

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

Katedra aplikované ekologie



Obor – Regionální environmentální správa

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Možnosti zpracování odpadních vod v kořenové čistírně v obci
Dožice**

Vedoucí práce: Ing. Tereza Hnátková, Ph. D

Diplomant: Bc. Pavlína Hošková

2022

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Pavlína Hošková

Regionální environmentální správa

Název práce

Možnosti zpracování odpadních vod v kořenové čistírně v obci Dožice

Název anglicky

The possibilities of wastewater treatment in a root treatment plant in the village of Dožice

Cíle práce

Předmětem diplomové práce je návrh vybudování kořenové čistírny pro možnost čištění odpadních vod v obci Dožice. Cílem práce je formou studie zhodnotit návrh z hlediska proveditelnost a ekonomické náročnosti za účelem řešení problému čištění odpadních vod v malých vesnicích. Formou rešerše podat přehled současných vědeckých a praktických poznatků o kořenových čistírnách v rámci nakládání s odpadními vodami v malých obcích k dosažení dobrého ekologického potenciálu.

Metodika

Diplomová práce je zaměřena na návrh zpracování odpadních vod v kořenové čistírně a její vybudování v obci Dožice i z hlediska hodnocení jejich přínosů. Pro čištění odpadních vod v malých obcích nabízejí vybudované mokřadní systémy vhodnou sociálně ekonomickou alternativu vůči klasickým čistírnám odpadních vod. Práce seznamuje s technickým řešením a obecnými pravidly při návrhu kořenové čistírny, popisuje území vybrané obce a současný charakter čištění odpadních vod v malých obcích do 150 EO.

Doporučený rozsah práce

40 stran

Klíčová slova

odpadní voda, kořenová čistírna, znečištění, obec

Doporučené zdroje informací:

1. Křiška M., Němcová M., 2015: Kořenové čistírny odpadních vod – METODICKÁ PŘÍRUČKA PRO POVOLOVÁNÍ, NÁVRH, REALIZACI A PROVOZ. VUT, Brno.
 2. M.L. Solano, P. Soriano, M.P. Ciria, 2004: Constructed Wetlands as a Sustainable Solution for Wastewater Treatment in Small Villages. Biosystems Engineering 87(1), 109-118.
 3. R. Haberl, R. Perfler, H. Mayer, 1995: Constructed wetlands in Europe. Water Sci Technol (1995) 32 (3), 305–315.
 4. Suhad A.A.A.N. Almuktar, Suhail N. Abed, Miklas Scholz, 2018: Wetlands for wastewater treatment and subsequent recycling of treated effluent. Environmental Science and Pollution Research, 25:23595–23623.
 5. Vymazal Jan., 2004: Kořenové čistírny odpadních vod. ENKI, Třeboň.
-

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Tereza Hnátková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno: 10.03.2022

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno: 12.03.2022

prof. RNDr. Vladimír Bejček

Děkan

Čestné prohlášení autora diplomové práce

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, pod vedením Ing. Terezy Hnátkové, Ph.D... Čerpala jsem ze všech literárních pramenů a publikací, které jsou zde uvedeny. Další údaje mi poskytl Obecní úřad Mladý Smolivec, obec Dožice.

Prohlašuji, že tištěná verze se shoduje s verzí odevzdanou přes Univerzitní informační systém.

V Dožicích 2022

.....
Pavlína Hošková

Poděkování:

Tímto bych chtěla poděkovat své vedoucí diplomové práce Ing. Tereze Hnátkové, Ph.D., za věnovaný čas, věcné připomínky a trpělivost při zpracování této diplomové práce.

V Dožicích 2022

.....
Pavlína Hošková

Abstrakt

Diplomová práce seznamuje s možností čištění odpadních vod v obci Dožice (120 EO) v kořenové čistírně. Uvádí, jaké je znečištění odpadních vod dané obce, jaká je jejich kvalita a jaké je množství předpokládaných znečišťujících látek, k jejichž eliminaci má dojít. Je navržen prostor k umístění kořenové čistírny.

V rešerši posuzuje možnost využití této formy čištění odpadních vod všude tam, kde stále schází splašková kanalizace. Popisuje také problematiku vypuštění odpadních vod do vod povrchových a problematiku odpadového hospodářství samosprávných celků v České republice. Zaměřuje se také na ekonomická a funkční hlediska a důvody vhodné pro volbu čištění odpadních vod touto formou. Rozebírá jednotlivá konstrukční uspořádání a procesy probíhající v kořenové čistírně. Poskytuje přehled legislativy, která souvisí s návrhem, povolováním a realizací kořenových čistíren. Analyzuje možná technická řešení.

Výsledky této studie mohou být využitelné pro obecní správu obce Dožice, pokud by v budoucnu chtěla kořenovou čistírnu realizovat.

Klíčová slova

odpadní voda, kořenová čistírna, znečištění, obec

Abstract

The diploma thesis introduces the possibility of wastewater treatment in the village Dožice (120 EO) in the root treatment plant. It states what is the pollution of wastewater in the municipality, what is their quality and what is the amount of expected pollutants, which should be eliminated. A space is designed to house a root treatment plant. In the search, it assesses the possibility of using this form of wastewater treatment wherever sewage is still missing. It also describes the issue of discharge of wastewater into surface waters and the issue of waste management of municipalities in the Czech Republic. It also focuses on economic and functional aspects and reasons suitable for choosing wastewater treatment in this form. It analyzes the individual structural arrangements and processes taking place in the root treatment plant. It provides an overview of legislation related to the design, authorization and implementation of root treatment plants. Analyzes possible technical solutions. The results of this study may be useful for the municipal administration of the municipality of Dožice if it wants to implement a root treatment plant in the future.

Keywords

wastewater, root treatment plant, pollution, village

1	OBSAH	
1	Obsah	15
2	Úvod.....	1
3	Cíl práce	3
4	Odpadní vody.....	3
4.1	Druhy odpadních vod	3
5	Ukazatel znečištění.....	5
5.1	Výpočet množství splaškových vod	8
6	Odvádění odpadních vod.....	8
7	čištění odpadních vod.....	9
8	Legislativa pro vypouštění odpadních vod a vybudování KČOV	12
8.1	Přehled legislativy	13
9	Kořenové čistírny odpadních vod (KČOV)	16
9.1	Princip a procesy KČOV	17
1.9.1	princip	17
2.9.1	Procesy	18
10	Objekty KČOV	21
10.1	Česle.....	21
10.2	Lapáky písku.....	23
10.3	Lapáky tuků a olejů.....	24
10.4	Septiky a biologické septiky	24
10.5	Usazovací nádrž.....	25
10.6	Filtrace	26
10.7	Dočišťovací nádrže	27
10.8	Vegetace.....	28
11	Rozdělení KČOV	31

11.1	Kořenová čistírna s volnou hladinou	31
11.2	Kořenové čistírny s podpovrchovým horizontálním průtokem	33
11.3	Kořenové čistírny s vertikálním podpovrchovým tokem	36
12	Provoz kořenových čistíren	39
12.1	Využití KČOV v České republice	41
13	Charakteristika studijního území.....	43
13.1	Popis obce Dožice.....	43
13.2	Geomorfologické poměry	45
13.3	Geologické poměry	46
13.4	Pedologické poměry	47
13.5	Klimatické poměry	47
13.6	Srážkové a teplotní poměry	48
13.7	Hydrologické poměry	49
13.8	Krajinný ráz	50
13.9	Současný stav v obci.....	51
14	Návrh KČOV v obci Dožice	54
15	Finanční náklady	57
16	Výsledky a přínos práce	59
17	Diskuze.....	60
18	Závěr	62
19	Přehled literatury	63
19.1	Tištěné zdroje.....	63
19.2	Internetové zdroje	64
20	Přehled obrázků.....	68
21	Přehled tabulek.....	71
22	Zákon, vyhláška, norma	71

2 ÚVOD

Základní složkou životní potřeby každého organismu je voda, která je kritickým přírodním zdrojem. Klima naší planety se celkově mění, což pociťují lidé po celém světě. Stále se rozšiřující průmysl, narůstající technické možnosti, zemědělská expanze, a hlavně počet obyvatel, mají za následek stále se zhoršující kvalitu vody. V současné době planetu Zemi obývá více jak sedm miliard obyvatel. Snadnější globalizovaná existence lidstva je závislá na obrovském využívání obnovitelných, ale častěji neobnovitelných zdrojů. Vnímáme pokles vydatnosti vodních zdrojů, sníženou retenční schopnost krajiny při prudkých deštích a nedostatek podzemní vody. S nárůstem nových zastavovaných území se zvyšuje objem odpadních vod. Mnohdy však není optimálně vyřešen problém s odvodem a čištěním těchto vod. Toto je pak jedním z hlavních zdrojů znečištění, odpadní voda z měst, obcí, průmyslových závodů a ze zemědělské výroby, tzv. bodové zdroje znečištění. Odpadní voda vypouštěná do povrchových vod způsobuje kontaminaci toků, působí negativně na vodní ekosystém. V obcích vyvážení jímek na čistírnu je finančně nákladné a letité často propustné jímky či septiky jsou hrozbou pro spodní vody, půdu a zdraví obyvatel.

Je pravděpodobné, že polovina světové populace by mohla do roku 2030 zažít vodní stres a celosvětová poptávka po vodě se odhaduje na 55 % do roku 2050. Recyklace odpadních vod je dostupná alternativní možnost k překonání nedostatku vody zásobování (Water 2021).

Z hlediska dodržení požadované legislativy, problematika odpadového hospodářství tíží většinu samosprávných celků v České republice. Pro ochranu zdraví lidí, životního prostředí, jsou tyto normy důležité. Bohužel ve většině případů naplnění těchto norem brzdí finanční prostředky. Stávající kanalizace bývají stavebně nevyhovující pro odvádění odpadních vod, neboť se jedná ve většině případů o dešťové kanalizace, které jsou propustné a nevhodné pro návrhy čištění odpadních vod. Pro výstavbu centrální čistírny odpadních vod je proto nejdražší položkou v rozpočtu stavby, výstavba nové oddílné kanalizační sítě.

Způsobů likvidace odpadních vod je několik technologií. Při rozhodování nejlepší možné varianty čistírny, je nutné zhodnotit proveditelnost v dané lokalitě, výhody a nevýhody, provozní a investiční náklady. Vedle tradičních technologií nalézají své uplatnění také přírodní způsoby čištění, kdy se v maximální možné míře napodobují přirozené charakteristiky pohybu vody v přírodě. Kořené čistírny odpadních vod jsou vhodnou alternativou ke klasickým čistírnám. Mají vysokou účinnost odstraňování rozpuštěného a nerozpuštěného organického znečištění, ale i odstraňování fosforu a dusíku. Jsou méně energeticky i provozně závislé, nikoliv však bezúdržbové.

V první části diplomové práce jsou popsány kořenové čistírny, jejich provoz a údržba. V druhé části je navrženo řešení čištění odpadních vod v obci Dožice kořenovou čistírnou. Je popsána proveditelnost, výhody a nevýhody této varianty.

3 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce je formou rešerše seznámit s odpadními vodami, se způsobem jejich likvidace, druhy, složením a právními aspekty vodního a odpadního hospodářství. Charakterizovat a popsat význam kořenových čistíren. Seznámit s možnostmi čištění odpadních vod v těchto čistírnách. Navrhnout řešení nakládání s odpadními vodami v obci Dožice formou kořenové čistírny. Zjistit a zhodnotit základní parametry pro návrh vybudování kořenové čistírny pro danou obec a posoudit její proveditelnost.

4 ODPADNÍ VODY

Odpadní vody jsou vody využívané člověkem 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. Odpadní vody jsou také průsakové vody z odkališť, s výjimkou vod, které jsou zpětně využívány pro vlastní potřebu organizace, a vod, které odtékají do vod důlních, a dále jsou odpadními vodami průsakové vody ze skládek odpadu. Liší se stupněm znečištění a svým složením v závislosti na typu sídla, druhu průmyslu, na stupni srážkových a balastních vod vstupujících do kanalizačního systému. Mění se v průběhu času, během dne, týdne, roku. Nejdůležitějším parametrem pro dimenzování a výstavbu čistírny odpadních vod jejich množství a kvalita (Suhad A. A. N. Almuktar 2018; Zákon č. 254/2001 Sb., vodní zákon).

4.1 Druhy odpadních vod

Odpadní vody se dělí do několika druhů. Lze je rozdělit podle původu a způsobu znečištění na:

- černé vody
- splaškové (domovní, šedé) odpadní vody
- průmyslové odpadní vody
- infekční vody
- odpadní vody ze zemědělství a zemědělské výroby
- srážkové vody (dešťové vody včetně vod z tání sněhu a ledu)

- ostatní odpadní vody → odpadní vody, které nelze zařadit do některé z předchozích skupin nebo které se dostaly do stokové sítě za nepředvídatelných okolností – balastní vody (ČSN 75 6101).

Černé vody

Černé vody jsou odpadní vody z toalet, dále je dělíme na vody žluté a hnědé.

žluté vody → tedy moč, se skládá z vodného roztoku metabolických odpadů, močoviny, rozpuštěných solí, zejména chloridu sodného a dalších organických látek. Obsahují nutrienty, zejména dusík, fosfor, draslík, síru, bór a další prvky. Člověk vyprodukuje ročně asi 500 l moči.

hnědé vody → jsou fekálie obsahující především uhlík, méně dusík, fosfor, draslík, vápník, hořčík a železo. Člověk vyprodukuje ročně asi 50 l fekálií (Beránková 2016).

Splaškové, šedé, odpadní vody

Splaškové odpadní vody jsou odpadní vody z domácností, hotelů, restaurací, kuchyní, umýváren, prádelen apod. Nejčastěji organicky znečištěné, neobsahující fekálie a moč. Tyto vody odtékají z umyvadel, van, koupelen, dřezů. Po jejich úpravě je lze využívat jako vodu provozní, tzv. bílou vodu, pro splachování záchodů, pisoárů a zalévání zahrad. Vody jsou znečištěny hlavně z pracích prášků, šamponů, mýdel, zubních past apod. (ČSN 75 6101; EN 12056; Sojka 2013).

Infekční vody

Infekční vody jsou odpadní vody, které pochází z infekčních oddělení nemocnic, léčeben, sanatorií, laboratoří vyrábějící očkovací látky, séra apod. Jsou znečištěné nebezpečnými látkami obsahují choroboplodné zárodky. Infekční odpadní vody nesmí být bez předchozího zbavení choroboplodných zárodků vypouštěny do veřejné stokové sítě, často bývají likvidovány samostatně a stokovou sítí neodtékají (ČSN 75 6101; Sojka 2013; Jáglová 2009).

Průmyslové odpadní vody

Průmyslové odpadní vody jsou vody použité v průmyslových závodech při výrobě. Složení a vlastnosti těchto vod je nestálé a jejich znečištění je ovlivněno charakterem výrobních procesů v podniku. Tyto vody vpouštěné do kanalizace musí splňovat předepsané parametry určené provoznímu řádu kanalizace. Obecně však platí, že

průmyslové odpadní vody by měly být odděleny a čištěny na samostatných průmyslových ČOV (ČSN 75 6101; Sojka 2013; Jáglová 2009).

Odpadní vody ze zemědělství a zemědělské výroby

Odpadní vody ze zemědělství jsou vody vznikající při zemědělské výrobě (ČSN 75 6101; Sojka 2013; Jáglová 2009).

Srážkové odpadní vody

Srážkové odpadní vody jsou vody, které spadnou na povrch území jako atmosférické srážky, včetně vod z tání sněhu a ledu. Znečištění srážkových vod závisí na mnoha okolnostech, od stavu ovzduší, až po dopad na povrch země. Nejznečištěnější je voda, která spadne ve městech či na silnicích. Spolu s rychle odtékající dešťovou vodou ze zpevněných ploch se dostávají do vodních toků i látky spláchnuté právě z těchto povrchů. Jsou to znečišťující látky z dopravy (ropné látky), soli ze solení chodníků, chlornaté sloučeniny a sloučeniny síry. Na přírodních plochách se tyto škodlivé látky zachycují ve svrchních vrstvách půdy a postupně jsou biologicky odbourány. Na zpevněných plochách se bohužel rychle odvádějí kanalizačním potrubím z místa spadu do vodního toku. Následkem toho se zhoršuje kvalita vody, která je limitujícím faktorem pro biodiverzitu vodního života (Sieker 2007).

Balastní odpadní vody

Balastní odpadní vody jsou vody, které vnikají do kanalizace její netěsností. Vnikáním balastních vod do kanalizace dochází k ředění odpadních vod, a to způsobuje ztížení biologického čištění odpadních vod. Při vnikání podzemní balastní vody do kanalizace dochází k ochlazení odpadní vody, to je negativní zvláště pro zimní období, a tím i ke zpomalení rozkladné činnosti mikroorganismů. (ČSN 75 6101; Sojka 2013; Jáglová 2009).

5 UKAZATEL ZNEČIŠTĚNÍ

Při rozhodování postupu čištění odpadních vod je vhodné znát jejich jakost a množství. Vyprodukované množství splaškových odpadních vod se uvádí v jednotkách toku l/s, m³/d, případně v m³/rok a závisí na spotřebě vody u producenta. Je přímo úměrné stupni vybavenosti obce, nemocnice, hotelů, služeb, průmyslu atd., v domácnosti je to vodovod, přívod teplé vody, koupelna, sprcha, myčka, spouště

vody na toaletě atd... Základním měřítkem pro uvádění znečišťování je tzv. Ekvivalentní obyvatel = 1EO. Specifická spotřeba pitné vody (q) se v roce 2004 v evropských zemích pohybovala mezi 150-200 l/osobu/den. Vypouštění odpadních vod je proměnlivé, lze i tak vysledovat určitou pravidelnost průtoku v závislosti na životním rytmu, obce, města či výrobních procesech nebo rodin. Nejrozšířenější použití mají koeficienty popisující maximální a minimální průtoky v daném časovém období. Hodnota koeficientu má statistický charakter a takto musí být i posuzována. Kolísání průtoků odpadní vody je charakterizováno špičkou maxima průtoku (ranní a večerní) a nočním minimem. Velikost koeficientů závisí na velikosti zdroje znečištění (Sojka 2004).

Pro posuzování znečištění komunálních odpadních vod jsou z vodohospodářského hlediska nejvýznamnějšími složkami: BSK₅, CHSK, nerozpuštěné látky, sloučeniny P a N. Ekvivalentní obyvatel (EO) je definovaný produkcí znečištění 60 g BSK₅ za den a průměrným množstvím 120-150 litrů odpadní vody za den. Počet ekvivalentních obyvatel se pro účel zařazení čistírny odpadních vod do velikostní kategorie vypočítává z maximálního průměrného týdenního zatížení na přítoku do čistírny odpadních vod během roku s výjimkou neobvyklých situací, přívalových dešťů a povodní (MŽP, ©2012-2008).

Z vodohospodářského hlediska jsou hlavními složkami znečištění odpadních vod:

- nerozpuštěné látky (NL)
- biochemická spotřeba kyslíku (BSK₅)
- chemická spotřeba kyslíku (CHSK)
- fosfor (P)
- dusík (N)

Nerozpuštěné látky (NL)

Nerozpuštěné látky jsou pevné nebo kapalné látky → emulze, povlaky na hladině, organického nebo anorganického původu. Rozlišují se na usaditelné, které do cca 2 hodin sedimentují a neusaditelné, které tvoří trvalý zákal v odpadní vodě. Jsou udávány v mg/l nebo kg/den. Z vody je lze odstranit mechanickou → sedimentací.

Biochemická spotřeba kyslíku (BSK₅)

Biochemická spotřeba kyslíku vyjadřuje obsah biologicky rozložitelných organických látek v odpadních vodách, které v ní narušují přirozenou rovnováhu kyslíku. Je rovna množství rozpuštěného molekulárního kyslíku spotřebovaného za určitý časový interval mikroorganismy při biochemickém rozkladu organických látek ve vodě, aniž by přitom byl kyslík dodáván. Proto označení BSK₅, neboť stanovení se provádí za časový interval 5 x 24 hodin. Vyjadřuje se v mg/l kyslíku.

Chemická spotřeba kyslíku (CHSK)

Chemická spotřeba kyslíku, oxidovatelnost, vyjadřuje obsah látek schopných chemické oxidace, které narušuje rovnováhu kyslíku ve vodě. Udává množství kyslíku, které je ekvivalentní spotřebě použitého oxidačního činidla → manganistanu draselného nebo dichromanu draselného. Oxidační činidlo dichroman draselný je vhodný pro stanovení CHSK ve všech druzích vod a manganistan draselný je vhodný pro přírodní a pitné vody. Vyjadřuje se v mg/l kyslíku.

Fosfor (P)

Prvek, který se ve vodách vyskytuje v organických nebo anorganických sloučeninách. Jeho zdrojem jsou prací prostředky, čisticí a odmašťovací prostředky, hnojiva s obsahem fosforečnanů. V živočišných odpadech je obsažen organický fosfor. Celkový fosfor (P_{celk}) je součtem forem fosforu organicky a anorganicky vázaných. Vyjadřuje se v mg/l.

Dusík (N)

Prvek, který je ve vodách přítomen jak ve formě organických sloučenin, tak v anorganických formách. Mezi hlavní formy dusíku anorganicky vázaného patří dusík amoniakální (N-NH₄₊), dusík dusitanový (N-NO₂₋) a dusík dusičnanový (N-NO₃₋).

Z organických dusíkatých látek je ve vodě nejvíce zastoupena močovina. Významným zdrojem organických i anorganických sloučenin dusíku ve vodách jsou splaškové odpadní vody, ze zemědělství → vody z živočišné výroby, splachy z obdělávané půdy hnojené dusíkatými hnojivy a vody z potravinářského průmyslu. Celkový dusík (N_{celk}) je dán součtem koncentrací dusíku anorganicky a organicky vázaného. Vyjadřuje se v mg/l.

Fosfor a dusík jsou označovány jako živiny (nutrienty). Jejich vlivem dochází k masovému nárůstu řas, sinic, vodního květu, které svoji činností narušují kyslíkový režim ve vodním ekosystému a znehodnocují ho. Dochází ke změnám v populaci živočichů a rostlin a ke snížení kvality vody (Just a kol.1999; Sojka 2013).

Látky	Anorganické	Organické	Celkové	BSK ₅	CHSK _{Cr}	N _c	P _c
Nerozpuštěné neusaditelné	10	30	40	20	40	1	2
Rozpuštěné usaditelné	5	10	15	10	20	–	–
Rozpuštěné	75	50	125	30	60	10	2,3
Celkem	90	90	180	60	120	11	2,5

Obrázek 1: Specifická produkce znečištění s_0 odpadních vod v g. os⁻¹.den⁻¹ (ČSN 75 6401, 75 6402).

5.1 Výpočet množství splaškových vod

Průměrný bezdeštný přítok Q_{24} se vypočítá podle:

$$Q_{24} = EO * q \text{ (m}^3\text{/den)}$$

EO...počet ekvivalentních obyvatel

q...specifická spotřeba na 1 obyv. (l/osobu/den)

Maximální bezdeštný denní přítok Q_d pak podle vzorce:

$$Q_d = Q_{24} * k_d + Q_B \text{ (m}^3\text{/den)}$$

k_d ...koeficient denní nerovnosti

Q_B ...balastní vody (m³/den), uvažujeme 10-15 % Q_{24}

Pro maximální bezdeštný hodinový přítok Q_h lze použít vzorec:

$$Q_h = Q_{24} * k_d * k_h / 24 \text{ (m}^3\text{/hod)}$$

k_h ...koeficient maximální hodinové nerovnosti

Je nutné zohlednit i průmyslové vody splaškové a odpadní (Sojka 2004).

6 ODVÁDĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Odvádění odpadních vod se rozumí odkanalizování území, které zajišťuje odvodnění urbanizovaného území pomocí souboru staveb a technologického zařízení – kanalizace pro veřejnou potřebu.

Jsou známy tři základní způsoby odkanalizování území stokovými soustavami:

- jednotná soustava
- oddílná soustava
- modifikovaná soustava

Kanalizace jednotlivých soustav mají svůj specifický charakter. Jejich vznik byl podmíněn propojením dílčích stok do soustav. Výstavba těchto soustav probíhala v nejrůznějších historických obdobích za velmi proměnlivých sociálně – ekonomických podmínek. Doprava odpadních vod závisí na použité soustavě kanalizace a na terénu v němž se kanalizace nachází nebo buduje (Hlavínek a kol. 2003).

Doprava odpadních vod se dělí na:

- tradiční dopravu – jednotné nebo oddílné soustavy s gravitační dopravou odpadních vod, jsou jednoduché a spolehlivé k provozování
- alternativní dopravu – používané v oblastech malých sídelních celků s velmi roztroušenou zástavbou, nebo u příměstských oblastí s plochým či zvlněným reliéfem terénu → kanalizace tlaková, podtlaková, vakuová, gravitační maloprofilová, pneumatická
- svoz

7 ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Jednou alternativou čištění odpadních vod je v čistírnách. Existují v různých velikostech, v závislosti na počtu připojených obyvatel. Normované zásady rozlišují čistírny odpadních vod na malé o velikosti do 500 EO (ČSN 75 6402) a na čistírny městské pro více než 500 EO (ČSN 75 6401).

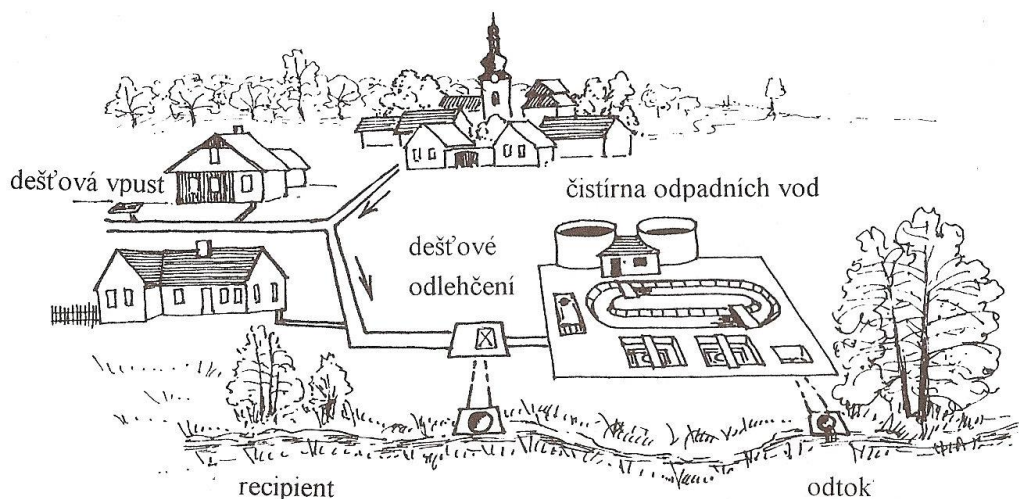
Čištění odpadních vod v obcích cca do 2 000 EO můžeme rozdělit na dva způsoby řešení → decentralizované (extenzivní) a centralizované (intenzivní).

Centralizované zneškodňování odpadních vod je založeno na principu sběru a odvádění produkovaných odpadních vod od více zdrojů znečištění do jedné centrální ČOV přes rozsáhlý kanalizační systém. Pořízení tohoto systému je několikanásobně nákladnější než pořízení samotné ČOV. Jsou to např. mechanicko-biologické čistírny odpadních vod, stabilizační nádrže atd. (Ying Fan a kol. 2021).

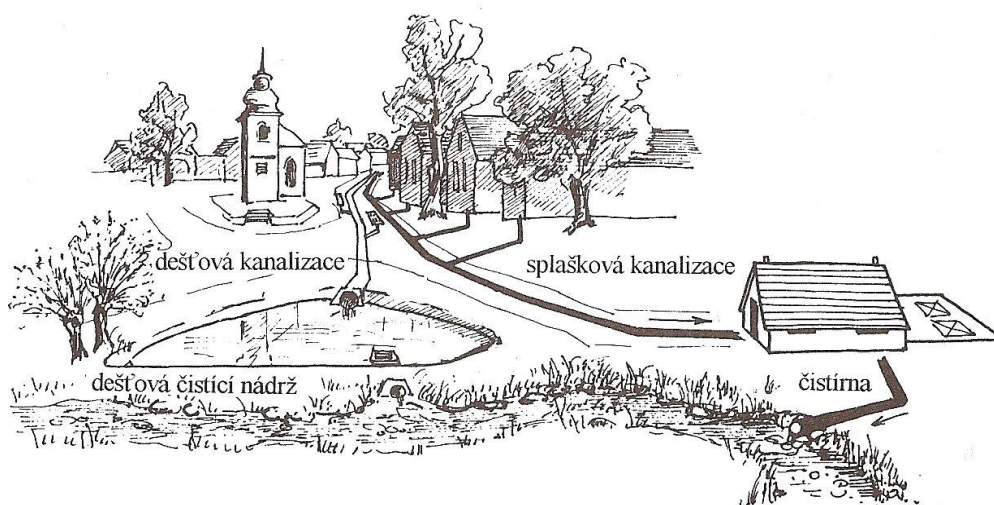
➤ **intenzivní způsob** → je čištění v mechanicko-biologických čistírnách odpadních vod, z technologického hlediska nejsou rozdíly mezi mechanicko-biologickými ČOV různých velikostí příliš podstatné. Technologické zařízení je soustředěné v homogenním stavebním objektu, s nutným připojením elektrické energie.

→ výhodami jsou vysoká intenzita a říditelnost procesů, relativně malé nároky na plochu a vyrovnané a garantované účinky, jsou také bez problémů akceptovány vodohospodářskými orgány,

→ nevýhodami je potřeba soustavné obsluhy, jednoúčelovost, cizorodost v krajině a poměrně vysoké investiční náklady.



Obrázek 2: Schéma centralizovaného systému odvádění a čištění odpadních vod s jednotnou kanalizací (Just, Fuchs, Písařová 1999).



Obrázek 3: Schéma centralizovaného systému odvádění a čištění odpadních vod s oddílnou kanalizací (Just, Fuchs, Písařová 1999).

Decentralizované zneškodňování odpadních vod je určen pro individuální zneškodnění odpadních vod z jednotlivých domů nebo i ze skupiny domů přímo u zdroje znečištění. Patří sem např. žumpa, domovní čistírny, septik se zemním filtrem atd. (Hlavínek a kol. 2006).

- **extenzivní** → je čištění odpadních vod využívající v přírodě se vyskytující samočisticí procesy probíhající v půdním, vodním a mokřadním prostředí k čištění odpadních vod, nacházející uplatnění při čištění i dočištění odpadních vod z menších zdrojů bodového i plošného znečištění. Tomuto způsobu čištění musí však předcházet mechanické předčištění odpadních vod.
 - vyvážení obsahů žump
 - septik se zemním filtrem

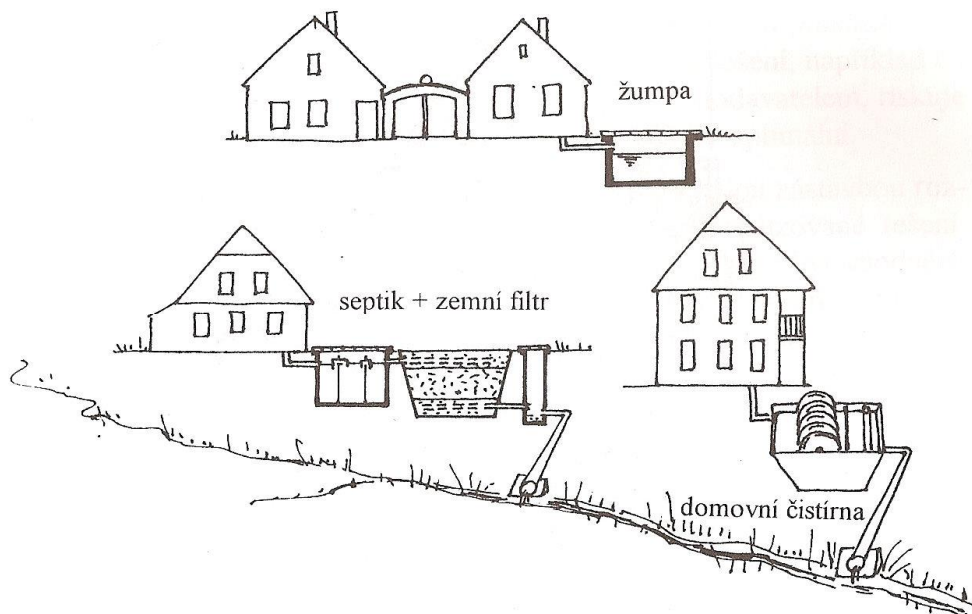
Jen některé ze způsobů extenzivního čištění odpadních vod lze svými účinky, hygienickým standardem a mírou ochrany podzemních vod srovnávat s mechanicko-biologickým čištěním. Patří mezi ně vyvážení žump, malé nebo domovní ČOV se zemními filtry, vegetační čistírny a stabilizační nádrže. Ostatní postupy jsou spíše provizorního charakteru, nebo se mohou uplatnit při dočišťování odtoků z čistíren.

→ → výhodou extenzivních postupů je, že nepotřebují trvalé napojení na elektrickou energii a mají jednodušší obsluhu s delšími obslužnými intervaly,

→ nevýhodou jsou větší nároky na plochu, horší ovladatelnost procesů, proměnlivost a ztížená garantovatelnost účinků.

Postupy použitelné v centralizovaných i decentralizovaných sestavách:

- stabilizační rybník
- vegetační (kořenová) čistírna odpadních vod
- čistírna odpadních vod na principu zemního filtru (Hlavínek a kol. 2003; Just a kol. 1999).



Obrázek 4: Schéma prvků decentralizovaného systému nakládání s odpadními vodami (Just, Fuchs, Písařová 1999).

8 LEGISLATIVA PRO VYPOUŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD A VYBUDOVÁNÍ KČOV

Stavba kořenové čistírny odpadních vod je vodním dílem a její návrh umístění čistírny musí být v souladu s územně plánovací dokumentací dané lokality. Dokumentací je územní plán, který se zabývá vymezením ploch a jejich využitím, způsoby čištění odpadních vod a možnostmi jejich odvádění. Místo výstavby kořenové čistírny odpadních vod se určuje na základě územního rozhodnutí, jež vydává stavební úřad. Stavební povolení vydává speciální stavební úřad vodoprávní. Pro účely povolení stavby i její realizace je zapotřebí projektová dokumentace zpracovaná odborně způsobilou osobou (autorizovaným projektantem). Tento úřad také vydává povolení k nakládání s vodami, v podstatě k vypouštění odpadních vod. Jedná se o povolení, ve kterém je stanovena účinnost čištění, tu je nutno splňovat, a taktéž způsob, jakým bude probíhat kontrola čištění odpadních vod. Splnění podmínek rozhodnutí se ověří během zkušebního provozu, který následuje po provedení stavby. Závěrečným procesem je kolaudace stavby. Ten probíhá po vyhodnocení zkušebního provozu. Pokud je vše v pořádku, je možno stavbu užívat jako trvalou. Během trvalého provozu však probíhá stálá kontrola kvality čištění vod (Rozkošný a kol. 2010).

8.1 Přehled legislativy

Nejvýznamnějším právním dokumentem pro ČR, jako člena Evropské unie, je **Rámcová směrnice o vodách (2000/60/ES)** ze dne 23. října 2000. Jedná se o směrnici Evropské unie, která stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky. Zavazuje členské státy dosahováním cílů v oblasti prevence a omezování udržitelného užívání vod, v ochraně životního prostředí, ve zlepšování stavu vodních ekosystémů a zmírňování účinků povodí a období sucha, také zásadně vstupuje do oblasti průmyslu, územního plánování, zemědělství, lesnictví a jiných dalších odvětví.

Zákonnými předpisy v ČR, které se týkají vodního hospodářství v oblasti odvádění a čištění odpadních vod a nakládání s odpady z čistírenských procesů je především **zákon č. 254/2001 Sb.**, o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů. Účelem zákona je především ochrana povrchových a podzemních vod a stanovení podmínek pro jejich hospodárné využívání, upravování vybírání poplatků za vypuštění odpadních vod a sankce. Upravuje také vztahy k pozemkům a stavbám na nich, s nimiž souvisí výskyt vod.

Dalším důležitým zákonem je **zákon č. 275/2013 Sb.**, kterým se mění zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů. V zákoně jsou vymezeny základní pojmy, upravena vzájemná práva a povinnosti mezi producenty, vlastníky a provozovateli kanalizací. Při porušení povinností jsou zde uvedeny i možné sankce.

Zákon č.185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů. Jsou zde uvedeny povinnosti při nakládání s kaly z čistíren odpadních vod a další biologicky rozložitelné odpady, základní pojmy.

Zákonem č.183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním úřadu (stavební zákon), v platném znění, a jeho prováděcími předpisy jsou stanoveny povinnosti v oblasti výkonu činností ve výstavbě. V územně plánovací a projektové činnosti, při povolování, provádění, užívání a odstraňování staveb musí být tento zákon respektován.

V přenesené působnosti vykonávají obce a kraje plnění požadavků v rozsahu stanoveném **zákonem č.128/2000 Sb.**, o obcích (obecním řízení) a zákonem **č.129/2000 Sb.**, o krajích (krajské řízení), ve znění pozdějších předpisů.

Legislativní systém pro konkrétní rozhodnutí doplňují vodoprávní a stavební úřady, které jsou závazné pro ty činnosti, k nimž je rozhodnutí vydáno a nabude právní moci.

Česká technická norma **ČSN 75 6402** Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel, se týká čištění odpadních vod technologiemi, jako jsou vegetační čistírny, filtrování biologicky vyčištěné vody i kalové hospodářství. Normy se potřeba pro navrhování, výstavbu a provoz menších sídlišť, malých mechanicko-biologických čistíren odpadních vod z jednotlivých objektů a jejich skupin. Týká se odpadních vod městského a obdobného charakteru, kde je velikost začišťujícího zdroje BSK₅ menší než 30 kg za den.

Česká technická norma **ČSN 75 6101** Stokové sítě a kanalizační přípojky. Norma stanoví podmínky pro navrhování, posuzování, provádění a sanaci gravitačních stokových sítí a kanalizačních přípojek, a to včetně objektů na nich. Je platná zejména odvodnění veřejných komunikací a kanalizaci, sloužící veřejné potřebě.

Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění pozdějších předpisů. Uvádí konkrétní limity přípustného znečištění odpadních vod pro jednotlivé druhy vod odpadních a další ukazatele související s citlivými oblastmi (které zároveň vymezuje) a pro vody, které jsou pitným zdrojem, nebo se takové využití u nich dá předpokládat. V neposlední řadě stanoví nejlepší dostupné technologie BAT pro městské odpadní vody.

Nařízením vlády č. 262/2007 Sb. o vyhlášení závazné části Plánu hlavních povodí České republiky. Dokument je strategický pro plánování v oblasti vod. Stanoví úkoly, které směřují k jejich ochraně, jako složky životního prostředí, opatření ve vodohospodářských službách, opatření doplňující vodohospodářskou infrastrukturu, návrhy správných postupů, podněty k zaměření výzkumu a vývoje a rozvíjení mezinárodní spolupráce.

Nařízení vlády 203/2009 Sb., o postupu při zjišťování a uplatňování náhrady škody a postupu při určení její výše v územích určených k řízeným rozlivům povodní.

Nařízení vlády 143/2012 Sb., o postupu pro určování znečištění odpadních vod, provádění odečtů množství znečištění a měření objemu vypouštěných odpadních vod do povrchových vod.

Nařízení vlády č. 57/2016 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních.

Nařízení vlády č. 71/2003 Sb., o stanovení povrchových vod vhodných pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů a o zjišťování a hodnocení stavu jakosti těchto vod.

Vyhláška č. 590/2002 Sb., o technických požadavcích pro vodní díla.

Vyhláška č. 503/2006 Sb., o podrobnější úpravě územního řízení, veřejnoprávní smlouvy a územního opatření.

Vyhláška č. 450/2005 Sb., o náležitostech nakládání se závadnými látkami a náležitostech havarijního plánu, způsobu a rozsahu hlášení havárií, jejich zneškodňování a odstraňování jejich škodlivých následků.

Vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu, ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška č. 432/2001 Sb., o dokladech žádosti o rozhodnutí nebo vyjádření a o náležitostech povolení, souhlasů a vyjádření vodoprávního úřadu.

Vyhláška č. 216/2011 Sb., o náležitostech manipulačních řádů a provozních řádů vodních děl.

Vyhláška č. 123/2012 Sb., o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových.

Vyhláška č. 20/2002 Sb., o způsobu a četnosti měření množství a jakosti vody.

Voda je základní složka životního prostředí, základní potřeba pro život člověka, základní výrobní surovina, významný krajinnotvorný prvek a základ pro existenci

ekosystémů. Do oblasti vodního hospodářství stále více i ve větším rozsahu směřuje právo i vývoj legislativy (Rudolf 2007).

9 KOŘENOVÉ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD (KČOV)

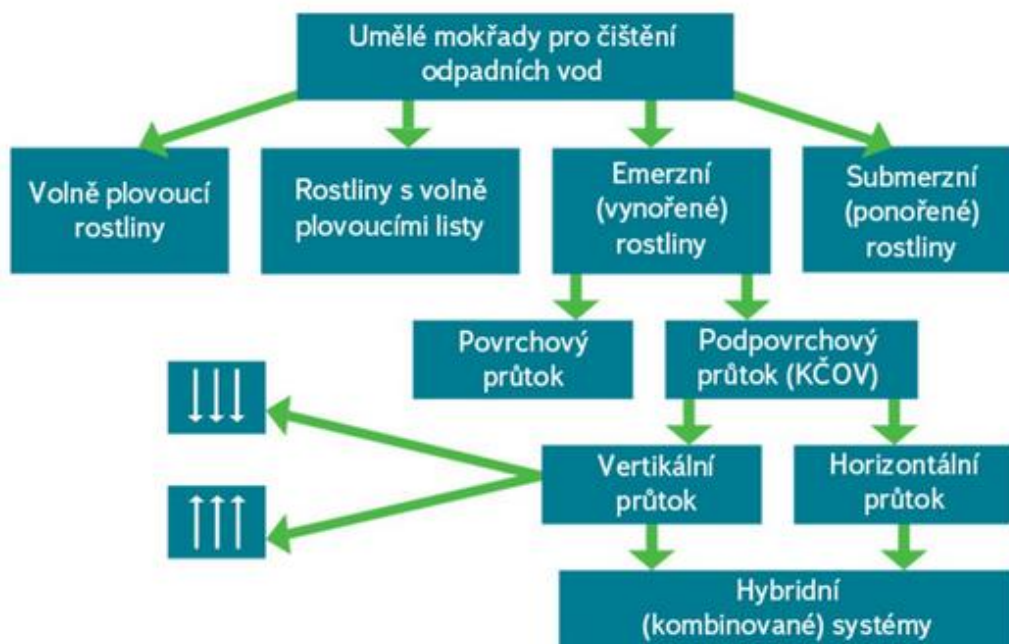
Jedním z přírodních způsobů, jak čelit znečištění vod, je kořenová čistírna. Její historie není u nás nijak dlouhá. Kořenové čistírny se začaly stavět po roce 1989 na základě zkušeností ze zahraničí. Byly to pro nás nové stavby nijak teoreticky neprozkoumané a většina problémů se řešila až při jejich realizaci a provozu. V dnešní době jsou již specializované firmy, které se zabývají výstavbou kořenových čistíren. Přírodní čistírny se příznivě začleňují do životního prostředí, mají minimální nebo žádnou potřebu energie, obsluhy a nízké provozní náklady. Jejich čistící účinek je poměrně dobrý již od počátku provozu, poutání části dusíku, fosforu i těžkých kovů, možnost čištění odpadních vod s vysokým podílem balastních vod a organicky nízko zatížených odpadních vod. Přispívají ke zlepšení úrodnosti půd a zvýšení sklizní při závlaze. Naházejí uplatnění zejména při čištění splaškových odpadních vod jednotlivých domácností, hotelů, rekreačních, restauračních zařízení, letních táborů, menších obcí (obvykle do 1000 obyvatel), ze školních zařízení, škol v přírodě, z dílen a malých průmyslových závodů, čištění filtrátů vody ze skládek komunálního odpadu, zemědělských odpadních vod a čištění znečištěných povrchových vod z dešťových srážek. Naopak jsou nevhodné pro čištění odpadních vod s vysokým obsahem organického znečištění a vyšším výskytem tuků a olejů, extrémně kyselé a zásadité důlní a průmyslové odpadní vody, odpadní vody s vysokým obsahem toxických látek překračující mez toxicity, s obsahem derivátů ropy, tenzidů, pesticidů apod.

Kořenová čistírna je živý organismus závislý na složení přitékající vody, na hodnotě BSK₅, CHSK, amoniaku, fyzikálních, chemických a biologických vlastnostech prostředí, délce filtrační dráhy, době zdržení vody, rovnoměrnosti proudění, klimatických podmínkách, hloubce promrzání půdy, způsobu průtoku vody, mikrobiálním oživení, technologickém uspořádání, počtu stupňů a použité vegetaci (Haberl a kol.1995).

Vybudování kořenové čistírny je zajímavé pro obce s menším počtem obyvatel, které nemají uspokojivě vyřešeno odkanalizování a likvidaci odpadních vod, kdy

jsou vypouštěny nedostatečně vyčištěné odpadní vody do dešťových kanalizací a jimi do recipientů nebo vod podzemních. Náklady na vybudování jsou plně závislé na místních podmínkách a je zapotřebí odborné posouzení těchto podmínek (Kabinet ŽP ©1998, Škřipcová 2013).

V sedmdesátých letech byla v Německu postavena první čistírna s umělým mokřadem a dnes jich mají na svém území padesát tisíc. U nás se zatím kořenové čistírny moc nestavějí, ale i přesto zde máme 150 funkčních evidovaných čistíren. Existuje však mnoho domácích kutilů, kteří si čistírnu postaví svépomocí.



Obrázek 5: Rozdělení umělých mokřadů pro čištění odpadních vod (VTEI 2022).

9.1 Princip a procesy KČOV

1.9.1 princip

Principem je průtok předčištěné odpadní nebo dešťové vody kořenovým filtrem. Kořenový filtr je naplněn jemnými kamínky, na jejichž povrchu jsou bakterie a ty zajišťují čistící proces. Rostliny, které jsou vysázené na kořenovém filtru mají nezastupitelnou funkci, v zimních měsících zateplují povrch filtračního lože, poskytují podklad pro přisedlé bakterie, skrze vzdušná pletiva přivádějí do filtračního

lože kyslík nutný pro aerobní procesy, poutají minerální živiny. Voda musí být zbavena mechanických nečistot, případně anaerobně předčištěna před průtokem kořenovým filtrem. To se děje v anaerobním separátoru (vícekomorový septik) nebo v sedimentačních nádržích. Pak již může pomalu protékat kořenovým filtrem a přes filtrační materiál osázený mokřadní vegetací. Voda se v systému čistí přibližně 10 dní, to je doba držení. Nejčastěji používaná rostlina v kořenovkách po celém světě je rákos obecný, chrastice rákosovitá v Čechách, dosna indická a šachor střídavolistý v Asii, baumea v Austrálii a kosatce v Severní Americe. Poslední výzkumy také ukazují, že rostliny rozkládají léky, akumulují do sebe těžké kovy a pomocí uvolňovaných enzymů rozkládají hormonální antikoncepci a antibiotika (Kořenovky.cz; Song a kol. 2018).

2.9.1 Procesy

Fyzikálně – chemickými procesy v kořenové čistírně dochází především k odstraňování nerozpuštěných látek ve vodě, jsou to zejména procesy filtrace, sedimentace nebo adsorpce. Organické látky jsou odstraňovány mikrobiální aerobní i anaerobní respirací. Chemickými a biochemickými procesy dochází v určité míře k odstraňování dusíku a fosforu, a to procesy amonifikace, nitrifikace nebo denitrifikace. V anaerobním prostředí dochází také k odstraňování železe a těžkých kovů, mezi sebou zde začnou vytvářet reakce, které vedou k ukládání látek do substrátu na dně stabilizační nádrže. Nejvíce těchto látek je uloženo v kořenech rostlin a v sedimentech nádrže (Luna Al Hadidi 2021).

organické látky – BSK₅, CHSK_{Cr} – v kořenových čistírnách jsou odstraňovány velmi efektivně, k jejich rozkladu dochází hlavně mikrobiálním rozkladem ve filtračním loži aerobním a anaerobním způsobem. V čistírnách s horizontálním průtokem v aerobní vrstvě pod povrchem filtračního lože a v těsné blízkosti kořenů mokřadních rostlin probíhá aerobní respirace. Převážná část organických látek je rozložena v anaerobních nebo anoxických podmínkách, protože spotřeba rozpuštěného kyslíku pro mikrobiální procesy výrazně převyšuje jeho difúzi z atmosféry a z kořenů mokřadní vegetace. Většina je odstraněna v prvních částech kořenového pole na přítoku a k výraznému úbytku dochází již v rozvodné zóně. Z tohoto důvodu je nutné rozpočítat rozvodnou zónu do celkové plochy filtračního

pole. Je prokázáno, že odstraňování organických látek probíhá celoročně a není závislé na ročních obdobích (Vymazal 2016).

nerozpuštěné látky – jsou velmi dobře odstraňovány v kořenových čistírnách s horizontálním průtokem a sedimentací ve filtračním loži. K jejich největšímu zachytu dochází bezprostředně po vtoku odpadních vod do filtračního lože, to ale může vést při nedokonalém mechanickém předčištění k ucpání filtračního pole. K ucpání docházelo u dřívějších systémů v případech použití lokální zeminy, i přes ucpání vtokových zón byl čistící účinek vysoký. V současnosti se používají filtrační materiály s vysokou hydraulickou propustností (Scholz 2002).

dusík – z mnoha organických forem dusíku se v mokřadech vyskytuje močovina, aminokyseliny, aminy, puriny a pirimidiny, které se v systémech mění z organických sloučenin na anorganické a naopak. Některé tyto procesy uvolňují energii a některé energii vyžadují, všechny jsou ale nezbytné k dobrému fungování mokřadního systému.

nitrifikace – biochemická oxidace amoniakálního dusíku na dusitany a dusičnany za přítomnosti chemolitotrofních bakterií probíhá ve dvou stupních. Nitrifikační bakterie jsou pomalu rostoucí bakterie, které vyžadují aerobní podmínky a jsou ovlivněny faktory hodnot pH, teplot a koncentrací rozpuštěného kyslíku. Optimální hodnota pH je v rozmezí 7 – 8,5 a s klesající teplotou klesá i rychlost nitrifikace. Jejich výskyt je ukazatelem konečné etapy samočisticích procesů, kdy již výrazně převažují mineralizační pochody. Na oxidaci jednoho molu amoniakálního dusíku na NO_3^- je potřeba 4 moly kyslíku neboli na 1 g N-NH_4^+ je spotřebováno 4,75 g O_2 dle stechiometrických výpočtů. Skutečná spotřeba kyslíku je 4,33 g $\text{O}_2/\text{g N-NH}_4^+$, neboť část dusíku je asimilována bakteriemi pro růst jejich biomasy (Malý a Malá 2006).

reakce nitrifikace: $\text{NH}_3 \rightarrow \text{N-NO}_3^-$

denitrifikace – je dvou stupňová, v prvním stupni jsou dusičnany redukovány na dusitany a v druhém jsou dusitany dále redukovány na dusík, resp. oxid dusný, denitrifikační bakterie redukují dusičnany na dusitany a dále až na plynný dusík.

reakce denitrifikace: $\text{N-NO}_3^- \rightarrow \text{N}_2, \text{N}_2\text{O}$

Proces probíhá ve znečištěných vodách v anoxickém prostředí, které je charakterizováno absencí rozpuštěného kyslíku a přítomností dusičnanů. Probíhá v rozsahu pH 6-9 s optimálním pH 7–8(Cílek a kol. 2017).

amonifikace – je rozklad aminokyselin na amoniakální dusík, při amonifikaci dochází k uvolňování energie, která je využívána mikroorganismy pro jejich růst. Tento proces je několikastupňový a je uskutečňován řadou biochemických pochodů při kterých je uvolňována energie. Nejvíce probíhá v horních vrstvách filtru, kde je aerobní prostředí, její rychlost s hloubkou klesá a v aerobním prostředí probíhá výrazně rychleji (Cílek a kol. 2017)

fosfor – k jeho odstranění dochází vázáním na filtrační materiál, zachycený kal a odběrem biomasou mokřadní vegetace. V kořenových čistírnách je zadržován adsorpcí a srážením s přítomnými ionty vápníku, železa a hliníku. Při použití dobrého filtračního materiálu jako jsou přírodní materiály kalcit, apatit, zeolit, strusy z vysokých pecí apod., lze dosáhnout účinnosti odstranění i přes 95 %. Bakteriální znečištění je také výrazně snižováno. Koncentrace těchto látek na odtoku bývají pod maximálními přípustnými hodnotami, které stanoví Nařízení vlády 63/2001 Sb. ve znění novely 23/2011 Sb., a proto jsou velmi efektivní pro odstraňování organických a nerozpuštěných látek (Vymazal 2004).

Kořenové čistírny odpadních vod vybudované v ČR mají své přípustné emisní limity jakosti vody uvedené v NV č. 401/2015 Sb., které musí dodržovat. Požadavky na kvalitu vypouštěných odpadních vod se liší podle počtu ekvivalentních obyvatel (EO). Sledované parametry jsou BSK₅ – biochemická spotřeba kyslíku, CHSK_{cr} – chemická spotřeba kyslíku, nerozpuštěné látky (NL), N-NH₄⁺ -amoniakální dusík. Co se na kořenové čistírně nesleduje je P_{celk} – fosfor a N_{celk} – dusík, dle legislativy musí sledovat při provozu pro více než 2000 EO. Pouze v případě nařízení vodohospodářským úřadem s řádným odůvodněním, například výskyt ochranného pásma nebo přírodní rezervace. Podle kapacity dělíme ČOV na domovní čistírny odpadních vod do 50EO, čistírny odpadních vod do 500 EO, čistírny odpadních vod 500–2000 EO, čistírny odpadních vod 2001- 10 000 EO, čistírny odpadních vod 10 001 – 100 000 EO, čistírny odpadních vod větších než 100 001 EO.

Počet obyvatel	CHSKcr, příp.	CHSKcr, max.	BSK ₅ , příp.	BSK ₅ , max	NL, příp.	NL, max	N-NH ₄ ⁺ , průměr.	N-NH ₄ ⁺ , max	Pcelk, průměr.	Pcelk, max
< 50	150	220	40	80	50	80	-	-	-	-
do 500	150	220	40	80	50	80	-	-	-	-
500 - 2 000	125	180	30	60	40	70	20	40	-	-
2 001 - 10 000	120	170	25	50	30	60	15	30	3	8

Obrázek 6: Emisní standardy z NV 401/2016 Sb. pro čistírny odpadních vod v mg/l podle počtu EO

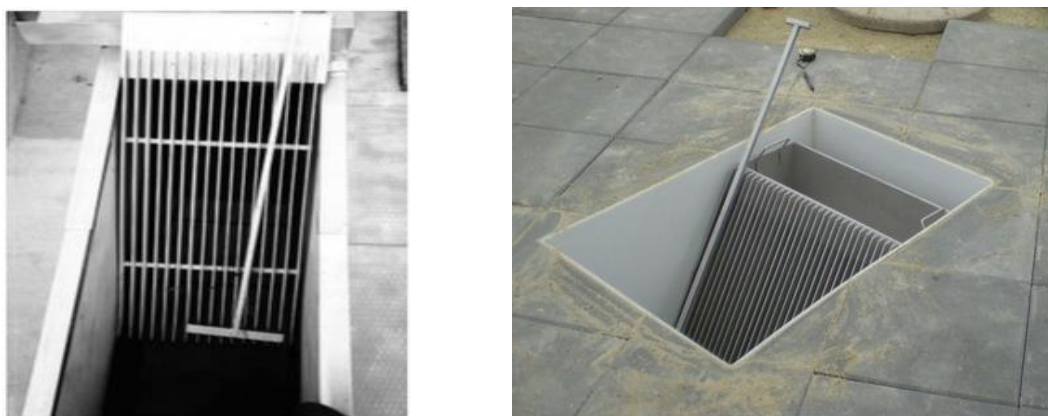
10 OBJEKTY KČOV

Pro čištění odpadních vod přírodním způsobem je nezbytnou a účinnou součástí kořenové čistírny mechanické předčištění. Čím lepší předčištění a zadržení maximálního množství nerozpustných látek, tím delší životnost kořenového filtru a delší životnost čistírny. Během předčištění se zachytí hrubé nečistoty a nedochází tak k případnému ucpání filtračního lože kořenové čistírny. Na uspořádání mechanického předčištění závisí druh, složení a objem čistěných odpadních vod. Před nátokem do kořenového pole musí být odpadní vody zbavena mechanických hrubých nečistot, šterku, písku, a musí proběhnout anaerobní proces předčištění v septiku. Poté je přiváděna na centrální část kořenové čistírny. Zde je nezbytné rovnoměrně ji rozdělit po celé ploše filtračního lože. Odpadní vody z malých obcí či sídlišť se čistí v kompletním mechanickém předčištění. Jeho součástí jsou česle, lapák písku, lapák tuků a olejů, šterbinové nádrže. Tato soustava kompletního předčištění se používá také u znečištění povrchových vod. U samostatných staveb, malých hotelů, restaurací nebo jejich skupin se realizuje biologický čtyřkomorový septik s možným použitím usazovacích nádrží s horizontálním nebo vertikálním prouděním (Šálek, Tlapák 2006; Vymazal 2004).

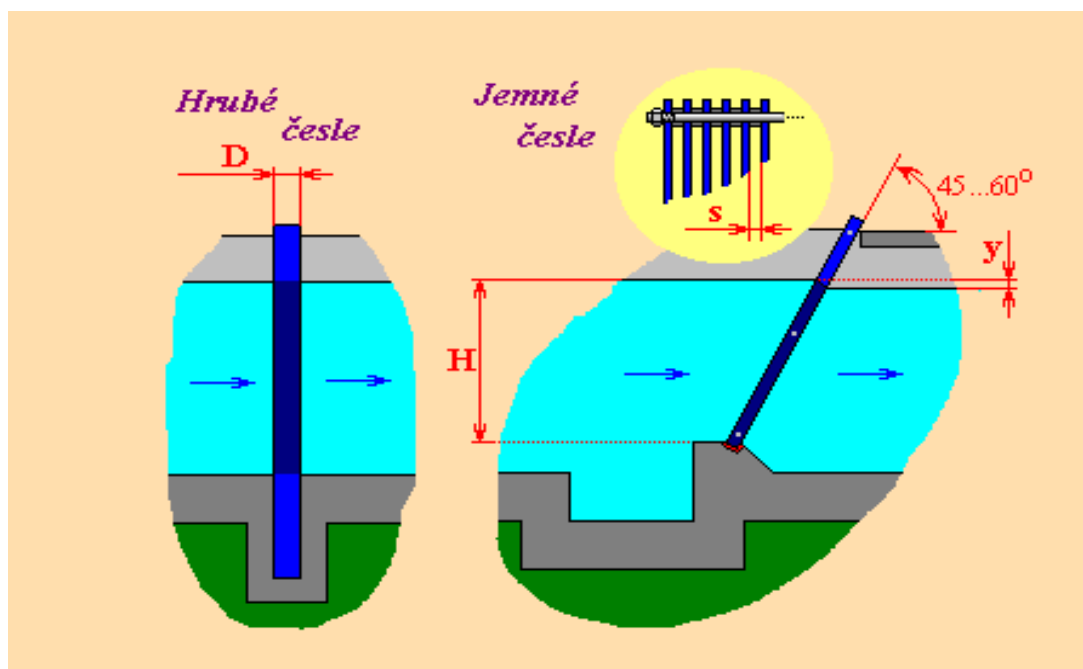
10.1 Česle

Pro zachycení mechanických nečistot v odpadních vodách se používají česle. Pro zachycení nejhrubších látek, větve shluky trávy, hadry, plastové předměty se používají hrubé česle s průlinou od 50 mm. Pro jemné nečistoty, zbytky ovoce, papíry, cigaretové filtry pak česle s průlinami 15–20 mm se sklonem ke dnu žlabu 45°. Do pevného rámu jsou zasazeny řady ocelových prutů (česlic) obdélníkového, kruhového nebo lichoběžníkového profilu. Rychlost vody v česlích nesmí překročit 1,0 m.s⁻¹ při maximálním průtoku. Ve žlabu před česlemi rychlost vody zajišťuje,

aby nedocházelo k usazování nerozpuštěných látek. Při použití ručně stíraných česlí, musí být česle vyjímatelné a stíratelné po celé ploše a musí být provedena i odkapávací plocha. Shrabky, zachycené předměty nebo nečistoty, je nutné pravidelně odvážet ke zneškodnění. Sklon ke dnu žlabu bývá u jemných česlí 45°, osazují se za hrubými česlemi buď před, nebo za lapákem písku. Průměrná produkce shrabků se udává na hrubých česlích 2-3 litry na 1 EO/rok a u jemných česlí 5-10 litrů na 1 EO/rok (Vymazal 2016; ČSN 75 6402).



Obrázek 7: Hrubé česle ručně stírané, jemné česle (<https://www.asio.cz/cz/as-cesle>).



Obrázek 8: Náčrt hrubých a jemných česlí (<http://mve.energetika.cz/vodnidilo/cesle.htm>).

10.2 Lapáky písku

Lapáky písku zachycují písek a další případné minerální částice o velikosti zrna 0,20 mm. Účelem je sedimentace písčitých částic během snížení rychlosti průtoku v nádrži. Rychlost v nádrži se pohybuje od 0,15 m.s⁻¹ do 0,45 m.s⁻¹ z důvodu, aby se neusazovaly organické příměsi, ale pouze minerální látky, jinak by mohlo docházet k zahnívání směsi. Lapáky se dělí podle směru proudění na horizontální, vertikální a s příčnou cirkulací. Pro extenzivní čištění odpadních vod se obvykle používá komorový lapák, složený ze dvou či více žlabů pro protékání vody. Nejčastěji využívaný lapák je se dvěma žlaby. Oba jsou zapojeny při maximálním průtoku. Při běžném průtoku se používá jeden žlab a druhý je možné vyčistit. Kolísání průtočné rychlosti je nevýhodou tohoto zařízení, protože se jeho účinnost může snížit. Tento problém může být řešen horizontálním lapákem s přelivem (clonou) na konci, a protože clona zmenšuje profil, dochází ve žlabu ke vzdouvání vody, zvětšení průtočné plochy a zajištění konstantní rychlosti. U kanalizace oddílné nemusí být lapák využit, ale musí se počítat s jistým podílem písku. Může ho nahradit zařízení ochranné prohlubně (Mlejnská a kol. 2009, ČSN 75 6402).



Obrázek 9: Česle a horizontální lapák písku a štěrku na KČOV Petrovice u Havlíčkova Brodu (vlevo) a ve Skleném u Žďáru nad Sázavou (vpravo). Na levé straně je ukázka dobře provozovaného lapáku, vpravo ukázka lapáku bez řádné údržby, foto Jan Vymazal (<https://docplayer.cz/19042760-Korenove-cistirny-odpadnich-vod.html>).

10.3 Lapáky tuků a olejů

Používá se k odlučování tuků a olejů rostlinného a živočišného původu z odpadních vod a k jejich zachycování. Jeho umístění závisí na druhu a koncentraci znečištění odpadních vod. Při navrhování kořenové čistírny je doporučeno zvážit potřebu osazení lapáku tuků a olejů jako předčištění přímo ke zdroji znečištění dle doporučení ČSN 75 6402 Odpadní voda přivedená na lapák nesmí být zředěná splaškovými a dešťovými vodami (Lapáky tuků 2022; ČSN 75 6402).



Obrázek 10: Lapák tuků (<http://www.ekomonitor.cz/vyrobky/lapaky-tuku>).

10.4 Septiky a biologické septiky

Septik, anaerobní separátor, je dvou, tří až pěti komorový. Komory septiku jsou odděleny příčkami s otvory a septik musí být zajištěn tak, aby nedocházelo k protékání plovoucího kalu mezi těmito komorami, zpravidla je tedy zapuštěn v zemi. Více komor, kvalitnější pročištění. Minimální objem účinného prostoru je 3,0 m³ a minimální hloubka od hladiny vody je 1,3 m, světlá šířka 0,9 m a světlá délka či průměr 1,0 (ČSN 75 6402).

Rovnice pro výpočet velikosti septiku je podle ČSN 75 6402 a ČSN 75 0905:

$$V = a \cdot n \cdot q \cdot t \text{ [m}^3\text{]}$$

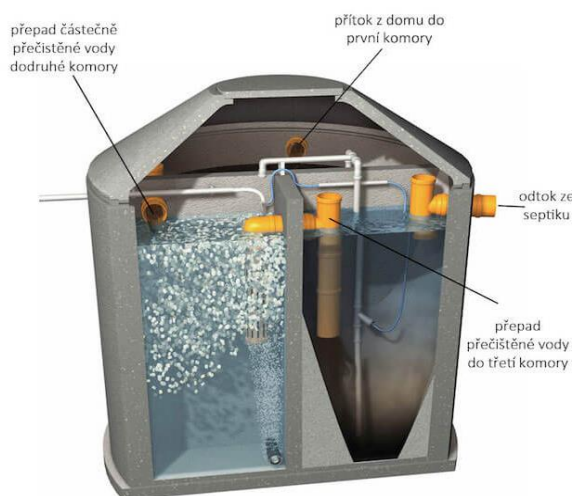
a součinitel, který vyjadřuje kalový prostor (zpravidla $a = 1,5$ až 2)

n počet připojených obyvatel

q specifická potřeba vody na osobu v m³.d⁻¹

t střední doba zdržení ve dnech (zpravidla $t = 3$)

Septiky můžeme usazovat do každého prostředí, kde nejsou spodní vody nebo jílovité půdy. Výhodou je nízká hmotnost, jednoduché usazení, nenáročná obsluha a bezúdržbový provoz. V současnosti se vyrábí kvalitní septiky kruhové, hranaté komorové nebo i biologické septiky. Biologický septik nepotřebuje ke své činnosti elektřinu a stačí vyvézt 2x ročně usazený kal. Spojení biologického septiku a zemního filtru dosahuje účinnosti až 96 % (Vegetační kořenové čistírny 2013).



Obrázek 11: Tříkomorový septik (<https://www.stavebninyx.cz/septiky-vse-co-jste-chteli-vedet.html>).

10.5 Usazovací nádrž

Usazovací nádrže se navrhují na přerušovaný provoz a je v nich zachyceno velké množství usaditelných látek. Jsou jednoduché, spolehlivé a nenáročně na obsluhování. Dělí se podle průtoku na vertikální, horizontální, radiální a jejich půdorys bývá čtvercový, obdélníkový, či kruhový. Zdržení v nádržích před přírodním čištěním nesmí být menší než 2 hodiny. Doporučené parametry pro návrh čistírny pro ekvivalentní počet obyvatel v počtu do 500, jsou uvedeny v ČSN 75 602. Pro kořenovou čistírnu jsou vhodné štěrbinové nádrže. Jsou tvořeny z horního usazovacího a dolního vyhnivacího prostoru, které jsou od sebe odděleny štěrbinou. Znečištěná odpadní vody protéká usazovacím prostorem a usaditelné částice klesají ke dnu a dále štěrbinou do vyhnivacího prostoru, kde dochází k anaerobní stabilizaci. Je potřeba upravit vtok takt, aby docházelo k rovnoměrnému rozdělení odpadní vody po celé průřezové ploše žlabu. Musí být zachována minimální doba zdržení. Jestliže není součástí předčištění lapák tuku, musí se nádrž osadit normou stěnou pro

zachycení tuků a olejů. Dvakrát do roka je potřeba vyklidit nádrž (Křiška M., Němcová M. 2015; Šálek a Tlapák 2006).



Obrázek 12: Štěrbínová usazovací nádrž komunální kořenové čistírny (<https://www.vtei.cz/en/2015/12/quality-of-sludges-and-wastes-from-household-and-small-wastewater-treatment-plants-and-their-utilization-in-agriculture-management/>).

10.6 Filtrace

Pro distribuce odpadní vody do hlavní části kořenové čistírny, filtračního lože se používají plastové trubky s velkými otvory, aby nedošlo k ucpávání. Jsou uloženy pod nebo nad úrovní filtračního lože. Regulace výšky vodní hladiny se provádí v odtokové šachtě nebo na konci čistírny (Vymazal 2004).

Filtrační lože je většinou 60 až 80 cm hluboké a musí splňovat dvě hlavní podmínky. Aby nedocházelo k ucpávání a následnému povrchovému odtoku, musí být filtrační náplň dostatečně hydraulicky vodivá. Náplň tvoří především písek, štěrkopísek, štěrk, kamenivo, přirozené, ale i umělé organické a plastové materiály. Volba vhodné náplně je dána především zrnitostí, strukturou, texturou a mrazuvzdorností zrn, hydraulickou vodivostí, pórovitostí, ale i měrnou a objemovou hmotností a schopností poutání nutrientů a toxických látek. Dříve se používala jílovitá zemina, která byla pro čištění vhodná, docházelo však k hygienickým problémům a zápachu. Umožnit růstu mokřadní vegetace je druhou velmi důležitou podmínkou správného fungování filtračního pole. Při provozu čistírny se pak hladina vody udržuje ve výšce

10–15 cm pod povrchem lože. To je nutné kvůli případného zamrznutí v zimním období a také líhnutí komáru v období letním (Křiška a kol. 2012; Vymazal 1995).

Plocha filtračních kořenových polí je navrhována podle rovnice:

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

kde:

A_h ...plocha filtračních polí (m²)

Q_d ...průměrný denní přítok odpadní vody (m³/d)

C_o ...koncentrace BSK₅ na přítoku (mg/l)

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

K_{BSK} ...rychlostní konstanta (m/d)

Tato rovnice byla navržena v první polovině 70. let 20. stol. a je s úspěchem používána dodnes. Byla změněna pouze rychlostní konstanta K_{BSK} , která se původně uvažovala 0,19 m/d. Ta se ukázala jako nedostačující a v současné době se uvažuje 0,075-0,085 m/d pro zajištění kvalitního čištění.

V 90. letech minulého století byla rovnice modifikována s využitím koncentrace C^* , což je koncentrace pozadí a reprezentuje koncentraci BSK₅, která se vytvoří ve vlastním mokřadu (např. rozkladem rostlinné biomasy).

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

Pro městské a domovní splašky u nás vychází potřebná plocha přibližně 5 m² na 1 EO. Avšak existují i čistírny s menší plochou 1-3 m² na 1 EO, nebo větší 8-10 m² (Vymazal 2004; Křiška, Němcová 2015).

10.7 Dočišťovací nádrže

Tyto nádrže, dočišťovací rybníky, jsou dalším stupněm čištění. Mají za úkol odstraňovat případné zbývající organické znečištění a nutrienty. Lze je rozdělit do tří skupin:

1. dočišťovací biologické nádrže → dochází zde k fyzikálním, chemickým a biologickým změnám, jsou to malé nádrže s prioritní funkcí dočišťování,

2. dočišťovací rybníky → speciálně upravované s funkcí dočišťování povrchových nebo odpadních vod ve vedlejší funkci,
3. vodní nádrže → neupravené pro čištění vod, ale jsou schopné se podílet vedle své hlavní funkce i na procesu čištění (Vymazal 2016).



Obrázek 13: Biologické dočišťovací nádrže (<https://www.asio.cz>).

10.8 Vegetace

Významnou doplňující funkci v kořenové čistírně mají mokřadní rostliny. Jsou důležité pro čistící proces přiváděním vzdušného kyslíku do hlubších částí filtračního pole, aerobního prostředí, ke kořenům rostlin. Tento kyslík je důležitý zvláště pro bakterie a mikroorganismy, které žijí na kořenech a v jejich blízkosti, a které jsou stěžejními nositeli pro čistící proces. Účinnost čistíren totiž neovlivňuje tolik doba zadržení vody ve filtračním poli, ale právě množství dostupného kyslíku. Rostliny čerpáním živin a stopových prvků z odpadní vody napomáhají ke snížení eutrofizace, rozkládají, poutají a odčerpávají látky, které jsou pro životní prostředí nebezpečné. V zimním období přispívají k zateplení povrchu filtračního lože, pokud se nechají na filtračním poli po kosení. Vysazují se v hustotě 4-8 rostlin na 1 m² přímo do štěrkového lože (Gabriela Vacca a kol. 2005).

Rákos obecný – nejproduktivnější trvalá mokřadní rostlina, která v našich podmínkách dorůstá do výšky až 4 m, ale také do velkých hloubek. Jeho oddenky a kořeny jsou velmi mohutné, listové čepele o šířce 5 cm a délce 0,5 m, silně vzpřímené stéblo ukončuje hustá a bohatá lata dlouhá do 40 cm. Rákos se rozmnožuje vegetativně, tak i semeny. Je tolerantní vůči organickému a anorganickému znečištění, vůči pH a teplotě.



Obrázek 14: Rákos obecný

Orobinec širokolistý – vytrvalá agresivní, konkurence schopná bylina, jejíž stanoviště jsou v nížinách i horských oblastech. Dosahuje výšky až 2,5 m, mělce zakořeňuje, ale oddenky jsou mohutné, výběžkaté, horizontálně uloženy. Kompaktně vypadající květenství se skládá ze dvou blízkých květenství, palic, kde dolní je samicí a horní samčí. Rychle se rozmnožuje oddenky a i semeny. Je tolerantní ke znečištění a pH v rozsahu 2-10.



Obrázek 15: Orobinec širokolistý

Chrastice rákosovitá – vytrvalá bylina podobná rákosu dorůstající výšky až 3 m, hojně se vyskytující v porostech na březích, v podmáčených loukách, v nížinách i pahorkatinách. Nekoření do velké hloubky, ale zato mohutně. Její květ dlouhý 20 cm je zbarvený do červena či zelena, čepele jsou tuhé, široké 2 cm.



Obrázek 16: Chrastice rákosovitá

Rozmnožuje se vegetativně polehávajícími výhonky a oddenky, ale i semeny. Nevadí ji promrzání, znečištění, ale přijatelné pH nemá široké, 6,1-7,5.

Skřípinec jezerní – celosvětově rozšířená rostlina dosahující výšky až 3,5 m, bezlisté lodyhy jsou tmavě zelené a na jejich vrcholu jsou bohatě větvená květenství. Kořeny i s oddenky tvoří hustou síť do hlubky až 1metru. Snáší dobře zaplavení a toleranci k pH má širokou 4,6-9,5.



Obrázek 17: Skřípinec jezerní

Kosatec žlutý – silná trostlina o výšce 1,2 m s mečovitými listy o šířce do 3 cm dlouhými jako lodyha a dekorativními světle žlutými květy o velikosti 10 cm. Jeho využití je spíše u menších domovních čistíren na konci kořenového pole.



Obrázek 18: Kosatec žlutý

Zblochan vodní – vytrvalá mohutná tráva s výškou až 3 m se vyskytuje na březích vod stojatých, v močálech i mírně tekoucích vodotečích v nížinách a pahorkatinách po celé Evropě, v mírných pásech Severní Ameriky a Asie. Svými plazivými oddenky se nezakořeňuje hluboko, listy má složené nebo ploché, široké do 2 cm, květy jsou rozprostřená lata z klásků. Toleruje zaplavení do výšky 50 cm, vegetační období má dlouhé a při teplejších zimách se nepřerušuje.



Obrázek 19: Zblochan vodní

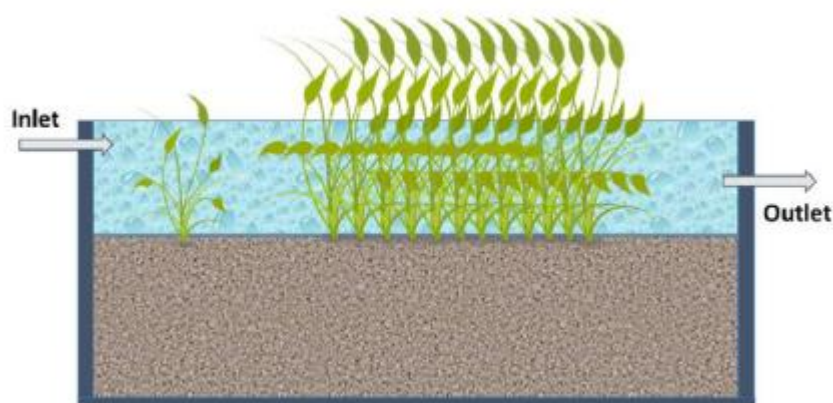
Sítina rozkladitá – vytrvalá rostlina vysoká do 50 do 150 cm se vyskytuje téměř v celé Evropě, v Zakavkazí, na Sibiři, Malé Asii, na severu Íránu a v Africe od nížin až k horskému stupni. Má husté trsy, krátké oddenky, lodyha je přímá bezlistá s mnohokvětým květenstvím kuželovitého tvaru. Množí se semeny a dělením (Mlejnská a kol. 2009; Solano 2004).



Obrázek 20: Sítina rozkladitá

11 ROZDĚLENÍ KČOV

11.1 Kořenová čistírna s volnou hladinou



Obrázek 21: Schéma kořenové čistírny s volnou hladinou (et&i. 2020).

Tato kořenová čistírna není izolována od okolí nepropustnou bariérou, jako je folie nebo jílové těsnění. Čistírna tak zapadá do krajiny jako přirozený mokřad a posiluje lokální biodiverzitu. Je to vlastně takový rybník, akorát s menší hloubkou vody a skoro celý zarostlý rákosem. Jsou nejvíce podobné přirozeným mokřadům, a kromě čištění vody slouží jako vhodné prostředí pro různé vodní rostliny a živočichy. V České republice se tento typ umělého mokřadu moc nepoužívá, protože ho pro větší využití čištění vod diskvalifikuje hygienické hledisko, otevřený přístup

k odpadní vodě a z toho plynoucí možné zápachové závady. Většinou se jich využívá k čištění důlních vod nebo k snižování obsahu fosforu v povrchové vodě. Jejich velké využití by bylo v oblasti čištění dešťových vod ze silnic, dálnic a obdobných zpevněných ploch (Grania.cz).

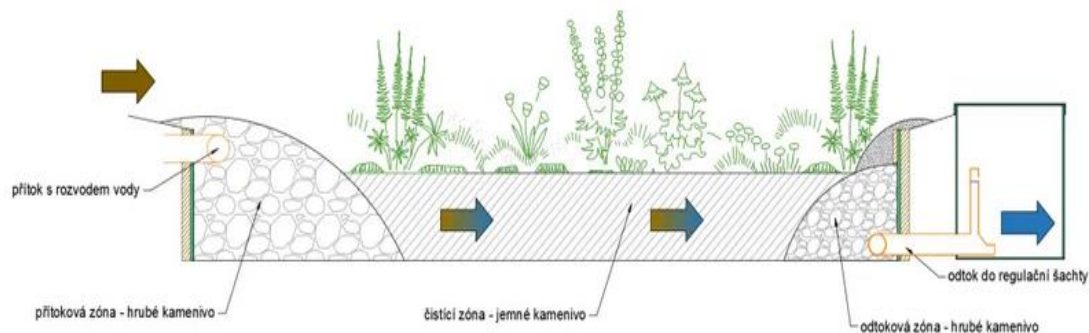
Substrát musí mít dostatečnou propustnost, aby nedocházelo k ucpávání a následnému povrchovému odtoku. Při prosakování odpadní vody substrátem jsou ve velkém množství odstraňovány organické a nerozpuštěné látky a mikrobiální znečištění. Dusík a fosfor je odstraňován v nižším množství, avšak tyto systémy nejsou určeny speciálně pro odstraňování těchto živin. Povrchový tok vody je charakteristický obzvláště malými průtočnými rychlostmi v nízké vrstvě vody, a tím zapřičiňuje intenzivní sedimentaci usaditelných částic na počátku půdního filtru a k tomu napomáhají vlhkomilné, mokřadní a vodní rostliny. Dochází k dostatečnému styku vodního prostředí s ovzduším a k dobrému okysličování vody. Amoniakální znečištění se snižuje procesem čištění a nitrifikace. V zimních měsících je nezbytné zvýšit hladinu, voda pak proudí pod ledem a v půdním prostředí. Výška vodního sloupce se pohybuje od 20 do 80 mm s možností vyššího zatopení právě v zimním období. Při přívalových deštích a s tím související kratší době zdržení převažuje u tohoto typu čištění funkce sedimentační a je možno dočasně prostor čistírny využít k retenčním účelům v době dešťů (Šálek a Tlapák 2006).

V roce 2004 byl tento typ vybudován na Sardinii. Čistírna se nachází uvnitř regionálního parku Molentargius-Saline o ploše 37 hektarů, obklopená rušným městským prostředím, a vyčištěná odpadní voda odtéká přímo do přírodního parku. Květena mokřadů představuje více než polovinu květeny regionálního parku, která má prospěch ze slaného a dusíkem obohaceného habitatu nabízeného z mokřadní čistírny. V rámci studie tohoto konkrétního mokřadu se ukazuje velmi pozitivní dopad uměle vytvořených ekosystémů na lokální biodiverzitu a plocha jako tato, může velmi přispět k udržitelnému rozvoji v městských územích (De Martis a kol. 2016).



Obrázek 22: Umělý mokřad s volnou hladinou (foto J. Vymazal).

11.2 Kořenové čistírny s podpovrchovým horizontálním průtokem



Obrázek 23: Kořenová čistírna s horizontálním průtokem (www.grania.cz).

Principem této čistírny je průtok mechanicky předčištěné odpadní nebo dešťové vody propustným substrátem, který je osázen mokřadními nebo vlhkomilnými rostlinami a dochází k odstraňování znečištění vod kombinací fyzikálních, chemických a biologických procesů. Kombinace česlí, lapáku písku a šterku a šterbinové nádrže se nejčastěji používá pro mechanické předčištění vod, které odstraňuje především nerozpuštěné látky. V čistírnách se šterbinovými nádržemi se osazují i do usazovacího žlabu šterbinové nádrže. Velmi jemné česle mají velikost průřezů 3-6 mm, zásadně se konstruují jako strojně stírané. U malých kořenových

čistíren lze k tomuto účelu použít vícekomorový septik. Mechanicky čištěná odpadní voda se rovnoměrně rozlévá po celé šířce filtračního pole, protéká půdním filtrem a je odváděna sběrnou drenáží. Speciálním zařízením je regulována výška hladiny. Filtrační pole, jímka, pečlivě těsní, aby se odpadní vody nefiltrovaly do podzemních vod. K těsnění se většinou používá folie z plastů, měkčeného PVC nebo z vysoko hustotního polyetylenu. Folií můžeme chránit proti protržení krycí geotextilií. Není potřeba používat další izolace, pokud je podloží tvořeno málo propustným materiálem např. jílem (Pytl a kol. 2004; Masi and Martinuzzi 2007).

Výkop tohoto typu čističky je tvořen výkopem různých hloubek (0,5 – 1 m), ten je vyplněn hydroizolační folií a geotextilií a štěrkem. Na vtoku a odtoku je používán hrubší štěrk frakce 36/63 nebo 63/125, v čistící zóně pak štěrk jemnější frakce 8/16 nebo 4/8.



Obrázek 24: Frakce štěrku DK – drcené kamenivo(dumzahrada.cz).

Odpadní voda tvoří souvislou hladinu, která prochází z jedné strany filtračního pole na druhou a její výšku je možno regulovat pomocí zařízení umístěného v regulační šachtě na konci čistírny. Mikrobiální procesy probíhají většinou v anaerobním prostředí, to je hlavně poblíž kořenů mokřadních rostlin a při povrchu

filtračního lože, nebo v anoxickém prostředí. Čistírna zvládá velice dobře redukci nerozpuštěných látek (80–95 %), organického znečištění (BSK5) a patogenů. Nerozpuštěné látky a těžké kovy se odstraňují sedimentací a filtrací ve filtračním loži. Méně vhodná je pak pro redukci amoniakálního dusíku (20-40 %), kdy by bylo zapotřebí dostatečné plochy pro správnou redukci cca 10 m²/EO, což už je nereálné z hlediska investičních nákladů. Odstraňování fosforu je také velmi nízké (10-30 %), jde však výrazně zvýšit (>90 %) použitím filtračních materiálů s vysokou sorpční schopností, např. termicky upravený jíl nebo strusky. Pro dostatečné snížení organického znečištění je zapotřebí plochy 5 m²/EO (Grania.cz; MŽP ©2017).

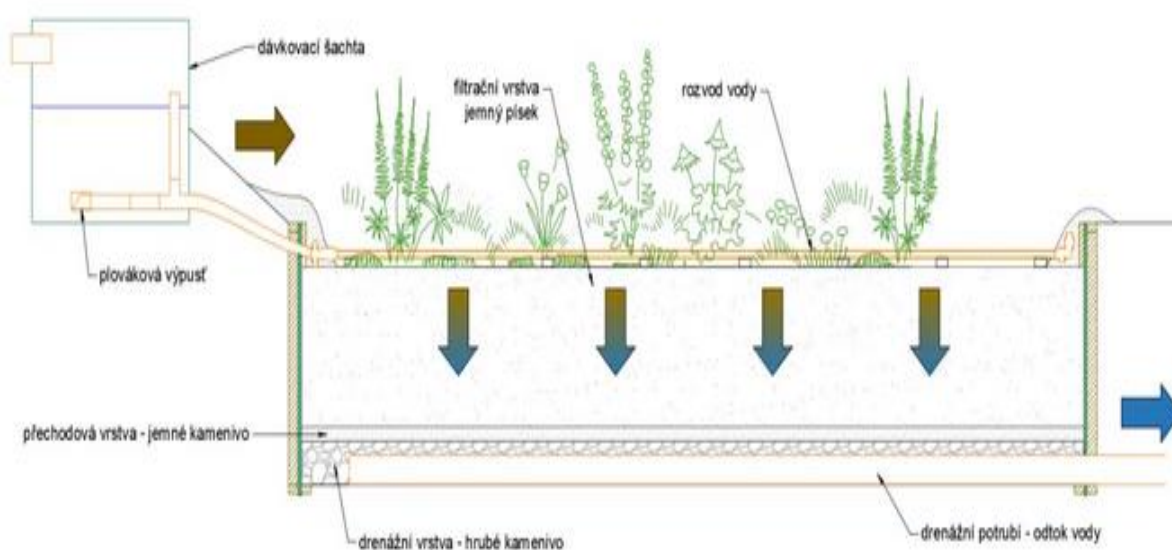
Typ odpadní vody	Specifikace	Uplatnění
Průmyslové	Petrochemický	USA, Čína, Velká Británie, Jižní Afrika, Súdán, Taiwan
	Chemický	Portugalsko, Austrálie, Čína
	Papírenský	USA, Keňa,
	Textilní	Slovinsko, Austrálie, Německo
	Kožedělný	Portugalsko, Turecko, USA
	Masný	Mexiko, Ekvádor, Nový Zéland, Austrálie, Uruguay
	Potravinářský	Francie, Slovinsko, USA, Itálie, Litva, Nizozemí, Řecko
	Vinařský	JAR, Itálie
	Prádelny	Austrálie
	Důlní vody	Německo, USA
Zemědělské	Vepřiny	Austrálie, Čína, Velká Británie, Thajsko, Litva, Taiwan
	Kraviny	Itálie, Německo, USA, Nový Zéland, Dánsko
	Mléčnice	Itálie, Litva, Německo, USA, V. Británie, Nový Zéland
	Rybí farmy	USA, Kanada, Německo, Taiwan,
Splachové	Dálnice	Velká Británie, Itálie
	Letiště	USA, Velká Británie, Německo, Švýcarsko, Kanada
	Intravilán	Austrálie, USA
Skládky	Skleníky a školky	Kanada, Austrálie, Francie
	Průsaky	Portugalsko, Slovinsko, Norsko, Velká Británie, Polsko, USA,

Obrázek 25: Příklady využití kořenových čistíren s horizontálním průtokem pro čištění různých druhů odpadních vod (Vymazal 2016).



Obrázek 26: Kořenová čistírna Němčovice (Vymazal 2016)

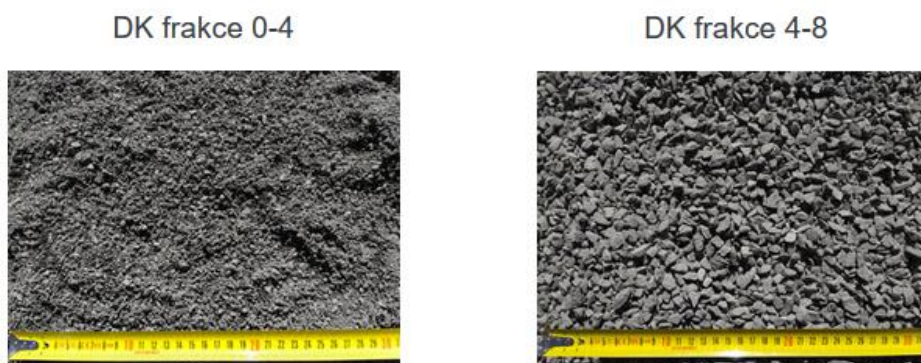
11.3 Kořenové čistírny s vertikálním podpovrchovým tokem



Obrázek 27: Kořenová čistírna s vertikálním průtokem (www.grania.cz).

Při tomto způsobu čištění je odpadní voda pulzně přiváděna na povrch lože osázeného mokřadními rostlinami, voda pak prosakuje vrstvami štěrku a písku a na dně je sbírána drenážními trubkami a odváděna ze systému. Čistící systém by měl být složen z několika paralelních loží, která budou střídavě zaplavována. Předčištěná voda při proudění směrem dolů nejprve vtéká do pulzní šachty, kde se postupně shromažďuje a po zaplnění šachty se vypouští na kořenový filtr. Jímky se těsní fólií,

jílovým těsněním nebo se umísťují do speciálně upravených nádrží. Při proudění směrem vzhůru je odpadní voda přiváděna k těsnému dnu čistírny do rozdělovacího potrubí, které je tvořeno z perforovaných hadic nebo plastového potrubí, filtruje se přechodovým filtrem a filtračním prostředím směrem vzhůru, na povrchu přepadá do sběrného žlábků. Tento způsob uspořádání je vhodný u zařízení s letním provozem. Při celoročním provozu je zapotřebí nezbytná ochrana před zamrznáním, tepelně izolační kryt, odvod jímacím potrubím uloženým pod terénem, zatopení filtru, odvádění čišťené odpadní vody z vrstvy pod ledem apod. Pro zvýšení účinnosti je možné vodu vertikálním filtrem několikrát recirkulovat nebo dočišťovat pomocí dočišťovacích kaskád nebo zařadit sorpční nádobu, ve které se několikrát do roka obměňuje náplň. Vertikální umělé mokřady jsou většinou 1,0 až 1,2 m hluboké. Filtrační materiál bývá jemnější, je doporučován písek, a to frakce 0-4 mm, drenážní vrstva frakce 4-8 mm. Velmi často bývá použito několik vrstev různých frakcí, větší frakce ve svrchní části filtru a u dna, aby nedocházelo k rychlému ucpání. Při správném nastavení výškového rozdílu mezi přítokem a odtokem z filtru, při kvalitním mechanickém předčištění, při rovnoměrném rozdělení odpadních vod po celé ploše povrchu a přístupu vzduchu do filtračních vrstev, plní vertikální filtr svoji správnou funkci. (Šálek a kol. 2012; Vymazal 1995; Šálek a Tlapák 2006).



Obrázek 28: Frakce štěrku DK – drcené kamenivo (dumzahrada.cz).

Kořenová čistírna s vertikálním průtokem je obdobná jako kořenová čistírna s horizontálním průtokem s tím rozdílem, že ve filtračním loži není stálá hladina vody. Čistírna pracuje v aerobním režimu a je pro ni důležitý přístup vzduchu do vnitřku filtračního lože. Dosahuje tak vyšší účinnosti čištění pro organické znečištění

(BSK) a hlavně pro amoniakální dusík, kdy plocha čistírny může mít menší rozměry. Ve vertikálních aerobních filtrech dochází k velmi dobré oxidaci amoniaku, ale vzniklé dusičnany nemohou být denitrifikovány a odtékají ve vypouštěné vodě. Ideální je propojení obou systémů vegetačních kořenových čistíren, horizontální průtok s vertikálním za účelem zvýšené eliminace celkového dusíku, tj. jak amoniaku, tak dusičnanů. Velikost plochy vertikální kořenové čistírny se liší v jednotlivých zemích, ve Francii pouze 2 m²/EO, v Dánsku to jsou 3 m²/EO, v Rakousku a Německu 4 m²/EO. Vertikální mokřady jsou využívány především ve Francii a Rakousku k čištění domovních a městských splaškových vod. V současné době se jejich využití rozšiřuje. Největší čistírna tohoto typu je nedaleko jihočínského Kantonu o ploše 25 ha. Vertikální čistírny jsou daleko více rozšířené v Německu a USA než v České republice. Podle tamních poznatků jsou vertikální kořenové čistírny schopny odstraňovat amoniakální dusík až s dvojnásobnou účinností než čistírny horizontální (Luederitz a kol., 2001; Haberl a kol. 1995).

	Koncentrace (mg/l)				Zatížení (kg /ha d)			
	PŘ	OD	Úč. (%)	n	PŘ	OD	PŘ-OD	n
BSK ₅	309	21	88	97	166	19	147	83
CHSK	547	70	79	115	311	56	255	99
NL	188	18	77	74	139	17	122	62
TP	10,6	4,6	48	94	5,7	3,5	2,2	81
TN	70	37,6	44	64	42,1	23,6	18,5	57
NH ₄ -N	56,4	10,6	79	94	27,8	7,1	20,7	85
NO ₃ -N	0,62	25,3		70	0,9	13,1		56
FC*	5,95	3,0	98	20				

Obrázek 29: Účinnost kořenových čistíren s vertikálním průtokem. PŘ = přítok (na filtrační pole), OD = odtok, n = počet KČOV, FC* = fekální (termotolerantní) koliformní bakterie (log₁₀KTJ/100 ml), Úč. = účinnost (Vymazal 2016).



Obrázek30: Ukázka vertikálních (vepředu) a horizontálních (vzadu) filtrů (archív ÚVHK).

Typ odpadní vody	Lokalita
Speciální organika	Německo Francie Portugalsko
Průsaky sklárky pevného odpadu kompost	Austrálie Německo
Herbicidy	Velká Británie
Letištní splachy	Kanada
Mlékárna	Nizozemí
Výroba sýrů	Německo
Jatka	Kanada
Rafinérie	Pákistán

Obrázek 31: Příklady použití kořenových čistíren s vertikálním průtokem pro různé druhy odpadních vod (Vymazal 2016).

12 PROVOZ KOŘENOVÝCH ČISTÍREN

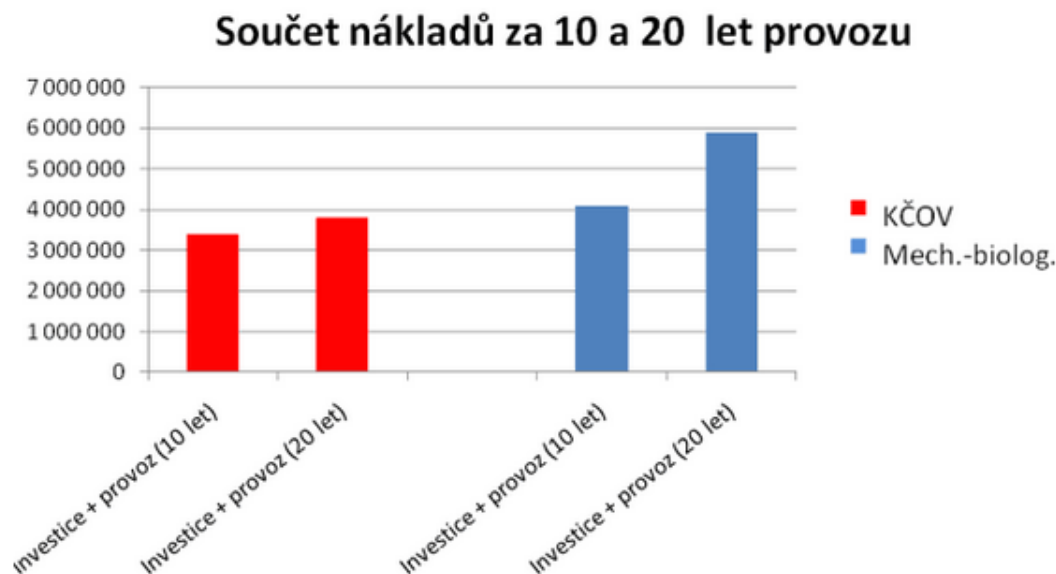
Výhodou vegetačních kořenových čistíren v České republice i v zahraničí je provozní nenáročnost a nulová spotřeba energie. Čištění odpadních vod probíhá přirozeně a soběstačně. Člověk musí pouze čistit potrubní vedení a objekty,

odstraňovat suché rostliny v zimním období, jednou za čas vyvézt kal z nádrže. Čistírny se zvládají vyrovnat s výkyvem v látkovém a hydraulickém zatížení. Vyčištěné odpadní vody dosahují srovnatelných výsledků, jako vody z klasických biologických čistíren. Počáteční investice je závislá na konstrukčním řešení čistírny, na morfologii terénu a dostupnosti vhodného pozemku. Je nutno počítat s prostorem cca 5 m²/EO, s prostorem pro budoucí rozvoj, obslužnou komunikaci a manipulační plochu (Rozkošný a kol.2010).

Nevýhodou je pomalý proces čištění z části závislý na klimatických podmínkách a z tohoto důvodu i velký nárok na plochu. Tento systém čištění se nedoporučuje pro odpadní vody extrémně zatíženými jedno druhovými odpady – močůvka, kejda apod... Ke špatnému provozu čistírny může přispět i její chybný návrh, špatné mechanické předčištění, nevhodné oddělení srážkových vod u jednotné kanalizace. Velmi důležitý je proto návrh rozdělovacího potrubí, hloubka filtrů a použití menších šachet (Kriška 2014).



Obrázek 32: Orientační náklady na výstavbu a provoz kořenové čistírny pro 150 ekvivalentních obyvatel (Polák, 2011).



Obrázek 33: Orientační náklady na výstavbu a provoz kořenové čistírny pro 150 ekvivalentních obyvatel (Polák, 2011).

Investiční náklady, jak je vidět v grafech, jsou vyšší, ale vrací se hned v prvním roce provozu čističky. Většinou lze na výstavbu čističky získat dotaci a dle jejího typu pokrýt až 90 % nákladů. (Polák 2011).

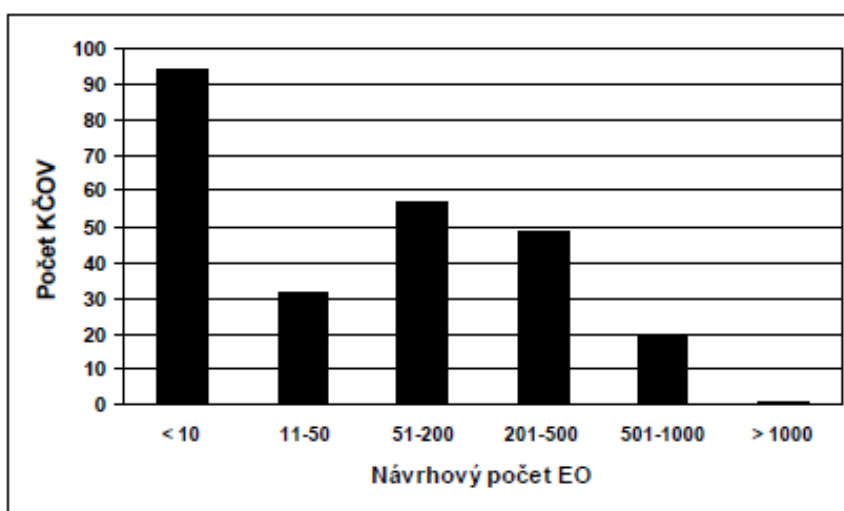
KČOV Chmelná 150 EO	provoz cca 40 tis. Kč/rok	x klasická ČOV - provoz cca 180 tis. Kč/rok
KČOV Hostětín 240 EO	provoz cca 40 tis. Kč/rok	x klasická ČOV - provoz cca 300 tis. Kč/rok
KČOV Dražovice 780 EO	provoz cca 300 tis. Kč/rok	x klasická ČOV - provoz cca 950 tis. Kč/rok
KČOV Spálené Poříčí 1400 EO	provoz cca 240 tis. Kč/rok	x klasická ČOV - provoz cca 1 500 tis. Kč/rok

Obrázek 34: Porovnání skutečných nákladů na kořenové čistírny s náklady na mechanicko biologické čistírny stejné velikosti (EO – ekvivalentní obyvatel) <https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/7839-korenove-cistirny-odpadnich-vod-ekonomika-vystavby-a-provozu>.

12.1 Využití KČOV v České republice

Od roku 1989 bylo podle průzkumu v České republice uvedeno do provozu minimálně 400 KČOV. Nejvíce je jich navrženo pro malé domovní čistírny pro <20 EO cca 100 a pro zdroje znečištění 101–500 EO cca 80. Bohužel není vedená přesná evidence kořenových čistíren a jejich počet se odhaduje.

Často je také odborníky navrhována celá zahrada a kořenová čistírna se stává už od zahájení projektování součástí zahrad. Prakticky všechny tyto čistírny jsou navrženy s horizontálním průtokem. Na konci minulého století převažovala stavba obecních KČOV, v současné době jsou hodně budovány jako domovní čistírny. Čistírny vesměs plní limity dané vodoprávními úřady a fungují i po dlouhých letech. Jsou i případy, kdy se podstatným způsobem překračuje jejich kapacita nebo se zanedbává jejich údržba a pak čistírny přestávají plnit svoji funkci (Vymazal 2016).



Obrázek 35: Kořenové čistírny v České republice podle návrhového počtu ekvivalentních obyvatel (EO) (Vymazal 2016).

Parametr	Počet KČOV*	Koncentrace (mg.l ⁻¹)		Účinnost (%)**
		Přítok	Odtok	
BSK ₅	505 (78)	163	13,7	85,3
CHSK _{Cr}	478 (46)	355	51	75,3
NL	489 (75)	180	11,6	82,8
Celk. P	288 (58)	6,5	3,56	36,7
Celk. N	66 (23)	52,1	25,6	44,5
N-NH ₄ ⁺	339 (56)	30,1	17,4	34,2

Obrázek 36: Účinnost čištění odpadních vod v KČOV v ČR za období 1989-2010. *první číslo je počet ročních průměrů, číslo v závorce je počet kořenových čistíren, **průměr účinnosti jednotlivých čistíren (Vymazal 2016).

13 CHARAKTERISTIKA STUDIJNÍHO ÚZEMÍ

13.1 Popis obce Dožice

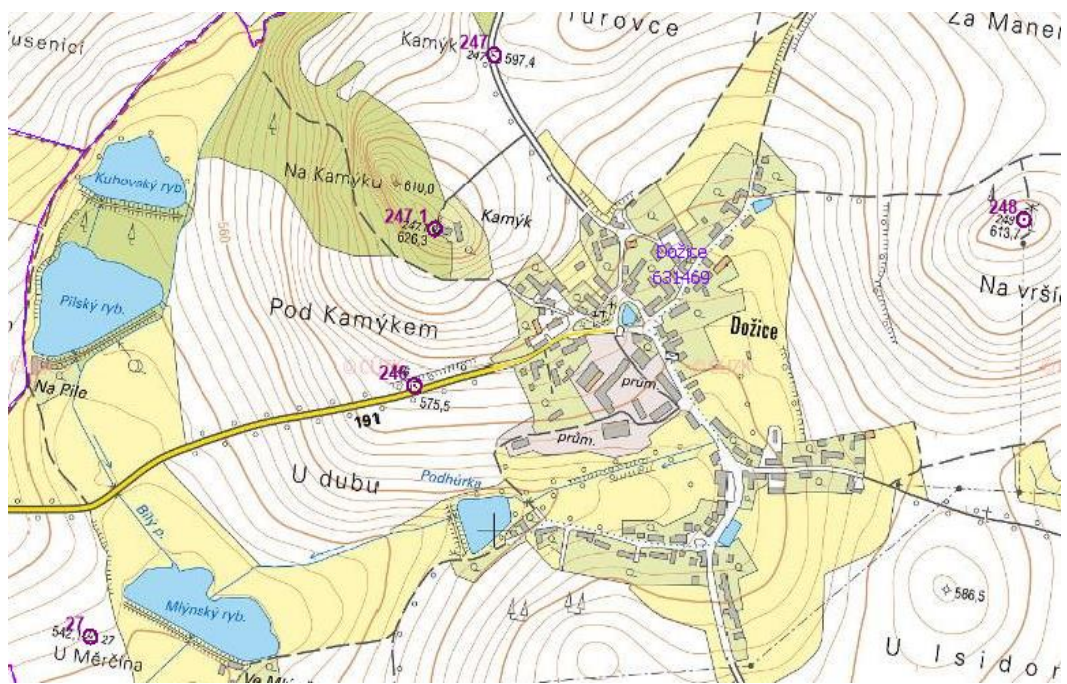
Dožice jsou vesnice, část obce Mladý Smolivec, v okrese Plzeň-jih. Nachází se asi 3 km na severozápad od Mladého Smolivce, 12 km od města Nepomuk a 20 km západně od města Blatná. Katastr obce kolísá mezi nejvyšším bodem 616 m a 514 m n. m. Na 81 evidovaných adresách, z toho 30 určených k rekreaci, v roce 2022 trvale žije 116 obyvatel (od roku 1890 zde žilo v 96 domech 594 obyvatel). Celková katastrální výměra obce je 751,15 ha. V obci se nachází pošta, hospoda, k dispozici je dětské a fotbalové hřiště, je zde zavedena kanalizace na dešťovou vodu a vodovod vybudovaný v roce 2000.



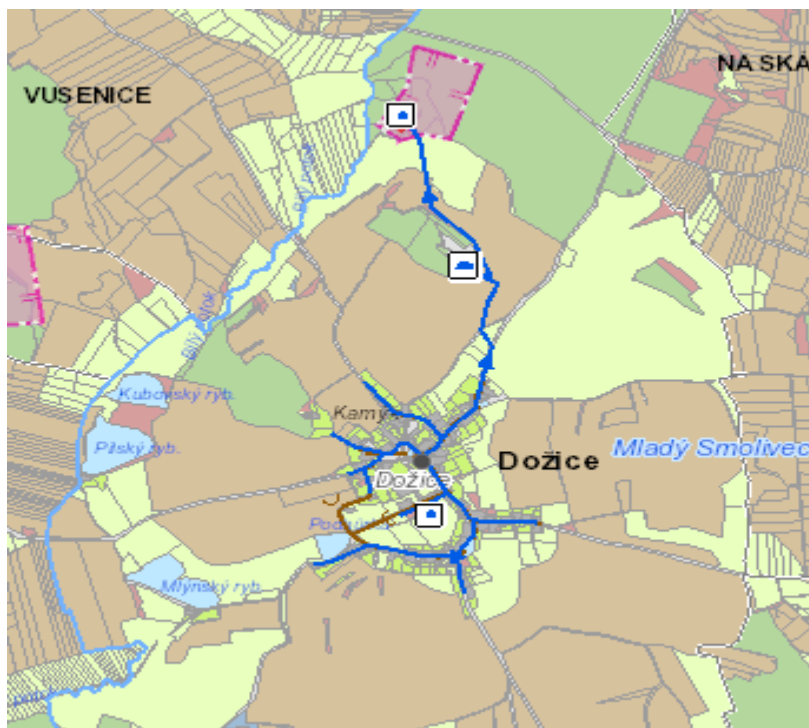
Obrázek 37: Poloha obce Dožice (<https://cs.wikipedia.org/wiki/Do%C5%BEice>).



Obrázek 38: Letecký snímek Dožice (<https://www.mladysmolivec.cz/soucasnost-dožice>).



Obrázek 39: Katastrální mapa Dožice (<https://www.cuzk.cz>).



Obrázek 40: Katastrální mapa Dožice s vodními toky (<http://prvak.plzensky-kraj.cz/>).

Pozemky KN/ZE				Ostatní údaje		
Druh pozemku	Způsob využití	Počet parcel	Výměra [m ²]	Typ údaje	Způsob využití	Počet
orná půda		44	2066885	č.p.	bydlení	44
zahrada		143	93257	č.p.	jiná st.	2
travní p.		79	1088246	č.p.	obč.vyb	3
lesní poz.		39	730673	č.p.	rod.dům	36
vodní pl.	nádrž umělá	3	1105	č.p.	rod.rekr	1
vodní pl.	rybník	6	77097	č.p.	výroba	1
vodní pl.	tok umělý	6	3607	č.p.	zem.stav	1
vodní pl.	zamokřená pl.	3	5378	č.e.	rod.rekr	1
zast. pl.	společný dvůr	7	2098	bez čp/če	bydlení	1
zast. pl.	zbořeniště	14	1967	bez čp/če	garáž	3
zast. pl.		125	52542	bez čp/če	jiná st.	15
ostat.pl.	jiná plocha	26	45426	bez čp/če	obč.vyb	2
ostat.pl.	manipulační pl.	12	5730	bez čp/če	obč.vyb.	1
ostat.pl.	neploďná půda	43	46545	bez čp/če	tech.vyb	3
ostat.pl.	ostat.komunikace	59	97540	bez čp/če	zem.stav	9
ostat.pl.	silnice	7	16702	Celkem BUD		123
ostat.pl.	zeleň	10	955	LV		190
Celkem KN		626	4335753	spoluvlastník		395
PK		619	2447065			
GP		120	706469			
Celkem ZE		739	3153534			

Obrázek 41: Využití půd v obci Dožice (<https://www.cuzk.cz>).

13.2 Geomorfologické poměry

Východní až jihovýchodní část lokalita obce Dožice přísluší k Horažďovické pahorkatině, jižní až jihozápadní část k Nepomucké vrchovině, severní část k Brdům a střední a západní část území k Radyňské pahorkatině. Hranice mezi jednotlivými geomorfologickými podcelky nejsou terénně jednoznačné. Rozpětí nadmořských výšek se v lokalitě pohybuje cca mezi 510 m, v údolí drobného bezejmenného potoka na jižním okraji území, a 616 m na severozápadním okraji. Charakter reliéfu je členitá pahorkatina až členitá vrchovina se strukturními hřbety a suky a s různě výraznými, převážně však spíše s ploššími, údolními zářezy.

Řešené území přísluší do následujících geomorfologických jednotek (Demek, Mackovčín a kol. 2006).

Provincie: Česká vysočina

Subprovincie (soustava): Česko-moravská soustava

Oblast (podsoustava): Středočeská pahorkatina

Celek: Blatenská pahorkatina

Podcelek: Horažďovická pahorkatina

Okrsek: Hvožd'anská pahorkatina

Podcelek: Nepomucká vrchovina

Okrsek: Plánická vrchovina

Subprovincie (soustava): Poberounská soustava

Oblast (podsoustava): Brdská podsoustava

Celek: Brdská vrchovina

Podcelek: Brdy

Okrsek: Třemšínská vrchovina

Oblast (podsoustava): Plzeňská pahorkatina

Celek: Švihovská vrchovina

Podcelek: Radyňská pahorkatina

Okrsek: Bukovohorská vrchovina

13.3 Geologické poměry

Zpevněné horniny krystalinika a prevariského paleozoika vystupují k povrchu plošně významněji ve hřbetních polohách a výraznějších údolních svazích. Jde o pestrou směs usazených i krystalických hornin – rohovců, drob, prachovců, břidlic, slepenců, arkóz, pískovců, silicitů (buližníků), granitů, granodioritů, dioritů, gaber, hadců aj.

Nezpevněné kvartérní sedimenty pokrývají většinu mírnějších svahových partií (svahové písčito-hlinité, hlinito-písčité a méně i hlinito-kamenité až kamenité usazeniny) a údolní dna (souvrství naplavených a smíšených hlinitých, písčitých a štěrkovitých sedimentů).

Z pohledu hydrogeologického členění patří většina řešeného území do hydrogeologického rajónu základní vrstvy 6320 Krystalinikum v povodí Střední Vltavy. Přibližně západní čtvrtina území je řazena hydrogeologického rajónu základní vrstvy 6310 Krystalinikum v povodí Horní Vltavy a Úhlavy.

Z pohledu regionálně geologického členění jsou v území zastoupeny následující jednotky:

Soustava: Český masiv – krystalinikum a prevariské paleozoikum

Oblast: středočeská oblast (bohemikum)

Region: Barrandien ostrovní zóna středočeského plutonu

Oblast: moldanubická oblast (moldanubikum)

Region: magmatity v moldanubiku

Soustava: Český masiv – pokryvné útvary a postvariské magmatity

Oblast: kvartér

13.4 Pedologické poměry

Zájmovém území jsou zastoupeny především kambizemě, a to v různých subtypech – dystrické, kyselé, modální i eutrofní. V severozápadní a východní části jsou významněji zastoupeny pseudogleje (modální) a v jihovýchodní části luvizemě (modální), z hlediska zrnitostního složení jde o půdy převážně jílovitohlinité, v jižní části pak o půdy převážně hlinitopísčité.

13.5 Klimatické poměry

Dle mapy klimatických oblastí Československa (Quitt, 1971), zasahují do území mírně teplé klimatické oblasti MT5 a MT3. Klimatické oblasti jsou charakterizované normálně dlouhým až krátkým, mírně chladným létem, normálně dlouhým až dlouhým přechodným obdobím s mírným jarem a mírným podzimem a normálně dlouhou, mírně chladnou a suchou zimou, s normálně dlouhým až krátkým trváním sněhové pokrývky.

Klimatické charakteristiky	MT5	MT3
Počet letních dnů ($t > 25^{\circ}\text{C}$)	30 - 40	20 - 30
Počet dnů s průměrnou teplotou 10°C a více	140 - 160	120 - 140
Počet dnů s mrazem ($t < - 0,1^{\circ}\text{C}$)	130 - 140	130 - 160
Počet ledových dní ($t = - 0,1 < 3^{\circ}\text{C}$)	40 - 50	40 - 50
Průměrná lednová teplota	-4° až -5°C	-3° až -4°C
Průměrná červencová teplota	16° - 17°C	16° - 17°C
Průměrná dubnová teplota	6° - 7°C	6° - 7°C
Průměrná říjnová teplota	6° - 7°C	6° - 7°C
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více	100 - 120	110 - 120
Suma srážek za vegetační období	350 - 450	350 - 450
Suma srážek v zimním období	250 - 300	250 - 300
Počet dní se sněhovou pokrývkou	60 - 100	60 - 100
Počet zatažených dní	120 - 150	120 - 150
Počet jasných dní	50 - 60	40 - 50

Obrázek 42: Klimatické charakteristiky zastoupených klimatických oblastí (<https://www.cuzk.cz>).

13.6 Srážkové a teplotní poměry

V následující tabulce 1 jsou uvedeny údaje z charakteristik srážkových poměrů o průměrných úhrnech srážek v jednotlivých měsících, za rok a za vegetační období (měsíce IV-IX), získaných z Atlasu podnebí ČSSR pro pozorovací stanici Radošice. Z údajů v tabulkách průměrných úhrnů srážek vyplývá, že nejvíce srážek spadne většinou v letním období (červen–srpen), nejméně v první čtvrtině roku (leden–březen).

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok	IV-IX
41	33	35	50	62	71	80	70	50	48	39	43	622	383

Tabulka 1

V následující tabulce 2 jsou uvedeny údaje o průměrných teplotách vzduchu v jednotlivých měsících, za rok a za vegetační období (měsíce IV-IX), získaných z Atlasu podnebí ČSSR pro nejbližší pozorovací stanici Nepomuk.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok	IV-IX
-2,4	-1,4	2,4	6,6	12,0	15,0	16,7	15,9	12,3	7,1	2,1	-1,0	7,1	13,1

Tabulka 2

13.7 Hydrologické poměry

Z pohledu hydrogeologického členění patří většina zájmového území do hydrogeologického rajónu základní vrstvy 6320 Krystalinikum v povodí Střední Vltavy. Přibližně západní čtvrtina území je řazena hydrogeologického rajónu základní vrstvy 6310 Krystalinikum v povodí Horní Vltavy a Úhlavy.

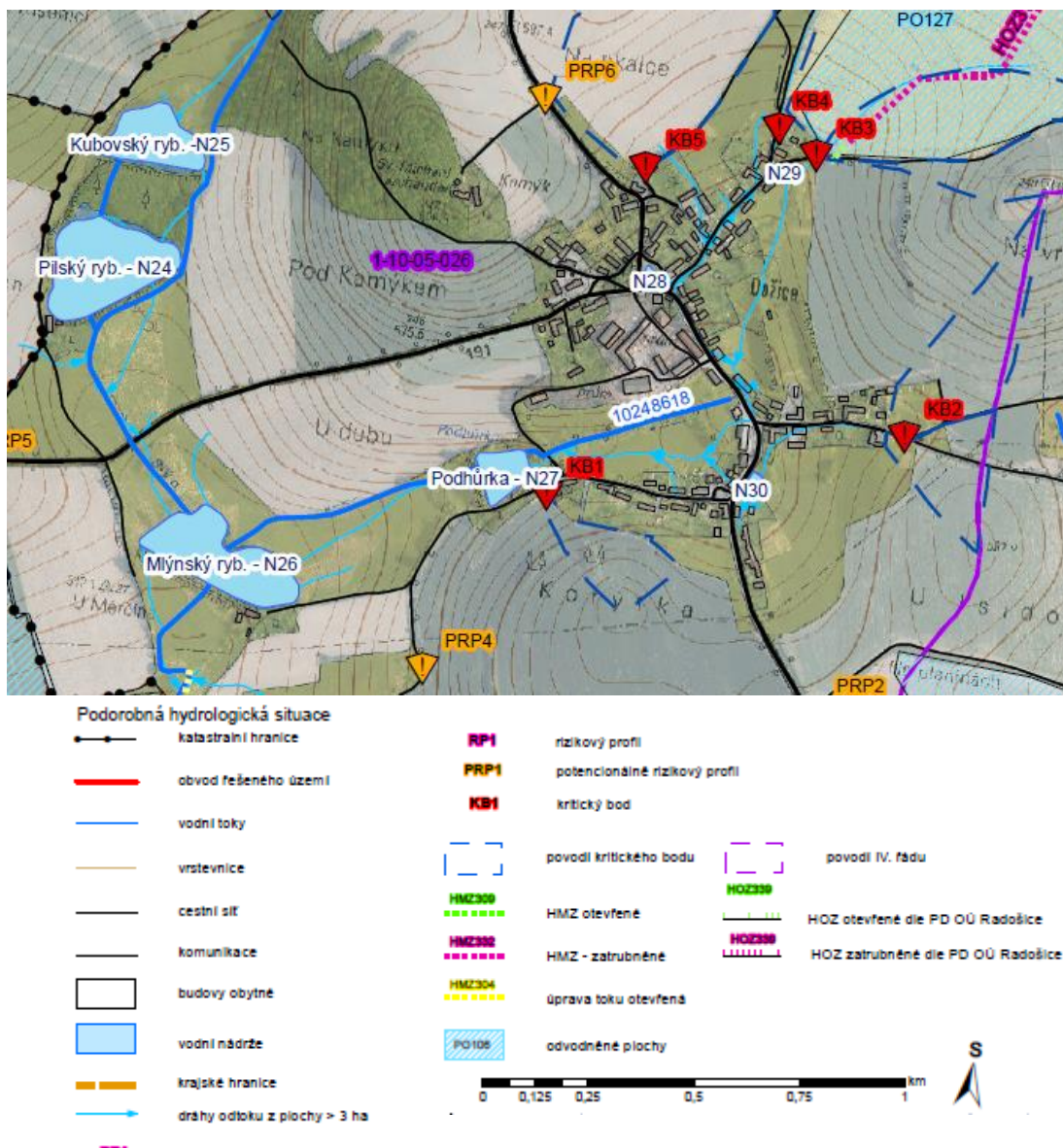
Území je součástí povodí Labe v úmoří Severního moře. Dle internetového serveru Výzkumného ústavu vodohospodářského TGM se řešené území nachází v následujících hydrologických povodích:

Povodí 1. řádu 1 Labe

Povodí 3. řádu 1-08-04 Lomnice a Otava od Lomnice po ústí

1-10-05 Úslava

Obec Dožice je dvěma třetinami katastru v úvodí úslavském a jednou třetinou má spád k vodám otavským. Obcí protéká menší potok, pramenící nedaleko za vsí na jejím severní straně a vpadá do mlýnského rybníka pode vsí. Tam teče i druhý, větší potok z lesa Voletína údolím mezi Čížkovem a Dožicemi. Společný výtok těchto obou vod z onoho rybníka jde do Liškova a přes Vísku, Čmelíny a Mohelnici k Hyndrákovu mlýnu pod Tojicem, kde se spojí s potokem myslívským, pod Vrčení pak vteče do většího potoka Žinkovského, přicházejícího od Kláštera pod Zelenou Horou a toto spojení vytvoří řeku Úslavu. Na straně otavské je údolí malého potoka, který vyvěrá v lukách přímo v dožické půdě a teče k Mladému Smolivci a zde se vlévá do většího potoka tekoucího z lesů po Třemšínem přes Radošice a tvoří počátek říčky Lomnice (Publikace Dožice 2018).



Obrázek 43: Podrobná hydrologická situace v obci Dožice (<https://www.cuzk.cz>).

13.8 Krajinný ráz

Většina zájmového území patří podle Typologie České krajiny patří do krajinného typu 3M2, kde číslice 3 značí vrcholně středověkou sídelní krajinu Hercynica, písmeno M lesozemědělskou krajinu a číslice 2 krajinu členitých pahorkatin a vrchovin Hercynica. Souvisle zalesněné partie území v jeho severní až severovýchodní části náleží do krajinného typu 5L2, kde číslo 5 značí pozdně středověkou sídelní krajinu Hercynica a písmeno L lesní krajinu. Převažuje charakter rázu polootevřený, výrazně zvlněný a intenzivně obhospodařované lesozemědělské krajiny, s převažujícími různě rozsáhlými bloky orné půdy, v podmáčených a vlhčích

údolních partiích zpravidla nahrazených travními porosty. Bloky jsou navzájem oddělené či vnitřně členěné především komunikacemi (polními cestami a silnicemi), menšími lesními celky a vodními toky, místy provázenými různě širokými pásy ladní mokřadní vegetace. Menší soustavy vodních nádrží jsou zastoupeny v jihozápadní části území v údolích Bílého potoka a jeho přítoků u Dožic. Obraz krajiny dotvářejí i menší urbanizovaná zastavěná území Dožic a několik samot. Lesní porosty jsou ponejvíce soustředěny do severní poloviny území, kam významně zasahuje rozsáhlý komplex brdských lesů (OÚ Mladý Smolivec 2021).

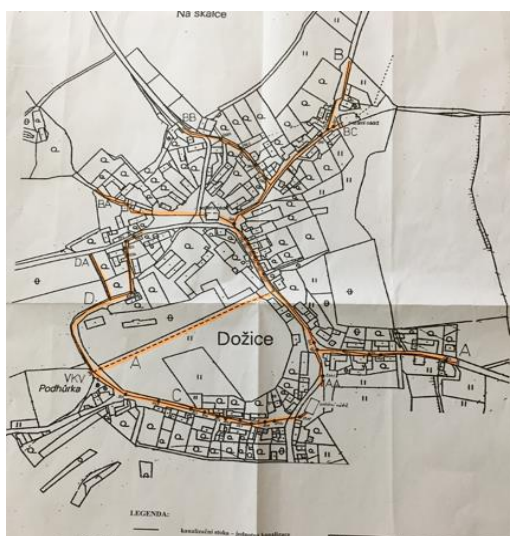
13.9 Současný stav v obci

V současné době je obec Dožice ve větší části zásobovaná pitnou vodou z veřejného vodovodu vybudovaného v roce 2000, který vlastní a provozuje obec Mladý Smolivec. Zbývající část je zásobovaná vodou z domovních studní. Jako zdroj vody slouží vrt severně od zástavby u Liškovského potoka s vydatností 1,2 l/s. Voda z vrtu je čerpaná do vodojemu 2 * 50 m³ umístěného na kótě cca 615 m n.m. Rozvodné řady jsou vybudovány z PVC ø 90 mm a PP ø 63 mm a spotřebišť je zásobováno v jednom tlakovém pásmu. V souladu s Plánem rozvoje vodovodů a kanalizací Plzeňského kraje, aktualizace 2008, bylo navrženo zachování stávajícího systému zásobování vodou i do budoucna. Vodovodní síť bude doplněna novými vodovodními řadami v místech navrhované zástavby. Z vodojemu Dožice bude v budoucnu zásobována i místní část Radošice.

Průměrná spotřeba vody/EO			
období	počet obyvatel	celková spotřeba vody m ³	spotřeba vody m ³ /EO
2021	115	4670	40,6
2020	112	4021	35,9
2019	111	5101	45,95
2018	118	4455	37,75
2017	122	4100	33,61
2016	125	3952	31,62

Tabulka 3: Průměrná spotřeba vody v Dožicích (OÚ Mladý Smolivec 2022).

Jednotná gravitační kanalizace, kterou provozuje obec Mladý Smolivec, je v Dožicích téměř celá vybudovaná z betonových trub DN 300–600 mm. Původně byla vybudována jako kanalizace dešťová a postupně do ní byly různě zaústěny i splaškové vody z jímek a přeпадů septiků. Napojeno je na ní cca 100 obyvatel (cca 30 přípojek), délka kanalizace je 2140 m. Kanalizační stoky neodpovídají ČSN a nemají až na výjimky vybudovány revizní šachty. V roce 2005 byl schválen Provozní řád kanalizace obce Dožice. K provozu a údržbě stávající stokové sítě nejsou používána žádná strojní ani přístrojová vybavení. Ostatní stávající nemovitosti, které nejsou napojeny na stávající kanalizaci, jsou vybaveny žumpami na vyvážení. Vody jsou svedeny do recipientu Liškovského potoka nad Mlýnským rybníkem ($Q_{355} = 2$ l/s) s vyústěním do bezejmenného přítoku Liškovského potoka. Touto kanalizací je sváděno cca 70 % dešťových vod a cca 30 % je odváděno systémem příkopů, struh a propustků do rybníka Podhůrka. V obci v současnosti nejsou žádní významní producenti odpadních vod s produkcí odpadních vod do kanalizace. V souladu s Plánem rozvoje vodovodů a kanalizace Plzeňského kraje – aktualizace 2008, je navrženo vybudování čistírny odpadních vod. Veškeré odpadní vody z místní části budou přiváděny na navrženou ČOV novým systémem splaškové kanalizace a vyčištěné odpadní vody budou vypouštěny do bezejmenného přítoku Liškovského potoka. Stávající systémy jednotné kanalizace budou sloužit pouze pro odvádění dešťových vod a budou doplněny novými dešťovými stokami v místech navrhované zástavby. Do doby realizace nové kanalizace se bude udržovat současný stav (OÚ Mladý Smolivec 2021).



Obrázek 44: Plánek kanalizace v Dožicích (OÚ Mladý Smolivec).

Množství odpadních se na žádném místě stokové sítě neprovádí a výpočet je proveden ze statistických dat občanské vybavenosti.

Průměrný denní přítok odpadních vod

$$\text{Bytový fond } 175 \text{ obyv.} * 0,130 = 22,750 \text{ m}^3 * \text{d}^{-1}$$

$$30 \text{ obyv.} * 0,110 = 3,300 \text{ m}^3 * \text{d}^{-1}$$

$$\text{Prodejna potravin} \quad 0,100 \text{ m}^3 * \text{d}^{-1}$$

$$\text{Pohostinství} \quad 0,200 \text{ m}^3 * \text{d}^{-1}$$

$$\text{Drobná podnikání a služby } 5 \text{ osob} * 0,060 = 0,300 \text{ m}^3 * \text{d}^{-1}$$

$$\underline{5 \text{ osob} * 0,120 = 0,600 \text{ m}^3 * \text{d}^{-1}}$$

$$\text{Celkem} \quad 27,250 \text{ m}^3 * \text{d}^{-1} = 0,32 \text{ l} * \text{s}^{-1}$$

$$\text{Balastní vody } Q_B \quad 5 \% \text{ z } 27,250 = 1,363 \text{ m}^3 * \text{d}^{-1}$$

$$\text{Celkem } Q_{24} \quad 28,613 \text{ m}^3 * \text{d}^{-1} = 0,33 \text{ l} * \text{s}^{-1}$$

Maximální denní přítok odpadních vod

$$Q_d = 27,250 * 1,5 + 1,363 = 42,238 \text{ m}^3 * \text{d}^{-1} = 0,49 \text{ l} * \text{s}^{-1}$$

Výpočet množství znečištění odpadních vod na přítoku do ČOV podle BSK₅

$$\text{Bytový fond} \quad 205 \text{ EO}$$

$$\text{Prodejna potravin, pohostinství} \quad 2 \text{ EO}$$

$$\underline{\text{Drobná podnikání a služby} \quad 4 \text{ EO}}$$

$$\text{Celkem} \quad 211 \text{ EO}$$

$$\text{Znečištění podle BSK}_5 \quad Z_{\text{BSK}_5} = 211 * 0,060 = 12,660 \text{ kg} * \text{d}^{-1}$$

$$\text{Znečištění podle NL} \quad Z_{\text{NL}} = 211 * 0,055 = 11,605 \text{ kg} * \text{d}^{-1}$$

$$\text{Znečištění podle CHSK} \quad Z_{\text{CHSK}} = 211 * 0,120 = 25,320 \text{ kg} * \text{d}^{-1}$$

$$\text{Znečištění podle } N_{\text{celk}} \quad Z_N = 211 * 0,011 = 2,321 \text{ kg} * \text{d}^{-1}$$

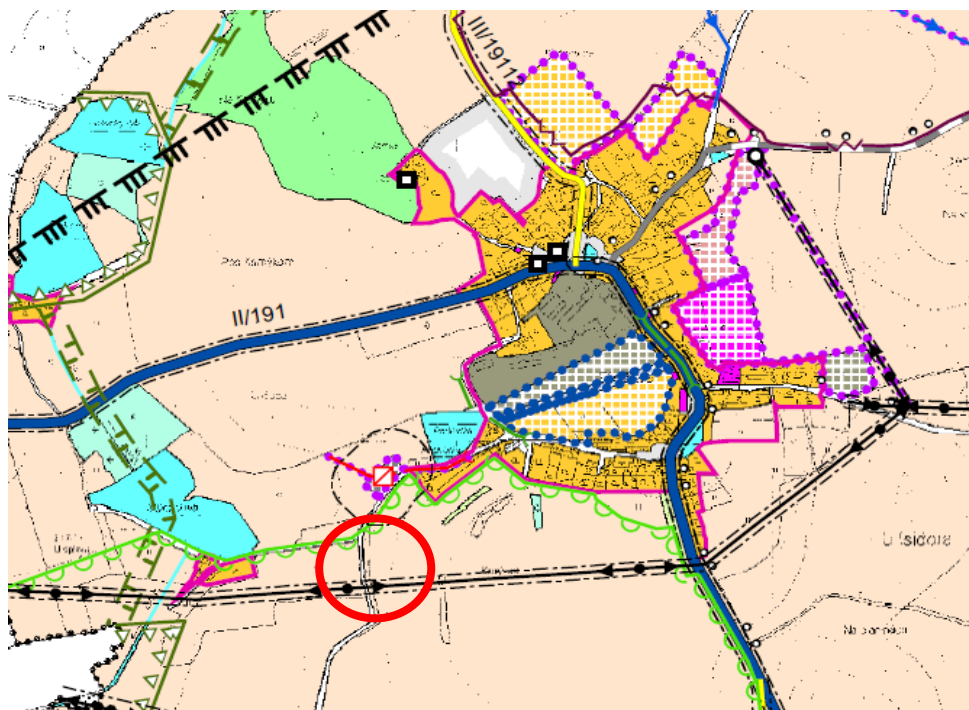
$$\text{Znečištění podle } P_{\text{celk}} \quad Z_P = 211 * 0,0025 = 0,528 \text{ kg} * \text{d}^{-1}$$

Sledovaný parametr	Denní produkce na 1 EO (g/EO/den)	Účinnost jednotlivých čistících stupňů (%)				Limit dle NV 401/2016 (mg/l)*
		štěrbínová nádrž	septik	horizontální filtr	vertikální filtr	
BSK ₅	60	20-30	30-50	60-90	80-90	40
CHSK ₅	120	10-30	30-60	40-75	85-90	150
NL	55	30-60	50-70	80-95	90-98	50
N-NH ₄ ⁺	13	0-6	0-6	0-20	70-90	0 - NESLEDUJEME
PCELK	2	0-8	10-35	20-40	20-50	0 - NESLEDUJEME

Obrázek 45: Emisní standardy z NV 401/2015 Sb. pro čistírny odpadních vod v mg/l. Účinnosti jednotlivých čistících stupňů pro KČOV do 500EO.

14 NÁVRH KČOV V OBCI DOŽICE

Jak už bylo uvedeno výše, v Územním plánu obce se do budoucna počítá s výstavbou čistírny odpadních vod spolu s vybudováním nové gravitační kanalizace, a to také v důsledku nařízením vlády č. 61/2003 Sb. ve znění NV 23/2011 Sb. Nařízení vlády ukládá povinnost obcím vybudovat odkanalizování a čištění svých odpadních vod na úroveň stanovenou tímto nařízením. Stávající kanalizace v Dožicích již nespĺňuje potřebné parametry. Navržené místo pro vybudování kořenové čistírny je shodné s návrhem v Územním plánu a jedná se o místo, kde jsou svedeny vody ze stávající kanalizace. Tento pozemek je nyní v užívání místního občana.



Obrázek 46: Označení místa KČOV (<https://www.cuzk.cz>).



Obrázek 47: Foto pozemku umístění KČOV (Foto P. Hošková 2022).

Počet obyvatel v obci se pohybuje kolem 120 EO. Kořenovou čistírnu odpadních vod by bylo vhodné navrhnout alespoň pro 150 EO o celkové ploše filtračního pole 600 m², což odpovídá 4 m²/1 EO při 150 EO.

varianta 1: filtrační horizontální pole s podpovrchovým průtokem bude obsahovat napouštěcí a sběrné potrubí a bude rozdělena do čtyř menších polí zapojených v sérii. Velikost jednotlivých obdélníkových polí bude stejná 150 m², výška pak 1 m. Na dno filtračních polí bude použita hydroizolační folie, která se uloží na vyrovnané podloží pokryté tříděným pískem a bude chráněna oboustranně geotextílií. Filtrační materiál bude tvořit praný štěrk 4-16 mm. Sběrné a rozvodné zóny mohou být vyplněny hrubším kamenivem 50-200 mm, kvůli rozvedení odpadní vody po celém profilu pole. Pole mohou být osázena chřasticí rákosovitou a zblochanem vodním nebo rákosem obecným v pruzích kolmo na směr protékající vody, v hustotě 4 rostliny na 1 m². Vyčištěné odpadní vody by byly vypouštěny do bezejmenného přítoku Liškovského potoka.



Obrázek 48: Vrstvy horizontálního filtračního pole.

varianta 2: tento návrh se liší v uspořádání filtračního pole, která spočívá v doplnění prvku nebo zařízení, které zajistí nepravidelné vypouštění do té doby vodou zatopeného horizontálně protékaného filtračního pole. Pulzní vypouštění zajistí lepší přestup kyslíku do odpadní vody, doprovázený z anaerobního prostředí na anoxické a lepší odstranění amoniakálního dusíku. Toto zařízení je umístěno za filtračním polem, nevyžaduje napojení na elektrickou energii a umožňuje vypuštění odpadní vody při dosažení maximální úrovně hladiny ve filtračním poli. Plastové a nerezové provedení zaručuje dlouhou životnost a téměř nulové provozní náklady. Zvyšuje účinnost $CHSK_{cr}$ až o 50 % a účinnost $N-NH_4^+$ až o 40 % a snižuje šedivý povlak na odtoku do recipientu (Křiška a Němcová 2015).

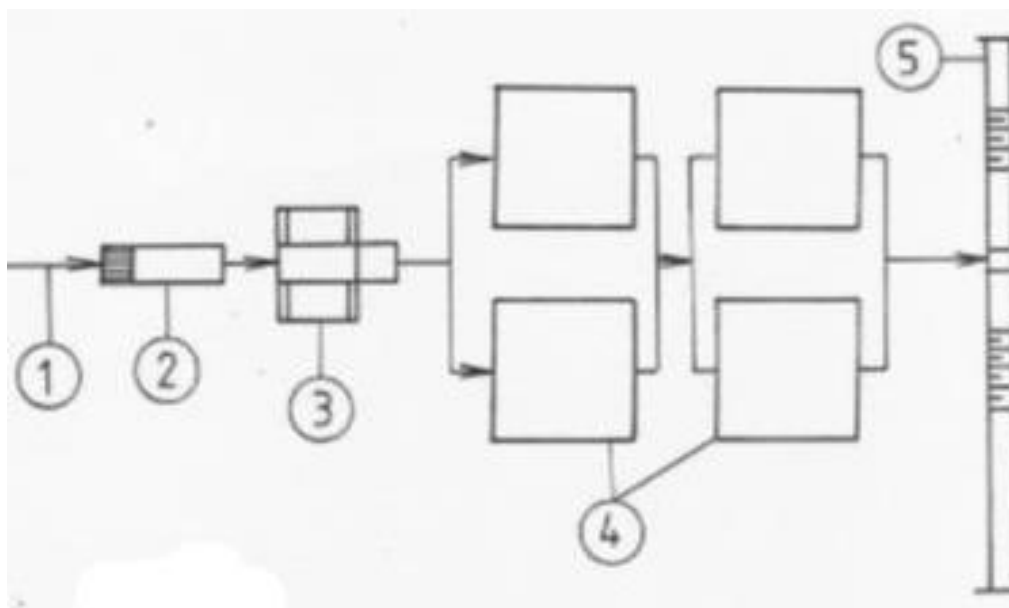
Jelikož se počítá s vybudováním nové splaškové kanalizace, nebude potřeba odlehčovací komora před KČOV, která zajišťuje funkci regulaci přítoku a za dešťů odvádí část vody do vodoteče. Dešťová voda bude odváděna stávající kanalizací do recipientu Liškovského potoka. Z tohoto důvodu nebude potřeba ani lapák štěrku a písku.

Mechanické přečištění tvoří dva stupně čištění, Jako stupeň první pro odstranění hrubých nečistot se doporučují ručně stírané česle a budou umístěné před nátokem do štěrbinové nádrže. Ke svému chodu nepotřebují elektrickou energii a stálou obsluhu. Česlicová mříž s průlinami 15 mm bude zabudována do otevřeného kanálu pod úhlem 45°. Shrabky z česlí, které se zachytí na mříži, budou ručně vyhrnovány hrablem do koše, z něho se vykloupí do nádoby, která je k tomu určená. Odtud se budou vyvážet k likvidaci. Jestliže by se česlice zanesly shrabky úplně, voda poteče

bezpečnostním odtokem bez hrubého předčištění. Česle byly navrženy dle normy ČSN 75 6402.

Druhý stupeň bude tvořit monolitická štěrbinová nádrž železobetonová z vodo stavebního betonu uložená na štěrkový podsyp. Nádrž bude oddělovat štěrk a písek od odpadní vody jdoucí na filtrační pole a bude vyklížena 2 x ročně. Po celé délce nádrže bude odvodněný prostor na vzniklé shrabky široký 1 m.

U kořenové čistírny bude také umístěn objekt k uskladnění potřebného nářadí – hrábě ke stírání česlí, ochranné pomůcky, provozní deník, lékárnička atd.).



Obrázek 49: Schéma kořenové čistírny, 1 – přívod odpadní vody, 2 – česle, 3 – štěrbinová nádrž, 4 – filtrační pole, 5 – recipient.

15 FINANČNÍ NÁKLADY

Investiční náklady pro vybudování kořenové čistírny závisí na zvoleném konstrukčním řešení, morfologii, terénu a dostupnosti pozemku. Cenu u klasických čistíren se pohybují od 17 tis. Kč/EO do 25 tis. Kč/EO (ekvivalenční obyvatele). V Dožicích by celkové náklady na KČOV pro 150EO mohly činit 2 550 000 Kč. Dále se musí počítat s investičními náklady na vybudování nové gravitační kanalizace.

Finanční prostředky by bylo možné čerpat v rámci dotace z Operačního programu Životního prostředí ze strukturálních fondů Evropské unie, prioritní osa 1, na výstavbu kanalizace a čistíren odpadních vod, který spravuje Ministerstvo životního prostředí ve spolupráci se Státním fondem životního prostředí a Agenturou ochrany přírody a krajiny. K žádosti je nutné předkládat kompletní projekt.

U Ministerstva zemědělství by bylo možné získat finanční prostředky v rámci programu Výstavba a technické zhodnocení infrastruktury vodovodů a kanalizací. V tomto programu jsou zařazeny výstavby kanalizačních sítí a souvisejících objektů jako je čistírna odpadních vod do 1000 obyvatel. Finanční prostředky jsou poskytovány na jednoho připojeného obyvatele trvale přihlášeného v obci v maximální výši 80 tis. Kč bez DPH.

Pro rok 2022 Plzeňský kraj vypsal dotační program Variantní studie odkanalizování obcí a zásobování pitnou vodou 2022 pro obce do 1000 obyvatel. Účelem programu je podpořit zpracování studie, která má obci napomoci nalézt optimální variantu řešení odkanalizování nebo zásobování pitnou vodou všech jejích místních částí a je podkladem pro změnu v Plánu rozvoje vodovodů a kanalizací Plzeňského kraje (Plzeňský kraj 2022).

	cena za 1 m ²	cena na 1 EO
Česká republika	3 387	17 272
Itálie	2 840	10 584
USA	1 258	
Španělsko		12 192
Střední Amerika	1 139	1 975
Polsko	744	2 904

Obrázek 50: Porovnání investičních nákladů, v korunách, na výstavbu KČOV (Vymazal 2016).

16 VÝSLEDKY A PŘÍNOS PRÁCE

Výsledkem diplomové práce je bližší seznámení s druhy odpadních vod a s jejich likvidací v současné době. Popisuje možnost likvidace odpadních vod přírodě blízkým způsobem v kořenových čistírnách na podkladě literatury českých i zahraničních odborníků a současné legislativy. Je zde popsán princip, účinnost, a druhy kořenových čistíren. V jednotlivých částích jsou podrobně popsány vhodné rostliny, filtrační materiály i objekty potřebné pro fungování kořenových čistíren. Jejich možnost aplikovat je pro obce, které nejsou napojeny na kanalizační řád a likvidace odpadních vod si každý objekt likviduje sám.

V další části je dle současné legislativy dokumentována akutní potřeba řešení likvidace odpadních vod v obcích. V současné době jsou ve většině obcí odpadní vody odvedeny do jímek a septiků a je zde riziko, že dochází k nelegálnímu vypouštění odpadních vod. Tento stav bohužel není kontrolovatelný, prokazatelný a špatně postihnutelný. Jednotné kanalizace jsou ve velké většině obcí původní, a tak velmi staré. Tato situace nevylučuje riziko znečištění podzemních a povrchových vod. Je zde popsán návrh, jak lze odpadní vody účinně vyčistit alternativním způsobem a s minimálními provozními náklady v kořenových čistírnách.

V důsledku potřeby řešit likvidaci odpadních vod je zde navržena realizace kořenové čistírny v obci Dožice. Realizace čistírny pro obce je již zahrnuta v Plánu rozvoje vodovodů a kanalizací Plzeňského kraje. Proto je vhodné zvážit i alternativu kořenové čistírny. V dané obci se předpokládá vybudování i nové gravitační kanalizační sítě, s připojením většiny stávajících objektů, a stávající kanalizace by byla využita jako dešťová. Návrh ukazuje možnosti provedení realizace kořenové čistírny. Její realizací v navržené lokalitě nedojde ke snížení kvality krajinného rázu, zabezpečí kvalitu podpovrchových a povrchových vod a je v souladu s trvale udržitelným zdrojem obce. Tento záměr, likvidovat odpadní vody alternativním způsobem, by mohl být přínosem pro obce s menším počtem obyvatel, které zvažují pouze standartní způsob čištění.

17 DISKUZE

Kořenové čistírny odpadních vod se využívají v Evropě od poloviny 70. let 20. století a ve většině evropských zemí trvalo deset i více let, než byly akceptovány vodohospodářskými institucemi. Pro některé odpovědné pracovníky nebylo přijatelné, že systém, který pracuje bez elektrické energie a mechanických součástí, může dosahovat při odstraňování organických a nerozpuštěných látek stejného účinku jako „klasické“ čistírny odpadních vod. Například v Rakousku v období 1983-1995 bylo uvedeno kvůli silnému odporu úřadů pouze 50 kořenových čistíren. Poté, co úřady akceptovaly tento typ čistíren, jich bylo registrováno téměř 1400. Ve většině evropských zemí jsou v současné době kořenové čistírny akceptovány jako vhodný způsob čištění odpadních vod pro malé zdroje znečištění. Nejvíce těchto čistíren je v Německu, až na 50 tisíc, jsou využívány nejen po celé Evropě, ale i v chladnějších zemích jako je Norsko nebo Estonsko (Moderní obec 2022).

Pokud se rozhoduje o způsobu technologie čištění odpadních vod přinejmenším vhodné znát jakost a množství odpadních vod přitékajících na budoucí čistírnu. Nejdůležitějším parametrem pro dimenzování a výstavbu čistírny odpadních vod jejich množství a kvalita (Suhad A. A. A. N. Almuktar 2018).

Z pohledu dnešní legislativy je dnešní znečištění charakterizováno a posuzováno několika dílčími ukazateli. Mezi sledovanými ukazateli patří chemická spotřeba kyslíku ($CHSK_{cr}$), biochemická spotřeba kyslíku (BSK_5), nerozpuštěné látky (NL), amoniakální dusík ($N-NH_4^+$), fosfor (P_{celk}), vše dané nařízením vlády č. NV 401/2015. Kořenová čistírna si poradí se sníženými koncentracemi znečištění, které se vyskytují na jednotlivých kanalizačních systémech, ale i s vyššími koncentracemi znečištění např. z průmyslových areálů (Křiška a Němcová 2015). Mohou být ovšem využitelné i pro odstraňování znečištění povrchového odtoku z pozemních komunikací nebo ke snižování objemu produkce odpadních vod v zemědělství, k odstraňování těžkých kovů jako jsou železo, mangan, zinek, měď nebo olovo a můžeme je dokonce použít i k odstraňování takových znečišťujících látek, jako jsou pesticidy (Goulet & Pick, 2001; Mantovi a kol. 2002 2002). Pro odstraňování fosforu z odpadních vod nejsou obecně KČOV vhodné, protože fosfor je v KČOV odstraňován především adsorpcí a srážením ve filtračním loži, případně adsorpcí rostlinami (Vymazal 2004). Hlavní úlohou vegetace ve filtračním poli je asimilovat

živiny do rostlinné biomasy a okysličovat substrát v blízkosti kořene rostliny. Makrofyta odstraňují znečišťující látky jejich přímou asimilací do své tkáně a poskytují tak povrchy a vhodné prostředí pro mikroorganismy pro transformaci živin a snížení koncentrací (Healy a kol. 2007).

Bezporuchový provoz kořenové čistírny je zcela závislý na provázanosti fyzikálních, chemických a biologických procesů a důležitá je také technologická kázeň. Nedostatečná kázeň je důsledkem drastického poklesu účinnosti čističek. Používání jakýchkoliv dezinfekčních prostředků je pro čistírny vysloveně nevhodné (Ansola a kol. 1995).

Dobře navržená kořenová čistírna může být řešením závlahy pozemků, estetickým přínosem, novým ekosystémem. V Thajsku si obecní kořenová čistírna vydělává na svůj provoz pěstováním okrasných květin v kořenovém poli (Rousseau a kol. 2008).

Před půl stoletím byl pro obyvatele našich obcí odpad organického původu hodnotným zdrojem živin pro hnojení orné půdy či luk. V dnešní době naše komunální odpadní vody zatěžují životní prostředí i rozpočty obcí. Látky, které se dříve zachycovaly a navracely zpět do půdy v uzavřeném koloběhu živin se dne odstraňují v nákladně budovaných čistírnách odpadních vod. Dříve nebo později bude každá obec, malá usedlost nebo i objekty rozptýlené zástavby, stát před rozhodnutím jakým způsobem čistit odpadní vody, zda standartním způsobem nebo variantami přírodních způsobů čištění. Budou to velké investice, které budou vyžadovat promyšlenou koncepci čištění odpadních vod a předprojektovou přípravu (Metodická příručka MŽP 2009).

Čištění odpadních vod může být pro obce do budoucna problém, protože stávající kanalizace jsou staré, netěsnící a díky tomu může prosakovat velké množství znečištěných látek do okolí. Vybudování nové kanalizace a čistírny odpadních vod je pro obce velmi finančně náročné a bez dotací nedosažitelné. Pokud ale dojde k realizaci, je především vhodné v dnešní době zvážit typ čistírny odpadních vod i s přihlédnutím na finanční nákladu jejího provozu. Ideální je využití matematického modelování návrh, který vychází z reálných situací. Realizace kořenové čistírny odpadních vod má své výhody i nevýhody. Provoz čistíren je sledován přes dvacet let a měření parametrů a výzkumu dochází k postupnému zdokonalování

konstrukčních řešení. V počátcích se čistírny budovaly výhradně s horizontálně kořenovými filtry, později vertikální filtry a v současnosti čistírny dosahují lepších parametrů než vyžaduje legislativa. V přípravném projektu je potřeba zvážit všechny možné varianty, dispoziční řešení kořenových filtrů, sorpční materiály nebo vhodné rostliny, aby výsledkem bylo řešení splňující veškeré požadavky na kvalitu vypouštěných vod. Čistírny mají velký potenciál pro čištění a hospodaření s odpadními vodami ve venkovských oblastech. S dobře připraveným projektem lze žádat o potřebné dotace. Nesmí zapomínat také na to, že kořenová čistírna odpadních vod je zajímavým prvkem v krajině a vytváří prostředí pro život řady rostlin a živočichů (Pavčina Hošková, III. 2022 in litt.).

18 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo formou rešerše přiblížit v rámci vědeckých a praktických poznatků nakládání s odpadními vodami v malých obcích k dosažení dobrého ekologického potenciálu. Blíže seznámit s možností čištění těchto vod v kořenových čistírnách a vytvořit návrh takovéto čistírny v obci Dožice.

V rešerši jsem blíže popsala druhy odpadních vod, jejich odvádění a čištění. Zpřehlednila jsem současnou legislativu v České republice, kde jsou uvedeny parametry potřebné pro dodržování vypouštění odpadních vod a parametry související s návrhem kořenové čistírny všude tam, kde stále schází splašková kanalizace. Rozebrala jsem jednotlivá konstrukční uspořádání a procesy probíhající v kořenové čistírnách, vegetaci v kořenových polích, filtrační materiál a související objekty.

V obci Dožice se nachází letitá dešťová kanalizace a do ní byly postupně různě zaústěny i splaškové vody z jímek a přepadů septiků. V prvopočátku byla tato kanalizace otevřená a postupem času, kdy si lidé zvelebovali své tzv. předzahrádky, se kanalizace po částech uzavřela. Nelze proto předpokládat, že je kanalizace plně nepropustná i v současné době. Z tohoto hlediska by byla potřeba vybudovat novou kanalizaci a k tomu čistírnu odpadních vod. Proto jsem v této práci navrhla alternativní možnost vybudování kořenové čistírny s dvěma variantami filtračních polí. Z enviromentálního i efektivního hlediska je řešení této čistírny pro obec velmi vhodné. Rozhodující jsou ovšem finanční prostředky. Obec by musela využít dotace

poskytované Ministerstvem zemědělství nebo nějaký dotační program Evropské unie.

Čištění odpadních vod je velmi důležitou složkou v ochraně životního prostředí, protože voda je nepostradatelnou potřebou člověka. Velká část vody odtéká jako odpadní a mnoho lidí si neuvědomuje, jak velký vliv má špatně vyčištěná voda vypouštěná do recipientu, na životní prostředí.

19 PŘEHLED LITERATURY

19.1 Tištěné zdroje

- Cílek, V., Just, T., Sůvová, Z., 2017: Voda a krajina – Kniha o životě s vodou a návratu k přirozené krajině. Dokořán, 200 s. ISBN 978-80-7363-837-5.
- Demek J., Mackovčín P. (eds.) a kol., 2006.: Zeměpisný lexikon ČR Hory a nížiny. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Praha, 590 str., ISBN 80-86064-99-9.
- Hlavínek, P., Mičín, J., Prax, P., 2003: Stokování a čištění odpadních vod. Brno, ČVUT v Brně, 283 s. ISBN 80-214-2535-0.
- Hlavínek, P., Mičín, J., Prax, P., Hluštík, P., Mířek, R., 2006: Stokování a čištění odpadních vod – modul 1, Stokování. Brno. Studijní opora. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Katedra Vodní hospodářství a vodní stavby FAST VUT v Brně.
- Jáglová, V., a kol., Odbor ochrany životního prostředí, 2009: Zneškodňování odpadních vod v obcích do 2000 ekvivalentních obyvatel – metodická příručka. Praha, Ministerstvo životního prostředí České republiky.
- Just, T., Fuchs, P., Písařová, M., 1999: Odpadní vody v malých obcích. Výzkumný ústav vodohospodářství T.G. Masaryka ve spolupráci s Agenturou ochrany přírody a krajiny ČR. Praha. ISBN 80-859000-31-9.
- Kabinet ŽP, ©1998: Sborník přednášek – Nové poznatky při řešení vegetačních kořenových čistíren. Brno.
- Kriška, M., Němcová, M., 2015: Metodická příručka pro povolování, návrh, realizaci a provoz. Kořenové čistírny odpadních vod. Vysoké učení technické. Brno.
- Kriška M., Šálek J., Pištěková M., 2012: Výzkum vhodných filtračních materiálů pro půdní filtry a vegetační kořenové čistírny. Acta environmentalica universitatis comeniana, Bratislava. 20 (1): 68-73.
- Malý, J., Malá, J., 2006: Chemie a technologie vody. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta stavební, 108 s.

- Mantovi P., Marmiroli M., Maestri E., Tagliavini S., Piccinini S., Marmiroli N., 2002: Application of a horizontal subsurface flow constructed wetland on a treatment of dairy parley wastewater, *Bioresources Technology*.
- Ministerstvo životního prostředí ČR, 2009: Zneškodňování dopadních vod v obcích do 2000 ekvivalentních obyvatel. Metodická příručka, Praha.
- Mlejnská E., Rozkošný M., Baudišová D., Váňa M., Wanner F., Kučera J., 2009: Extenzivní způsoby čištění odpadních vod. Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, Praha: 120 s.
- MŽP, 2017: Mokřady. Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha.
- OÚ Mladý Smolivec.
- Pytl V., a kol., 2004: Příručka provozovatele čistírny odpadních vod. Medium, Praha, ISBN 80-239-2528-8.
- OÚ Mladý Smolice, 2018: Publikace Dožice 1318-2018.
- Sojka J., 2004, Malé čistírny odpadních vod, ISBN 80-86517-80-2.
- Sojka, J., 2013: Čistírny odpadních vod pro rodinné domy. Praha, Grada Publishing, 95 s. ISBN 978-80-247-4504-6.
- Rousseau D., Lesageb E., Storyc A., Vanrollegheme P., Pauwc N., 2008: Constructed wetlands for water reclamation, *Desalination* 181–189
- Rozkošný M., Kriška M., Šálek J., 2010: Možnosti využití přírodních způsobů čištění odpadních vod a posouzení vlivu předčištění. *Vodní hospodářství* 5: 116–121.
- Rudolf E., 2007: Současná vodohospodářská legislativa a připravované změny. NOEL 2007 s.r.o., Brno: 189 s.
- Šálek J., Tlapák V., 2006: Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod. IC Ckait, Praha.
- Šálek J. a kolektiv, 2012: Voda v domě a na chatě. Grada, Praha.
- Vymazal J., 1995: Čištění odpadních vod v kořenových čistírnách. Enki, Třeboň.
- Vymazal J., 2004: Kořenové čistírny odpadních vod. Enki, Třeboň.
- Vymazal J., 2016: Kořenové čistírny odpadních vod-Využití ve světě, České republice a Plzeňském kraji, Krajský úřad Plzeňského kraje, odbor životního prostředí.

19.2 Internetové zdroje

- Ansola G., Fernández C., de Luis E., 1995: Short Communication: Removal of organic matter and nutrients from urban wastewater by using an experimental emergent aquatic macrophyte systém (online) [cit. 2022.20.03.], dostupné z <
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092585749500017D>>.

- Beránková, M., 2016: Odpadní voda – odpad nebo poklad? (online) [cit. 2022.150.03.], dostupné z <<https://www.vtei.cz/2016/04/odpadni-voda-odpad-nebo-poklad/>>.
- ČESKO, Nařízení vlády č. 23/2011., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, In. Ministerstvo životního prostředí ČR, c 2008–2012 Ministerstvo životního prostředí (online) [cit. 2022.20.02], dostupné z <<http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/categories?OpenView&Start=1&Count=30&Expand=2.1#2.1>>.
- De Martis G., Mulas B., V. a Marignani M., 2016: Can Artificial Ecosystems Enhance Local Biodiversity? The Case of a Constructed Wetland in a Mediterranean Urban Context (online) [cit. 2022.10.03], dostupné z <<http://europepmc.org/article/med/26894617>>.
- Gabriela Vacca a kol., 2005: Effect of plants and filter materials on bacteria removal in pilot-scale constructed wetlands (online) [cit. 2022.12.03], dostupné z <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135405000102#!>>.
- Grania, 2020: Kořenová čistírna s volnou hladinou (online) [cit. 2022.10.03], dostupné z <<http://grania.cz/korenove-cistirny-pruvodce-technologie/korenova-cistirna-s-volnou-hladinou/>>.
- Goulet R. R., Pick F. R., 2001: The effect of cattails (*Typha latifolia* L.) on concentrations and partitioning of metals in surficial sediments of surface-flow constructed wetlands (online) [cit. 2022.20.03], dostupné z <<https://www.researchgate.net/journal/Water-Air-and-Soil-Pollution-1573-2932>>.
- Haberl R., Perfler R., Mayer H., 1995: Constructed wetlands in Europe (online) [cit. 2022.20.02.], dostupné z <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0273122395006311>>.
- Healy MG., Newell J., Rodgers M., 2007: hHarvesting effects on biomass and nutrient retention in phragmites australis in a free-water surface constructed wetland in western ireland. *Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy* (online) [cit. 2022.20.03], dostupné z <<https://doi.org/10.3318/BIOE.2007.107.3.139>>.
- Kořenovky.cz, 2020 (online) [cit.2022.14.03], dostupné z <<http://www.korenova-cisticka.cz/korenovky-v-mediich.html>>.

- Kriška M., 2014: Domovní vegetační čistírny. Sborník k semináři ASIO, spol. s r.o. „Čištění komunálních vod od A do Z ... aneb ABECEDA novinek“ (online) [cit. 2022.10.03], dostupné z < <http://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/11260-domovni-vegetacni-cov>>.
- Lapáky písku, 2022: (online) [cit. 2022.10.03], dostupné z <<http://www.ekomonitor.cz/vyrobky/lapaky-tuku>>.
- Luederitz V., Eckert E., Lange-weber M., Lange A., Mgersberg R., 2001: Nutrient removal efficiency and resource economics of vertical flow and 65 horizontal flow constructed wetlands, Ecological Engineering (online) [cit. 2022.10.03], dostupné z <[https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(01\)00075-1](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(01)00075-1)>.
- Luna Al Hadidi, 2021: Constructed wetlands a comprehensive review (online) [cit. 2022.23.03], dostupné z <<https://www.granthaalayahpublication.org/journals/index.php/granthaalayah/article/view/4176/4302>>.
- Masi, F., Martinuzzi, N., Bresciani, R., Giovannelli, L., Conte, G., 2006: Tolerance to hydraulic and organic load fluctuations in constructed wetlands. (online) [cit. 2022. 103.03], dostupné z <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17802836/>>.
- Plzeňský kraj, 2022: Dotační program Variantní studie odkanalizování obcí a zásobování pitnou vodou 2022 (online) [cit. 2022.25.03], dostupné z <https://www.plzensky-kraj.cz/dotacni-program-variantni-studie-odkanalizovani-o-7>>.
- Polák P., 2011: Kořenové čistírny odpadních vod – ekonomika výstavby a provozu (online) [cit. 2022.12.03], dostupné z <<https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/7839-korenove-cistirny-odpadnich-vod-ekonomika-vystavby-a-provozu>>.
- Scholz, M., Jing Xu, 2002: Performance comparison of experimental constructed wetlands with different filter media and macrophytes treating industrial wastewater contaminated with lead and copper (online) [cit. 2022.10.03], dostupné z <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852401002103>>.

- Sieker F., 2007: Dezentrale naturnahe Regenwasserbewirtschaftung unter dem besonderen Aspekt der Hochwasservorsorge (online) [cit. 2022. 12. 03.], dostupné z <<https://www.sieker.de/de/home.html>>.
- Solano, M.L., Soriano, P., Ciria, M.P., 2004: Constructed Wetlands as a Sustainable Solution for Wastewater Treatment in Small Villages (online) [cit. 2022.10.03], dostupné z <(PDF) [Constructed Wetlands as a Sustainable Solution for Wastewater Treatment in Small Villages \(researchgate.net\)](#)>.
- Song, Hai-Liang a kol., 2018: Vertical up-flow constructed wetlands exhibited efficient antibiotic removal but induced antibiotic resistance genes in effluent, Chemosphere, Volume 203, Pages 434-441, ISSN: 0045-6535 (online) [cit. 2022.10.03], dostupné z <<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.04.006>>.
- Suhad A. A. A. N. Almuktar, Suhail N. Abed & Miklas Scholz, 2018: Wetlands for wastewater treatment and subsequent recycling of treated effluent (online) [cit.2022.11.01.], dostupné z <[https://link.springer.com/arti\(cle/10.1007/s11356-018-2629-3](https://link.springer.com/arti(cle/10.1007/s11356-018-2629-3)>.
- Šálek, J., a kol., 2013: Vegetační kořenové čistírny (online) [cit. 2022.10.03], dostupné z <<https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/10058-vegetacni-korenove-cistirny>>.
- Škřípcová N., Závěská D., 2013: Výhody i úskalí kořenové čističky odpadních vod (online) [cit. 2022.12.03], dostupné z <<https://homebydleni.cz/zahrada/rady-a-tipy/vyhody-i-uskali-korenove-cisticky-odpadnich-vod/>>.
- Ying Fan a kol., 2021: Can constructed wetlands be more land efficient than centralized wastewater treatment systems? A case study based on direct and indirect land use (online) [cit. 2022.12.02.], dostupné z <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720383741>>.
- Water, 2011 (online) [cit.2022.11.01], dostupné z <<https://www.worldbank.org/en/topic/water/overview#1>>.
- Vymazal J., 2022: Nejvíce kořenových čistíren je v malých obcích (online) [cit. 2022.25.03], dostupné z <https://moderniobec.cz/nejvice-korenovych-cistiren-je-v-malych-obcich/>>.

20 PŘEHLED OBRÁZKŮ

- Obrázek 1: Specifická produkce znečištění s_o odpadních vod v g. os⁻¹.den⁻¹ (ČSN 75 6401, 75 6402).
- Obrázek 2: Schéma centralizovaného systému odvádění a čištění odpadních vod s jednotnou kanalizací (Just, Fuchs, Písařová 1999).
- Obrázek 3: Schéma centralizovaného systému odvádění a čištění odpadních vod s oddílnou kanalizací (Just, Fuchs, Písařová 1999).
- Obrázek 4: Schéma prvků decentralizovaného systému nakládání s odpadními vodami (Just, Fuchs, Písařová 1999).
- Obrázek 5: Rozdělení umělých mokřadů (online) [cit. 2022.21.03], dostupné z <https://www.vtei.cz/2016/04/navrhove-parametry-provozni-zkusenosti-a-moznosti-intenzifikace-umelych-mokradu/>.
- Obrázek 6: Emisní standardy z NV 401/2016 Sb. pro čistírny odpadních vod v mg/l podle počtu EO.
- Obrázek 7: Hrubé česle ručně stírané, jemné česle (online) [cit.2022.15.02], dostupné z <https://www.asio.cz/cz/as-cesle>.
- Obrázek 8: Náčrt hrubých a jemných česlí (online) [cit.2022.15.02.], dostupné z <http://mve.energetika.cz/vodnidilo/cesle.htm>.
- Obrázek 9: Česle a horizontální lapák písku a šterku na KČOV Petrovice u Havlíčkova Brodu (vlevo) a ve Skleném u Žďáru nad Sázavou (vpravo). Na levé straně je ukázka dobře provozovaného lapáku, vpravo ukázka lapáku bez řádné údržby, foto Jan Vymazal (online) [cit. 2022.20.02.], dostupné z <https://docplayer.cz/19042760-Korenove-cistirny-odpadnich-vod.html>.
- Obrázek 10: Lapák tuků (online) [cit. 2022.20.02], dostupné z <http://www.ekomonitor.cz/vyrobky/lapaky-tuku>.
- Obrázek 11: tříkomorový septik (online) [cit. 2022.20.02], dostupné z <https://www.stavebninyx.cz/septiky-vse-co-jste-chteli-vedet.html>.
- Obrázek 12: Štěrbínová usazovací nádrž komunální kořenové čistírny (online) [cit. 2022.02.03.], dostupné z <https://www.vtei.cz/en/2015/12/quality-of-sludges-and-wastes-from-household-and-small-wastewater-treatment-plants-and-their-utilization-in-agriculture-management/>.

- Obrázek 13: Biologické dočišťovací nádrže (online) [cit. 2022.02.03], dostupné z <<https://www.asio.cz>>.
- Obrázek 14: Rákos obecný
- Obrázek 15: Orobinec širokolistý
- Obrázek 16: Chrastice rákosovitá
- Obrázek 17: Skřípinec jezerní
- Obrázek 18: Kosatec žlutý
- Obrázek 19: Zblochan vodní
- Obrázek 20: Sítina rozkladitá
- Obrázek 21: Schéma kořenové čistírny s volnou hladinou (online) [cit. 2022.21.03], dostupné z <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352186420315613>>.
- Obrázek 22: Umělý mokřad s volnou hladinou (foto J. Vymazal).
- Obrázek 23: Kořenová čistírna s horizontálním průtokem (online) [cit. 2022.02.03], dostupné z <www.grania.cz>.
- Obrázek 24: Frakce štěrku DK – drcené kamenivo (online) [cit. 2022.02.03], dostupné z <<https://www.dumzahrada.cz/>>.
- Obrázek 25: Příklady využití kořenových čistíren s horizontálním průtokem pro čištění různých druhů odpadních vod (Vymazal 2016).
- Obrázek 26: Kořenová čistírna Němčovice (Vymazal 2016)
- Obrázek 27: Kořenová čistírna s vertikálním průtokem (online) [cit. 2022.03.03], dostupné z <www.grania.cz>.
- Obrázek 28: Frakce štěrku DK – drcené kamenivo (dumzahrada.cz).
- Obrázek 29: Kořenové čistírny v České republice podle návrhového počtu ekvivalentních obyvatel (EO) (Vymazal 2016).
- Obrázek 30: Ukázka vertikálních (vepředu) a horizontálních (vzadu) filtrů (archív ÚVHK).
- Obrázek 331: Příklady použití kořenových čistíren s vertikálním průtokem pro různé druhy odpadních vod (Vymazal 2016).
- Obrázek 32: Orientační náklady na výstavbu a provoz kořenové čistírny pro 150 ekvivalentních obyvatel (Polák, 2011).

- Obrázek 33: Orientační náklady na výstavbu a provoz kořenové čistírny pro 150 ekvivalentních obyvatel (Polák, 2011).
- Obrázek 34: Porovnání skutečných nákladů na kořenové čistírny s náklady na mechanicko biologické čistírny stejné velikosti (EO – ekvivalentní obyvatel) (online) [cit. 2022.03.03], dostupné z <<https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/7839-korenové-cistirny-odpadnich-vod-ekonomika-vystavby-a-provozu>>.
- Obrázek 35: Kořenové čistírny v České republice podle návrhového počtu ekvivalentních obyvatel (EO) (Vymazal 2016).
- Obrázek 36: Účinnost kořenových čistíren s vertikálním průtokem. PŘ = přítok (na filtrační pole), OD = odtok, n = počet KČOV, FC* = fekální (termotolerantní) koliformní bakterie (log₁₀KTJ/100 ml), Úč. = účinnost (Vymazal 2016).
- Obrázek 37: Poloha obce Dožice (online) [cit. 2022.03.03], dostupné z <<https://cs.wikipedia.org/wiki/Do%C5%BEice>>.
- Obrázek 38: Letecký snímek Dožice (online) [cit. 2022.03.03], dostupné z <<https://www.mladysmolivec.cz/soucasnost-dozice>>.
- Obrázek 39: Katastrální mapa Dožice (online) [cit. 2022.03.03], dostupné z <<https://www.cuzk.cz>>.
- Obrázek 40: Katastrální mapa Dožice s vodními toky (online) [cit. 2022.03.03], dostupné z <<http://prvak.plzensky-kraj.cz/>>.
- Obrázek 41: Využití půd v obci Dožice (online) [cit. 2022.03.03], dostupné z <<https://www.cuzk.cz>>.
- Obrázek 42: Klimatické charakteristiky zastoupených klimatických oblastí [cit. 2022.03.03], dostupné z <<https://www.cuzk.cz>>.
- Obrázek 43: Emisní standardy z NV 401/2016 Sb. pro čistírny odpadních vod v mg/l
- Obrázek 44: Podrobná hydrologická situace v obci Dožice(online) [cit. 2022.03.03], dostupné z <<https://www.cuzk.cz>>.
- Obrázek 45: Plánek kanalizace v Dožicích (OÚ Mladý Smolivec).
- Obrázek 46: Účinnosti jednotlivých čistících stupňů pro KČOV do 500EO (NV 401/2015 Sb.).

- Obrázek 47: Označení místa KČOV (online) [cit. 2022.03.03], dostupné z <https://www.cuzk.cz>.
- Obrázek 48: Foto pozemku umístění KČOV Dožice (Foto P. Hošková 2022).
- Obrázek 49: Vrstvy horizontálního filtračního pole.
- Obrázek 50: Schéma kořenové čistírny, 1 – přívod odpadní vody, 2 – česle, 3 – štěrbínová nádrž, 4 – filtrační pole, 5 – recipient.
- Obrázek 51: Porovnání investičních nákladů, v korunách, na výstavbu KČOV (Vymazal 2016).

21 PŘEHLED TABULEK

- Tabulka 1
- Tabulka 2
- Tabulka 3: průměrná spotřeba vody v Dožicích

22 ZÁKON, VYHLÁŠKA, NORMA

- Směrnice 2000/06/ES, Rámcová směrnice o vodách
- Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 275/2013 Sb., kterým se mění zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č.185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů
- Zákonem č.183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním úřadu (stavební zákon), v platném znění
- Zákonem č.128/2000 Sb., o obcích (obecním řízení)
- Zákonem č.129/2000 Sb., o krajích (krajské řízení), ve znění pozdějších předpisů
- Česká technická norma ČSN 75 6402 Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel
- Česká technická norma ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky

- Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění pozdějších předpisů
- Nařízením vlády č. 262/2007 Sb. o vyhlášení závazné části Plánu hlavních povodí České republiky
- Nařízení vlády 203/2009 Sb., o postupu při zjišťování a uplatňování náhrady škody a postupu při určení její výše v územích určených k řízeným rozlivům povodní
- Nařízení vlády 143/2012 Sb., o postupu pro určování znečištění odpadních vod, provádění odečtů množství znečištění a měření objemu vypouštěných odpadních vod do povrchových vod
- Nařízení vlády č. 57/2016 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních
- Nařízení vlády č. 71/2003 Sb., o stanovení povrchových vod vhodných pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů a o zjišťování a hodnocení stavu jakosti těchto vod
- Vyhláška č. 590/2002 Sb., o technických požadavcích pro vodní díla
- Vyhláška č. 503/2006 Sb., o podrobnější úpravě územního řízení, veřejnoprávní smlouvy a územního opatření
- Vyhláška č. 450/2005 Sb., o náležitostech nakládání se závadnými látkami a náležitostech havarijního plánu, způsobu a rozsahu hlášení havárií, jejich zneškodňování a odstraňování jejich škodlivých následků
- Vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu, ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláška č. 432/2001 Sb., o dokladech žádosti o rozhodnutí nebo vyjádření a o náležitostech povolení, souhlasů a vyjádření vodoprávního úřadu
- Vyhláška č. 216/2011 Sb., o náležitostech manipulačních řádů a provozních řádů vodních děl
- Vyhláška č. 123/2012 Sb., o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových

- Vyhláška č. 20/2002 Sb., o způsobu a četnosti měření množství a jakosti vody