na osobu a den v dané lokalitě?

- a) 100 - 150 l za osobu/den
- b) 150 – 200 l za osobu/den
- c) 200 – 250 l za osobu/den

10. Víte kolik činí měsíční provozní náklady obsluhy čistírny odpadních vod?

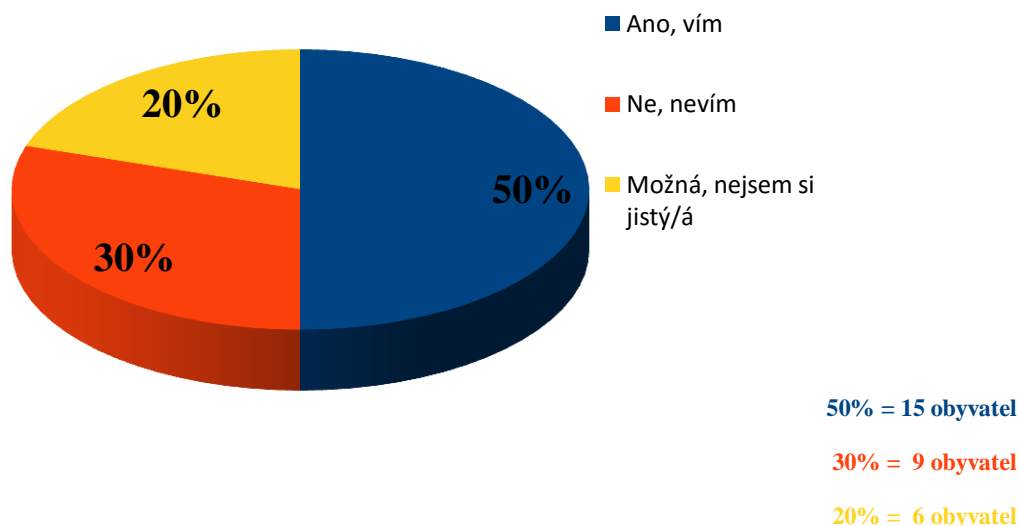
- a) 2.000 Kč
- b) 4.000 Kč
- c) 6.000 Kč

Obr. č. 18 – Dotazník pro obyvatele obce Velké Hydčice

5. Výsledky

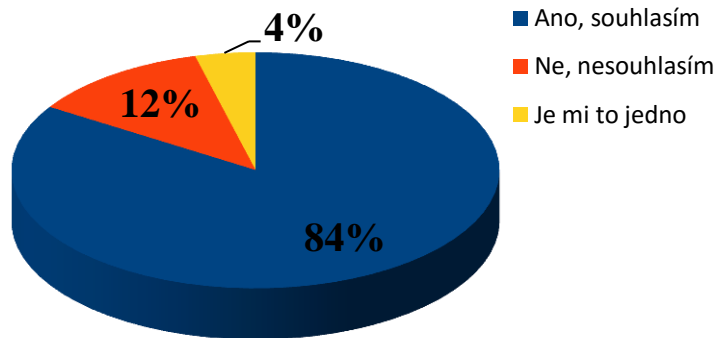
5.1 Výsledky dotazníkového šetření

Dotazník vyplnilo 30 respondentů (18 mužů a 12 žen). Kořenové čistírny znali především muži a také věděli, na jakém principu KČOV pracují. Z dotazovaných žen o kořenových čistírnách vědělo 5 žen, z toho 3 si nebyly jisté, zda mají správné informace. V následujícím grafu je zobrazeno povědomí respondentů o kořenových čistírnách (znění otázky: Víte na jakém principu funguje kořenová čistírna odpadních vod?, odpovědi: a) ano, vím b) ne, nevím c) možná, nejsem si jistý/á).



Obr. č. 19 – Výsledek otázky č. 1

V následující otázce se dotazuji respondentů, zda souhlasí s výstavbou KČOV, v případě záporné odpovědi žádám odůvodnění. Z této otázky jsem vyvodil výsledek kladný pro výstavbu kořenové čistírny: 84 % respondentů s výstavbou souhlasí, 4 % respondentů odpověděl „je mi to jedno“ a 12 % s výstavbou nesouhlasí, nejčastější odůvodnění dotazovaných bylo, že jim současná situace vyhovuje a nechtějí nic měnit. Tyto výsledky jsem zaznamenal do následujícího grafu (znění otázky: Souhlasíte s výstavbou KČOV ve Vaší obci? Pokud ne, zdůvodněte: a) ano, souhlasím b) ne, nesouhlasím: _____ c) je mi to jedno).



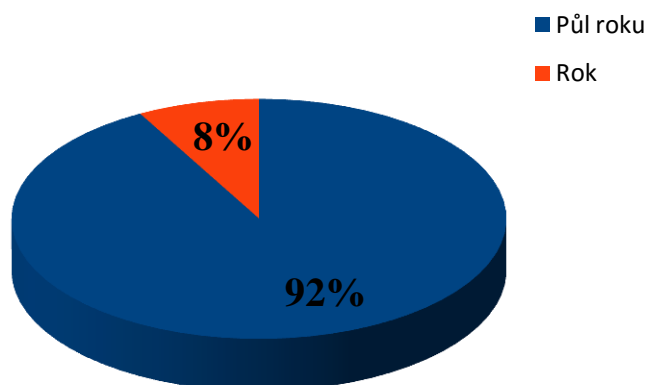
84% = 25 obyvatel

12% = 4 obyvatelé

4% = 1 obyvatel

Obr. č. 20 - Výsledek otázky č. 2

V otázce č. 5 zjišťuji jaká by byla pro dotazované nepřijatelnější délka trvání výstavby KČOV. 92 % respondentů zvolilo nejkratší dobu výstavby, tj. půl roku, 8 % dotazovaných zvolilo možnost b) rok, možnost c) rok a půl ne zvolil nikdo. Výsledek této otázky je zaznamenán v následujícím grafu č. 3 (znění otázky: Jaká by pro Vás byla nepřijatelnější doba trvání výstavby ČOV? a) půl roku b) rok c) rok a půl).



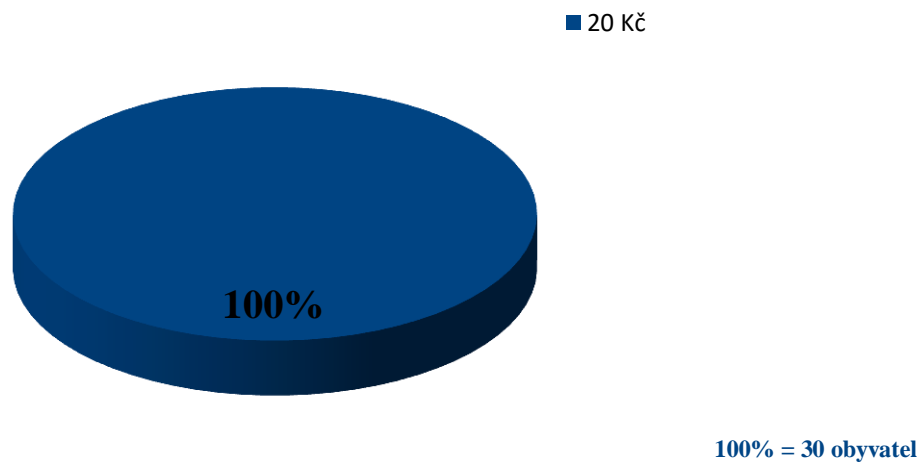
92% = 28 obyvatel

8% = 2 obyvatelé

Obr. č. 21 - Výsledek otázky č. 3

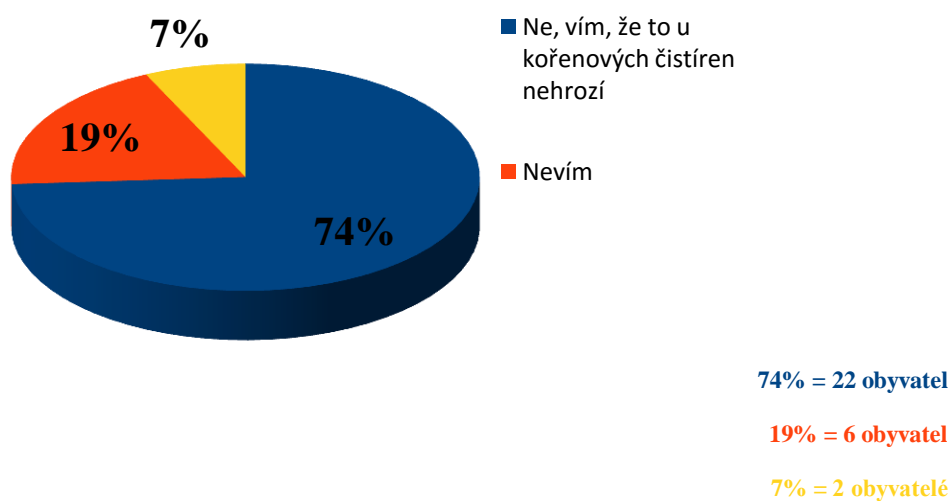
Následující otázka se zaměřuje na maximální částku stočného za kubík, kterou jsou ochotni respondenti platit a kterou očekávají od výstavby KČOV. Všichni dotazovaní se očekávaně shodli na stejné odpovědi, a to za a) 20 K. Možnosti za b) 30 Kč a za c) 40 Kč nebyly zvoleny. Výsledek jsem zaznamenal v grafu č. 4 (znění otázky: Jaká je

pro Vás osobně maximální přijatelná částka stočného (za kubík)? a) 20 Kč b) 30 Kč c) 40 Kč).



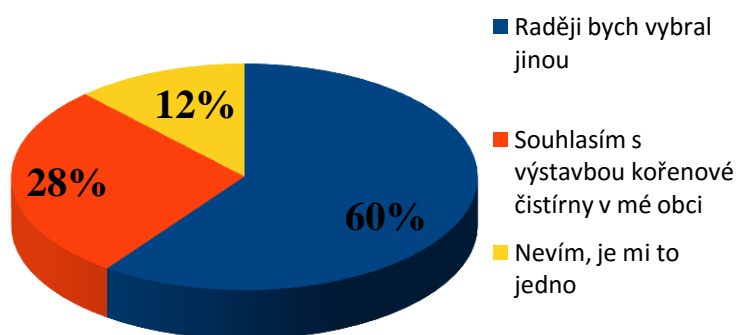
Obr. č. 22 - Výsledek otázky č. 4

V další otázce jsem se zaměřil na životní prostředí a to konkrétně na povědomí respondentů o KČOV, zda ví na jakém principu kořenová čistírna funguje a zda si myslí, že by mohla negativně ovlivnit životní prostředí. 74 % dotazovaných zvolila možnost a) ne, vím, že to u kořenových čistíren nehrozí, 19 % zvolilo možnost c) nevím a zbylých 7 % možnost b) ano, myslím si, že by to mohlo mít špatný vliv na životní prostředí. Tyto výsledky jsem zaznamenal v následujícím grafu č. 5 (znění otázky: Myslíte si, že by mohla mít kořenová čistírna špatný vliv na životní prostředí (zápach apod.)? a) ne, vím, že to u kořenových čistíren nehrozí b) ano, myslím si, že by to mohlo mít špatný vliv na životní prostředí c) nevím).



Obr. č. 23 - Výsledek otázky č. 5

V další otázce se respondentů ptám, zda vůbec souhlasí s výstavbou KČOV ve své obci a v případě záporné odpovědi se dotazuji, o jakou čistírnu by měli větší zájem. Z této otázky vyplynulo nečekané zjištění: většina respondentů kořenové čistírny nevěří a neví, zda tento (pro ně) nový trend v čištění odpadních vod splní jejich očekávání. Většina respondentů nenapsala přesný druh čistírny, který by raději uvítala ve své obci, ale většina dotazovaných uvedla, že by raději zvolila klasický druh čistíren. 60 % respondentů je tedy pro odpověď b), 28% dotazovaných zvolilo odpověď a) a zbylých 11% vybralo odpověď c). Tyto výsledky jsem zaznamenal do grafu č. 6 (znění otázky: Souhlasíte s výstavbou kořenové čistírny, nebo byste měli zájem o jiný druh čistírny odpadních vod (pokud ano, kterou byste vybral/a): a) souhlasím s výstavbou kořenové čistírny v mé obci b) raději bych vybral jinou: _____ c) nevím, je mi to jedno).



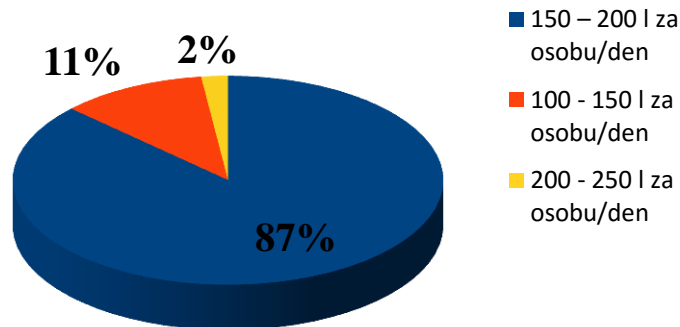
60% = 18 obyvatelů

28% = 8 obyvatelů

12% = 4 obyvatelů

Obr. č. 24 - Výsledek otázky č. 6

V předposlední otázce se zajímám o průměrné vyprodukování odpadních vod za den a osobu. Dle literárních zdrojů se průměr pohybuje od 150 do 200 l za osobu/den. Většina respondentů odpověděla v souladu s tímto tvrzením. 87 % tedy vybralo odpověď b), 11 % respondentů odpověď a) a zbylá 2 % zvolila možnost c). Tyto výsledky jsem zaznamenal do grafu č. 7 (znění otázky: Máte představu, kolik litrů odpadní vody se v průměru vyprodukuje na osobu a den v dané lokalitě? a) 100-150 l za osobu/den, b) 150-200 l za osobu/den, c) 200-250 l za osobu/den).



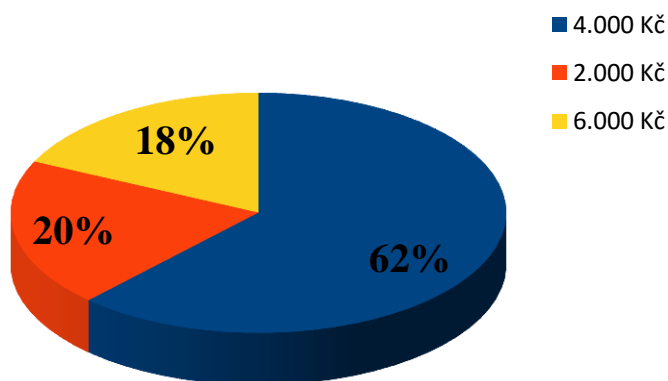
87% = 26 obyvatelů

11% = 3 obyvatelé

2% = 1 obyvatel

Obr. č. 25 - Výsledek otázky č. 7

V poslední otázce se zajímám o to, zda mají dotazovaní představu o provozních nákladech ČOV za měsíc. Větší část respondentů (62 %) se překvapivě shodla na odpovědi b) 4.000 Kč. 18 % dotazovaných označilo možnost a) 2.000 Kč a zbylých 20 % označilo možnosti c) 6.000 Kč. Výsledky jsem zanesl do následujícího grafu č. 8 (znění otázky: Víte kolik činí měsíční provozní náklady obsluhy čističky odpadních vod? a) 2.000 Kč, b) 4.000 Kč, c) 6.000 Kč).



62% = 19 obyvatelů

20% = 6 obyvatelů

18% = 5 obyvatelů

Obr. č. 26 - Výsledek otázky č. 8

5.2 Zhodnocení cílů práce

V současné době se v obci Velké Hydčice používá pouze dešťová kanalizace. Dešťové kanalizace fungují na principu odvádění dešťové vody ze zpevněných ploch (střechy, parkoviště atd.) podzemní kanalizací do řeky Otavy. Většina respondentů komunální odpadní vody ze svých domů odvádí pomocí septiků, které musí na své náklady nechat vyvážet. Pro většinu dotazovaných je tato skutečnost velmi nákladná.

Pro obec Velké Hydčice jsem se rozhodl navrhnout kořenovou čistírnu odpadních vod hned z několika důvodů. Jelikož se jedná o obec s malým počtem obyvatel a tím pádem i s menšími finančními prostředky, je KČOV pro tuto lokalitu ideálním řešením. Mezi výhody KČOV především patří šetrnost k životnímu prostředí bez potřeby elektrické energie, dále pak nízké provozní náklady oproti klasické ČOV. Mezi další klady KČOV lze řadit estetické hledisko: vlhkomilné květiny zde kvetou od jara do podzimu; dále příznivé ovlivňování mikroklimatu okolí.

Při výběru ČOV pro danou obec jsem dále zvažoval volbu čistírny z okruhu chemického čištění. Avšak při zohlednění environmentálních požadavků okolí a vzhledem k malému zdroji znečištění jsem se rozhodl pro kořenovou čistírnu odpadních vod. Chemické ČOV jsou zaměřeny na OV, pro které již nestačí mechanický a biologický stupeň čištění a které jsou využívány k čištění OV ze zemědělství a průmyslu. Z tohoto důvodu by takováto volba pro obci Velké Hydčice byla nevýhodná a zbytečná.

Pro výstavbu KČOV jsem vybral místo bývalého bazénu, jelikož je tento prostor delší dobu nevyužitý a od Obecního úřadu Velkých Hydčic je vzdálen 563 m (cca 10 minut chůze), od nejbližších rodinných domů pak přibližně 100 metrů. Bazén se nachází ve výšce 427 m.n.m v bezprostřední blízkosti řeky Otavy, do které bude vyčištěná voda z KČOV odtékat.

6. Diskuze

Během vypracování mé BP jsem se dozvěděl mnoho informací o ČOV, především o čistírnách kořenových, které jsem také doporučil pro výstavbu v obci Velké Hydčice. Jako každá čistírna i tato má své klady a zápory. V rámci této diskuze bych rád probral pozitivní a negativní stránky KČOV, se kterými jsem se setkal během práce v terénu a při dotazníkovém šetření.

Nejčastěji používané argumenty **odpůrců** KČOV:

- KČOV má velké požadavky na plochu, které je však nutné započítat do ekonomického porovnání KČOV a klasických ČOV.
- Pokud vytéká z kanalizace OV *ředěná příměsí balastních vod*, vypovídá to o tom, že není provedena vodotěsně, což neodpovídá předpisům o vypouštění OV. V tomto případě je tedy rekonstrukce nutná.
- KČOV mají omezenou životnost. Po pár letech se kořenové pole zanesou, tím KČOV přestanou pracovat, navíc při výměně *filtrační náplně* vznikne nebezpečný odpad, který je nutné nákladně zneškodnit.
- KČOV v zimním období nefungují.
- Než KČOV začne čistit OV na projektované parametry, trvá to několik let.
- Do postupu čištění KČOV nelze dodatečně technologicky zasahovat (na rozdíl od klasických ČOV).
- KČOV se hodí jen jako třetí stupeň čištění OV, až za klasickou ČOV.
- KČOV se nehodí do *vodohospodářsky exponovaných oblastí*, např. *do pásem hygienické ochrany vodárenských nádrží*.
- KČOV je vhodná pouze pro čištění OV z velmi malých zdrojů znečištění.

Nejčastěji používané argumenty **zastánců** KČOV, které vyvracejí zmiňované negace:

- KČOV má na zábor půdy vyšší nároky co do plochy, proto je výhodné umístění na pozemku, který je extenzivně využíván nebo není využíván vůbec (v našem případě se jedná o nevyužívaný bazén).

- Výskyt balastních vod v OV nemusí být důsledkem špatně těsnící kanalizace. Do kanalizace jsou záměrně zaústěny odvodňovací systémy sklepů, přelivy studní a prameny. Pokud bychom chtěli kvůli příměsi balastních vod v OV rekonstruovat kanalizace obcí, potom by se to týkalo 80 až 90 % kanalizací, které byly u nás realizovány.
- Životnost KČOV lze prozatím jen předpokládat. Nejstarší KČOV na světě fungují 15 až 20 let. V případě kolmatace se filtrační pole zanesou v nátokové části, tím pádem při výměně filtrační náplně není nutné ji měnit celou, ale stačí vyměnit jen její část. Tato zakolmatovaná náplň se uloží na předem připravenou a proti průsaku zajištěnou plochu s odvodněním na ČOV. Slunce a déšť tuto náplň během pár dní očistí a ta se tedy bude moct vrátit během další výměny filtračního pole, aby byla znovu využita.
- Účinnost KČOV se v zimním období snižuje pouze mírně. *Např. KČOV Ondřejov vykazovala snížení účinku čištění v zimě u BSKs o 3% (léto 81 %, zima 78 %).*
- Pozorování KČOV ukázalo, že *čisticí efekt* přichází ihned po uvedení čistírny do chodu.
- V případě, že klasická ČOV špatně čistí OV, případné dodatečné zakročení do technologie se většinou míjí účinkem. Příčina spočívá především ve složení OV, která je na ČOV přiváděna.
- KČOV je plnohodnotným stupněm čištění. Klasickou technologii tedy dokáže ve všech směrech plně nahradit.

Během výzkumu, který byl prováděn na *VÚV TGM v Brně pro vodárenskou nádrž Vír* se ukázalo, že vegetační typy čistíren jsou v *PHO vodárenské nádrže* lepší nežli nádrže klasické.

Ve světě již existují a plně fungují KČOV pro sídelní útvary s několika tisíci obyvateli. Podstatné je pouze rozdělení průtoku a velikosti plochy (Kočková, 1994).

Touto problematikou se zabývá i odborný časopis *Vodní hospodářství* (2016), kde řeší otázku, jak vysoké jsou účinky čištění odpadních vod pomocí kořenových čistíren. Dle článku se populace v České republice dělí na dvě skupiny (již zmíněné výše): odpůrci KČOV jako hlavní negace uvádějí ucpávání filtrů, nevhodné

klimatické podmínky, nedostatečné čistící účinky a tyto čistírny považují doslova za „špatně navržené“ či „špatně fungující“; naopak příznivci vyzdvihují pozitiva, která jsem již v diskuzi uvedl, a plně se s nimi ztotožňuji. Mezi těmito skupinami stojí Ústav vodního hospodářství krajiny Fakulty stavební Vysokého učení technického v Brně, kde za posledních 5 let zaznamenali velký posun v oblasti problematiky kořenových čistíren a stále se tím zabývají (Kriška, Němcová, 2016).

Dle mého názoru jsou KČOV vhodné pro využití v malých i velkých obcích. Výhodou jsou nižší náklady nežli u ostatních čistíren, nízká spotřeba energie, žádné znečištění ovzduší a šetrnost k životnímu prostředí. Pro obec Velké Hydčice se tato čistírna proto jeví jako ideální.

7. Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo zhodnotit kritickou situaci nakládání s OV v obci Velké Hydčice, navrhnout možnosti odvádění a čištění OV v malých obcích, vyhotovit návrh nakládání s OV s ohledem na finanční možnosti obce.

V rešeršní části bakalářské práce jsem popsal typy odpadních vod (splaškové, průmyslové, balastní, městské a dešťové) a způsoby čištění OV (mechanické, chemické a biologické čištění).

V rámci zpracování praktické části bakalářské práce jsem navštívil obec Velké Hydčice a provedl zde dotazníkové šetření, které jsem v další části zhodnotil a vyobrazil pomocí grafů. Z dotazníkového šetření vyplynulo, že i přes poměrné rozšíření KČOV v dnešní době stále lidé neznají podrobné informace o tomto typu čistíren a raději dávají přednost osvědčeným typům čistíren odpadních vod. Dále jsem v obci nafotil místo, kde bude ČOV vystavěna. V rámci stanovené metodiky práce jsem se sešel s expertem na výstavbu KČOV, kterému jsem položil několik otázek, jež jsem zapsal a zpracoval. Také jsem si domluvil schůzku s Ing. Janou Máchovou, která mi poskytla odborné poradenství a rozpočet KČOV, který jsem přiložil do příloh.

Má bakalářská práce poukázala na možné způsoby čištění odpadních vod. Během dotazníkového šetření jsem lidem ukázal, že čištění odpadních vod je možné provést několika způsoby, a seznámil jsem veřejnost s novými spolehlivými trendy v čištění odpadních vod. Bakalářská práce může dále posloužit pro širokou veřejnost a pro osoby hledající odpovídající čistírnu pro sebe, svou obec či okolí.

8. Přehled literatury a použitých pramenů

- **Broža V. eds., 1988:** Vodní hospodářství a vodní stavby. SNTL, Praha, 195s.
- **ČSN EN 12255-3, 2002:** Čistírny odpadních vod – Část 3: Předčištění. Český normalizační institut, Praha, 12 s.
- **ČSN EN 12255-4, 2003:** Čistírny odpadních vod – Část 4: Primární čištění. Český normalizační institut, Praha, 12 s.
- **ČSN EN 12255-5, 2000:** Čistírny odpadních vod – Část 5: Čištění odpadních vod v biologických nádržích. Český normalizační institut, Praha, 12 s.
- **ČSN EN 12255-8, 2002:** Čistírny odpadních vod – Část 8: Kalové hospodářství. Český normalizační institut, Praha, 20 s.
- **ČSN EN 12255-11, 2002:** Čistírny odpadních vod – Část 11: Všeobecné návrhové údaje. Český normalizační institut, Praha, 16 s.
- **Delft University of Technology,** Wastewater treatment, online: https://courses.edx.org/c4x/DelftX/CTB3365x/asset/Wastewater_Lecture_Note.pdf, cit. 18.2. 2016
- **Dohányos M. - Koller J. - Strnadová N., 1994:** Čištění odpadních vod, VŠCHT, Praha, 177 s.
- **Fuka T., 1997:** Chemické metody čištění odpadních vod. KZT, Praha, 47 s.
- **Groda B., Vítěz T., Machala M., Foller J., Surýnek D., Musil J., 2007:** Čištění odpadních vod jako nástroj k ochraně životního prostředí v zemědělské praxi a na venkově. Ministerstvo zemědělství ČR, Brno, 58 s.
- **Herle J. – Bareš P., 1990:** Čištění odpadních vod z malých zdrojů znečištění. SNTL, Praha, 207 s.
- **Chudoba J., 1991:** Odpadní vody a jejich čištění. KONEKO, Praha, 121 s.
- **Chudoba J., Dohányos M., Wanner J., 1991:** Biologické čištění odpadních vod. SNTL, Praha, 465 s.

- **Junga P., Vítěz T., Vítězová M., Geršl M., 2015:** Technika pro zpracování odpadů II. Mendelova univerzita, Brno, 154 s.
- **Kočková E., Kříž P., Legát V., Šálek J., Žáková, Z., 1994:** Obnova venkova, vegetační kořenové čistírny odpadních vod. Brno, 67 s.
- **Krátký M., 2014:** Městské odpadní vody - významný zdroj vody. Vodní hospodářství 64/10: 21-23 s.
- **Křiška M., Němcová M., 2016:** Kořenové čistírny rekapitulace a budoucnost v České republice. Vodní hospodářství 66/2: 14-18 s.
- **Office of Water, 2004:** Primer for Municipal Wastewater Treatment Systems. EPA, Washington DC, online: <https://www3.epa.gov/npdes/pubs/primer.pdf>, cit. 19.2. 2016
- **Pěničik K. eds., 1990:** Přehled zařízení pro čištění a úpravu vod. SNTL, Praha, 220 s.
- **Pošta J. eds., 2005:** Čistírny odpadních vod. Česká zemědělská univerzita, Praha, 211 s.
- **Sága P. - Šťastný M., 1992:** Malé čistírny odpadních vod. Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, Praha, 47 s.
- **Scott, C. A., Faruqui, N. I., Raschid-Sally, L., 2004:** Wastewater use in irrigated agriculture: management challenges in developing countries. In: Scott, C. A., Faruqui, N. I., Raschid-Sally, L. eds.: Wastewater use in irrigated agriculture: confronting the livelihood and environmental realities. International Water Management Institute (IWMI), South Asia: 1-11.
- **Sojka J., 2001:** Stavíme malé čistírny odpadních vod. Brno, ERA, 98 s.
- **Sojka J., 2013:** Čistírny odpadních vod pro rodinné domy. Praha, GRADA, 96 s.
- **Šálek J. – Tlapák V., 2006:** Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod. Technická knihovna, Praha, 283 s.

- **Švehla P., 2012:** Cvičení z předmětu čištění odpadních vod. Česká zemědělská univerzita, Praha, 115 s.
- **Švehla P., Tlustoš P., Balík J., 2004:** Odpadní vody, Česká zemědělská univerzita, Praha, 107 s.
- **Templeton M., Butler D., 2011:** Introduction to wastewater treatment. Imperial College London, UK, 80 s.
- **Vymazal J., 2009:** Kořenové čistírny odpadních vod: Dvacet let zkušeností v České republice. Vodní hospodářství 59/4: 113-118 s.
- **Vymazal J., 2003:** Kořenové čistírny výstavba a financování. Sborník, České Budějovice, 42 s.
- **Vymazal J., 1995:** Čištění odpadních vod v kořenových čistírnách. ENVI, Praha, 147 s.
- **Vymazal J., Kröpfelová L., Hrnčíř P., 2014:** Hybridní kořenová čistírna se zvýšeným účinkem při odstraňování dusíku. Vodní hospodářství 64/4: 9-13 s.
- **Wanner J. - Hlavínek P., 1997:** Moderní trendy v čištění odpadních vod. NOEL 2000, Brno, 156 s.
- **Zákon č. 273/2010 Sb. v ods. 1 § 23:** Zákon o vodách- Odpadní vody
- **Zákon č.273/2010 Sb. v ods. 1 § 38:** Zákon o vodách- Odpadní vody

9. Přílohy

Příloha č. 1 - Obecní úřad v obci Velké Hydčice



Příloha č. 2 - příjezdová cesta k bazénu a řece Otavě



Příloha č. 3 - pohled na bazén (budoucí místo výstavby KČOV)



Příloha č. 4, 5, 6 – pohled na bazén shora (budoucí místo výstavby KČOV)



Příloha č. 7, 8 – pohled na řeku Otavu



Příloha č. 9 – pohled na řeku Otavu a bazén



Příloha č. 10 – pohled na řeku Otavu a bazén



Příloha č. 11 – KČOV v obci Chrášťany, česle a lapák písku



Příloha č. 12 – KČOV v obci Chrášťany, lapák písku



Příloha č. 13 – KČOV v obci Chrást'any, kořenové pole



Příloha č. 14 – Vyplněný dotazník obyvatelem Velkých Hydčic

DOTAZNÍK – VELKÉ HYDČICE

1. Jaké je Vaše pohlaví?

- a) muž
- b) žena

2. Kolik je Vám let?

- a) 18-30 let
- b) 31-50 let
- c) 51 +

3. Víte na jakém principu funguje kořenová čistírna odpadních vod?

- a) ano, vím
- b) ne, nevím
- c) možná, nejsem si jistý/a

4. Souhlasíte s výstavou KČOV ve Vaší obci? Pokud ne, zdůvodněte:

- a) ano, souhlasím
- b) ne, nesouhlasím: _____
- c) je mi to jedno

5. Jaká by pro Vás byla nejpříjemnější doba trvání výstavby ČOV?

- a) půl roku
- b) rok
- c) rok a půl

6. Jaká je pro Vás osobně maximální přijatelná částka stočného (za kubík)?

- a) 20 Kč
- b) 30 Kč
- c) 40 Kč

- 7.** Myslíte si, že by mohla mít kořenová čistírna špatný vliv na životní prostředí (zápach apod.)?
- a) ne, vím, že to u kořenových čistíren nehrozí
 - b) ano, myslím si, že by to mohlo mít špatný vliv na životní prostředí
 - c) nevím
- 8.** Souhlasíte s výstavbou kořenové čistírny nebo byste měl zájem o jiný druh čistírny odpadních vod (pokud ano, kterou byste vybral/a):
- a) souhlasím s výstavbou kořenové čistírny v mé obci
 - b) raději bych vybral jinou: _____
 - c) nevím, je mi to jedno
- 9.** Máte představu kolik litrů odpadní vody se v průměru vyprodukuje na osobu a den v dané lokalitě?
- a) 100 - 150 l za osobu/den
 - b) 150 - 200 l za osobu/den
 - c) 200 - 250 l za osobu/den
- 10.** Víte kolik činí měsíční provozní náklady obsluhy čističky odpadních vod?
- a) 2.000 Kč
 - b) 4.000 Kč
 - c) 6.000 Kč

Příloha č. 15 – Ukázka rozpočtu KČOV

Položkový rozpočet stavby

Datum: 12.3.2016

Stavba : 2010-26

Splašk. kanalizace a ČOV Litochovice a Neuslužice

Objednatel :

IČO :

DIČ :

Zhotovitel :

IČO :

DIČ :

Za zhotovitele :

Za objednatele :

		Rozpočtové náklady
Základ pro DPH	10 %	0,00
DPH	10 %	0,00
Základ pro DPH	20 %	26 209 078,00
DPH	20 %	5 241 816,00
Cena celkem za stavbu		31 450 894

Rekapitulace stavebních objektů a provozních souborů

Číslo a název objektu / provozního souboru	Cena celkem	Základ DPH 10 %	Základ DPH 20 %	DPH celkem	%
SO 01 Kanalizační sběrače	20 395 096	0	16 995 914	3 399 183	64,8
SO 02 Čistírna odpadních vod	7 784 121	0	6 486 767	1 297 353	24,8
SO 03 Kanalizační přípojky	3 271 677	0	2 726 398	545 280	10,4
Celkem za stavbu	31 450 894	0	26 209 078	5 241 816	100,0

Rekapitulace stavebních rozpočtů

Číslo objektu	Číslo a název rozpočtu	Cena celkem	Základ DPH 10 %	Základ DPH 20 %	DPH celkem	%
SO 01	SO 01-1 Kanalizační sběrače	20 395 096	0	16 995 914	3 399 183	64,8
SO 02	SO 02-1 Štěrbinová nádrž	2 105 489	0	1 754 575	350 915	6,7
SO 02	SO 02-2 Kořenová pole a rozvodná potrubí	4 453 857	0	3 711 548	742 310	14,2
SO 02	SO 02-3 Přístupové cesty a zpevněné plochy	764 246	0	636 872	127 374	2,4
SO 02	SO 02-4 Přeložka nadzemního vedení 22 kV	224 426	0	187 022	37 404	0,7
SO 02	SO 02-5 Oplocení	236 101	0	196 751	39 350	0,8
SO 03	SO 03-1 Kanalizační přípojky	3 271 677	0	2 726 398	545 280	10,4
Celkem za stavbu		31 450 894	0	26 209 078	5 241 816	100,0

Příloha č. 16 - Rozhovor s expertem na výstavbu kořenových čistíren Stanislavem Bartoněm

1) Mám zájem o KČOV ve své obci. Co musím vědět a udělat ještě předtím, než si ji objednám?

Důležitý je výběr odborné projekční kanceláře, kterou poté oslovíte. Vámi vybraná projekční kancelář vyhotoví projekt („projektant zpravidla předkládá několik projektových variant, včetně příslušných rozpočtových nákladů“ ČSN EN 12255-11) a poté Vám jako objednavateli předloží návrh hotového projektu. V tomto případě je jen na Vás, zda ho odsouhlasíte. Pokud ano, můžete vypsát soutěž na výběr zhotovitele.

2) Co je důležité při výběru místa pro kořenovou čistírnu?

Při výstavbě kořenové čistírny je důležité zohlednit několik faktorů. V první řadě je to místo, kde může být KČOV postavena. Pro kořenové čistírny je nejvhodnější umístění blízko *vodoteče* (v obci Velké Hydčice se jedná o řeku Otavu) a dále místo kde je nejnižší nadmořská výška, z důvodu gravitace (odpadní voda se dostává z domácností spádově, jedná se o nejlevnější způsob odvádění splaškových vod).

3) Jak vysoké jsou náklady na zřízení kanalizační přípojky napojené na veřejnou kanalizaci svedenou na KČOV?

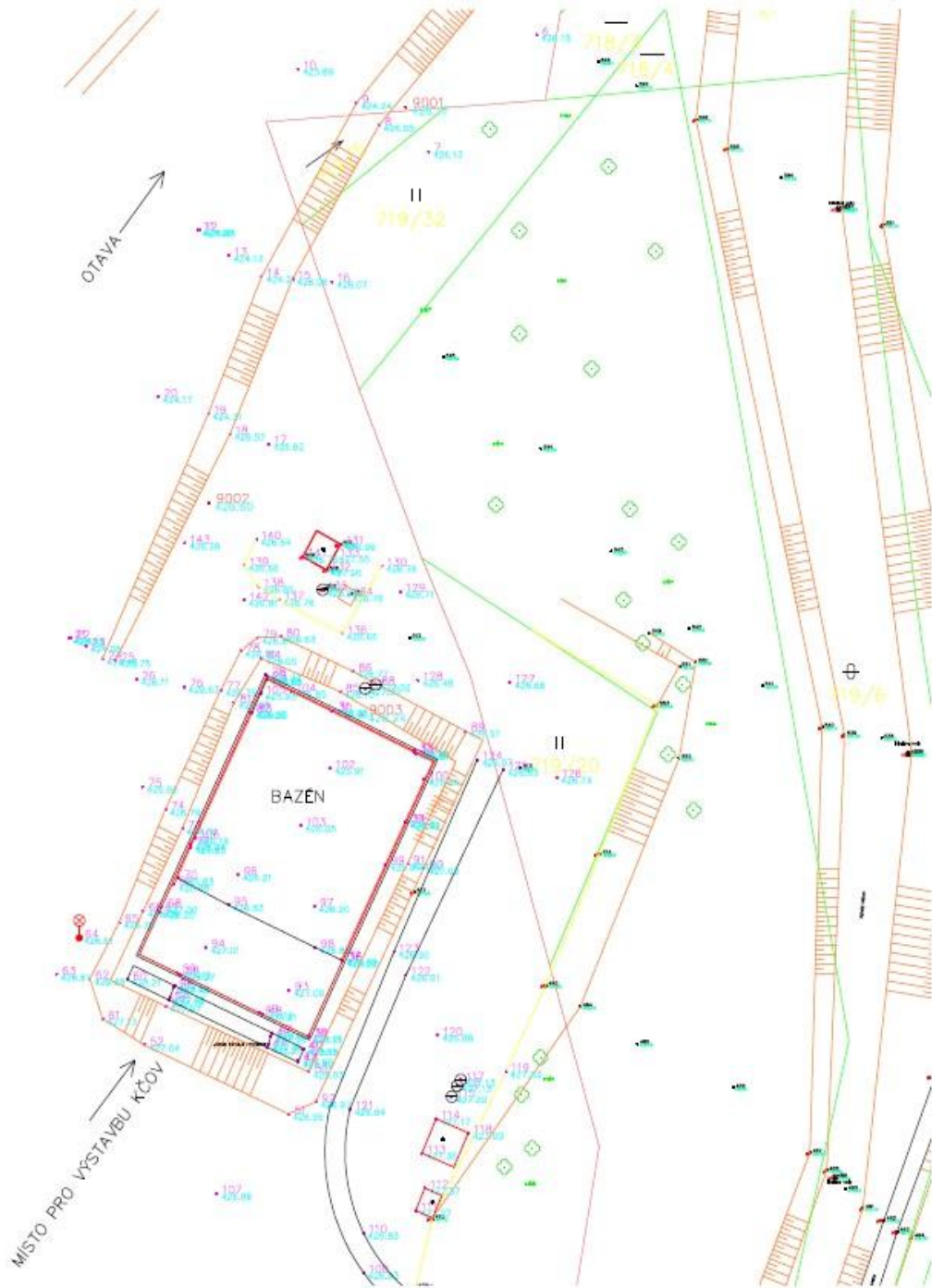
Povinností každého domu je pořízení přípojky na své náklady (dáno ze zákona), tato přípojka může vyjít až na 30.000 Kč, což pro některé rodiny může znamenat vysoké finanční náklady, zvláště když porovnáme s cenou ročního vývozu septiku, které činí 5.000 – 6.000 Kč (za jeden vývoz). Dále se musí počítat s pravidelnou platbou stočného.

(Ukázka rozpočtu kořenové čistírny přiložena v přílohách)

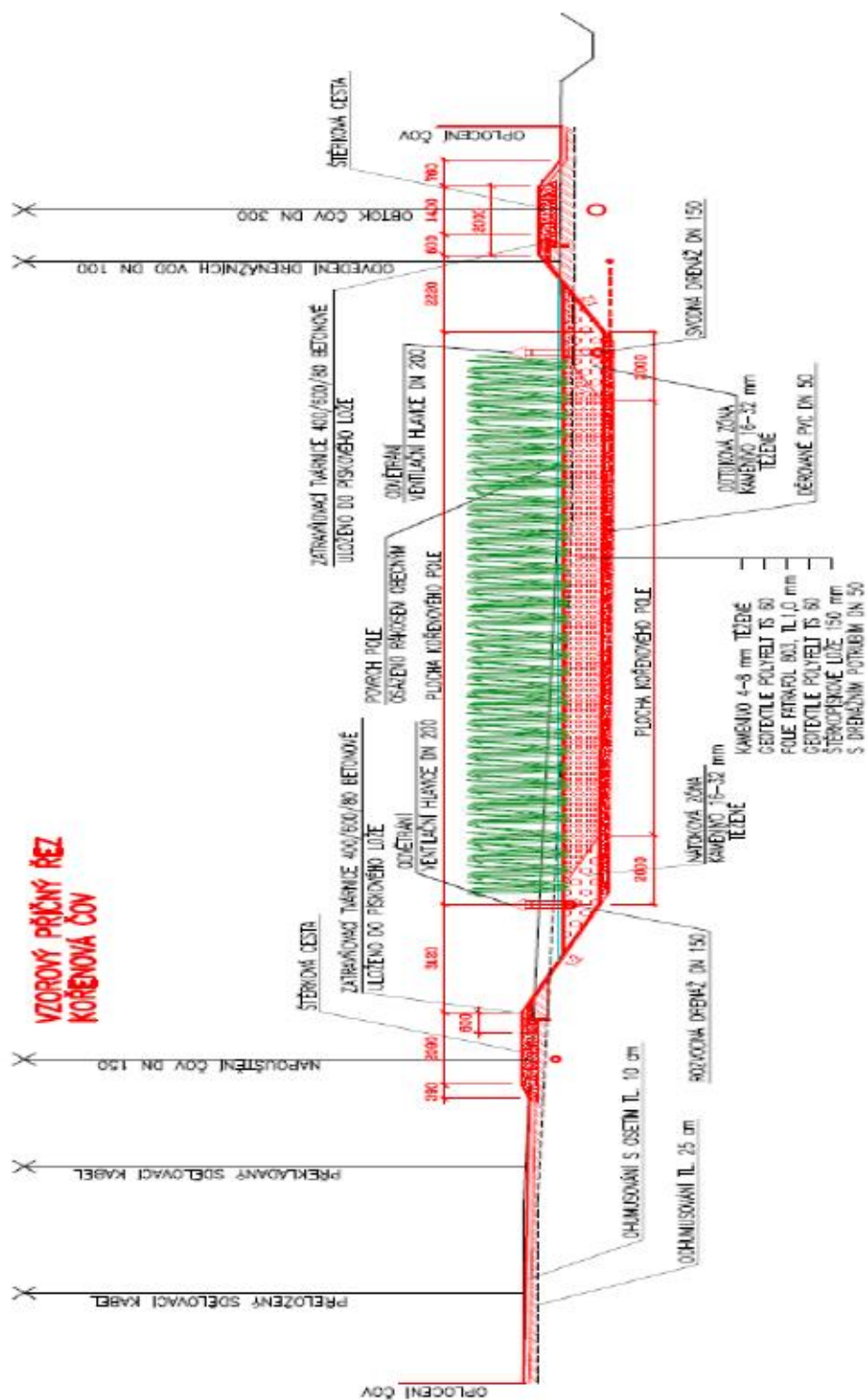
Příloha č. 17 – mapa obce Velké Hydčice, budoucí umístění KČOV (bazén, řeka Otava)
(maps.google.com)



Příloha č. 18 - mapa obce Velké Hydčice, budoucí umístění KČOV- bazén
(navrhováno v AutoCADu, vypracovala ING. Jana Máchová)



Příloha č. 19 – Vzorový příčný řez KČOV (vypracovala ING. Jana Máchová)



Příloha č. 20 - Ukázka splaškové kanalizace vedoucí do KČOV v obci Litochovice
 (vypracovala ING. Jana Máchová)

