

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA
V PRAZE**

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ



**KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ
A ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ**

**VARIANTNÍ ŘEŠENÍ ČISTÍRNY ODPADNÍCH
VOD Z RODINNÉHO DOMU**

Bakalant: Nikola Krčanová

Vedoucí práce: Ing. Marcela Synáčková, CSc.

2015

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Nikola Krčanová

Vodní hospodářství

Název práce

Variantní řešení čištění odpadních vod z rodinného domu

Název anglicky

The variant solution Waste water treatment from the house

Cíle práce

Pro rodinný dům navrhnout variantní možnosti čištění odpadních vod. Provést návrh jednotlivých variant, zhodnotit výhody a nevýhody jednotlivých variant. Provést odhad investičních nákladů.

Metodika

Zásady pro zpracování:

1. Úvod
2. Cíle práce
3. Literární rešerše
4. Metodika
5. Popis řešené lokality
6. Variantní návrh čištění odpadních vod
7. Posouzení variant
8. Investiční náklady
9. Diskuze
10. Závěr
11. Použité zdroje
12. Přílohy

Doporučený rozsah práce

40 stran textu a přílohy

Klíčová slova

kořenová čistírna, septik, zemní filtr, anaerobní čištění odpadních vod, aktivační ČOV

Doporučené zdroje informací

- DOHÁNYOS M., KOLLER J. et STRNADOVÁ N., 2004 : Čištění odpadních vod. Vydavatelství VŠCHT, Praha, 177 s.
- GRADY C., Leslie P., 2011: Biological wastewater treatment. 3. vydání, Boca Raton : CRC Press
- HENZE M. – HARREMOES P. – ARVIN E., 2002: Wastewater treatment. Springer- Verlag, Berlin. Heidelberg – New York, 433 s.
- HLAVÍNEK P., MIČÍN J., PRAX P., 2001 : Příručka stokování a čištění. NOEL 2000, s.r.o., Brno, 251 s.
- CHUDOBA J., DOHÁNYOS M., WANNER J., 1991: Biologické čištění odpadních vod. SNTL, Praha, 465 s.
- PYTL V. a kol., 2004 : Příručka provozovatele čistírny odpadních vod. MEDIM s.r.o., Líbeznice u Prahy, 209 s.
- ŠÁLEK J., TLAPÁK V., 2006: Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod. 1. vyd. Praha: Informační centrum ČKAIT, 283 s. ISBN 80-86769-74-7
- ŠRYTR, P. a kolektiv, 1998: Městské inženýrství (1). ACADEMIA PRAHA 1998. 434s. ISBN 80-200-0663-X
- ŠVEHLA P., TLUSTOŠ P., BALÍK J., 2007 : Odpadní vody. ČZU, Praha, 142 s.
- VYMAZAL J., 1995: čištění odpadních vod v kořenových čistírnách. ENVI Praha, 146 s.
- Zákony, nařízení vlády, vyhlášky a technické normy – v oboru čištění odpadních vod

Předběžný termín obhajoby

2015/06 (červen)

Vedoucí práce

Ing. Marcela Synáčková, CSc.

Elektronicky schváleno dne 3. 4. 2015

prof. Ing. Pavel Pech, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 8. 4. 2015

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan

V Praze dne 14. 04. 2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením paní Ing. Marcely Synáčkové, CSc. a v seznamu literatury uvádím veškeré použité publikace a ostatní zdroje, ze kterých jsem ve své práci čerpala.

V Praze dne 15.4.2015

.....

Nikola Krčanová

Poděkování

Touto cestou bych ráda poděkovala své vedoucí bakalářské práce paní Ing. Marcele Synáčkové, CSc. za laskavé a trpělivé vedení a s tím spojené užitečné rady při vypracovávání mé bakalářské práce.

V Praze dne 15.4.2015

.....

Nikola Krčanová

Název práce

Variantní řešení čištění odpadních vod z rodinného domu

Abstrakt

Bakalářská práce s názvem „Variantní řešení odpadních vod z rodinného domu“ se zabývá srovnáním variant čistíren odpadních vod na českém trhu, porovnáním jejich typických vlastností, předností a nevýhod a následným zpracováním dané problematiky. Cílem práce je navrhnout nejvhodnější variantu čistírny odpadních vod pro zvolený objekt. V počáteční rešerši se uvádí metody čištění odpadních vod, způsoby odstraňování organických látek a pojmenovávají se objekty na čistírnách. Dále je popsána řešená lokalita Nedamov. V praktické části jsou z předchozí rešerše vybrány nejvhodnější varianty ČOV a jsou aplikovány na danou lokalitu s ohledem na velikost, nákupní a provozní cenu a množství stavebních prací. Důležitým faktorem je kromě ceny výsledná účinnost čištění na odtoku z čistírny a také velikost zabrané plochy pozemku. Z těchto základních informací je na závěr zvolena nejvhodnější čistírna odpadních vod pro danou lokalitu.

Klíčová slova

Kořenová čistírna, septik, zemní filtr, anaerobní čištění odpadních vod, aktivační ČOV

Title

The variant solution Wastewater treatment from the house

Abstract

The bachelor thesis named „The variant solution Wastewater treatment from the house“ is based on comparison of wastewater treatment sludges options in Czech Republic, comparing of their typical features, advantages and negatives and elaborating of that issue at last. The goal is to design the best wastewater treatment sludge for the chosen building. At first it shows some methods of wastewater treatment, ways to eliminate an organic substances and it names objects at the wastewater treatment sludge. Next it shows the chosen locality called Nedamov.

The practical part of the thesis is about application of chosen sludges on the locality by size, full price and quantity of civil engineering work. The most important factor is effectiveness of cleaning and the price of course. Important subject is also a building area. The best variant of the wastewater treatment sludge in the area Nedamov is chosen at last.

Key words

Wastewater treatment wetlands, vegetative filter, anaerobic wastewater treatment, activated sludge

OBSAH

1	ÚVOD.....	1
2	CÍLE PRÁCE	2
3	METODIKA PRÁCE	2
4	ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD	3
4.1	HISTORIE ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD	3
4.1.1	Počátky čištění odpadních vod ve světě	4
4.1.2	Novodobá historie čistírenství.....	5
4.1.3	Vývoj kanalizace v Českých zemích.....	6
4.2	KVALITA VYČIŠTĚNÉ VODY	7
4.2.1	Stanovení organických látek v odpadních vodách – CHSK.....	8
4.2.2	Stanovení organických látek v odpadních vodách – BSK ₅	9
4.2.3	Stanovení nerozpuštěných látek v odpadních vodách – NL.....	9
4.2.4	Odbourávání dusíku a fosforu	9
4.3	MNOŽSTVÍ ODPADNÍCH VOD	10
4.3.1	Výpočet průtoku biologickou částí ČOV	11
4.4	ROZDĚLENÍ ODPADNÍCH VOD	12
4.4.1	Splaškové vody	12
4.4.2	Čistírenské kaly	13
4.4.3	Kejda	14
4.4.4	Srážkové vody.....	14
5	KLASICKÉ ZPŮSOBY ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD	15
5.1	MECHANICKÉ ČIŠTĚNÍ	15
5.2	BIOLOGICKÉ ČIŠTĚNÍ	18
5.2.1	Aerobní způsoby čištění odpadních vod.....	18

[Zadejte text.]

5.2.2	Anaerobní způsoby čištění odpadních vod	19
5.2.3	Kombinace aerobních a anaerobních procesů.....	19
5.3	CHEMICKÉ ČIŠTĚNÍ	23
6	MODERNÍ ZPŮSOBY ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD	24
6.1	MECHANICKO – BIOLOGICKÉ ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD	24
6.1.1	Aktivace - aerobní čištění odpadních vod.....	25
6.1.2	Biologické filtry	26
6.1.3	Rotační biofilmové reaktory	26
6.2	PŘÍRODNÍ ZPŮSOBY ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD	27
6.2.1	Přednosti přírodních způsobů čištění odpadních vod	29
6.2.2	Nevýhody přírodních způsobů čištění odpadních vod	29
7	ZPŮSOBY LIKVIDACE ODPADNÍCH VOD Z DOMÁCNOSTÍ (1-50 EO)	30
7.1	BEZODTOKOVÉ JÍMKY (ŽUMPY)	31
7.2	MALÁ ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD	32
7.2.1	Domovní čistírny s biodisky (bioreaktory).....	33
7.2.2	Aktivační ČOV	34
7.3	SEPTIK	36
7.4	ZEMNÍ PÍSKOVÝ FILTR	37
7.5	KOŘENOVÉ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD	38
7.5.1	ZEMNÍ INFILTRAČNÍ SYSTÉM.....	40
8	REALIZACE STAVBY ČOV PRO OBJEKTY DO 50 EO	40
8.1	PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE	41
8.2	VÝBĚR DODAVATELE ČOV	41
8.3	STAVEBNÍ POVOLENÍ	42
8.4	REALIZACE DÍLA.....	42
8.4.1	Umístění ČOV	43

[Zadejte text.]

8.4.2	Instalace ČOV	43
8.4.3	Provoz a obsluha ČOV.....	44
8.4.4	Kolaudace ČOV a uvedení do trvalého provozu	45
9	POPIS ŘEŠENÉ LOKALITY	46
9.1	OBEČNÝ POPIS LOKALITY	46
9.2	ZAŘAZENÍ LOKALITY DLE ODBORNÉHO HLEDISKA.....	47
9.2.1	Geomorfologie, pedologie, klimatologie	47
9.2.2	Geologie	47
9.2.3	Hydrogeologické poměry	48
10	VARIANTNÍ NÁVRH ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD	48
10.1	BEZODTOKOVÁ JÍMKA (ŽUMPA)	49
10.1.1	Vlastní návrh bezodtokové jímky	50
10.2	BIOLOGICKÝ SEPTIK.....	51
10.2.1	Vlastní návrh biologického septiku	51
10.3	AKTIVAČNÍ ČISTÍRNA.....	52
10.3.1	Vlastní návrh aktivační ČOV	52
10.4	DOMOVNÍ ČISTÍRNA S BIODISKY	54
10.4.1	Vlastní návrh biodiskové ČOV	54
10.5	HORIZONTÁLNÍ KOŘENOVÁ ČISTÍRNA	55
11	POSOUZENÍ VARIANT	57
12	INVESTIČNÍ NÁKLADY	58
12.1	ZABUDOVANÁ JÍMKA (ŽUMPA).....	59
12.2	SEPTIK SE ZEMNÍM FILTREM	60
12.3	AKTIVAČNÍ NÁDRŽ	61
12.4	DOMOVNÍ ČISTÍRNA S BIODISKY	62
12.5	HORIZONTÁLNÍ KOŘENOVÁ ČISTÍRNA	63
13	DISKUZE.....	64

[Zadejte text.]

14 ZÁVĚR	65
15 LITERATURA A POUŽITÉ ZDROJE	67
16 PŘÍLOHY.....	71
16.1 PŘÍLOHA 1	72
16.2 PŘÍLOHA 2	78
16.3 PŘÍLOHA 3	80
16.4 PŘÍLOHA 4	83
16.5 PŘÍLOHA 5	85
16.6 PŘÍLOHA 6	92
16.7 PŘÍLOHA 7	93

1 ÚVOD

Voda je nedílnou součástí života na Zemi. Celková vodní plocha zabírá přibližně tři čtvrtiny zemského povrchu a skládá se z vody povrchové, podzemní, atmosférické a vody vázané v ledu. Avšak většinu vody na Zemi (97,39%) tvoří voda v oceánech a mořích. Oproti tomu voda sladká činí pouhých 2,77%, z toho pro člověka je dostupných jen 0,34%. Počet lidí, nemajících přístup k pitné vodě, se s měnícími se klimatickými podmínkami stále zvyšuje. Předpokládá se, že do roku 2030 bude téměř polovina světové populace žít v oblastech s obtížným přístupem k pitné vodě.

Navzdory stále se zmenšujícímu množství pitné vody na naší planetě je tato voda využívána prakticky všude. Pitnou vodu využíváme nejen k pití, ale ve většině domácností také na mytí, praní, umývání nádobí, zalévání a v neposlední řadě ke splachování na WC. Veškerá tato voda pak z domácností odtéká pryč, v dnešní době nejčastěji do kanalizace a následně na čistírnu odpadních vod (ČOV).

Produkce odpadů, pramenící z běžného života člověka, je nevyhnutelná. Všechny tyto odpady jsou v konečné fázi odváděny jako odpadní vody. Kvantita i kvalita vody jsou určovány mnoha faktory a ani lidé ani průmysl neprodukují vždy stejné množství odpadu. Množství a druh odpadů závisí na chování, životním stylu a standardu obyvatel, stejně tak jako na technické a právní vybavenosti obývaného objektu. Většina domovních odpadů končí jako tuhá tělesa nebo tekutý odpad, a právě zde se naskýtá varianta, vedoucí k významným změnám množství a skladby těchto dvou složek odpadů. Tedy možnost čištění odpadních vod. (Henze 2008)

V současnosti se stále více řeší ekonomické a ekologické hledisko čištění odpadních vod a účelné nakládání s takovými vodami v případě decentralizovaných staveb, tedy objektů individuálně stojících, zejména rodinných domů a rekreačních objektů.

[Zadejte text.]

Ve většině obcí bývá snaha vybudovat jednotnou stokovou síť s následným odvodem znečištěných vod na nejbližší čistírnu odpadních vod. Jsou ale i případy, jako konkrétně v této práci řešený objekt, kde není možnost odvádění odpadních vod do stok, případně po předčištění do vodního toku. Jedná se o lokality vzdálené od obce nebo vodního toku, na nepřístupných místech či úplně na samotě. V těchto případech nezbývá, než se postarat o odpadní vody ze svého domova individuálně. Nejjednodušší variantou je vybudovat jímku neboli žumpu. V tomto případě je ale nutné se postarat o pravidelný odvoz kalu na čistírnu, což je v leckterých případech nereálné vzhledem k obtížné přístupnosti lokality. V takovýchto objektech nezbývá, než navrhnout vhodnou čistírnu odpadních vod, případně jiné alternativní řešení.

2 CÍLE PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je se pomocí rešerše seznámit s odbornou literaturou, zabývající se čistírnami odpadních vod (ČOV), porovnat dostupné typy čistíren pro rodinné domy, posoudit vhodnost jejich použití v případě konkrétního domu, zvážit finanční stránku věci a následně vybrat a realizovat nejvhodnější řešení.

První část práce se věnuje studiu podkladů z odborné literatury, zabývá se jednotlivými typy ČOV, následně srovnává jejich přednosti, upozorňuje na negativa a na základě získaných informací vyhodnocuje nejlepší možné varianty pro posuzovaný rodinný dům.

Ve druhé části se získaná data realizují na konkrétní parcelu, posuzuje se vhodnost výstavby ČOV v dané lokalitě, porovnávají se navržené varianty od nejschůdnějších po ty méně vhodné a v neposlední řadě se řeší reálné investiční náklady na stavbu.

3 METODIKA PRÁCE

Nejprve jsem si obstarala a přečetla dostupnou odbornou literaturu. Následně jsem si zvolila pracovní postup. Postup jsem zvolila rešeršní a s ohledem na získané vědomosti jsem podle odborné literatury a článků vypracovala teoretickou část.

[Zadejte text.]

V teoretické části jsem se snažila zpracovat problematiku čištění odpadních vod. Popsala jsem metody čištění odpadních vod, principy, na kterých čistírny pracují. Dále jsem zmínila způsoby odstraňování organických látek z odpadní vody a s důrazem na správnou terminologii jsem popsala jednotlivé objekty na čistírně a vysvětlila pojmy z oblasti čistírenství. Zdůraznila jsem rozdíly mezi aerací a čištěním bez přístupu kyslíku. Vyjmenovala jsem veškeré dostupné varianty čištění odpadních vod a osvětlila jejich funkci.

V další kapitole jsem se soustředila na domovní čistírny odpadních vod. Vyjmenovala jsem čistírny dostupné na českém trhu a soustředila se na jejich detailní popis včetně výpočtů zatížení a velikosti každé čistírny.

Poté jsem se soustředila na legislativu, popsala jsem postupy při výběru čistírny, dále jsem zdůraznila existenci právních předpisů, potřebných k výstavbě zvolené ČOV a popsala detailně cestu od výběru čistírny, přes stavební povolení, projektovou dokumentaci, až po kolaudaci stavby.

Následně jsem varianty zmíněné v teoretické části uvedla do praxe a začala vybírat nejvhodnější variantu na zvolenou lokalitu. Čistírny jsem porovnávala podle dostupnosti na trhu, velikosti zastavěné plochy, účinnosti na odtoku a na závěr také podle ceny. Uvažovala jsem počáteční kupní cenu čistírny, náklady na montáž a dopravu montérů, provozní náklady a nakonec spotřebu elektrické energie a následná servis čistíren.

V diskuzi jsem se zaměřila na detailní srovnání čistíren a porovnávala jejich přednosti a negativa s ohledem na místo umístění ČOV v dané lokalitě.

Dle výše zmíněných postupů jsem na závěr vybrala nejvhodnější variantu čistírny odpadních vod a obhájila svůj výběr.

4 ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

4.1 HISTORIE ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Největší rozvoj v oblasti čistírenství nastal překvapivě až ve 20. století našeho letopočtu, ačkoliv odpadní vody byly dlouho předtím považovány za potenciálně zdraví škodlivé a znepríjemňovaly život zejména ve větších městských aglomeracích.

[Zadejte text.]

Přitom už Staří Řekové (300 př.n.l. až 500 n.l.) věděli, jak nakládat s odpady. V ulicích byly vystavěny veřejné latríny, ze kterých byly exkrementy odváděny spolu s dešťovými vodami do kolektorů na okrajové části města. Odtud byly vedeny potrubím na zemědělská pole, kde byly tyto odpadní vody dále využívány k závlaze a hnojení plodin. (Henze 2008)

4.1.1 Počátky čištění odpadních vod ve světě

Již v období před 5000 lety se lidé zabývali odpadními vodami. Voda je důležitou součástí života, proto bylo nutné stavět si obydlí v její blízkosti. Ovšem na těchto místech se logicky hromadily odpady a exkrementy, tudíž bylo třeba se stále stěhovat na nová a nová místa. Prvním dokladem nakládání s odpadními vodami jsou jámy s kostmi a popelem, nalezené archeology v blízkosti tábořišť. (Synáčková 2014)

Nejstarší vodohospodářský plán na světě byl před skoro čtyřmi tisíci lety zosnován synem babylonského krále Chammurapiho, Samsuilunem. Součástí vypracovaného projektu byl vodovod pro Babylon, zavlažovací kanály zahrad Semiramidiných a regulace Eufratu, dále jezera, lázně, náhony pro vodní kola a další stavby.

Ještě před Babylonii, kolem roku 2510 před naším letopočtem, budovali v Mezopotámii a v protoindických městech, zde převážně kolem chrámového komplexu Mohendžo-Daru, speciální kanalizační systémy na odvádění odpadních vod. V Mezopotámii už dokonce v té době znali splachovací záchod, ze kterého se splachovaly fekálie přímo do kanalizace. Svou kanalizační síť si tou dobou budovali také sumerové, kteří uplatňovali jako první techniku valené klenby a při stavbě si pomáhali lešením. Ani Čína nezůstala pozadu, tam již v roce 2300 před naším letopočtem regulovaly veletoky Chuang-che a Jang-c-tiang. Používali k zavlažování vodní kola s průměrem až 11 metrů. Ve stejné době se v okolí řeky Indu v Pákistánu stavěla celá města s koupelnami v každém domě a funkční terakotovou (terakota je druh pálené hlíny) kanalizační sítí.

[Zadejte text.]

Na Krétě a Knóssu byly koupelny se splachovacími záchody kolem roku 1500 př.n.l. Mimoto zde již znali oddílnou kanalizaci, oddělovali dešťovou, povrchovou a splaškovou vodu. Splašky byly odváděny kamennou kanalizací do moře. Také v Římě se stavělo. První akvadukty jsou datovány kolem roku 305 př.n.l. (Broncová 2002)

Starověký Řím ale nejvíce proslavila jeho největší stoka Cloaca maxima, vybudována v 6. století před naším letopočtem. Stoka vedla středem římské metropole a i z dnešního pohledu je jasné, že tehdejší znalosti a dovednosti stavitelů museli být na vysoké úrovni. (Hlavínek a kol. 2001)

4.1.2 Novodobá historie čistírenství

Čištění odpadních vod byl ještě před rokem 1900 prakticky neznámý pojem. Čistilo se pouze závlahou odpadními vodami v oblasti zemědělství. Alternativou byla takzvaná chemická precipitace, tedy přeměna odpadních vod na hnojivo a následná aplikace do půdy. Avšak ani jeden z těchto způsobů se neosvědčil. (Hlavínek a kol. 1996)

Nejrychleji se rozvíjelo čistírenství v zemích, které se v 19. století nejvíce potýkaly s rostoucím průmyslem a koncentrací obyvatelstva, zejména tedy v Anglii a Americe. Opakované epidemie nemocí a zvýšené nároky na spotřebu vody vedly k nutnosti systematicky se zabývat kvalitou a využíváním povrchové vody a jejím vlivem na podzemní vodu. V roce 1865 byla založena první Royal Commission on River Pollution, která posléze vydala zákon na ochranu řek před znečištěním. (Sojka 2013)

O konečné rozřešení otázky efektivity čištění se zasloužil v roce 1870 sir Erwin Franklin, který stanovil základní principy filtrace přes půdu, od kterých byla vyvinuta moderní praxe čištění odpadních vod. (Hlavínek a kol. 1996)

Nejstarším inženýrským řešením likvidace odpadních vod je biologické čištění pomocí skrápěných biofiltrů, které bylo poprvé použito na počátku 20. století na základě ustanovení komise Roayl Commission on Sewage Disposal, založené v roce 1898. V tehdejší Rakousku-Uhersku byl uveden do provozu biofiltr pro město Mödling nedaleko Vídně (1904) a biofiltr v lázních Jáchymov (1910).

[Zadejte text.]

Legislativně zásadním posunem bylo stanovení britských královských standardů pro kvalitu vypouštěných vod, což bylo 30 mgNL/l a 20 mgBSK₅/l. Zlomem ve vývoji čistírenských technologií pak bylo objevení principu biologického čištění odpadních vod pomocí aktivovaného kalu v roce 1914 pány Lockettem, Ardernem a Fowlerem. (Sojka 2013)

4.1.3 Vývoj kanalizace v Českých zemích

Známým příkladem z historie je takzvaný hradní prevét, tedy suchý záchod, umístěný tak, aby z něho fekálie dopadaly na hradby, a znemožňovaly tak útočníkům dobývání hradu. Na hradě Kostí se stále ještě vyskytuje kuchyňská jímka, vedoucí kanalizačním žlábkem na hradby a sloužící ke stejnému účelu jako již zmiňovaný prevét. Na hradě Buchlov zase nalezneme nejstarší pánský pisoár.

Ve středověkých ulicích žádná kanalizace nebyla, vedly tudy pouze otevřené příkopy, kam se vylévaly tekuté odpady. To dalo podnět k rychlému šíření různých nemocí, jako například moru.

Koncem 19. století se vodovody a kanalizace stavěly pouze pro měšťanské domy. (Broncová 2002)

První stoka u nás byla vybudována v rozmezí let 1818 a 1828 a byla dlouhá 44 kilometrů. Tím se samozřejmě zlepšily hygienické podmínky, avšak voda byla bez jakéhokoliv předčištění vypouštěna rovnou do recipientů a tím zhoršovala kvalitu vody v tocích obdobně jako ve zbytku tehdejší Evropy. Téma stokování se soustřeďovalo kolem Prahy a jeho průkopníkem byla sir William H. Lindley, který roku 1893 naprojektoval návrh na první moderní stokovou síť, zakončenou čistírnou odpadních vod, která je využívána dodnes. (Hlavínek a kol. 2001)

Lindleyův plán zahrnoval mimo jiné výstavbu kanalizační čistírny odpadních vod v Bubenci. Realizací tohoto projektu byla Praha výrazně v předstihu před ostatními Rakousko-Uherskými sídelními městy. (Sojka 2013)

Se vznikem republiky přišel velký rozmach obecních vodovodů, které vedly k dalšímu rozvoji měst a obcí a jejich průmyslu. Největší rozvoj ve 30. letech byl pozastaven hospodářskou krizí a k dalšímu vývoji došlo až po válce. Poté v rámci znárodnování přešly městské správy vodovodů do okresních správ.

[Zadejte text.]

Roku 1954 vznikla Ústřední správa vodního hospodářství a roku 1957 Krajská vodohospodářská služba, která zahrnovala nejen správu vodovodů a kanalizací, ale i správu vodních toků. Poté roku 1960 následovaly OVHS (Okresní vodohospodářská správa), OVAK (Okresní vodovody a kanalizace) a KVRIS (Krajská vodohospodářská rozvojová investiční střediska), která měla za úkol zabývat se projektovou a investiční činností v okresech, dále pak průzkumnou a laboratorní činností. (Broncová 2002)

Následně byla v letech 1965 – 1967 v Praze na Císařském ostrově vystavěna a uvedena do provozu největší aktivační čistírna ve střední Evropě. Poté následovalo přijetí zákona o vodách (1973) a v současné době jsou v ČR města nad 25 tisíc obyvatel z 95% zásobována vodou z vodovodů, 94% je odkanalizováno a 84% vyprodukovaných odpadních vod je čištěno.

4.2 KVALITA VYČIŠTĚNÉ VODY

Hlavním kritériem pro čistírnu odpadních vod je kvalita vyčištěné vody. Je třeba zvážit jak technickou, tak ekonomickou stránku věci. Nejprve musíme mít stanoven smysluplný územní plán, tak, aby se na jeho základě dalo případně v budoucnu dále stavět. Nejvyšší přípustné hodnoty množství vypouštěných odpadních vod a hodnoty jejich znečištění schvaluje vodoprávní úřad.

„Územní plány schvalují zastupitelstva obcí (územní plány obcí) nebo zastupitelstva krajů (územní plány tzv. velkých celků). Územní plány jsou tedy projevem dohody volených zástupců občanů a občané samotní mají právo proces územního plánování ovlivnit svými připomínkami. Aktuální územní plán musí být veřejně přístupný na příslušném obecním či krajském úřadě.“ (Sojka 2004)

[Zadejte text.]

„Při povolování vypouštění odpadních vod do vod povrchových je vázán (úřad pozn. autora) vyjadřujícími stav vody ve vodním toku, normami environmentální kvality, ukazateli a hodnotami přípustného znečištění povrchových vod, ukazateli a přípustnými hodnotami znečištění odpadních vod a náležitostmi a podmínkami povolení k vypouštění odpadních vod, včetně specifikací nejlepších dostupných technologií v oblasti zneškodňování odpadních vod a podmínek jejich použití, které stanoví vláda nařízením. Při povolování vypouštění odpadních vod do vod podzemních je vázán ukazateli vyjadřujícími stav podzemní vody v příslušném útvaru podzemní vody, ukazateli a hodnotami přípustného znečištění podzemních vod, ukazateli a přípustnými hodnotami znečištění odpadních vod a náležitostmi a podmínkami povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních, které stanoví vláda nařízením.“ (Vodní zákon 254/2001 Sb.)

Odpadní vody obsahují různé organické látky. Kvalitativní a kvantitativní stanovení jednotlivých sloučenin se neprovádí, protože je příliš zdlouhavé. Ojedinele se tímto způsobem stanovují určité skupiny látek, jako jsou například fenoly, těkavé mastné kyseliny a tenzidy. Pro ostatní skupiny se stanovuje skupina příbuzných látek pomocí jednoho standardu.

Používají se dvě hlavní metody; metoda vycházející z chemické oxidace se nazývá chemická spotřeba kyslíku (CHSK) a metoda založená na biochemické oxidaci kyslíku je známa jako biochemická spotřeba kyslíku (BSK). Tyto dvě skupiny se používají ve všech zemích a do budoucna by se měly sjednotit mezinárodně.

Kromě výše uvedených skupin existuje ještě další, stanovující obsah organického uhlíku (C_{org}). (Chudoba a kol. 1991)

4.2.1 Stanovení organických látek v odpadních vodách – CHSK

Chemická spotřeba kyslíku neboli oxidovatelnost znázorňuje míru obsahu látek schopných chemické oxidace. Stanovením CHSK se získá informace o sumární koncentraci organických látek. Výsledky se udávají v množství kyslíku ekvivalentnímu množství spotřebovaného oxidačního činidla a vyjadřuje se v mg/l nebo v kg/den.

[Zadejte text.]

Poměr chemické a biochemické spotřeby kyslíku vyjadřuje stupeň biologické rozložitelnosti organických látek. Nízké hodnoty poměru, tedy hodnoty menší než 2, značí přítomnosti snadno rozložitelných látek. Naopak vysoké hodnoty znamenají výskyt obtížně rozložitelných látek. Tento poměr je odlišný pro odlišné odpadní vody, například pro splaškové odpadní vody bývá obvyklá hodnota menší než 2. (Sojka 2013)

4.2.2 Stanovení organických látek v odpadních vodách – BSK₅

„Biochemická spotřeba kyslíku je definována jako množství kyslíku spotřebovaného mikroorganismy pro rozklad organických látek za aerobních podmínek.“ (Chudoba a kol. 1991)

Množství kyslíku je úměrné koncentraci přítomných biologicky rozložitelných organických látek. Látky biologicky nerozložitelné zde nejsou zahrnuty. BSK je tedy mírou obsahu pouze biologicky rozložitelných látek. V tom spočívá rozdíl mezi CHSK a BSK. (Chudoba a kol. 1991)

Standardně se BSK stanovuje za časový interval 5 x 24 hodin, proto označení BSK₅, a vyjadřuje se v mg/l nebo v kg/den. (Sojka 2013)

4.2.3 Stanovení nerozpuštěných látek v odpadních vodách – NL

Nerozpuštěnými látkami se uvažují pevné látky obsažené v odpadní vodě. Udávají se v mg/l nebo v kg/den a dělí se na usaditelné a neusaditelné. (Sojka 2013)

4.2.4 Odbourávání dusíku a fosforu

Obvykle se přítomnost anorganických látek ve vodě neřeší, protože není pro správnou funkci čistírny důležitá. Zvýšený obsah dusíku a fosforu ve vodách ale způsobuje intenzivní růst řas, sinic, vodního květu (eutrofizace) a dalších. Hranice výskytu těchto látek v odpadní vodě je dána koncentrací do 10 g/l. Při vyšší koncentraci se narušuje biologická čistitelnost těchto vod.

[Zadejte text.]

Dusík je v odpadních vodách ve formě jak organických sloučenin, tak anorganických (amoniak, dusitan, dusičitan). Převážnou většinu tvoří amonné soli. Amonné soli vázané na organické sloučeniny tvoří jen 60%. Obsah amonných sloučenin mimo jiné zvyšuje spotřebu kyslíku v odpadních vodách. Tomuto procesu se říká nitrifikace.

Množství dusíku v odpadních vodách se určuje v mg/l nebo v kg/den. Toto množství se vyjadřuje z celkového množství dusíku v odpadní vodě, které je dáno součtem obou forem dusíku ve vodě (anorganické i organické).

V této oblasti se lze setkat s pojmem „Kjeldahlův dusík“, což je součet všech koncentrací organického dusíku a anorganického amonného dusíku.

Fosfor se v odpadních vodách váže hlavně na pevné látky. Dochází k hydrolyze fosforu, který je lépe využitelný pro rostliny. Místa výskytu fosforu jsou zejména lidské výkaly, moč a prací prostředky. Eliminace fosforu v těchto odpadech je prakticky nemožná, respektive je možné jej odstranit z pracích prostředků, ale nedosáhne se tím požadovaného výsledku. Proto je důležité odpadní vody dokonale čistit a předcházet tak vstřebávání fosforu do půdy.

Obsah fosforu se počítá v mg/l a kg/den z celkového množství fosforu. (Sojka 2013)

Odstraňování fosforu lze provádět buď chemicky, nebo biologicky. ČOV bez primární sedimentace se navrhuje pro eliminaci fosforu biologickým způsobem. Účinnost biologického odstraňování bez přítomnosti sedimentace dosahuje až 75%, oproti tomu s přítomností primární sedimentace klesá na pouhých 40%. Chemicky se fosfor odstraňuje například simultánním srážením solí železa v aktivačních nádržích. V některých případech se dává také do třetího stupně předčištění. (Hlavínek a kol. 1996)

4.3 MNOŽSTVÍ ODPADNÍCH VOD

Specifické množství, tedy množství odpadní vody vyprodukované jedním obyvatelem (O) za den, závisí na stupni vybavenosti obce a domácností. V domácnostech se jedná o vodovody, přívod teplé vody, koupelnu, WC, myčku a další sociální vybavení. V našich podmínkách (ČR) se spotřeba pitné vody pohybuje v rozmezí 130 - 150 litrů na osobu za den a klesá s rostoucí cenou vody.

[Zadejte text.]

Množství vypouštěných odpadních vod se mění a nelze ho tedy přesně vysledovat, pouze statisticky určit. Za takzvanou průtokovou „špičku“ se považují ranní a večerní (maximální) průtoky, naopak minimum odpadní vody proteče v noci.

Pro dostatečnou kapacitu čistírny odpadních vod (ČOV) je třeba zohlednit všechny parametry, které ovlivňují návrhový přítok. Berou se v úvahu také jejich maxima a výhledové stavy. (Sojka 2004)

Oddílná soustava ČOV je dimenzovaná na průtok splašků ($Q_{spl.}$), u jednotné soustavy se ČOV dimenzuje na průtok: $Q_{max} > Q_{spl}$

Přítok na čistírnu je vždy větší než průtok biologickou částí ČOV a rozdíl mezi kapacitou biologické části a přítokem na čistírnu je uchováván v dešťové zdrži. Dimenzování zdrže může být hydraulické nebo objemové. Hydraulické dimenzování je závislé na předepsané době zdržení, kdežto objemové je funkcí průtoku přes biologickou část čistírny odpadních vod, redukované plochy povodí, intenzity mezního deště případně jiného čistírenského parametru.

4.3.1 Výpočet průtoku biologickou částí ČOV

Výpočet množství se provádí zvlášť pro odpadní vody od obyvatelstva, odpadní vody průmyslové a ze zemědělství a vody balastní.

U výpočtu odpadních vod od obyvatel je nejlepším způsobem vycházet z vody fakturované. Z tohoto množství se následně odečítá cca 20% na zalévání a čištění komunikací. Nedoporučuje se vycházet z prognóz spotřeby vody, jelikož tato voda se bude ještě dále snižovat instalací individuálních vodoměrů.

Průměrný denní průtok se získá vynásobením počtu obyvatel průměrnou produkcí odpadních vod na jednoho obyvatele:

$$Q_{dp} = Q_{24p} = O * q_{dp} \text{ [m}^3\text{/den]}$$

Maximální denní průtok se získá vynásobením průměrného denního průtoku koeficientem denní nerovnoměrnosti:

$$Q_{dm} = Q_{dp} * k_d (Q_{24m}) \text{ [m}^3\text{/den]}$$

Maximální hodinový průtok se získá vynásobením maximálního denního průtoku koeficientem maximální hodinové nerovnoměrnosti:

$$Q_{hm} = Q_{dm} * k_h / 24 \text{ [m}^3\text{/hod.]}$$

[Zadejte text.]

Minimální hodinový průtok se získá vynásobením průměrného denního průtoku koeficientem minimální hodinové nerovnoměrnosti:

$$Q_{\min} = Q_{dp} * k_{\min}/24 \text{ [m}^3/\text{hod.]}$$

Odpadní vody ze zemědělství a průmyslu se dělí na vody procesní a pro zaměstnance a spotřeba vody vychází z výrobního procesu. Vody pro zaměstnance se rozdělují na potřebu pro stravování (pití) a vodu na mytí. Průtoky dělíme na průtok denní Q_p [m³/den, m³/hod.], maximální hodinový průtok Q_m [m³/hod.], průměrný průtok za první směnu Q_{p1} [m³/hod.] a maximální hodinový průtok za první směnu Q_{m1} [m³/hod.].

Oproti tomu balastní vody se stanovují měřením nebo odhadem. V našich podmínkách se uvažuje 10 – 15% balastních vod z celkového množství. Balastní vody se určují průměrným průtokem Q_{Bp} [m³/den; m³/hod.].

Pro návrh biologické části čistírny je nutné nejprve vypočítat průměrný denní průtok Q_{dp} . Poté maximální denní průtok Q_{dm} , maximální hodinový průtok Q_{hm} a minimální průtok Q_{\min} .

$$Q_{dp} = Q_{odp} + Q_{pp} + Q_{Bp} \Rightarrow Q_{24p} \quad [\text{m}^3/\text{den}]$$

$$Q_{dm} = Q_{odm} + Q_{pp} + Q_{Bp} \Rightarrow Q_{24m} \quad [\text{m}^3/\text{den}]$$

$$Q_{hm} = Q_{ohm} + Q_{pp} + Q_{bp} \quad [\text{m}^3/\text{hod.}]$$

$$Q_{o24m} = Q_{pm(1)} + Q_{Bp} \quad [\text{m}^3/\text{hod.}]$$

$$Q_{\min} = Q_{omin} + Q_{Bp} \quad [\text{m}^3/\text{hod.}]$$

Na maximální hodinový průtok Q_{hm} se dimenzuje ČOV u splaškové kanalizace. U jednotné kanalizace se ČOV dimenzuje na maximální průtok, který je násobkem průtoku výpočtového $Q_{\max} = n * Q_v$.

4.4 ROZDĚLENÍ ODPADNÍCH VOD

4.4.1 Splaškové vody

Množství splašků se stanovuje přímým měřením, přibližně se určuje jako potřeba vody na obyvatele na den snižená o 10 - 20%, tedy o pravděpodobné množství použité na závlahu zeleně nebo mytí komunikací.

[Zadejte text.]

Výpočet průměrného bezdeštného přítoku se určí součtem odpadních vod z města, z průmyslu a balastních (cizích) vod:

$$Q_{24} = Q_{24M} + Q_{24P} + Q_B$$

Maximální bezdeštný přítok se vypočte ze vztahu:

$$Q_d = Q_{24m} * k_d + Q_{24P} * k_{dp} + Q_b$$

kde k_d je součinitel denní nerovnoměrnosti v obci (1,5 - 1,35 podle množství obyvatel) a k_{dp} v průmyslu.

Obdobně lze vypočítat maximální a minimální hodinový přítok:

$$Q_h = (Q_{24M} * k_d * k_h + Q_{24P} * k_{dp}) / 24 + Q_B$$

$$Q_{hmin} = (Q_{24M} * k_d * k_{hmin} + Q_{24P} * k_{dp} + Q_{Bmin}) / 24$$

kde k_h je součinitel maximální hodinové nerovnoměrnosti.

Množství odpadních vod se stanovuje v základních ročních obdobích pro deštná, bezdeštná a normální období. Při stanovování složení odpadních vod je třeba klást důraz na počáteční dešťový odtok a přívalové srážky. Silně znečištěné odtoky z přívalových dešťů se mohou podílet na zanesení filtračního lože.

Součástí splaškových vod jsou tzv. vody BALASTNÍ, neboli cizí. Tyto vody se dostávají do stokové sítě v důsledku netěsností, například staveb na stokové síti, a závisí mj. na výšce hladiny podzemní vody, jejím kolísání. Dále například na nedovoleném napojení drenážních vod atd. Balastní vody je třeba nevynechávat, protože ovlivňují funkci čistírny a zvyšují složení a množství splašků. (Šálek 2006)

4.4.2 Čistírenské kalý

Znalost množství čistírenských kalů, jejich složení a výskytů v čase, je podkladem pro řešení kalové problematiky. V praxi se obvykle používají hodnoty podle Imhoffa, ačkoliv průzkumem množství odpadních vod a kalů se zabývá více jedinců.

Složení kalů se určuje individuálně, vzhledem k různosti původu, a je třeba se soustředit především na výskyt těžkých kovů (arzén, kadmium, chrom, měď, rtuť, nikl, olovo, zinek).

[Zadejte text.]

Pro další práci s kaly je důležité znát poměr obsažené vody. Když je vyšší než 85%, je možné kal čerpat kalovými čerpadly a dopravovat potrubím. Při obsahu vody větší než 30% se jedná o kal pastovitý a při obsahu menším než 20% je kal sypký. (Šálek 2006)

4.4.3 Kejda

Kejdou je myšlena směs tuhých a tekutých výkalů a moči, s podílem vody a zbytků krmiva, případně s jinými nečistotami. Kejda se dělí na vepřovou, hovězí a drůbeží a je dále využívána k účelům závlah. V případě onemocnění zvířat je nutné ji sterilizovat, anebo zcela vyloučit ze závlahy. (Šálek 2006)

4.4.4 Srážkové vody

Srážkové vody přitékají jednotnou stokovou sítí na čistírnu odpadních vod, a tím zásadně ovlivňují jejich množství a složení. Přítok se stanovuje z obecného vztahu:

$$Q = \psi \cdot A \cdot i \quad [l/s]$$

kde ψ je součinitel odtoku, A plocha povodí [ha], i intenzita deště uvažované periodicity p [$l/(s \cdot ha)$], $p=1$ pro venkovské obce s jednotnou stokovou sítí.

Údaje o spadlých srážkách se získávají z pozorování na srážkoměrných stanicích, vybavených ombrografy, a jsou k dostání u Českého hydrometeorologického ústavu.

Srážkové vody obsahují určité množství těžkých kovů, a proto je jejich povrchový odtok z komunikací nevhodný k dalšímu užívání. Podle způsobu nakládání se srážkové vody dělí na čtyři skupiny. Odtoky z relativně čistých ploch, které nevyžadují další úpravu, odtoky z mírně znečištěných ploch (fyzikální a chemická úprava), silně znečištěné vody z komunikací a průmyslu (čistí se v kanalizačních čistírnách) a nakonec srážkové vody z jednotných kanalizací, které se oddělují na dešťových oddělovačích, vedou se do zdrží a teprve po dvacetiminutovém odsazení se odvádějí do recipientu.

[Zadejte text.]

Tyto vody je následně po upravení možné využívat jako užitkovou vodu v domácnostech (praní, splachování, napájení bazénů apod.), závlahu zelených střech ekologických domů nebo na zalévání zahrad, k mytí chodníků a proplachování stokové sítě, nebo lze srážkové vody uměle infiltrovat do podzemních vod. (Šálek 2006)

5 KLASICKÉ ZPŮSOBY ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Způsoby čištění odpadních vod dělíme na tři základní technologické postupy; mechanické čištění, biologické čištění a chemické čištění.

5.1 MECHANICKÉ ČIŠTĚNÍ

Mechanické čištění je nejjednodušší způsob čištění odpadních vod a spočívá v separaci znečištěných látek. Nejprve se oddělí hrubší materiál na česlích nebo v lapácích písku a následně se odstraní usaditelné látky pomocí sedimentace.

Tato metoda je ale samostatně nedostačující, koncentrace organického znečištění se sníží jen o 15-30%. Využívá se především k předčištění.

Rozlišuje se několik typů mechanických čistíren odpadních vod:

- septik,
- česle,
- lapáky písku,
- lapáky tuků a olejů,
- usazovací nádrže,
- štěrbinové nádrže.

Septik

Septiky jsou průtočné nádrže, tedy nádrže s přítokem a odtokem, kde se anaerobně rozkládají zachycené látky. (Sojka 2004)

[Zadejte text.]

Tyto jednoduché vyhnívací nádrže se používají k čištění odpadních vod zejména malých producentů, jednotlivých domů a skupin domů nebo v rekreačních zařízeních. Septik má jednu až tři komory a minimální účinný prostor je 3 m³. Často používanou variantou jsou biologické septiky, které mají oproti standardním mechanickým septikům lepší výsledky v oblasti čištění odpadních vod. (Šálek, 2006)

Některé zdroje řadí septiky mezi extenzivní (přírodní) čistírny odpadních vod. Nejde stoprocentně říci, že by to byl nesprávný údaj. Septiky jsou primárně mechanická tělesa, ale způsob nakládání s kalem v septiku lze považovat za extenzivní. Takže v zásadě můžeme řadit septiky do obou skupin.

Česle

Česle se podle rozestupu prutů v jejich mřížoví dělí na jemné nebo hrubé. Jemné česle slouží k zachycování jemných splavenin a mají šířku průliny 0,015 až 0,2 metrů. Hrubé česle se navrhují se šířkou průliny 0,5 nebo více metrů. Slon bývá nejlépe 45° a rychlost průtoku by neměla překračovat 1 m/s. (Šálek, 2006)

Nečistoty, které jsou zachycovány na česlích, se nazývají shrabky. Jejich podíl v odpadních vodách není velký, ale je podstatný z hlediska hygienického a estetického. Tématem diskuzí často bývá následné nakládání s těmito odpady. Nejčastěji jsou sváženy na skládky nebo komposty, v budoucnu se uvažuje také o spalování, ale spíše v případě velkých ČOV, neboť se jedná o energeticky náročnou záležitost. Také se řeší otázka následné zdravotní zavadnosti těchto spalin. (Sborník konference čištění komunálních OV, 1991)

Lapáky písku

Lapáky písku jsou primárně určeny k zachycování písku minerální povahy. Tyto lapáky jsou založeny buď na sedimentaci písčitých částic, nebo využívají odstředivé síly k oddělení částic. Dělí se na horizontální a vertikální. U horizontálních se rychlost průtoku obvykle pohybuje mezi 0,25 a 0,5 m/s a doba zdržení neklesá pod 30 sekund. Obvykle se užívá horizontálních šterbinových lapáků. Oproti tomu u vertikálních lapáků písku by nemělo překročit povrchové zatížení 1 m² za hodinu 180 m³. (Šálek, 2006)

[Zadejte text.]

Základ výběru správného typu lapáku písku určuje hloubka přiváděcího kanálu a poloha lapáku vzhledem k čerpací stanici. (Moloniewiczová a kol., 1983)

Lapáky tuků a olejů

Lapáky tuků a olejů se v technologickém schématu městských čistíren vyskytují jen málokdy. Když je potřeba z důvodů velkého množství tuků tento lapák zařadit, obvykle se buduje přímo u zdroje znečištění, aby se tyto odpady nedostaly do kanalizace. Tato zařízení mají za úkol usměrňovat proudění a díky dostatečně dlouhé době zdržení umožňují částicím tuku a oleje vyplout k hladině, kde se shromažďují a periodicky odstraňují. V běžném provozu úlohu lapáků tuků a olejů přebírají usazovací nádrže nebo provzdušňovaný lapák písku. (Sborník konference čištění komunálních OV, 1991)

Usazovací nádrže

Usazovací nádrže odstraňují z vody nečistoty pomocí sedimentace (usazování). Obdobně jako u lapáků písku se uspořádáním a zpomalením proudění docílí sedimentace částic požadované velikosti. Současně se vytváří podmínky pro sběr nečistot, plovoucích na hladině (tuky, oleje). Nádrže mají nejčastěji tvar válce nebo kvádrů a skládají se ze tří částí; z části vtokové, části odtokové a kalového prostoru. (Sborník konference čištění komunálních OV, 1991)

Štěrbínové nádrže

Štěrbínové nádrže se nejčastěji zařazují před přírodní způsoby čištění. Skládají se z usazovací a vyhnívací nádrže, které jsou od sebe odděleny štěrbinou. Nádrže mají buď kruhový, čtvercový, nebo obdélníkový půdorys a doplňují se nornou stěnou k zachycování tuků a olejů. Pro štěrbinové nádrže je zásadní minimální doba zdržení. Ta se vypočítá jako součin objemu sedimentačního prostoru vyjádřený v metrech krychlových s podílem hydraulické účinnosti (0,3) a návrhového průtoku ($\text{m}^3/\text{hod.}$). Objem vyhnívací nádrže se počítá z počtu připojených obyvatel a specifického objemu vyhnívacího prostoru na jednoho obyvatele ($0,135 \text{ m}^3$). (Šálek, 2006)

[Zadejte text.]

5.2 BIOLOGICKÉ ČIŠTĚNÍ

Základem pro všechny biologické stupně čištění je oxidačně – redukční biologická reakce. (Loosdrecht a kol. 2003)

V tomto případě se využívají k rozkladu organického znečištění mikroorganismy. Jedná se o složitý proces, který závisí na řadě dílčích faktorů (např. na množství kyslíku ve vodě, teplotě, hodnotě pH a typu znečištění). Organické znečištění se využívá ke stavbě nových buněčných celků.

„Předpokládá se odstranění úměrné poměru parametrů $BSK_5 : N : P$ (uhlík : dusík : fosfor) na přítoku 100 : 5 : 1. Znamená to, že na každých 5 mg dusíku (N) a 1 mg fosforu (P) může být odstraněno biologickou cestou 100 mg BSK_5 .“ (Sojka 2004)

Oproti mechanické čistírně odpadních vod je v případě biologického čištění rychlost odbourávání organického znečištění poměrně nízká. Je možné využívat postupové metody aerobní, anaerobní, anebo jejich kombinace.

5.2.1 Aerobní způsoby čištění odpadních vod

Biologické látky z odpadních vod jsou v aerobních čistírnách odstraňovány pomocí směsných kultur mikroorganismů za přístupu kyslíku. Částice jsou odstraňovány fyzikálními a fyzikálně – chemickými technologickými způsoby. Látky zachycené koagulačními nebo sorpčními procesy jsou buď enzymaticky štěpeny, nebo vytváří součást vloček a nárostů. (Milerski a kol. 2005)

Aerobní čištění odpadních vod se dělí na aerobní čištění směsnou kulturou ve vznosu neboli aktivaci a aerobní čištění směsnou kulturou v biofilmových reaktorech. (Chudoba a kol. 1991)

Aktivace

Aktivační čištění je nejstarší používaná kultivace mikroorganismů v nesterilních podmínkách. (Dohányos a kol. 1994)

Tento způsob čištění je založen na udržování mikroorganismů ve vznosu v aktivační nádrži pomocí pravidelného provzdušňování. Pomocí aerace je nádrž současně míchána a tím se dokonale propojují odpadní vody a aktivní kal.

[Zadejte text.]

Aktivace je nejběžnější způsob čištění odpadních vod a její hlavní přednosti spočívají ve snadné obsluze a v nízkých provozních nákladech. (Sojka 2013)

Biofilmové reaktory

Charakteristickou vlastností biofilmových reaktorů je kultivace biomasy formou nárostů (biofilmu), vyskytujících se na vhodném nosiči. Biofilmové reaktory se dělí podle typu nosiče na:

- skrápěné biofiltry,
- ponořené biologické kolony,
- rotační biofilmové reaktory,
- reaktory s kombinací kultivované biomasy.

5.2.2 Anaerobní způsoby čištění odpadních vod

Hlavní předností anaerobní (bezokyslíkové) technologie před aerobní (s přístupem kyslíku) spočívá v transformaci a zušlechťování odpadních organických látek do energeticky bohatého bioplynu. Jedná se o soubor dílčích, na sebe navazujících, biologických procesů, na kterých se podílí několik základních skupin mikroorganismů. Produkt jedné skupiny mikroorganismů se stává substrátem druhé a při jejich koordinované metabolické součinnosti rozkládá organické látky až na konečné produkty (metan, oxid uhličitý).

Anaerobní stabilizace (proces rozkladu organických látek) se využívá zejména v zemědělství, ale začíná se objevovat také v případech zpracování tuhého městského odpadu a ve velké míře také na skládkách.

Přednosti a negativa jsou dány charakterem tohoto procesu. Hlavní výhoda spočívá v produkci bioplynu a nízké energetické náročnosti. Dále v nízké produkci přebytečného kalu a v objemu biomasy, která je například oproti aktivačnímu procesu řádově vyšší.

Většina nevýhod této metody byla odstraněna, hendikepem však stále zůstává neschopnost odstraňovat ve velké míře amoniakální dusík. Tento problém bývá řešen přidáním jiné technologie, například aerobním dočištěním či fyzikálně – chemickým postupem. (Dohányos a kol. 1998)

5.2.3 Kombinace aerobních a anaerobních procesů

[Zadejte text.]

Princip kombinace anaerobních a aerobních procesů je založen na střídání dvou druhů mikroorganismů, anaerobních a aerobních. Celý proces funguje na přírodní bázi a mikroorganismy se střídají podle konkrétní situace. Když je znečištění veliké a nedostává se potřebného kyslíku, nasadí se anaerobní mikroorganismy a naopak.

Při čištění odpadních vod se tato kombinace realizuje ve dvou variantách. První varianta se užívá k vytváření anaerobních zón v aktivačních nádržích s cílem navodit proces zvýšeného odstraňování fosforu. Druhý případ je kombinace obou procesů ve dvoukalovém či vícekalovém systému, kde první kal je striktně anaerobní a jeho stáří se počítá v desítkách dnů a druhý kal je aerobní a zabezpečuje odstranění zbytkového znečištění, případně nitrifikaci či denitrifikaci. (Dohányos a kol. 1998)

Mezi biologické čistírny odpadních vod patří:

- půdní (zemní) filtry,
- vegetační kořenové čistírny – s horizontálním nebo vertikálním prouděním,
- vegetační kořenové čistírny druhé generace,
- stabilizační nádrže,
- aerobní biologické nádrže,
- anaerobní biologické nádrže,
- dočišťovací biologické nádrže.

Zemní filtr

Zemní neboli půdní filtry využívají porézního prostředí k zachycování a odstranění znečištění a navrhují se nejčastěji s vertikálním prouděním. Půdní filtry se využívají především k čištění a dočištění odpadních vod malých producentů, jedná se zejména o jednotlivé domy, skupiny domů, zařízení k rekreaci a podobně. Dále se používají k úpravě dešťových vod a k čištění znečištěných povrchových vod přitékajících z extravilánu. V zemních filtrech se dosahuje čistícího účinku pomocí porézního půdního prostředí, kde probíhají fyzikální, chemické a biologické čistící procesy. Půdní filtry dělíme podle různých kritérií, přičemž k zásadnějším patří rozdělení podle způsobu proudění vody, podle původu, prostorového uspořádání, převažujících čistících procesů a dalších kritérií. (Šálek 2006)

[Zadejte text.]

Vegetační čistírny první a druhé generace

Vegetační neboli kořenové čistírny odpadních vod patří mezi takzvané extenzivní (přírodní) čistírenské technologie. Jsou to, podobně jako zemní filtry, uměle vybudované mokřady osázené mokřadní vegetací. Nejběžněji se v „kořenovkách“ vysazuje rákos obecný, chrastice rákosovitá a orobince. Tyto čistírny mají definované filtrační prostředí, kde se využívá princip přírodní filtrace. V kořenových čistírnách proudí voda filtrem horizontálně nebo vertikálně. U domovních ČOV se běžně používají čistírny s horizontálním prouděním. Mokřady s horizontálním povrchovým odtokem jsou nenáročné technologie v rámci čištění odpadních vod. (Rozkošný 2010)

V návrhu moderních kořenových čistíren druhé generace se vychází ze získaných zkušeností jak s dříve stavěnými vegetačními čistírnami u nás, tak v zahraničí a z pozorování a nových výzkumů v této problematice. Nové návrhy zúročují získané zkušenosti zejména v oblasti uspořádání a provozu vegetačních kořenových čistíren, jejich účinnosti a širšího využití. (Šálek 2006)

Stabilizační nádrže

Stabilizační nádrže (rybníky) jsou považovány za nejjednodušší a nejlevnější zařízení pro biologické čištění odpadních vod. (Chudoba 1991)

Tyto čistírny se zároveň řadí spolu se zemními filtry a kořenovými čistírnami mezi přírodní způsoby čištění odpadních vod. Využívají samočistící procesy a fyzikální zákonitosti, probíhající ve vodním prostředí za přítomnosti vodní vegetace. Tyto nádrže se skládají z malých vodních nádrží, určených k úpravě vlastností vody, čištění, dočištění a krátkodobé akumulaci.

Nádrže se dělí do dvou skupin. První skupinu tvoří nádrže, upravující fyzikální vlastnosti vody a stabilizační biologické nádrže, upravující fyzikální, chemické a biologické vlastnosti vody.

K hlavním přednostem stabilizačních nádrží patří jednoduchost stavby, malé nároky na vybavení a energii, minimální obslužnost, možnost nárazového přetížení, schopnost účinně čistit většinu znečištěných vod, včetně odstraňování bakteriálního znečištění, a srovnatelné stavební náklady s mechanicko – biologickými čistírnami.

[Zadejte text.]

Nedostatky spočívají v závislosti na ploše a klimatických podmínkách, v nezbytnosti těžby biomasy, potřebě aerace v nevegetačním období a na možnosti kontaminace blízkých vod při případných haváriích.

Stabilizační nádrže nachází uplatnění v oblastech domovního (obecního) čištění, čištění splaškových odpadních vod hotelů a rekreačních objektů, dočišťování odpadních vod, v malých průmyslových závodech a k čištění dešťových vod. (Šálek 2006)

Aerobní nádrže

Aerobní biologické nádrže jsou určeny k čištění znečištěných povrchových vod a odpadních vod v aerobních podmínkách, to znamená ve vodním prostředí s dostatečným množstvím kyslíku. (Šálek 2006)

Čistící procesy probíhající v aerobních nádržích vyžadují velké množství kyslíku. Zdrojem kyslíku je přitékající povrchová voda, podzemní voda a částečně voda odpadní, zejména balastní. Dále kyslík získaný ze vzduchu a nakonec kyslík umělý, který se získává pomocí aerátorů. Mimoto se ve vegetačním období kyslík získává z řas a zelených vodních rostlin.

Potřebné účinnosti se u biologických způsobů čištění dosahuje pouze při čištění málo znečištěných odpadních vod, vzhledem k tomu, že kyslík se bere převážně z přírodních zdrojů. K dosažení vyšší účinnosti je potřeba přídavné aerace. Aerace se přidává zejména v zimním období, kdy nedochází k fotosyntéze.

Základními parametry při návrhu aerační čistírny je plocha, střední hloubka, doba zdržení a počet sériově připojených nádrží. (Šálek 2006)

Anaerobní nádrže

V anaerobních nádržích probíhá mikrobiální rozklad organického znečištění bez přístupu kyslíku a využívá zintenzivněných přírodních procesů, které v přírodě probíhají na dnech jezer a rybníků. (Sojka 2013)

Tyto biologické nádrže se dělí na nádrže průtočné, sedimentační a akumulací. (Šálek 2006)

[Zadejte text.]

Anaerobní čistírny odpadních vod je vhodné použít v případě malých rekreačních objektů, případně u víkendových chat. Tyto čistírny jsou málo nákladné, mají nulovou spotřebu elektrické energie a je možné je využívat přerušovaně. Na druhou stranu ale mají omezenou životnost filtrů, vysoký spád na filtru (0,9 - 1,2m) a jsou náročné na plochu. (Sojka 2013)

Volba typu anaerobního reaktoru závisí především na druhu a složení odpadních vod, jejich koncentraci a teplotě a na místních a ekonomických podmínkách. (Dohányos a kol. 1998)

Pod anaerobní čistírny spadají:

- reaktory se suspenzivní biomasou,
- biofiltry,
- rotační biofilmové reaktory,
- reaktory a agregovanou biomasou.

Dočišťovací nádrže

Problematické návrhu dočišťovacích nádrží se u nás zatím věnuje jen malá pozornost, přitom patří tyto nádrže k nejrozšířenějšímu způsobu využití malých vodních nádrží. Tvoří druhý stupeň biologického čištění a umísťují se pod čistírny odpadních vod. Starají se o odstranění zbylého organického znečištění a eliminaci mnoha nutrientů.

Dočišťovací nádrže se dělí na dočišťovací biologické nádrže, dočišťovací rybníky a ostatní malé vodní nádrže, které se podílejí na zvyšování jakosti vody.

K dočišťování se používají nádrže rybníčního typu a důraz je kladen zejména na promísení vyčištěné vody s přítokem do vodní nádrže. Zbytkové organické znečištění a nutrienty musí být rovnoměrně rozprostřeny po celé ploše nádrže.

Dočišťovací rybníky se často zároveň využívají k chovu ryb. (Šálek 2006)

5.3 CHEMICKÉ ČIŠTĚNÍ

V případě chemického čištění lze buď mísit koagulant s vodou (vznik vloček-chemického kalu), nebo srážet fosfor solemi hliníku nebo železa. Druhá metoda se nevyužívá u průmyslových odpadních vod. (Sojka 2004)

[Zadejte text.]

Speciálním případem je tzv. EXTENZIVNÍ (PŘÍRODNÍ) ČIŠTĚNÍ. Jedná se o přírodní způsob, kdy se vegetace podílí přímo na čistícím procesu. Probíhají zde samočistící procesy a dbá se především na tvorbu vhodných podmínek pro rozvoj mikroorganismů a uvolňování dusíku a fosforu na tvorbu biomasy. (Sojka 2004; Šálek 2006)

6 MODERNÍ ZPŮSOBY ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Moderní způsoby čištění odpadních vod jsou vesměs založeny na klasických způsobech, hlavně na mechanickém a biologickém čištění. Velké množství moderních čistíren odpadních vod nefunguje bez předchozího mechanického předčištění na česlích nebo v lapácích písku.

Propojení klasických metod s přírodními procesy je pro konečný výsledek čištění výhodné jak z praktického (funkčního) hlediska, tak z hlediska estetického a ekologického. Proto jsou tyto metody čištění odpadních vod stále více navrhovány a stavěny.

6.1 MECHANICKO – BIOLOGICKÉ ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Biologické čištění odpadních vod je v podstatě napodobenina procesů probíhajících v přírodě, jedná se pouze o zintenzivněné samočištění, jímž se tyto vody zbavují znečištění. (Chudoba a kol., 1991)

Při biologickém čištění odpadních vod se využívá procesů podmíněné činnosti mikroorganismů. Při výběru vhodného typu čistírny je zejména nutné se řídit místními požadavky. Tyto technologie jsou převážně dodávány jako kusové kontejnerové čistírny, certifikované podle normy EN 12566-3: Balené a/nebo na místě montované domovní čistírny odpadních vod.

Mezi nejběžnější typy řadíme:

- modifikace aktivačního procesu,
- biofiltry,
- biofilmové reaktory s přisedlou biomasou. (Sojka 2013)

[Zadejte text.]

6.1.1 Aktivace - aerobní čištění odpadních vod

„Aktivační a dosazovací nádrž tvoří ve spojení s recirkulací vráceného aktivovaného kalu jednotku aktivačního procesu. Účinnost tohoto procesu závisí na biologických a chemických procesech, odehrávajících se v aktivační nádrži, jakož i na separaci (usazování) aktivovaného kalu v dosazovacích nádržích.“ (ČSN EN 12255-6 2003)

Aktivační kalový proces je dnešní době široce využívaný jak v domovní oblasti, tak v průmyslu. Oproti filtraci se jedná o koncepčně velmi odlišný systém. Aktivační čistírna využívá hejna rozptýlených bakterií a volně žijících mikroorganismů, které se nasadí přímo do vody. Tento systém spoléhá na jednoduchost mikrobiální populace, která se mísí s odpadní vodou v bezkyslíkatém prostředí. S nedostatkem potravy a kyslíku mikrobi hladoví a tím zvyšují účinnost systému. Mikroorganismy jsou udržovány při životě provzdušňováním aktivační nádrže. Provzdušňováním nádrže se navíc dokonale promísí kal s odpadní vodou. (Gray 2004)

Aktivace sestává z aerované nádrže (reaktoru), kde dochází zároveň k čištění odpadní vody a k produkci kalu. Z reaktoru odtéká část vyčištěné vody a kalu do separační (dosazovací) nádrže, v níž se obě složky oddělí pomocí sedimentace. Vyčištěná voda jde dále do recipientu, anebo k dalšímu přečištění. Kal se vrací zpět do aktivační nádrže, aby nedošlo k deaktivaci kalu. V nádrži se standardně udržuje množství přibližně 2 - 5kg/m³ aktivovaného kalu. Mezi základní parametry patří zatížení kalu, jeho stáří, doba zdržení, spotřeba kyslíku a kalový index. Zatížením kalu se míní jeho hmotnostní podíl substrátu převedeného na 1 kg sušiny kalu za den:

$$B_x = (Q \cdot S) / V \cdot X \text{ [kg/(kg \cdot den)]}$$

kde Q je přítok odpadní vody [m³/den], S koncentrace vyjádřená parametrem BSK₅ [kg/m³], V je objem nádrže [m³] a X provozní koncentrace kalu [kg/m³]. (Sojka 2013)

Aktivace bývá často dělena na různé technologické modifikace (nízkozatížená, vysokozatížená, rychloaktivace apod.). Podle teorie reaktorů se ale člení na čtyři základní uspořádání:

- jednorázový systém,
- semikontinuální systém,
- kontinuální systém s postupným tokem,

[Zadejte text.]

- kontinuální systém s ideálním promícháváním (směšovací aktivace). (Dohányos a kol. 1994)

6.1.2 Biologické filtry

„V biologických filtrech jsou odpadní vody rozstříkovány nad jeho povrch, protékají dolů vrstvou náplně a dostávají se přitom do styku s biofilmem narůstajícím na povrchu elementů náplně. Vrstva náplně musí obsahovat průběžné otevřené prostory mezi jednotlivými elementy náplně, aby se umožnilo přirozené nebo nucené větrání. Vypouštěné vody jsou dále vedeny přes dosazovací nádrže za biologickým filtrem.“ (ČSN EN 12255-7 2003)

Tyto aerobní ČOV pracují na principu činnosti mikroorganismů, přisedlých na pevném podkladu, který nazýváme bionosič. Na bionosič se pomocí skrápěcího zařízení rozstříkuje odpadní voda.

Biologické filtry se skládají z technického předčištění, které probíhá nejprve v usazovací nádrži, v biofiltru a nakonec v dosazovací nádrži.

Součástí biofiltru je náplň z plastu nebo kamene. V této náplni se vytváří směsné kultury bioorganismů a ty následně rozkládají organické látky v odpadní vodě.

Účinnost biofiltru závisí na volbě náplně, tedy na materiálu účinné plochy, na objemu nádrže a na teplotě. Biofiltry jsou schopny odstranit až 90% BSK₅.

V ČR jsou biofiltry málo využívány. K vidění jsou například v SRN, Rakousku, Nizozemsku a USA. Jsou vhodné především pro trvale obydlené objekty.

Výhody biologických filtrů spočívají v nízkých nákladech na provoz a nenáročném obsluze. Nevýhodou je obtížné rovnoměrné rozdělení vody na biofiltr v případě malých nádrží, vysoký spád na filtru (0,9 – 1,2 m), možnost zanesení filtru při špatné funkci usazovací nádrže a také namrzání biofiltrů je velkým problémem.

6.1.3 Rotační biofilmové reaktory

[Zadejte text.]

„Rotační biofilmový reaktor sestává z disků nebo bloků náplně, které jsou upevněny na rotující hřídeli a částečně se ponořují do čištěných odpadních vod. Rotací přichází biofilm, narůstající na povrchu náplně, střídavě do styku s odpadními vodami a vzduchem a tím je zaručeno čištění odpadních vod.“ (ČSN EN 12255-7, 2003)

Informace o správném fungování ČOV se získávají z pozorování barvy a celkového vzhledu biomasy v reaktoru s aktivovaným kalem. Směs ve správně fungujícím bioreaktoru by měla mít hnědou barvu s malým množstvím bílé krustovité pěny na povrchu. Zemské zatuchlé aroma pak ukazuje na obvyklý produkt biologické degradace. Naopak černá barva nebo odér připomínající zkažená vejce značí nepřiměřenou aeraci. Přítomnost objemné vzdouvající se bílé pěny zase upozorňuje na zanedbání péče o kal. Pěna je výsledkem neúplné degradace detergentů (čisticích složek kalu), obsažených v odpadních vodách a/nebo produkci vnějších aktivních činitelů, plynoucí z rapidního růstu bakterií. (Grady a kol. 2011)

6.2 PŘÍRODNÍ ZPŮSOBY ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Přírodní způsoby čištění se nejvíce uplatňují při čištění splaškových odpadních vod jednotlivých domácností, hotelů, restauračních zařízení, objektů určených k rekreaci a u obcí do tisíce obyvatel. Dále k čištění průmyslových vod malých závodů, skládek komunálního odpadu, nízkozatížených organických znečištění v zemědělství, čištění povrchových vod a podobně. V neposlední řadě jsou vhodné k biologickému čištění odpadních vod po předchozím čištění v biologickém septiku.

Nevhodnými vodami k přírodnímu čištění jsou vody s vysokým obsahem organického znečištění, se zvýšeným výskytem tuků a olejů, extrémně kyselé důlní a průmyslové odpadní vody a také vody obsahující toxické látky, zejména s deriváty ropy, nadlimitním obsahem tenzidů, pesticidů a radioaktivních látek. (Šálek 2006)

Mezi přírodní způsoby čištění odpadních vod patří:

- vegetační čistírny (kořenové) – horizontální, vertikální,
- půdní (zemní) filtry – bez vegetace, s vegetací,
- zemní infiltrační systém.

Vegetační čistírny

[Zadejte text.]

Vegetační neboli kořenové čistírny jsou v poslední době značně populární. Využívají fyzikální, chemické a biologické samočistící procesy, probíhající v nasyceném porézním prostředí. Kořenové čistírny se skládají z hrubého předčištění a filtračního pole, proto se tyto čistírny obvykle zařazují následně za septiky nebo balené domovní ČOV. (Sojka 2013)

Kořenové čistírny se navrhují buď s vertikálním, nebo horizontálním prouděním vody. Na kořenové čistírny s vertikálním prouděním směrem dolů se přivádí odpadní vody na povrch, respektive lehce pod povrch čistírny. V období mrazu se přivádí do rozdělovacího potrubí, umístěného v nezámrazné hloubce. Čistírny s prouděním směrem nahoru jsou uspořádány obdobně. Odpadní vody se přivádí ke dnu vegetační čistírny do rozdělovacího potrubí a voda se filtruje směrem vzhůru a dále je odváděna podpovrchovým sběrným drénem, při celoročním provozu umístěném v nezámrazné hloubce.

U domovních ČOV se využívají častěji horizontální čistírny. V tomto případě tvoří čistírnu těsněná jímka, která je naplněna filtračním materiálem a osázena mokřadní vegetací, případně vlhkomilnými rostlinami. Odpadní voda se nejprve mechanicky předčišťuje a následně se rozdělí po celé ploše filtračního pole. Poté odtéká skrze půdní filtr do sběrného drenážního potrubí. (Šálek 2006)

Zemní filtry

Zemní filtr je obdoba kořenového pole, jen voda zde proudí na rozdíl od kořenové čistírny vertikálně. Jedná se o těsněnou zemní nádrž, která se vyplňuje filtračním materiálem. Oproti kořenovým polím je filtrační materiál v zemních filtrech jemnější, v praxi se často využívá písek.

Aby zemní filtr co nejlépe fungoval, je třeba navrhnout správný výškový rozdíl mezi přítokem a odtokem vody. Nezbytností správného fungování zemního filtru je rovnoměrné rozdělení odpadní vody po celé ploše filtru. Dále je důležitý přístup vzduchu do filtračních vrstev a částečně také tvar filtru. Nejčastěji se navrhuje tvar obdélníkový. (Rozkošný 2010)

Zemní infiltrační systém

[Zadejte text.]

Zemní infiltrační systémy jsou založeny na podobném principu jako systémy filtrační a umožňují pouze částečné čištění odpadních vod.

Odpadní vody, které projdou skrz infiltrační systém, jsou následně vypouštěny přímo do půdy nebo horninového prostředí. Tyto systémy se používají k vypouštění odpadních vod přes půdní vrstvy do podzemních vod a slouží pouze jako vsakovací prvek ČOV.

6.2.1 Přednosti přírodních způsobů čištění odpadních vod

V přírodních čistírnách se využívá samočisticích procesů, probíhajících ve vodním, mokřadním a půdním prostředí pomocí vhodně zvolené a vysazené vegetace. Dále se tyto čistírny příznivě začleňují do okolní krajiny, mívají poměrně jednoduché technologické provedení, nízké investiční a hlavně provozní náklady, minimální potřebu energie, možnost nárazového přetížení balastními vodami, schopnost kvalitně čistit hned po zahájení provozu a v neposlední řadě na sebe obsažené rostliny váží fosfor a dusík, a tím mnohem méně znečišťují životní prostředí.

Tyto čistírny jsou mimo jiné schopny snášet krátkodobé i dlouhodobé přerušení provozu, umí čistit i organicky nízko zatížené odpadní vody (mechanické neumí) a vyčištěná voda je následně vhodná k závlaze.

Přírodní čistírny jsou schopné fungovat i jako malé vodní nádrže, tedy jako regulátory odtoku vod, chrání před velkými vodami (v malém měřítku, horní části povodí) a ve formě mokřadů upravují mikroklima a utvářejí vodní a mokřadní biotopy.

6.2.2 Nevýhody přírodních způsobů čištění odpadních vod

Nevýhody přírodních způsobů čištění odpadních vod spočívají v novosti této metody a tudíž v nepropracovanosti biologického a technického uspořádání, neznalosti veškerých investorů a projektantů, nekvalitní obsluze apod. V současné době už je většina dřívějších nedostatků odstraněna a úroveň těchto metod se stále zlepšuje.

[Zadejte text.]

Dalším nedostatkem je absence jednoduchých a snadno přemístitelných nádrží na odkalování a obdobně je tomu i se zařízeními na odstraňování přebytečné biomasy z nádrží a jejího dalšího využití (například ke kompostaci).

Nevýhodou klasického uspořádání kořenových čistíren je nízká účinnost při odstraňování amoniakálního dusíku, jelikož v těchto čistírnách panují bezkyslíkaté poměry. Tento nedostatek byl zohledněn a uspokojivě vyřešen u kořenových čistíren druhé generace.

Provozním problémem neřízených mokřadů je také poměrně snadné zanášení erozními smyvy a neřízený vodní režim, zejména v oblastech s malým množstvím srážek.

Hlavní nevýhoda této metody ale spočívá v náročnosti na plochu. (Šálek 2006)

7 ZPŮSOBY LIKVIDACE ODPADNÍCH VOD Z DOMÁCNOSTÍ (1-50 EO)

Za odpadní vody z domácností se považuje pitná voda užívaná k mytí, vaření, praní a v neposlední řadě ke splachování na WC. Všechny tyto odpadní vody je třeba odvádět. Odpadní vodu lze vypouštět buď do veřejné kanalizace, nebo, v případě nemožnosti připojení na veřejnou kanalizaci, vystavět některou z níže uvedených možností:

- bezodtokovou jímku (žumpu),
- domovní čistírnu odpadních vod,
- septik se zemním filtrem,
- vegetační (kořenovou) čistírnu.

Výše zmiňované varianty využíváme s ohledem na životní prostředí v lokalitách, kde je finančně nevýhodné stavět kanalizační síť. V takové oblasti je výhodnější vystavět společnou čistírnu odpadních vod pro několik objektů, anebo vlastní čistírnu pro každý objekt zvlášť. Další variantou je akumulace odpadních vod v bezodtokových jímkách. Tato varianta je nejjednodušší a finančně nejmíň náročná, ale je třeba brát ohled na dostupnost lokality za účelem pravidelného vývozu obsahu jímek.

[Zadejte text.]

Speciální případy jsou objekty (např. rodinné domy) v chráněných oblastech nebo v oblastech zdrojů pitné vody. Zde je zvláště třeba brát ohledy na pravidelnost vývozu jímek. Vodotěsnost jímek není věčná a odpadní vody se tak mohou za nějakou dobu (několik let) snadno dostat například do blízkých zdrojů pitné vody a znehodnotit ji. (Sojka 2004)

7.1 BEZODTOKOVÉ JÍMKY (ŽUMPY)

V rodinných domech se standardně nachází vodovodní přípojka, WC a koupelna. Při zmíněném stupni vybavenosti uvažujeme se spotřebou vody 150 l/osoba/den a tedy například pro čtyřčlennou rodinu je potřeba navrhnout velikost žumpy 15-20 m³ při četnosti vyvážení 1krát za měsíc.

Není povoleno vypouštět obsah žumpy do vodních toků ani příkopů. Odvoz splašků vyjde do 25 km od nejbližší centrální ČOV na cca 1000 Kč/měsíc.

Žumpy se prodávají buď plastové, nebo betonové. Jímky z těchto materiálů mají zhruba stejnou pořizovací cenu, cca od 55-85 tisíc Kč. Méně stavebně náročná z výše jmenovaných je plastová jímka.

Jímka se ukládá do země, ve vzdálenosti minimálně 1 metr od nejbližší stěny budovy. Má nejlépe obdélníkový nebo kruhový půdorys a je vhodné dodržet sklon dna min. 2 %, aby se veškerý obsah dal snadno odčerpát. Součástí stavby by měl být minimálně jeden otvor 600 x 600 mm. V neposlední řadě je třeba dbát na to, aby případné průsaky při odčerpávání žumpy neohrožily místní vodní zdroje.

Výpočet velikosti žumpy:

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

kde n značí počet obyvatel na jednu jímku, q označuje specifickou spotřebu vody na obyvatele a t je interval vývozu jímky.

Použití bezodtokových jímek:

- objekty sloužící k rekreaci (bez vodovodů),
- objekty bez možnosti napojení na ČOV,
- objekty bez recipientu (příjemce),

[Zadejte text.]

- objekty těsně před napojením na centrální ČOV.

Výhody použití bezodtokových jímek:

- jednoduchost stavby (zejména plastové jímky),
- nezávislost na kanalizační síti (vhodná varianta pro objekty v odlehlých oblastech).

Nevýhody použití bezodtokových jímek:

- vysoká pořizovací cena,
- velké provozní náklady,
- nutnost zastavět poměrně velkou plochu parcely,
- zápach při vypouštění. (Sojka 2004)



Obrázek 1 - Schéma funkce bezodtokové jímky (Sojka 2013)

7.2 MALÁ ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD

„Čistírny musí být konstrukčně stabilní, trvanlivé, vodotěsné a korozivzdorné. Čistírny musí být vybaveny výstražným zařízením, signalizujícím provozní poruchy (např. elektrické, mechanické nebo hydraulické).“ (ČSN EN 12566-3+A2, 2014)

U malých zdrojů odpadních vod se nevyplatí stabilizovat čistírenské kaly anaerobní stabilizací. Výhodnější je navrhnout a provozovat čistírnu s aerobní stabilizací, případně se stabilizací anaerobní kryofilní (chladnomilnou). V případě aerobní stabilizace se nevyužívá primární sedimentace, naopak u anaerobní varianty se používá k sedimentaci šterbinových nádrží.

[Zadejte text.]

Malé čistírny jsou specifické tím, že nemají stálou a kvalifikovanou obsluhu, oproti velkým ČOV, a zároveň mají značně nerovnoměrný přítok odpadní vody. Proto se považují za jednoduché a spolehlivé strojní zařízení, odolné vůči hydraulickému přetížení, s možností periodické obsluhy. Malé čistírny odpadních vod také mívají na odtoku vyšší obsah suspendovaných látek. (Dohányos 1994)

Domovní ČOV se obvykle dodávají balené neboli strojní a montují se přímo na místě. Využívají buď anaerobní, nebo aerobní procesy, případně kombinaci obou.

Výrobky jsou označeny certifikátem, který stanovuje použitelnost typu, dosažitelné hodnoty jakosti vody na odtoku apod. Dováží se čistírny v podobě uzavíratelných kontejnerů ve tvaru válce nebo kvádrů. Jsou široké 1 – 2 metry, hluboké 1,5 – 2,5 metry a dlouhé 1,5 – 3 metry. Bývají nejčastěji plastové nebo z betonu, v některých případech mohou být i ocelové. Nejvhodnější a ekologicky nepřijatelnější je plastová varianta.

Firmy, dodávající montované ČOV se ve svých nabídkách liší počtem EO na čistírnu, velikostí, tvarem, materiálem, technologií, následnou obsluhou čistírny a také cenou. Ceny obvykle nezahrnují stavební práce (výkopy) a přípojky.

Balené čistírny odpadních vod fungují na elektřinu. (Rozkošný 2010)

Hlavní typy domovních čistíren:

- domovní čistírny s biodisky,
- aktivační čistírny.

7.2.1 Domovní čistírny s biodisky (bioreaktory)

Biodiskové čistírny odpadních vod, známé také jako rotační bioreaktory, využívají činnosti mikroorganismů přisedlých na bionosiči a řadí se mezi anaerobní domovní ČOV.

Na rozdíl od biofiltrů v tomto případě nosič není skrápěn, ale rotuje (otáčí se) a je při tom částečně ponořen do odpadní vody. Částečným ponořením dochází ke střídavému kontaktu s odpadními vodami a vzduchem, a tím je zajištěn stálý přísun kyslíku mikroorganismům žijícím na ploše biodisku.

Bioreaktor sestává ze tří komor (nádrží), z nádrže usazovací, biozóny s disky a dosazovací nádrže.

[Zadejte text.]

Tato technologie je u nás v ČR poměrně rozšířená, zejména díky snadné obsluze a stabilitě provozu.

Použití bioreaktorů:

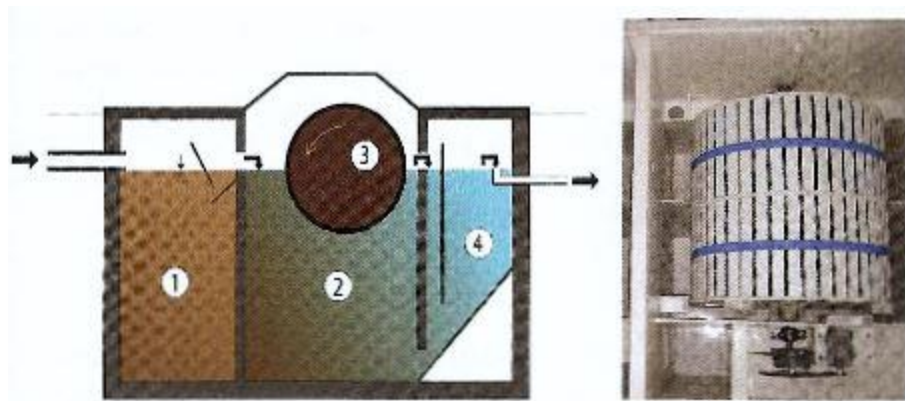
- oblasti s nerovnoměrným nátokem odpadních vod,
- odpadní vody s malým obsahem znečištění (BSK_5 do 150 mg/l),
- trvale obydlené objekty.

Výhody bioreaktorů:

- nízká pořizovací cena,
- snadná obsluha,
- stabilní provoz.

Nevýhody bioreaktorů:

- vyšší spotřeba energie (oproti aktivačním ČOV).



Obrázek 2 - Schéma rotačního bioreaktoru (usazovací nádrž – 1, biozóna – 2, biodisk – 3, dosazovací nádrž – 4) + foto (Sojka 2013)

7.2.2 Aktivační ČOV

„Stavební objekty musí být navrhovány tak, aby umožňovaly vyprázdnění gravitačním odtokem nebo přečerpáním.“ (ČSN EN 12255-6, 2003)

[Zadejte text.]

V aktivační nádrži dochází k čištění odpadních vod mikroorganismy rozptýlenými ve vznosu. Mikroorganismy potřebují k životu organické látky a přísun kyslíku. V aktivovaném kalu se mísí odpadní vody se vzduchem a kal v závěru procesu vytvoří oddělenou vrstvu u dna nádrže. Vyčištěná voda (nahore) se pak postupně odčerpává.

Zatížení kalu se považuje za hmotnostní podíl množství substrátu, přivedeného na 1 kilogram sušiny kalu za den.

Výpočet velikosti aktivační ČOV:

$$B_x = (Q * S) / V * X \text{ [kg/(kg.den)]}$$

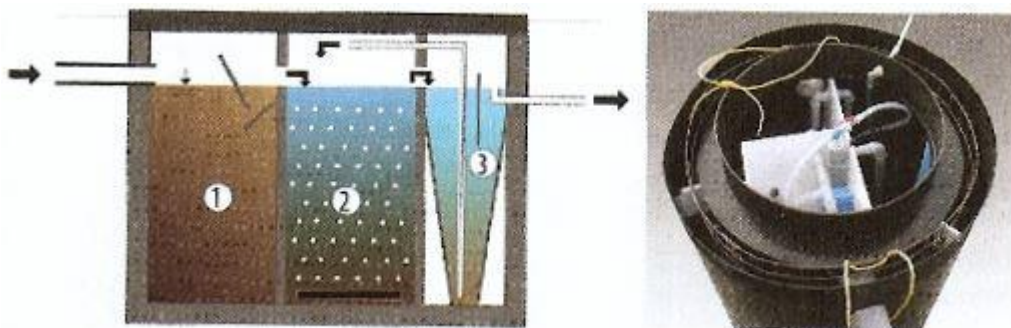
kde Q je přítok odpadní vody [m^3/den], S je koncentrace odpadní vody vyjádřená BSK_5 [kg/m^3], V je objem nádrže [m^3] a X provozní koncentrace kalu [kg/m^3].

Použití aktivační ČOV:

- rodinné domy a skupiny domů do 50 EO.

Výhody použití aktivační ČOV:

- snadná obsluha,
- nízké provozní náklady,
- malá potřeba prostoru,
- vysoká účinnost (CHSK až 98%),
- možnost vypouštění do podzemních vod bez dalšího čištění.



Obrázek 3 - Schéma aktivační ČOV (usazovací nádrž – 1, aktivace – 2, dosazovací nádrž – 3) + foto (Sojka 2013)

[Zadejte text.]

7.3 SEPTIK

Každý septik by měl mít pevný strop, dokonalé odvětrávání a být rozdělen na dvě nebo tři komory, z nichž každá disponuje minimálně jedním kontrolním otvorem. Celkový objem závisí na počtu obyvatel připojeného objektu, tedy například pro čtyřčlennou domácnost je třeba navrhnout septik s účinným objemem 3 m³ (5 krát 0,6 m³/den).

Doba, po kterou lze v septiku zadržovat vodu, se pohybuje v rozmezí 3-5 dní, septik by měl být vyvážen každý jeden rok a množství kalu by mělo přibližně odpovídat 90 l*osoba⁻¹rok⁻¹. Po vývozu se v septiku obvykle nechává 0,15m kalu k jeho naočkování.

Předčištěná voda bez dalšího dočištění se může vypouštět jen u samostatných objektů do 5 EO. V ostatních případech je vhodné septiky kombinovat se zemními filtry nebo kořenovou čistírnou odpadních vod. Do septiku nepřivádíme dešťové vody a jeho vzdálenost od vlastní budovy začíná na minimálně 1 metru.

Výpočet velikosti septiku:

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

kde a je součinitel vyjadřující kalový prostor (1,5), n počet obyvatel, q specifickou potřebu vody a t je doba zdržení (3-5 dní).

Použití septiků

Septiky jsou vhodným řešením pro rekreační objekty, domy bez teplé vody a obytné domy, čekající na napojení na centrální čistírnu odpadních vod.

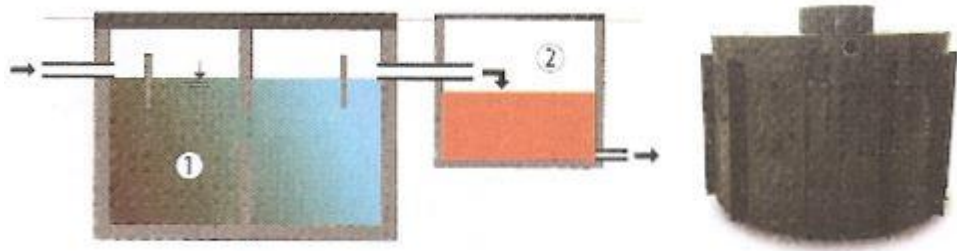
Výhody použití septiků:

- nízká pořizovací cena (60-85 tisíc korun),
- malé provozní náklady,
- bez potřeby elektrické energie,
- během provozu nenáročné.

Nevýhody použití septiků:

- nutnost obměňovat filtry (cca po 15ti letech),
- malá účinnost čištění,
- velký spád na filtru (0,9-1,2m). (Sojka 2004)

[Zadejte text.]



Obrázek 4 - Schéma plastového prefabrikovaného septiku (septik – 1, zemní pískový filtr – 2) + foto (Sojka 2013)

7.4 ZEMNÍ PÍSKOVÝ FILTR

V zemním filtru probíhají současně biochemické a fyzikálně-chemické procesy a používají se zejména na dočištění předčištěných vod z výše zmiňovaných septiků nebo z domovních čistíren (mechanicko-biologických).

Tyto filtry se skládají z filtračního lože (0,6-1m) a horní rozváděcí a dolní sběrné drenáže. Samostatná tělesa mají vodorovnou horní úroveň a oddělují se vodotěsnou folií. Filtrační lože je vyplněno pískem o průměru zrn 2-4 mm a je vhodné používat materiály s obsahem železa. Zemní filtr dále obsahuje ve šterku vložené rozvodné potrubí s minimálním průměrem 100 mm a sběrný drén s odvětrávacím potrubím, přesahujícím terén o minimálně 50 cm. Jednotlivé větve potrubí by neměly přesahovat 30 m.

Výpočet plochy zemního filtru:

$$A = k * Q_{24} / v_f \text{ [m}^2\text{]}$$

kde k je filtrační součinitel, Q_{24} je denní průtok [$\text{m}^3/\text{hod.}$] a v_f je přípustné hydraulické zatížení (pro vody předčištěné mechanicky=0,1 - 0,18 m/d, pro vody předčištěné biologicky=0,15 – 0,2 m/d).

Hodnota hydraulického zatížení závisí na velikosti filtrační vrstvy, ale obecně uvažujeme plochu 1-5 m^3 na 1 EO.

Použití zemního filtru:

- dočištění mechanicky předčištěné vody (např. ze septiku),

[Zadejte text.]

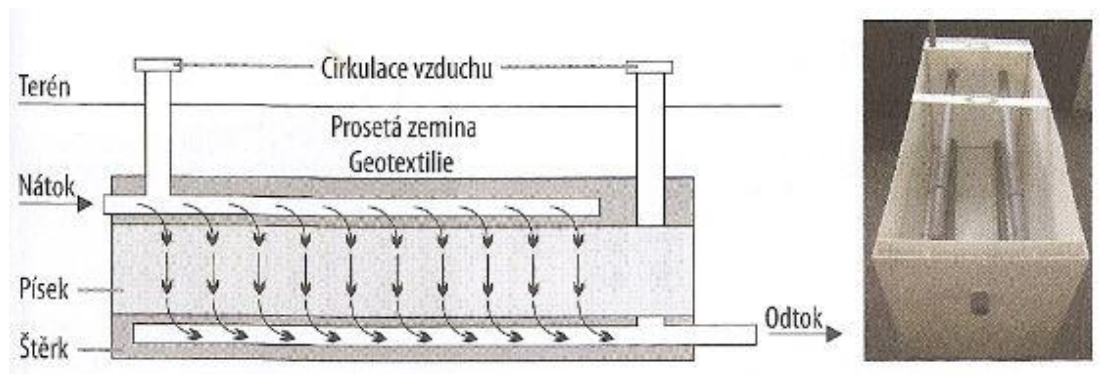
- další (3.) stupeň mechanicko-biologického čištění.

Výhody použití zemního filtru:

- nízká pořizovací cena,
- nespotřebovává elektrickou energii,
- vysoká účinnost.

Nevýhody použití zemního filtru:

- nutnost obměňovat filtry (cca po 15ti letech),
- velký spád na filtru (0,9-1,2m),
- je třeba zastavět velkou plochu. (Sojka 2004)



Obrázek 5 - Schéma pískového zemního filtru + foto (Sojka 2013)

7.5 KOŘENOVÉ ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD

Kořenové čistírny odpadních vod se rozmáhají zejména v poslední, ekologicky smýšlející, době. Řadí se mezi extenzivní neboli přírodní způsoby čištění odpadních vod a napojují se obvykle na septik, případně balenou čistírnu odpadních vod.

Tyto čistírny využívají samočisticích procesů (fyzikálních, chemických, biologických), probíhajících v plně nasyceném porézním prostředí a dělíme je na:

- čistírny s horizontálním prouděním,
- čistírny s vertikálním prouděním,

přičemž častější je první varianta, tedy varianta s horizontálním prouděním.

[Zadejte text.]

Vegetační čistírny se skládají ze dvou hlavních prostor. V první části je voda hrubě předčištěna na česlích, lapáku písku, v usazovací nádrži nebo septikem. Druhým funkčním prostorem čistírny je filtrační pole. (Sojka 2004)

Výpočet plochy KČOV:

$$A = Q_d \cdot (\ln C_o - \ln C) / K_{BSK} \text{ [m}^2\text{]}$$

kde A je plocha kořenového pole vyjádřená v $[\text{m}^2]$, Q_d je průměrná denní průtok v $[\text{m}^3/\text{den}]$, C_o je koncentrace BSK_5 na přítoku a C koncentrace na odtoku, obojí v $[\text{mg/l}]$ a K_{BSK} je reakční konstanta v $[\text{m}/\text{den}]$.

Použití KČOV:

Vegetační kořenové čistírny mají široké spektrum možností využití. Používají se k čištění:

- splaškových vod z rodinných domů (skupin domů, obcí do 1000 obyvatel),
- průsaku na skládce odpadů,
- odpadních vod z papíren, zemědělských objektů, průmyslu,
- důlních vod. (Vymazal 1991)

Výhody použití KČOV:

- není zapotřebí elektrické energie,
- minimální nutnost údržby,
- čistí všechnu vodu z domácností,
- dlouhá životnost,
- nízké náklady na provoz (až 10x nižší než mechanicko – biologické ČOV),
- vhodné i pro nestálý přítok,
- nenarušují krajinný ráz.

Nevýhody použití KČOV:

Kořenové čistírny jsou náročné na plochu. Vyžadují 5 m^2 na obyvatele plus cca 2 m^2 navíc na objekty mechanického předčištění, regulační šachtu a zasakovací příkop. (www.korenove-cisticky.cz)

[Zadejte text.]

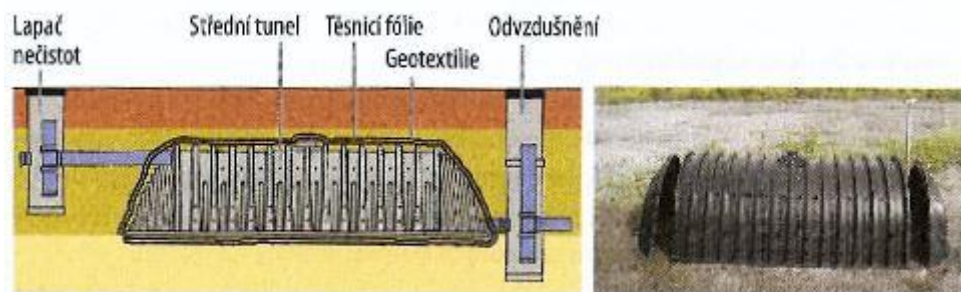


Obrázek 6 - Schéma kořenové čistírny + foto (Sojka 2013)

7.5.1 ZEMNÍ INFILTRAČNÍ SYSTÉM

Kromě výše uvedených systémů lze mezi extenzivní čistírny dále řadit takzvaný zemní infiltrační systém. Ten funguje na podobném principu jako zemní pískový filtr, ale na rozdíl od výše zmiňovaného filtračního systému se zde vody vypouští přímo do půdy. Vyčištěná voda je rozváděna přes infiltrační lože, násyp, nebo vsakovací příkop.

Zemní infiltrační systémy se používají zejména v případech, kdy chceme dosáhnout vsaku vyčištěné odpadní vody do vod podzemních. Tyto systémy nelze považovat za právoplatné čistírny odpadních vod, slouží spíše jako vsakovací doplňky. (Sojka 2004)



Obrázek 7 - Schéma zemního infiltračního systému + foto (Sojka 2013)

8 REALIZACE STAVBY ČOV PRO OBJEKTY DO 50 EO

[Zadejte text.]

„Realizací čistírny odpadních vod se stáváme majiteli vodohospodářského díla a jsme jeho provozovateli se všemi trestněprávními důsledky.“ (Zákon o vodovodech a kanalizacích 274/2001 Sb.)

Při výběru domovní čistírny odpadních vod je třeba nejprve provést zhodnocení místních podmínek a na základě ekonomické rozvahy zvolit vhodný způsob čištění odpadních vod. Mimo investiční náklady je třeba zvážit i náklady na provoz a údržbu, včetně zpracování kalů.

Před výběrem dodavatele nejprve požádat vodoprávní úřad o vyjádření předběžných požadavků na kvalitu a množství odpadních vod. Konzultovat s pracovníky státní správy nebo s odborníky výběr optimální čistírenské technologie a vhodného typu ČOV a poté si vyžádat referenční dokumenty od potenciálních dodavatelů nebo lépe, konzultovat funkci konkrétní ČOV přímo s libovolným provozovatelem. U domovních čistíren je vhodné požadovat certifikát o shodě výrobku (CE). Z tohoto certifikátu se dají zjistit limity znečištění garantované dodavatelem, tedy v případě, že nebudou extenzivní čistírnu. K výběrovému řízení je možné si přizvat pracovníka vodoprávního úřadu nebo jiného odborníka.

Po vystavění ČOV je nutné stav čistírny průběžně kontrolovat. Proto se doporučuje zajistit organizaci s patřičným oprávněním, případně se proškolovat samostatně a samostatně se o ČOV zodpovědně starat, pochopitelně s pravidelným dohledem technologa.

8.1 PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE

Když se rozhodneme postavit si na svém vlastním pozemku čistírnu odpadních vod, bereme tím na sebe povinnosti provozovatele vodního díla.

Jako provozovatelé ČOV musíme mít vypracovaný projekt, který obvykle vypracovává odborník nebo společnost, u které si čistírnu plánujeme pořídit.

8.2 VÝBĚR DODAVATELE ČOV

Na českém trhu je velké množství výrobců malých čistíren odpadních vod. Není vhodné se rozhodovat jen podle ceny výrobku, důležité je ověřit základní parametry, jako jsou například:

[Zadejte text.]

- jednoduchost stavby, časová náročnost obsluhy, přístup k technologické části,
- provozní náklady (spotřeba energie, odvoz přebytečného kalu),
- náročnost na energii,
- kompletní cena (cena samotné ČOV, stavební práce),
- záruční doba,
- možnosti budoucího servisu,
- garance odtokových hodnot (certifikát CE),
- kapacita zatížení (v EO),
- reference dodavatelské a stavební firmy. (Sojka 2013)

8.3 STAVEBNÍ POVOLENÍ

Na základě vypracovaného projektu si můžeme zažádat o stavební povolení, které uděluje příslušný vodoprávní úřad.

V současné době je možné domovní čistírnu stavět jen na základě ohlášení na stavebním úřadu. Tato výjimka ale platí pouze pro strojní čistírny odpadních vod, které mají certifikát shody výrobku CE, což je obecný princip platný pro veškeré výrobky. (Rozkošný 2010)

Náležitosti ohlášení dle stavebního zákona:

- kategorie výrobku podle certifikátu,
- projektová dokumentace stavby,
- způsob vypouštění odpadních vod,
- vyjádření příslušného správce budoucího recipientu (vodního toku),
- vyjádření odborníka v případě vypouštění odpadních vod vsakem,
- stanovisko správce povodí,
- územní souhlas,
- stanovisko obce,
- vyjádření správce sítě (ČEZ, RWE apod.),
- doklad o obeznámení sousedů s projektem,
- provozní řád. (Sojka 2013)

8.4 REALIZACE DÍLA

[Zadejte text.]

Stavba ČOV se realizuje na základě schválené projektové dokumentace. Instalaci, případně osázení KČOV je nutné provádět podle schváleného projektu.

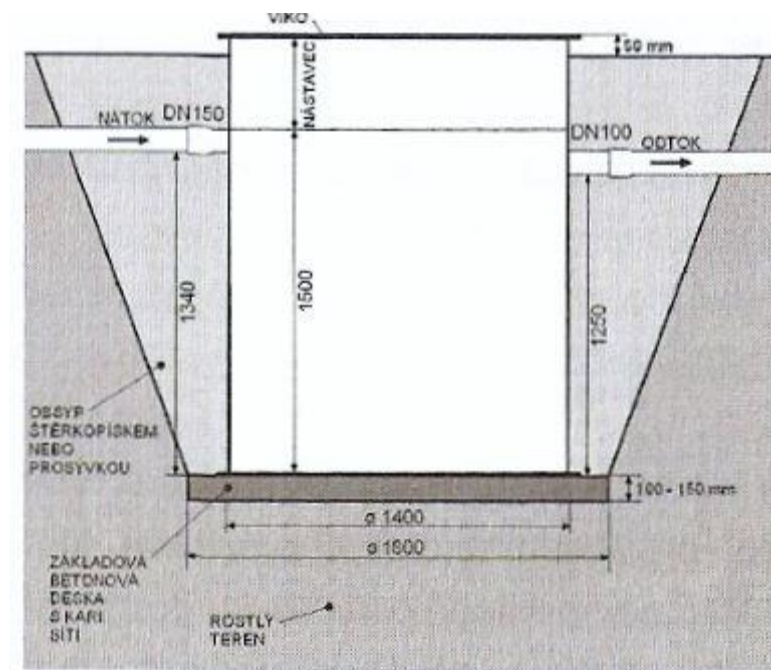
Domovní ČOV se skládá z přívodního kanalizačního potrubí (minimálně DN 150), základové betonové desky a odtokové kanalizace, která dále pokračuje do veřejné kanalizace, recipientu, nebo do infiltračního zařízení. (Sojka 2013)

U všech domovních čistíren je třeba oddělovat srážkové vody a řešit je mimo čistírnu. (Rozkošný 2010)

8.4.1 Umístění ČOV

Při umísťování stavby je třeba brát zřetel na zásady dané normou (TNV 75 6011 *Ochrana prostředí kolem kanalizačních zařízení*). Pásmo ochrany se vymezuje od okraje souvislé zástavby k vnějšímu kraji kanalizačního zařízení, případně k okraji pozemku. Ve směru převládajících větrů se vzdálenost prodlužuje, ale jen maximálně na dvojnásobek. Vzdálenost se upravuje dle místních terénních podmínek (zvlněná krajina apod.). Pásma ve směru větru je vhodné odclonit výsadbou, například ptačím zobem. (Sojka 2013)

8.4.2 Instalace ČOV



Obrázek 8 - Schéma instalace ČOV (www.topolwater.com)

[Zadejte text.]

Čistírna se zásadně pokládá na základovou betonovou desku odpovídající únosnosti. Nesamonosné převážně přírodní čistírny se musí zajistit proti působení předpokládaných zatížení obetonováním. Samonosné nádrže jsou staticky dimenzovány na zatížení hydraulickým tlakem vody v nádrži a na zatížení zemním tlakem při zásypu zeminou. Hladina spodní vody nesmí být nad úrovní základové desky. Případnou srážkovou vodu je třeba ještě před manipulací z čistírny odčerpat. Během stavebních prací dbáme na správnou orientaci odtoku a přítoku čistírny dle projektové dokumentace.

Po nainstalování ČOV je třeba nádrž napustit cca do 0,5 metru vodou a po obvodu vybetonujeme. Je důležité, aby výška hladiny vody byla přibližně stejná jako výška betonové vrstvy. Dokončovací obvodová drenáž se provádí již bez dalšího přilévání vody. Nakonec je třeba čistírnu obsypat štěrkopískem na ochranu proti vnějším vlivům. (Sojka 2013)

8.4.3 Provoz a obsluha ČOV

Zprovozněním čistírny se zabývá dodavatelská firma a zprovoznění zahrnuje:

- kontrolu správnosti instalace,
- seřízení jednotlivých čistí ČOV,
- zaškolení budoucí obsluhy,
- předání technické dokumentace.

V okamžiku uvedení do provozu se ČOV předává provozovateli. Provozovatel získává technickou dokumentaci, jejíž součástí je:

- návod k použití a návod k obsluze,
- záruční list,
- protokol o zkoušce vodotěsnosti ČOV,
- provozní řád a provozní deník,
- návod pro použití strojního vybavení ČOV.

ČOV musí být správně nainstalována. Dále musíme mít k dispozici zápis o měření rovinnosti základové desky a zajistit přívod elektrické energie do čistírny. Při tomto procesu musí být přítomna obsluha ČOV a osoba oprávněná převzít technickou dokumentaci čistírny (obvykle to bývá v pravomoci obsluhy).

[Zadejte text.]

Po uvedení čistírny do provozu se zahájí zkušební provoz. Trvání zkušebního provozu závisí na rozhodnutí stavebního úřadu. Ten také udává dobu zahájení užívání stavby. Vyhodnocení výsledků zkušebního provozu se připojuje k žádosti ke kolaudačnímu souhlasu.

Do odpadů z objektů napojených na ČOV je zakázáno vypouštět zejména léky, jedy a toxické látky. Dále barvy, ředidla a chemické postřiky, neředěné kyseliny a zásady, kondenzát z kondenzačního kotle a jené chemikálie.

ČOV může obsluhovat způsobilá osoba straší 18ti let, mající potřebnou kvalifikaci a splněné požadavky zaškolení. (Sojka 2013)

8.4.4 Kolaudace ČOV a uvedení do trvalého provozu

Souhlas ke kolaudaci vydává stavební úřad na žádost investora. Je třeba v žádosti uvést identifikační údaje o stavbě a předpokládaný termín jejího dokončení. Je třeba si připravit závazná stanoviska příslušných orgánů, dotčených stavbou a poté vyčkat na stanovení termínu provedení závěrečné kontrolní prohlídky (do 15ti dnů od podání žádosti).

V případě, že stavební úřad nezjistí žádné skutečnosti, bránící bezpečnému užívání stavby, vydá do dalších 15ti dnů kolaudační souhlas.

Jestliže stavební úřad stavbu nepovolí, je možné podat písemné oznámení o odstranění dosavadních závad, a pokud oznámení odpovídá skutečnosti, do 15ti dnů od jeho podání vydá stavební úřad kolaudační souhlas.

Ke kolaudaci se přikládá:

- písemná žádost,
- zpráva o vyhodnocení zkušebního provozu,
- provozní řád,
- projektová dokumentace.

Kolaudačním souhlasem se dílo stává schopným trvalého provozu. V příštích letech je třeba provádět technické revize (1x za dva roky) a předávat je vodoprávnímu úřadu vždy do 31. prosince toho roku, kdy byla revize provedena. K revizi pověřuje Ministerstvo životního prostředí odborně způsobilou osobu. (Sojka 2013)

[Zadejte text.]

9 POPIS ŘEŠENÉ LOKALITY



Obrázek 9 - Panoramatický pohled na sledovanou lokalitu a její okolí

9.1 OBECNÝ POPIS LOKALITY

Řešená nemovitost je situována na území Chráněné krajinné oblasti (CHKO) Kokořínsko, v části obce Nedamov, spadající pod obvod města Dubá. Objekt se nachází na červené turistické stezce (okruhu), vedoucí z Dubé kolem rozprechtického rybníka na Panskou ves, dále pak přes Plešivec a okolo Černého rybníka směrem zpátky do Dubé.

Pozemek spadá pod katastrální území Nedamov a přísluší mu parcelní číslo 702161.

Jedná se o dobovou chalupu rodinného typu z konce 19. století, stojící na pozemku o výměře 1648 m², z čehož zastavěná plocha činí 188,5 m². Dvoupatrová stavba je uzpůsobena k trvalému bydlení, avšak využívána jako víkendový (prázdninový) rodinný dům, a po tuto dobu obývána pravidelně dvěma rodinami. Obě rodiny mají společný prostor k mytí s vanou a kamny na ohřev vody a společné WC. Oproti tomu kuchyně jsou v objektu dvě oddělené, v přízemí a v prvním patře. (Spodní kuchyň je dobová, s kachlovými kamny, druhá kuchyň je moderní, s malým průtokovým ohříváčem vody.) V domě se dále nachází pračka a myčka na nádobí. Tyto přístroje nejsou funkční v zimním období z důvodu snadného zamrzání vodovodního přivaděče. Celoročně o víkendech tedy dům obývá 7 - 9 lidí (uvažujeme 9) a s přibývajícím teplem, zejména pak v letních měsících, se počet přechodných obyvatel zvyšuje, za velmi příznivého počasí až násobí. Oproti tomu přes týden bývá dům po většinu roku neobydlený.

Oblast případného vsaku se nachází v sadu za domem, v blízkosti smíšeného lesa. Sad má charakter nakloněné roviny se sklonem přibližně 25°.

[Zadejte text.]

9.2 ZAŘAZENÍ LOKALITY DLE ODBORNÉHO HLEDISKA

9.2.1 Geomorfologie, pedologie, klimatologie

Řešený objekt se nachází v jádru Polomených hor a podle morfologického členění se jedná se o zvlněnou krajinu s nadmořskou výškou kolem 320 m.n.m. Krajina je charakteristická svými hlubokými údolními, místními označovány jako doly, prořezávajícími hladinu turonské zvodně. Okolními doly protéká řeka Liběchovka a Křenovský potok. Oba toky zde zároveň i pramení.

Z klimatického hlediska se jedná o mírně teplou oblast okrsku mírně vlhkého, s mírnou zimou. Průměrná roční teplota dosahuje cca 8°C a průměrné srážky činí 590,4 mm za rok.

Zájmové území se nachází na náhorní plošině převyšované kopci vulkanického typu a zpevněné protierozními horninami. Ve zdejších údolích se nachází skalní pískovcové útvary.

Obec Nedamov spadá pod městský úřad Dubá a jedná se o osadu tvořenou převážně domy pro rekreační účely, soustředěnými v bočním údolí Ždíreckého dolu. Většina domů se nachází podél silnice vedoucí k osadě Panská Ves. V této práci řešený rodinný dům se nachází spolu s dalšími na náhorní plošině tvořené mocnou vrstvou písčité hlíny a ležící na podloží turonského pískovce. Skalní podloží tvoří jemnozrný pískovec, který utváří výše zmiňovaná skalní defilé ve zdejších „dolech“. (Lusk 2005)

9.2.2 Geologie

Z regionálně geologického hlediska leží lokalita v české křídové pánvi, konkrétně v její lužické facii s peliticko psamitickým litofaciálním vývojem sedimentace, který je svrchním patrem křídového útvaru doplněného komplexem neovulkanitů, pronikajících nebo překrývajících svrchnokřídové sedimenty. Severně leží na Berkovském vrchu zřícenina hradu Berštěj (480 m.n.m.) a jižně se nachází Velký Beškovský vrch (474 m.n.m.). Předkvartérní podklad je tvořen souvrstvím středního turonu reprezentovaného kvádrovými pískovci o mocnosti přibližně 100 m. Právě toto souvrství je nejvíce využívanou zvodní. Výše zmíněné souvrství nasedá na prachovité sedimenty spodního turonu o celkové mocnosti okolo 40 m.

[Zadejte text.]

Pod sedimenty turonu leží sedimenty svrchního cenomanu neboli korycanského souvrství tvořeného psamitickými sedimenty, při bázi konglomeráty a středně až hrubě zrnitými pískovci. Směrem do nadloží převládají středně zrnité pískovce a mocnost tohoto souvrství je cca 20 m. Spodní cenoman neboli perucké vrstvy jsou vyvinuty jen v místech depresí předkřídového reliéfu. Sedimenty tvoří zejména písčitojílovité prachovce, které se vyznačují zvýšeným obsahem organické hmoty. Mocnost je zde mezi 0 – 10 m. Křídová sedimentace je založena na permských jílovcích a její mocnost není známa. Tektonické narušení křídových hornin je v této oblasti nevýrazné.

Řešené území je odvodňováno Nedamovským potokem do řeky Liběchovky, která dále teče do Labe. Z hydrografického hlediska spadá zájmové území do povodí Labe, vlastní oblast náleží dílčímu povodí Liběchovky o rozloze 10 320 km². Nedamovské vodní zdroje se nachází cca 1 km severně od zájmové oblasti. (Lusk 2005)

9.2.3 Hydrogeologické poměry

Hydrogeologická prozkoumanost úzce souvisí s hydrogeologickým průzkumem pro vodní zdroje a celkově je velmi nízká. Vrty ve vodohospodářské mapě využívají k jímání vody středoturonský kolektor.

Z regionálního hlediska patří zájmové území k hydrogeologické strukturní jednotce české křídové pánve, tedy do hydrogeologického rajónu 452, což je označení třídy pravostranných přítoků Labe.

První zvodeň, tvořena ve kvádrových středoturonských pískovcích, má napjatý charakter. Středoturonský kolektor je oddělen prachovitými sedimenty vedle podložního izolátoru ze spodního turonu, kterým je oddělen cenomanský kolektor, vyvinutý na bázi křídových sedimentů v pískovcích.

Z morfologického hlediska je hydraulický spád veden k západu a tvar hladiny podzemní vody nekopíruje konfiguraci terénu. Hladina podzemní vody se nalézá cca 30 m pod terénem. Místní podzemní vody odtékají do řeky Liběchovky. (Lusk 2005)

10 VARIANTNÍ NÁVRH ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

[Zadejte text.]

„Návrh čistírny má vycházet z průzkumu a podkladů současného a výhledového stavu objektu nebo zastavěné oblasti, ze které budou do čistírny přitékat odpadní vody. Výhledovým stavem uvažujeme dobu příštích deseti až patnácti let.“ (ČSN 75 6401, 1998)

Výchozími kritérii je jakost vyčištěných odpadních vod, množství, složení a znečištění odpadních vod s uvedenými hodnotami přítoků (maximální, minimální), koncentrace znečištění a teploty odpadních vod (minimální, maximální), dále poměry stokové sítě (ve větších ČOV), způsob čištění odpadních vod a způsob odstraňování, zneškodňování nebo využívání produktů čištění odpadních vod. Údaje se určují při plném kapacitním vytížení ČOV.

Znečištění se stanovuje počtem ekvivalentních obyvatel (EO). Počet EO se vypočítá jako podíl celkových a specifických znečištění, vyjádřených v BSK₅/den. Pro tyto účely se užívá hodnota 60 g specifického znečištění BSK₅ produkovaného jedním obyvatelem za den.

V návrhu ČOV by se mělo využívat místních podmínek a dále vycházet z urbanistických, hydrogeologických, geologických, technickohospodářských, vodohospodářských, hygienických, stavebních, energetických, komunikačních, požárních, a případně z jiných zvláštních podmínek, jako jsou například ochranná pásma vody a chráněná území. (ČSN 75 6401, 1998)

Podle dostupných níže uvedených zdrojů byly vybrány nejvhodnější varianty čistíren odpadních vod s ohledem na pravidelnost využívání ČOV, celkový počet budoucích uživatelů a na místní podmínky v přímém okolí plánované stavby.

Jako nejvhodnější se jeví tyto varianty domovních ČOV:

- bezodtoková jímka (žumpa),
- septik se zemním filtrem,
- aerační (aktivační) nádrž,
- biodisková domovní ČOV (biodiskový reaktor),
- vegetační (kořenová) čistírna – s horizontálním prouděním.

10.1 BEZODTOKOVÁ JÍMKA (ŽUMPA)

[Zadejte text.]

Jímka neboli žumpa může být buď zabudována pod zemí, nebo vystavěna nad zemí. Takové jímky jsou vhodné ke skladování tekutého odpadu z rodinných domů, které nejsou z jakéhokoliv důvodu napojeny na kanalizaci. Jímky je potřeba pravidelně vyvážet a kontrolovat jejich nepropustnost například nabízeným detektorem netěsnosti. Vhodné jsou jímky plastové, které například firma ASIO vyrábí ve formě válce nebo jako hranaté nádrže. Další variantou jsou tzv. dvouplášťové nádrže, které slouží k ukládání jímky pod hladinu spodní vody.

K mým účelům se nejlépe hodí hranatá nádrž typu AS, kterou firma ASIO dodává ve dvou variantách, nádrž samonosnou a k obetonování. Hranatá nádrž oproti nádrži ve tvaru válce disponuje výrazně větším objemem a tím pádem pochopitelně vyšší cenou. Válcové nádrže jsou vhodné maximálně do 2,5 EO. (www.asio.cz)

10.1.1 Vlastní návrh bezodtokové jímky

Výpočet objemu jímky:

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

kde n značí počet obyvatel na jednu jímku, q označuje specifickou spotřebu vody na obyvatele [m^3/den] a t je interval vývozu jímky ve dnech.

Dosazované parametry:

Počet obyvatel domu je 9, přičemž počítáme s EO = 6. Na jednoho obyvatele počítáme s potřebou vody 100 l/den, tedy 0,1 m^3/den .

U chalupy víkendového typu uvažujeme interval mezi jednotlivými vývozy zhruba 3 měsíce, což jsou v praxi cca 4 víkendy za měsíc (8 dní), tedy 24 dní za tři měsíce.

$$V = 9 * 0,1 * 24 = 21,6 \text{ m}^3$$

Vzhledem k obtížné dostupnosti chalupy by bylo nejlepší zvolit co možná největší objem jímky a vyvážet obsah v co nejdelších intervalech. Když bychom zvolili interval vývozu 1 rok, potřebovali bychom nádrž o objemu 86,4 m^3 .

$$V = 9 * 0,1 * 96 = 86,4 \text{ m}^3$$

Taková velikost je nereálná, největší jímky se dimenzují přibližně na 30 m^3 a je tedy potřeba je vyvážet přibližně po 30ti dnech pobytu na chalupě.

[Zadejte text.]

Jímku bych vzhledem k možnosti vsaku vyčištěných odpadních vod v řešené lokalitě nenavrhovala.

10.2 BIOLOGICKÝ SEPTIK

Tříkomorové biologické septiky se hodí k čištění odpadních splaškových vod izolovaných objektů, například rodinných domů. Septik se zařazuje jako první stupeň předčištění, za ním následuje zemní filtr, případně kořenová čistírna. Septik funguje na bázi anaerobního rozkladu organických látek mikroorganismy.

Septiky se dodávají buď v podobě válců, nebo jako krabicové nádrže a vyrábí se v provedení pravý a levý, podle umístění vtokového a odtokového potrubí. Každá nádrž se skládá ze tří komor. Do první komory přitéká odpadní voda a odtéká otvory v přepážkách. Sedimentované kaly zůstávají na dně a jsou postupně rozkládány mikroorganismy. Kal je potřeba jednou ročně vyvážet.

Účinnost septiku s připojeným zemním filtrem se pohybuje kolem 30 mg/l BSK₅ a 30 mg/l NL. Septiky bez filtru mají pouze 25 – 30% účinnost. (www.hydroclar.cz)

10.2.1 Vlastní návrh biologického septiku

Celková plocha septiku se zemním filtrem:

Velikost septiku vypočítáme pomocí vzorce:

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

kde a je součinitel vyjadřující kalový prostor (1,5), n počet obyvatel, q specifická potřeba vody [m³/den] a t je doba zdržení (3-5 dní).

Velikost plochy zemního filtru podle vzorce:

$$A = k * Q_{24} / v_f \text{ [m}^2\text{]}$$

kde k je filtrační součinitel, Q_{24} je denní průtok [m³/hod.] a v_f je přípustné hydraulické zatížení (pro vody předčištěné mechanicky = 0,1 - 0,18 m/d, pro vody předčištěné biologicky = 0,15 – 0,2 m/d).

Dosazované parametry:

Počet obyvatel domu je 9, přičemž počítáme s EO = 6. Na jednoho obyvatele počítáme s potřebou vody 100 l/den. Dobu zdržení uvažujeme 4 dny.

[Zadejte text.]

Pro naše potřeby stačí uvést přibližnou návrhovou velikost zemních filtrů, což je 1 – 5 m² na 1 EO. Uvažujeme-li hodnotu 3 m², vychází nám celková plocha zemního filtru zhruba na 18 m².

$$A = 3 * 6 = 18 \text{ m}^2$$

Pro výpočet objemu septiku uvažujeme dobu zdržení 4 dny, počet obyvatel 9 a specifickou potřebu 0,1 m³/den.

$$V = 1,5 * 9 * 0,1 * 4 = 5,4 \text{ m}^3$$

Je tedy potřeba navrhnout septik o velikosti 5,4 m³ a k němu zemní filtr o rozloze 18 m². Takový septik by se na pozemek sice vešel, ale znamenalo by to určité změny v rázu krajiny, nehledě na nevhodnost nakloněného terénu pro návrh zemního filtru.

Účinnost takového septiku se zemním filtrem bude podle normy 35 – 80 mg/l BSK₅ a 35 – 80 mg/l NL.

10.3 AKTIVAČNÍ ČISTÍRNA

Aktivační domovní čistírny typu TOPAS se dodávají jako kompletní výrobky. Mají zabudované dmychadlo, řídicí jednotku a zateplené víko. Všechny ČOV jsou vyráběny na základě certifikace dle evropské normy.

V těchto ČOV se čistí odpadní vody pomocí aktivovaného kalu ze vznosu. Vzduch je mikroorganismům dodáván nehlukným dmychadlem. Dmychadlo zároveň funguje jako pohon na přečerpávání vody mezi komorami čistírny.

Existují dva typy čistíren TOPAS, TOPAS R A TOPAS S. Oba typy jsou technologicky stejné, jen varianta S se doporučuje pro větší hloubky přítoku (do 2,2 m). Čistírny TOPAS R se vyrábí jako nádrže ve tvaru válce s kapacitou až 22 EO. Pro naše potřeby bude dostačovat ČOV TOPAS R pro 8 EO, maximálně varianta pro 12 EO. (www.topolwater.com)

10.3.1 Vlastní návrh aktivační ČOV

[Zadejte text.]

U aktivační čistírny vycházíme ze zadaných množství BSK₅, CHSK, NL, dusíku a fosforu, připadajících na jednoho obyvatele. Celkové znečištění spočítáme jako podíl součinu EO se zadaným množstvím (např. BSK = 60 g/(obyvatel*den)) a součinu skutečného počtu obyvatel a specifické spotřeby vody na jednoho obyvatele.

$$Z = (O_{EO} * z) / (O * q) \text{ [mg/l]}$$

kde Z je znečištění v [mg/l], O skutečný počet obyvatel a O_{EO} počet ekvivalentních obyvatel, z je zadané znečištění pro BSK₅, CHSK, NL, dusík a fosfor a q značí specifickou potřebu vody (100 l/den).

Tabulka 1 - Hodnoty znečištění a koncentrace na ČOV

			znečištění	koncentrace
			(g/den)	(mg/l); (g/m ³)
BSK ₅	60	g/(obyv.den)	360	400,000
CHSK	120	g/(obyv.den)	720	800,000
NL	55	g/(obyv.den)	330	366,667
N _c	11	g/(obyv.den)	66	73,333
P _c	2,5	g/(obyv.den)	15	16,667

Celkové množství znečištění na odtoku spočítáme pomocí účinnosti dané čistírny, specifikované dodavatelem.

Tabulka 2 - Aktivační ČOV - celkové množství znečištění na odtoku

	TOPAS R účinnost	TOPAS R hodnota na odtoku
	(%)	(mg/l)
BSK ₅	99	3,636
CHSK	96	30,000
NL	98	6,735
N _c	79	17,544
P _c	75	5,000

[Zadejte text.]

Vzhledem k malé ploše a vysoké účinnosti čištění se tato varianta zatím jeví jako nejvhodnější.

10.4 DOMOVNÍ ČISTÍRNA S BIODISKY

Domovní biodiskové čistírny pracují na bázi mechanicko – biologické technologie čištění a jsou vhodné k čištění vod splaškového charakteru z rosinných domů, bytů, podniků, rekreačních zařízení nebo částí obcí.

Čistírny typu MICRO od firmy AQUATECH nejsou samonosné a vyžadují tedy obetonování. Přesný způsob výstavby takové ČOV řeší vypracovaný projekt od odborníka.

Nádrž se skládá z usazovacího prostoru, biokontaktoru a prostoru dosazovacího. ČOV dále obsahuje korečkové nabírací zařízení a přeřadový žlab. Všechny ČOV MICRO jsou také vybaveny automatickým vracečem kalu, který snižuje množství zůstatkového kalu. Tyto nádrže jsou vyráběny převážně z polypropylenu, kovové části jsou chráněny proti korozi. Díky tomu je životnost biodiskových čistíren MICRO v podstatě neomezená.

V návrhu jsem použila čistírny od firmy FORTEX, protože u čistíren typu MICRO nebyly uvedeny hodnoty znečištění na odtoku. Předpokládám, že vzhledem k podobnosti obou biodiskových ČOV, se jedná o podobné hodnoty.

Výpočet je konkrétně proveden na čistírně typu BIOFLUID-DNK (BF-DNK), která jako jediná z uvedených ČOV umí odbourávat dusík a fosfor. (www.aquatech.cz; www.fortex.cz)

10.4.1 Vlastní návrh biodiskové ČOV

Výpočet objemu ČOV:

Výpočet biodiskové čistírny bude obdobný jako u aktivační ČOV. Mění se pouze hodnoty účinnosti a parametry na přítoku a odtoku z ČOV.

$$Z = (O_{EO} \cdot z) / (O \cdot q) \text{ [mg/l]}$$

kde Z je znečištění v [mg/l], O skutečný počet obyvatel a O_{EO} počet ekvivalentních obyvatel, z je zadané znečištění pro BSK₅, CHSK, NL, dusík a fosfor a q značí specifickou potřebu vody (100 l/den).

Hodnoty znečištění a jeho koncentrace v ČOV budou stejné jako u aktivace.

[Zadejte text.]

Tabulka 3 - Hodnoty znečištění a koncentrace na ČOV

			znečištění	koncentrace
			(g/den)	(mg/l); (g/m ³)
BSK ₅	60	g/(obyv.den)	360	400,000
CHSK	120	g/(obyv.den)	720	800,000
NL	55	g/(obyv.den)	330	366,667
N _c	11	g/(obyv.den)	66	73,333
P _c	2,5	g/(obyv.den)	15	16,667

Tabulka 4 - ČOV s biodisky - celkové množství znečištění na odtoku

	BIOFLUID-DNK (BF-DNK) hodnota na odtoku (mg/l)
BSK ₅	20
CHSK	75
NL	25
N _c	25
P _c	3

Oproti aktivační čistírně se zvýšilo množství jak biochemické spotřeby kyslíku (BSK₅), tak i chemické spotřeby kyslíku (CHSK). Množství nerozpuštěných látek (NL) je také výrazně vyšší. Jediné zlepšení oproti aktivaci se projevuje v lepším odbourávání fosforu.

Vzhledem k vysokým hodnotám na odtoku mi biodisková čistírna nepříjde jako nejvhodnější varianta k čištění odpadních vod.

10.5 HORIZONTÁLNÍ KOŘENOVÁ ČISTÍRNA

Vegetační čistírny fungují na rozdíl od strojních bez přívodu elektrického proudu. Elektřina je využívána pouze v případě přečerpávání čistírny. Při přerušení provozu nemusíme čistírnu nijak zapracovávat. Naopak strojní čistírny vyžadují po delší odstávce naočkování kalem a opětovné spuštění.

[Zadejte text.]

U kořenových čistíren je nutné odpadní vodu vždy předčistit. Jinak totiž dochází k zanášení filtračních materiálů (písek, šterk). V případě rodinných domů se obvykle doporučuje využít biologický septik.

Často se probírá otázka fungování kořenových čistíren v době nevegetačního období, tedy v zimě. Statistický rozdíl mezi ročními obdobími je v případě organického znečištění a nerozpuštěných látek zanedbatelný. (www.korenova-cisticka.cz; www.zelenestaveni.cz)

Výpočet plochy kořenového pole:

Oblastí vhodnou pro případné založení kořenového pole je spodní část parcely. Parcela má celkovou výměru 1648 m² a oblast vhodná k výstavbě ČOV je zhruba jedna čtvrtina pozemku, tedy cca 412 m².

$$1 \text{ EO} = 5 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ EO} = 40 \text{ g BSK}_5 / (\text{obyvatel} \cdot \text{den})$$

$$9 \text{ obyvatel} = 6 \text{ EO}$$

$$6 \cdot 40 = 240 \text{ g}$$

$$240 \text{ (g/den)} / 6 - 10 \text{ (BSK}_5 / (\text{m}^2 \cdot \text{den})) = 40 - 24 \text{ m}^2$$

Hodnoty znečištění a koncentrace ze zadaných hodnot pro obyvatele domu jsou stejné jako v předchozích dvou případech.

Tabulka 5 - Hodnoty znečištění a koncentrace na KČOV

			znečištění	koncentrace
			(g/den)	(mg/l); (g/m ³)
BSK ₅	60	g/(obyv.den)	360	400,000
CHSK	120	g/(obyv.den)	720	800,000
NL	55	g/(obyv.den)	330	366,667
N _c	11	g/(obyv.den)	66	73,333
P _c	2,5	g/(obyv.den)	15	16,667

Tabulka 6 - KČOV - celkové množství znečištění na odtoku

[Zadejte text.]

	KČOV účinnost	KČOV hodnoty na odtoku
	(%)	(mg/l)
BSK ₅	85	63,529
CHSK	75	240,000
NL	85	58,235
N _c	45	80,667
P _c	45	18,333

Tuto variantu čištění odpadních vod by bylo možné na pozemku navrhnout, ačkoliv by to znamenalo značné komplikace. Ve zmíněné části zahrady se nachází jabloňový sad a záhony s ovocem a zeleninou. Je třeba k ploše 40 - 24 m² připočítat plochu na vystavění septiku a plochu na založení kalového hospodářství. Sečtením všech hodnot nám vychází zhruba dvojnásobek, což je v tomto případě příliš velká plocha. Bylo by vhodnější navrhnout jiný způsob hospodaření s odpadními vodami.

11 POSOUZENÍ VARIANT

Vybrané varianty domovních čistíren odpadních vod jsem volila podle vhodnosti instalace v řešené lokalitě zejména z hydrogeologického hlediska, dále dle způsobu a účinnosti čištění odpadních vod, velikosti zastavěné plochy a v neposlední řadě dle finančních možností.

V řešené lokalitě je možnost vsaku odpadních vod do půdy bez rizika znečištění blízkých povrchových a podzemních vod, z hydrogeologického hlediska mohou tedy vyčištěné odpadní vody beztržně vypouštět.

Z dohledaných údajů o účinnostech vybraných ČOV vychází nejlépe aktivační čistírna. Vyčištěná odpadní voda na odtoku z aktivačních ČOV dosahuje téměř 100% účinnosti. Následuje biodisková ČOV a poté septik se zemním filtrem a kořenová čistírna.

Bezodtoková jímka je vhodným řešením v oblastech bez možnosti vsaku vyčištěných vod do půdy, který je v našem případě uskutečnitelný, a z toho důvodu bych jímku vzhledem k cenové náročnosti a nutnosti pravidelných vývozů volila až na posledním místě.

[Zadejte text.]

Biologický septik a „kořenovka“ jsou srovnatelné pojmy, vzhledem k tomu, že septik navrhujeme včetně zemního filtru a v rámci kořenové čistírny umístíme septik k předčištění odpadních vod.

Septik vychází lépe než kořenová čistírna zejména při srovnání množství plochy, kterou zabírá. Dále je vhodnějším řešením s ohledem k nestálému provozu víkendové chalupy. U kořenové čistírny je potřeba hlídat, aby rostliny v mokřadu neuvadly, což se u nestálého provozu leckdy stává. Kořenová čistírna také potřebuje rovinaté území, čemuž stráž se sklonem 25° na našem řešeném pozemku neodpovídá.

Biodisková čistírna má oproti aktivační ČOV daleko menší účinnost a nevyrobí se v samonosné verzi, je třeba ji před zahájením provozu obetonovat.

S ohledem na výše uvedené skutečnosti volím zatím jako nejvhodnější variantu pro řešený pozemek aktivační ČOV.

12 INVESTIČNÍ NÁKLADY

Při uvažování o ceně domovní čistírny odpadních vod nesmíme zapomínat na výdaje za stavební práce, montáž a s tím související dopravu techniků na místo stavby.

Pokud bychom si nechali vyhloubit jámu od soukromé firmy, dle UUR (Ústav územního rozvoje) je cena nezapažených výkopů do velikosti 100 m³ v řešené lokalitě (třída těžitelnosti 1 a 2) 185,- Kč za m³.

Cena výkopu zahrnuje přehození výkopku na výkopišti, přemístění výkopku do 3 m od výkopu, případně naložení na dopravní prostředek a urovnání dna dle předepsaného profilu a spádu. Cena nezahrnuje vodorovné přemístění zeminy a dopravu na skládku.

V případě nesamostatného hloubení jámy musíme počítat také s výdaji na cestu řemeslníků na místo určení. Ceny dopravy se různí podle dodavatele, ale obvykle se pohybují kolem 10 – 20 Kč na kilometr bez DPH. Cena se odvíjí podle počtu montérů a velikosti vozidla (s přívěsem/bez přívěsu). Pro naše účely budeme uvažovat příjezd dvou montérů a cenu 15,- Kč na kilometr.

[Zadejte text.]

Naše lokalita (Nedamov) se nachází cca 70 km od Prahy. Budeme-li počítat s dopravou techniků z hlavního města, cena dopravy dvou techniků vychází cca na 1050,- Kč za jednu cestu.

V neposlední řadě je třeba vzít v úvahu cenu následného servisu, který je nutný zejména u automatizovaných ČOV a v případě strojních čistíren také cenu elektrické energie.

12.1 ZABUDOVANÁ JÍMKA (ŽUMPA)

Bezodtokové jímky jsou vhodným řešením v oblastech bez možnosti zasakování vyčištěných odpadních vod do půdy. Jsou finančně nejnáročnější variantou a musí se pravidelně vyvážet. Na druhou stranu jsou nezávislé na elektrické energii a nevyžadují prakticky žádný odborný servis.

Jímky se dodávají ve dvou základních variantách. Jímky samonosné, tedy bez potřeby dalšího obetonování a jímky nesamosné, které je potřeba obetonovat. Tyto dvě varianty se samozřejmě liší cenou. Jímky od firmy ASIO stojí od 10 769,- do 189 002,- Kč. Cena žumpy závisí na míře samonosnosti, objemu, materiálu a tvaru nádrže. Válcové nádrže k obetonování jsou objemově nejmenší a tím pádem také nejlevnější.

Mnou zvolená plastová jímka je od firmy ASIO, typ AS-NÁDRŽ 22,1 ER S. Objem nádrže je 22,1 m³, přičemž užitečný objem je 19,87 m³. Jímka má rozměry 6160 x 2000 x 2160 mm a váží 1420 kg. Jedná se o samonosnou hranatou nádrž určenou přímo k postavení na betonovou podkladovou desku a následně k obsypu zeminou. Nádrže tohoto typu se dodávají s jedním nebo dvěma vstupními komíny o rozměrech 600 x 600 x 350 mm a s DN 150 na vtoku. Je možné parametry upravit dle přání zákazníka.

Tato jímka v samonosné variantě vychází na 134 915,- Kč, varianta s potřebou obetonování vyjde o něco levněji, na 117 370,- Kč. K jímce lze zvlášť dokoupit detektor netěsnosti za 35 937,- Kč.

Celková cena plastové samonosné žumpy typu AS-NÁDRŽ 22,1 ER S včetně zabudování a dopravy montérů na stavbu (uvažujeme-li dopravu z Prahy do Nedamova, cca 70 km, dva techniky a 1km = 15,- Kč) vyjde zhruba na 139 866,- Kč. Pokud bychom se navíc rozhodli pro koupi detektoru těsnosti, jímka nás vyjde na 175 803,- Kč.

[Zadejte text.]

Pokud bychom se rozhodli jámu vyhloubit sami a pořídit si žumpu stejné velikosti, ale nesamonosnou, vyšla by nás na 117 370,- plus náklady na výrobu betonu.

Nakonec je třeba vzít v úvahu náklady na vyvážení, které v případě obyvání objektu 9ti obyvateli po dobu přibližně 200 dní v roce vychází cca na 2000,- Kč ročně.

12.2 SEPTIK SE ZEMNÍM FILTREM

Septiky se zemním filtrem jsou vhodnou variantou pro objekty s více obyvateli a možností zastavět poměrně velkou plochu pozemku. Septiky nespotřebují žádnou elektrickou energii a dobře snášejí nepravidelný přítok odpadních vod.

Při zjišťování cen septiků je třeba brát ohled na zvlášť inzerované ceny septiků a zemních filtrů. Ceny se u tohoto dodavatele (HYDROCLAR) uvádí bez DPH.

Cena tříkomorového plastového septiku se pohybuje okolo 30 – 40 tisíc. Například septik pro 8 – 10 obyvatel stojí 33. 800,- Kč.

Zemní filtry jsou dostupné v plastové variantě, nebo variantě s folií. Výrobce doporučuje plastový filtr, ačkoliv druhá varianta vychází laciněji.

Zemní plastový filtr se dá pořídit za 33. 300,- Kč pro 8 – 10 osob. Cena je bez DPH a filtry se dodávají bez pískové náplně.

Celková cena biologického septiku by nás tedy přišla zhruba na 70. 000,- Kč bez stavebních prací.

S využitím nabídky montáže od stejné firmy včetně výkopových prací (40 000,-), stavebního povolení (10 000,-) a náplně filtru (6000,-) nás septik se zemním filtrem vyjde na 126 000,- Kč.

Uvažujeme-li sníženou daň z přidané hodnoty (pro rodinné domy a byty), vychází biologický septik se zemním filtrem včetně 15% DPH na 77 120,- Kč plus stavební práce, celkem tedy 133 120,- Kč.

Nesmíme opomínat provozní cenu septiku, která zahrnuje pravidelný každoroční vývoz kalu (2000,-) a odběry vyčištěné vody (1500,-/rok).

[Zadejte text.]

Provoz septiku činí minimálně 3500,- Kč za rok.

12.3 AKTIVAČNÍ NÁDRŽ

Aktivační čistírny jsou vhodnou variantou pro rodinné domy o malém počtu obyvatel. Jsou schopny snášet krátkodobé prodlevy mezi přítoky odpadních vod, maximálně však cca třítýdenní. Potřebují ke správnému fungování poměrně málo elektrické energie (1,44 kWh/den) a mají nejvyšší účinnost mezi dostupnými čistírnami na trhu.

Aktivační čistírny od firmy TOPOLWATER se dodávají ve dvou variantách – TOPAS R a TOPAS S. Obě varianty mají obdobnou technologii s přítokovou nádrží, bioreaktorem (aktivační nádrž) a kalojemem. Čistírna typu R má propojenou přítokovou nádrž s bioreaktorem. Typ S má obě nádrže vodotěsně odděleny a voda je do aktivační nádrže přečerpávána. Čistírny typu S jsou určeny do větších hloubek přítoku (až 2,2 m).

Oba typy se dodávají jak v kruhové, tak v obdélníkové variantě půdorysu nádrže, přičemž obdélníkové jsou navrženy pro větší objemy. Nádrže jsou celoplastové. Součástí je vždy odtoková přípojka, přípojku pro přítok vody je třeba namontovat až na místě a není tedy součástí balené ČOV.

Kromě nádrží typu R a S existuje ještě varianta PLUS, která má v základní výbavě některé nadstandardní vybavení, konkrétně displej a dávkovač, a je pochopitelně dražší než oba předchozí typy.

Součástí standardního vybavení u námi zvoleného typu TOPAS R není displej (4000,-), dávkovač (6000,-), UV lampa (8500,-) a dálkový ovladač GSM (5400,-). Toto doplňkové vybavení lze k čistírně dokoupit.

Dále není součástí typu R pískový filtr, ten je standardně součástí pouze čistíren TOPAS PLUS a u typu TOPAS S se vyrábějí varianty s i bez pískového filtru. Varianty s pískovým filtrem jsou řádově o 10 000,- dražší.

V případě, že bychom si zvolili do naší lokality aktivační ČOV typu TOPAS R 8, vyšla by nás v základní výbavě na 54 450,- Kč.

Firma TOPOLWATER nabízí také montáž a servis čistíren. Montáž s jedním montérem vychází na 450,-/hod. Dopravné si účtují 11,-/montér/km (15,-/2 montéři/km). Ceny jsou uvedeny bez DPH.

[Zadejte text.]

Pokud uvažujeme dobu trvání montáže 3 dny (cca 6 hodin denně) a 2 montéry, vychází cena ČOV TOPAS R 8 v základní výbavě a včetně DPH 15% na 73 080,- plus cena za výkop. Dohromady s náklady na cestu a výkop tedy přibližně na 74 593,- Kč.

Varianta TOPAS S 8 PF (s půdním filtrem) včetně nákladů na cestu montérů a výkop vychází na 83 893,- Kč.

Pravidelný servis čistírny nabízený firmou TOPOLWATER vychází na 400,- Kč/hod. bez DPH plus dopravné a provádí se 2x do roka. Pokud uvažujeme dobu trvání servisu 2 hodiny a jednoho montéra, cena celkem vyjde na cca 4036,- Kč za rok.

12.4 DOMOVNÍ ČISTÍRNA S BIODISKY

Biodiskové čistírny nejsou na našem trhu tak široce zastoupeny jako například čistírny aktivační. Není příliš variant na výběr a obecně je složité vyhledat o těchto nádržích nějaké detailní informace. V tomto srovnání vycházím výhradně z ceníků firmy AQUATECH, konkrétně jejich produktové řady biodiskových čistíren MICRO.

Tyto čistírny jsou velikostně a provozně podobné aktivačním ČOV, biodiskové čistírny mají výrazně vyšší spotřebu elektrické energie (2,88 kWh/den) a také výrazně menší účinnost než aktivační čistírny.

Varianta MICRO 1,5 se prodává na internetu za 43 000,- Kč/kus bez DPH. S DPH 15% tedy 49 450,- Kč.

Jedná se o čistírnu jako technologický celek splňující podmínky certifikace. U čistíren MICRO se neuvádí, zda je součástí nádrže přípojka na přítok a odtok vody, budeme tedy pro jistotu počítat s případnými doplátky za toto dovybavení.

Kromě již zmíněné ČOV MICRO 1,5 lze zakoupit čistírny větší, konkrétně MICRO 3,5 A MICRO 5,5. Čistírny se liší cenou a velikostí. Hodnoty za názvem typu uvádí objem ČOV.

Stavební práce při ceně 185,-/m³ vyjdou u ČOV MICRO 1,5 na cca 300,- Kč plus doprava 1050,-. Cena tedy vychází zhruba na 1450,- Kč.

[Zadejte text.]

Firma AQUATECH nabízí servis svých ČOV, ale nikde jsem nedohledala cenu montáže odborníkem. Budeme tedy vycházet z cen montáže aktivačních ČOV, vzhledem k přibližně stejné náročnosti a objemu těchto čistíren.

V případě, že by montáž stála stejně jako u firmy TOPOLWATER, vyjde nás cena ČOV MICRO 1,5 celkem na 67 100,- Kč včetně DPH.

Pro naše potřeby by se dala použít také větší čistírna, tedy MICRO 3,5, která by celkově vycházela na 133 130,- Kč včetně DPH.

Servis biodiskových čistíren nabízený firmou AQUATECH vychází kompletně na 18 228,- ročně plus dopravné. Dohromady tedy 19 278,- Kč za rok.

12.5 HORIZONTÁLNÍ KOŘENOVÁ ČISTÍRNA

Horizontální kořenová čistírna je provozně velmi podobná septikům se zemními filtry. Součástí KČOV je mechanicko – biologický prvek, nejčastěji septik, sloužící k předčištění odpadních vod. Kořenová čistírna sama o sobě je energeticky nezávislá, využívá jen schopností mikroorganismů vázat organické látky v odpadních vodách. Provozní cena samotné kořenové čistírny je tedy nulová.

Cena kořenové čistírny závisí na počtu obyvatel napojeného objektu (objektů), od toho se následně odvíjí velikost kořenového pole. Obecně se udává 5 m² plochy na ekvivalentního obyvatele. Například pro čtyřčlennou rodinu je třeba zastavět 20 m² pozemku. V našem případě (9 osob) by se jednalo o 45 m² pozemku.

Kořenové čistírny takzvané „na klíč“ stojí okolo 150 – 200 000,- Kč a cena se určuje podle velikosti zabrané plochy a s tím spojeným množstvím stavebních prací.

Pokud bychom si chtěli kořenovou ČOV (KČOV) postavit svépomocí, cena vyjde více jak o polovinu levněji (cca 75 000,-), znamená to ale poměrně rozsáhlou a časově náročnou stavební práci.

Ke zvýšení účinnosti kořenových čistíren se využívá napojených septiků, které slouží jako první fáze čištění odpadních vod. Tím se ale stávají KČOV závislé na elektrické energii a s tím spojenými dalšími výdaji. Je třeba také počítat s cenou septiku (septik HYDROCLAR S 10; 33 800,-).

Celková cena svépomocí vybudované KČOV společně s připojeným septikem se tedy pohybuje okolo 100 000,- Kč.

[Zadejte text.]

Rozdíl v ceně mezi svépomocí vystavěnou KČOV a KČOV takzvaně „na klíč“ tedy může přijít až na 100 000,- Kč.

V případě, že bychom se rozhodli na našem pozemku stavět KČOV, zvolili bychom druhou variantu, tedy výstavbu svépomocí, ale vzhledem ke sklonu svahu pozemku a počáteční cenové náročnosti by volba kořenové čistírny nebyla příliš vhodná.

Kořenová čistírna nepotřebuje žádnou zvláštní péči, stačí jen pravidelně jednou do roka kosit porost na kořenových polích. Také spotřeba elektrické energie je u kořenových čistíren nulová.

13 DISKUZE

Tabulka 7 - Celkové náklady konkrétních typů čistíren

VARIANTA	TYP	Náklady vč. montáže	Náklady bez montáže	Provozní náklady
Bezodtoková jímka	AS - NÁDRŽ 3,4 ER S	139 866,-	134 915,-	2000,-/rok
Septik se ZF	HYDROCLAR S 10	133 120,-	77 120,-	3500,-/rok
Aktivační ČOV	TOPAS R 8	74 593,-	54 450,-	4036,-
Biodisková ČOV	MICRO 1,5	67 100,-	49 450,-	19 278,-
Kořenová ČOV	Horizontální KČOV	150 – 200 000,-	100 000,-	0

*ceny jsou uvedeny vč. DPH

Tabulka 8 - Množství znečištění konkrétních typů čistíren na odtoku (mg/l)

VARIANTA	TYP	Množství znečištění na odtoku (mg/l)		
		BSK ₅	CHSK	NL
Septik se ZF	HYDROCLAR S 10	30	neuveдено	30
Aktivační ČOV	TOPAS R	3,636	30	6,735
Biodisková ČOV	MICRO 1,5	20	75	25
Kořenová ČOV	Horizontální KČOV	63,529	240	58,235

[Zadejte text.]

Na začátku práce jsem se zaměřila na obecné zpracování tématu čistírenství. Krátce jsem se zmínila o historii tohoto oboru. V následujících kapitolách jsem popisovala metody čištění odpadních vod, uvedla jsem odstraňování organického znečištění, vyjmenovala typy odpadních vod a možnosti jejich výpočtu a následné čištění.

V další části práce jsem shrnula veškeré potřebné údaje o domovních čistírnách odpadních vod a popsala funkce každé důležité součástky obsažené v uvedených čistírnách. Popsala jsem detailně procesy, probíhající v uvedených čistírnách a pro každou uvedla výpočet velikosti a vyhodnotila přednosti a negativa jejich provozování. Také jsem u každé čistírny uvedla, kde je nejlépe ji využívat. Většina domovních ČOV je určena k čištění odpadních vod rodinných domů, rekreačních objektů, případně menších obcí (max. do 100 EO).

Tyto domovní čistírny jsem následně podrobila konkrétnějšímu průzkumu, našla jsem si na internetu prodejce a každé čistírně přidělila jiného. Poté jsem zjišťovala ceny dodavatelů, účinnost čištění na odtoku pro jednotlivé typy čistíren, velikost zastavěné plochy nebo objem nádrže, spotřebu elektrické energie a nakonec servisní dodatečné práce a s tím spojené náklady na provoz.

Z uvedených tabulek (viz Tab. 7 a 8) jasně vyplývá, jak která čistírna obstála. Nejlépe dopadla aktivační čistírna, která má o mnoho lepší výsledky na odtoku než konkurence.

Druhá by v pomyslném žebříčku skončila biodisková čistírna, která je konstrukčně velmi podobná aktivační ČOV, jen nedosahuje tak dobrých výsledků. Biodiskové ČOV se hodí k průmyslovým a zemědělským objektům, nejsou tolik náročné na kvalitu odpadních vod. Prakticky je možné vylít do odpadu cokoliv a bioreaktor si s tím obvykle poradí.

Další navrhovanou možností je kořenová čistírna. Kořenové čistírny byly populární zejména v minulých letech, nyní jejich sláva upadá. Přesto jsou schopny kvalitně čistit odpadní vody. Účinnost samostatných KČOV je poměrně malá, doporučuje se proto připojit septik, který slouží k hrubému předčištění. V případě, že bychom tuto ČOV navrhli ve zvolené oblasti, bylo by zapotřebí vybudovat ještě dočišťovací jezírko, aby vypouštěná voda byla před vsakem do půdy dokonale vyčištěná. Kořenové čistírny jsou nezávislé na elektrické energii a nevyžadují žádný odborný servis. Jsou to velice jednoduché stavby, jak na výstavbu, tak k následnému užívání, navíc jsou ekologické a mohou být velmi krásné.

[Zadejte text.]

Septiky a jímky bych osobně považovala za zbytečně cenově a prostorově náročné. Obojí je sice nezávislé na elektrické energii, ale ceny a nutná pravidelnost vývozu vychází ročně na nemalé částky. Septik bych volila v případě, že by objekt obývalo více osob a volila bych variantu se zemním filtrem.

Jímky jsou vhodné v případě nemožnosti jak vypouštění do recipientu, tak nemožnosti vsakování do půdy. V ostatních případech se jedná o velice nákladnou záležitost a je třeba se o jímky pravidelně starat (vyvážet a kontrolovat nepropustnost do podloží).

14 ZÁVĚR

Vzhledem k výše uvedeným argumentům jsem zvolila jako nejschůdnější variantu aktivační čistírnu od firmy TOPOLWATER, která je cenově přijatelná a vykazuje oproti ostatním ČOV výrazně vyšší účinnost v oblasti čištění odpadních vod.

Další variantou by mohla být biodisková čistírna, která stojí přibližně stejně, ale je stavebně náročnější, má nižší účinnost a vyžaduje výrazně nákladnější následný pravidelný servis.

S ohledem na životní prostředí by se jevila jako nejlepší varianta kořenová čistírna. Vzhledem k potřebné ploše, nevhodnosti sklonu svahu pozemku a počáteční vysoké ceně bych tuto variantu nevolila.

Podobné důvody mám k zavržení biologického septiku, který je pro počet obyvatel řešeného domu zbytečně prostorově náročný a cenově nákladný.

Bezodtoková jímka byla jen doplňkovou variantou, využitou v případě, že by hrozila nemožnost zasakování vyčištěné odpadní vody do půdy, což jsme po hydrogeologickém prozkoumání oblasti vyloučili. Jímka je nákladná a v našem případě provozně komplikovaná kvůli špatné dostupnosti lokality s těžkou technikou potřebnou na vývoz žumpy.

Cíle jsem výběrem vhodné čistírny odpadních vod splnila a s vypracováním daného tématu a následným dohledáním vhodných dodavatelů jsem neměla během psaní bakalářské práce příliš potíže.

[Zadejte text.]

15 LITERATURA A POUŽITÉ ZDROJE

Knižní zdroje:

DOHÁNYOS, Michal, Nina STRNADOVÁ a Jan KOLLER. *Čištění odpadních vod*. Vyd. 1. (dot.). Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1994 [i.e. 1995], iv, 177 s. ISBN 80-7080-207-3.

DOHÁNYOS, Michal. *Anaerobní čistírenské technologie*. Vyd. 1. Brno: NOEL 2000, 1998, 343 s. ISBN 80-86020-19-3.

GRADY, C. *Biological wastewater treatment*. 3rd ed. Boca Raton, FL: IWA Pub./CRC Press, c2011, xxix, 991 p. ISBN 9780849396793.

GRAY, N. F. *Biology of Wastewater Treatment*. Oxford University Press, 1989, pp. xiv + 828 pp. ISBN 0-19-859014-8.

HENZE, M. *Biological wastewater treatment: principles, modelling and design*. London: IWA Pub., 2008, 511 p. ISBN 9781843391883.

Historie kanalizací: dějiny odvádění a čištění odpadních vod v Českých zemích. Vyd. 1. Editor Dagmar Broncová. Praha: Milpo media, 2002, 259 s. Z historie průmyslu. ISBN 80-86098-25-7.

HLAVÍNEK, Petr a Jiří HLAVÁČEK. *Nové trendy v čištění odpadních vod*. Vyd. 1. Brno: NOEL 2000, 1996, 85 s.

HLAVÍNEK, Petr a Jiří HLAVÁČEK. *Čištění odpadních vod: praktické příklady výpočtů*. Vyd. 1. Brno: NOEL 2000, 1996, 196 s. ISBN 80-86020-00-2.

[Zadejte text.]

HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN a Petr PRAX. *Příručka stokování a čištění*. Vyd. 1. Brno: NOEL 2000 s.r.o., 2001, vi, 251 s. ISBN 80-860-2030-4.

CHUDOBA, Jan, Michal DOHÁNYOS a Jiří WANNER. *Biologické čištění odpadních vod*. Vyd. 1. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1991, 465 s. Ochrana životního prostředí. ISBN 8003006112.

LOOSDRECHT M., HENZE M., a kol. *Biological wastewater treatment. Principles, modelling and design*. IWA Publishing, Cambridge University Press 2003. 517 s.

MILERSKI, Rudolf, Jan MIČÍN a Jaroslav VESELÝ. *Vodohospodářské stavby*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 1998, 164 s. ISBN 80-214-2896-1.

MOLONIEWICZ, Wanda J., T. SEDZIKOWSKI a T. BONIKOWSKI. *Malé čistírny odpadových vod*. Vyd. 1. Bratislava: Alfa, vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, n.p., 1983, 280 s.

ROZKOŠNÝ, Miloš. *Domovní čistírny odpadních vod*. Vyd. 1. V Brně: ZO ČSOP Veronica, 2010, 39 s. ISBN 978-80-87308-07-3.

SOJKA, Jan. *Čistírny odpadních vod: pro rodinné domy*. 1. vyd. Praha: Grada, 2013, 95 s. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-4504-6.

SOJKA, Jan. *Malé čistírny odpadních vod*. 2. vyd. Brno: ERA, 2004, vii, 98 s. ISBN 80-86517-80-2.

ŠÁLEK, Jan. *Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod*. 1. vyd. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2006, 283 s. ISBN 80-86769-74-7.

[Zadejte text.]

VYMAZAL, Jan. *Čištění odpadních vod v kořenových čistírnách*. Třeboň: ENVI s.r.o., 1991, 147 s.

Legislativa:

ČSN EN 12255-5. *Čistírny odpadních vod – Část 5: Čištění odpadních vod v biologických nádržích*. Praha: Český normalizační institut, 2000.

ČSN EN 12255-6. *Čistírny odpadních vod – Část 6: Aktivace*. Praha: Český normalizační institut, 2003.

ČSN EN 12255-11. *Čistírny odpadních vod – Část 11: Všeobecné návrhové údaje*. Praha: Český normalizační institut, 2002.

ČSN EN 12566-3+A2. *Malé čistírny odpadních vod do 50 ekvivalentních obyvatel – Část 3: Balené a/nebo na místě montované domovní čistírny odpadních vod*. Praha: Český normalizační institut, 2014.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů (vodní zákon).

Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích).

Ostatní zdroje:

www.aquatech.cz

www.asio.cz

www.cuzk.cz

<http://fast10.vsb.cz/>

[Zadejte text.]

www.fortex.cz

<http://geoportal.gov.cz/>

www.hydroclar.cz

www.korenova-cisticka.cz

<http://www.rybnikar.cz/>

www.slovník-cizich-slov.abz.cz

www.topolwater.com

www.uur.cz

www.zelenestaveni.cz

LUSK, Karel. *Hydrogeologické posouzení možnosti likvidace přečištěných splaškových vod vsakem do půdních vrstev*. Dubnice, 2005.

Sborník konference Čištění komunálních odpadních vod 1991: Proceedings of the Conference Municipal Wastewater Treatment 1991 : Malenovice pod Lysou horou 13. - 15. listopadu 1991, Ústředí České vodohospodářské inspekce. [aj.]. Brno: Santini, 1991, 101 s. Odpady. ISBN 80-900952-9-1.

SYNÁČKOVÁ, Marcela. *Vodárenství a stokování – přednášky*. Praha: ČZU, 2014.

www.netstorage.czu.cz

[Zadejte text.]

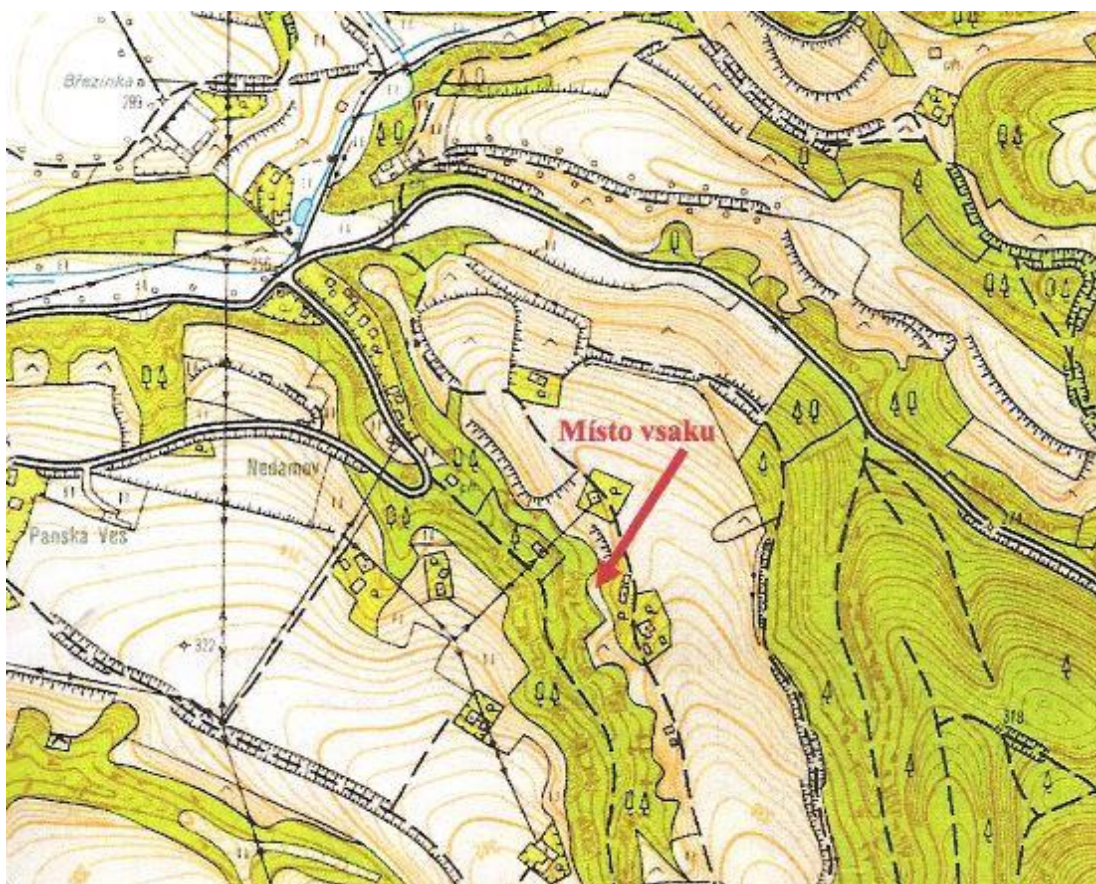
16 PŘÍLOHY

Seznam příloh:

- PŘÍLOHA 1 – Popis zájmového území
- PŘÍLOHA 2 – Čištění odpadních vod do 50 EO
- PŘÍLOHA 3 – Bezodtoková jímka (žumpa)
- PŘÍLOHA 4 – Septik
- PŘÍLOHA 5 – Aktivační ČOV
- PŘÍLOHA 6 – ČOV s biodisky
- PŘÍLOHA 7 – Kořenová ČOV

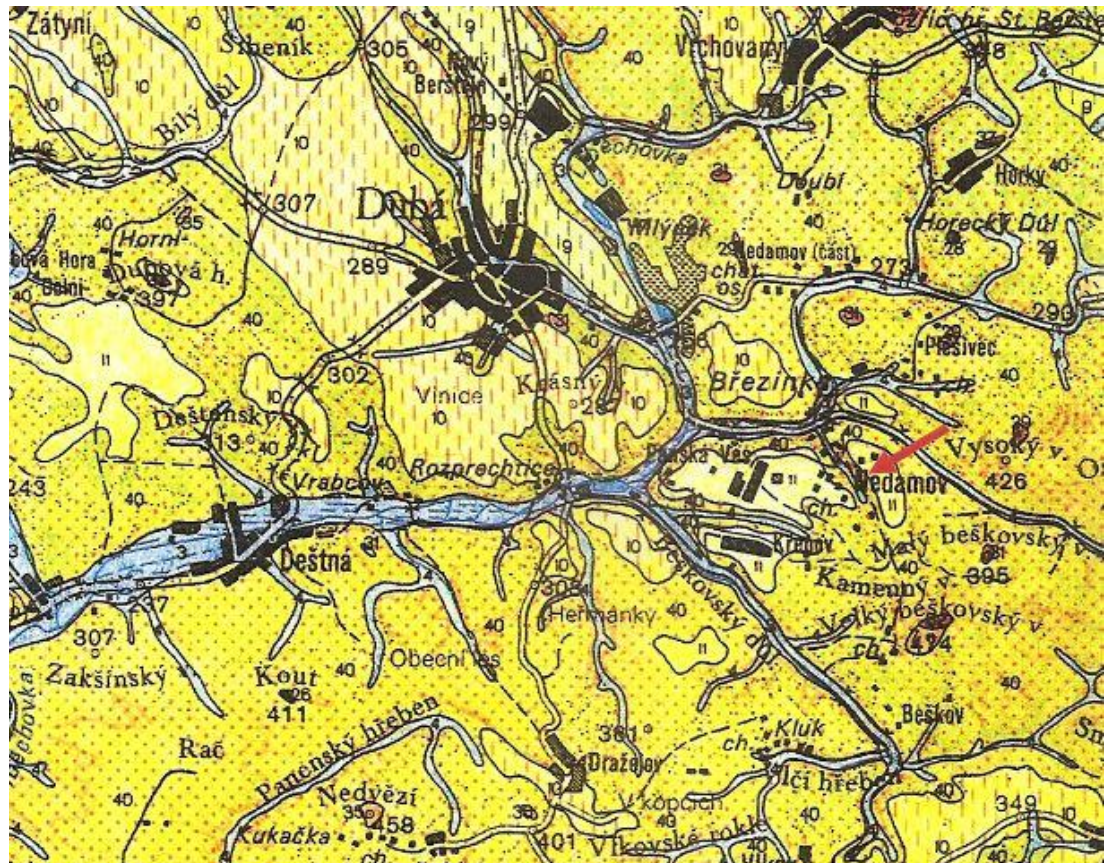
[Zadejte text.]

16.1 PŘÍLOHA 1



Mapa 1 - Základní mapa ČR 1 : 10 000 s vyznačeným místem vsaku
(<http://geoportal.gov.cz/>)

[Zadejte text.]



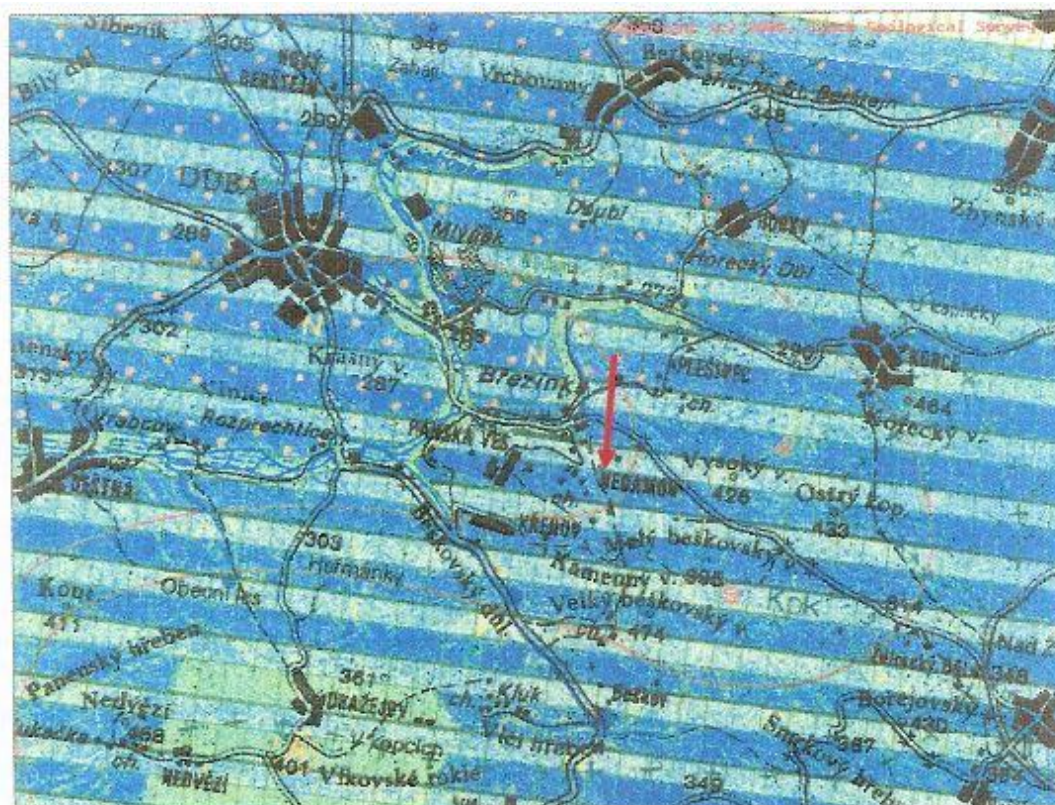
Mapa 2 - Geologická mapa 1 : 50 000 s vyznačeným místem vsaku
(<http://geoportal.gov.cz/>)

Tabulka 9 - Legenda ke geologické mapě (<http://geoportal.gov.cz/>)

1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28

KVARTÉR, holocén: 1 - komunální odpady, navážky, odkaliště; 2 - lomové odvaly; 3 - fluviační převážně písčito-hlinité sedimenty v nivách; 4 - deluvio-fluviační převážně písčito-hlinité sedimenty; **holocén - pleistocén:** 5 - deluviální písčito-hlinité sedimenty; 6 - deluviální kamenito-hlinité sedimenty; 7 - deluviální hlinito-kamenité sedimenty s bloky hornin; 8 - deluviální kamenito-hlinité uloženiny konsolidovaných sesuvů; **pleistocén svrchní:** 9 - spraš; 10 - sprašová hlína; 11 - spraš, sprašová hlína; 12 - navátý písek; 13 - deluvio-eolické písčito-hlinité sedimenty s kameny, převážně vápnité; 14 - deluvio-eolické písčito-hlinité sedimenty s kameny, převážně nevápnité; 15 - deluvio-eolické hlinito-písčité sedimenty s kameny, nevápnité; 16 - fluviační písčité šterky; **pleistocén střední (riss - mindel):** 17 - fluviační písčité šterky (R3); 18 - fluviační písčité šterky (R2); 19 - fluviační písčité šterky (R1); 20 - fluviační písčité šterky (M2); 21 - fluviační písčité šterky (M1); **pleistocén spodní, gůnz:** 22 - fluviační písčité šterky (G2); 23 - fluviační písčité šterky (G1); 24 - fluviační písčité šterky; **TERCIÉR:** 25 - vulkanické horniny nerozlišené; 26 - bazaltické horniny nerozlišené; 27 - olivinické bazaltické horniny nerozlišené; 28 - olivinické alkalické bazalty, bazanity (nefelinické, „leucitické“).

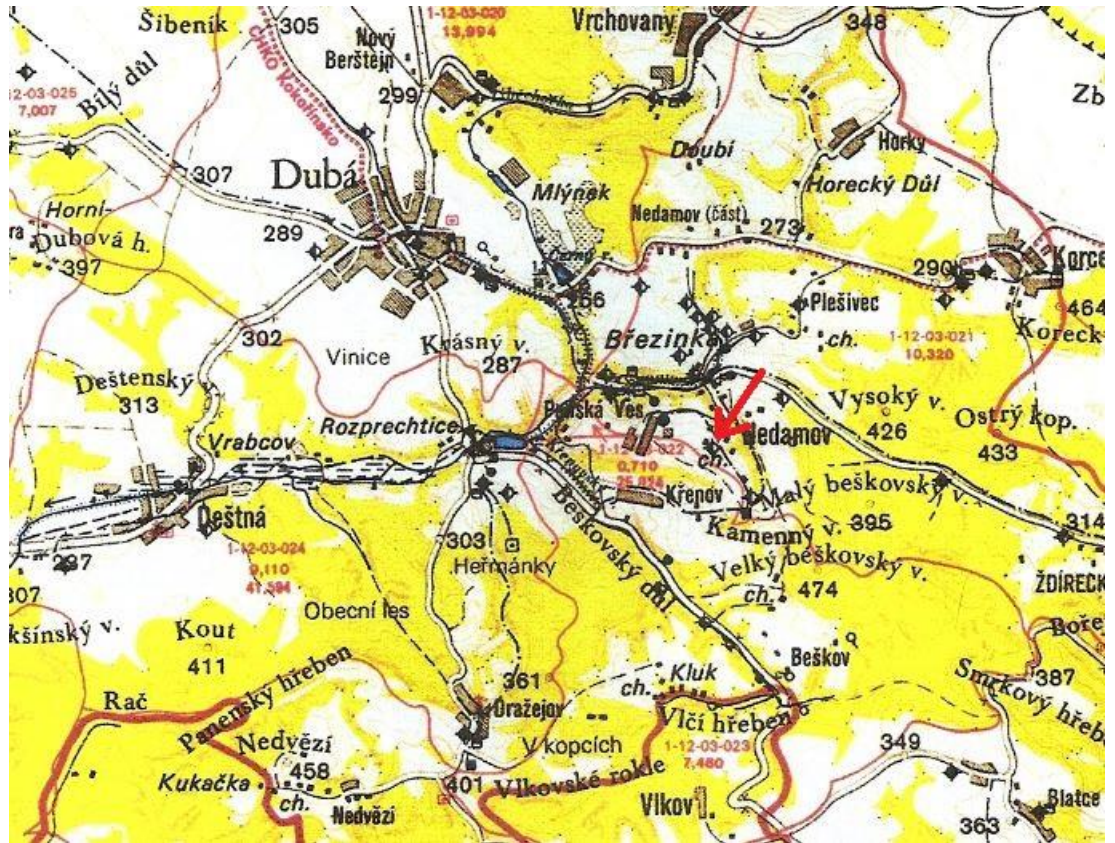
[Zadejte text.]



Levý horní a pravý dolní roh (Křovák) :[-729683; -992465][-721812; -998530],
1:25000

Mapa 3 - Hydrologická mapa s vyznačeným místem vsaku (Lusk 2005)

[Zadejte text.]

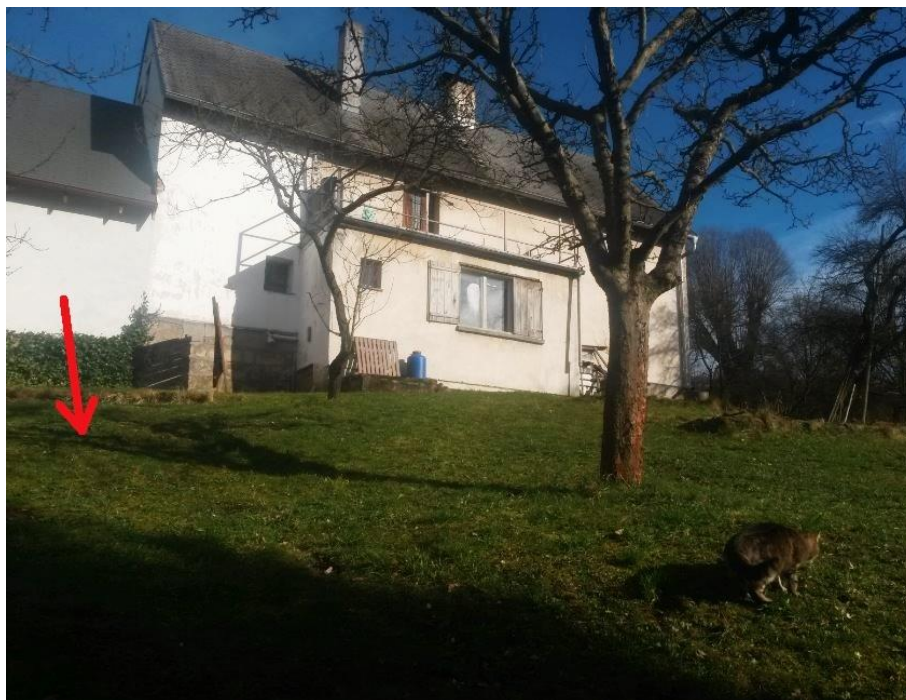


Mapa 4 - Vodohospodářská mapa s vyznačeným místem vsaku (<http://geoportal.gov.cz/>)



Mapa 5 - Výřez z katastrální mapy s vyznačeným místem vsaku (www.cuzk.cz)

[Zadejte text.]



Obrázek 10 - Pohled na místo vsaku ze západního svahu



Obrázek 11 - Smíšený les pod místem vsaku

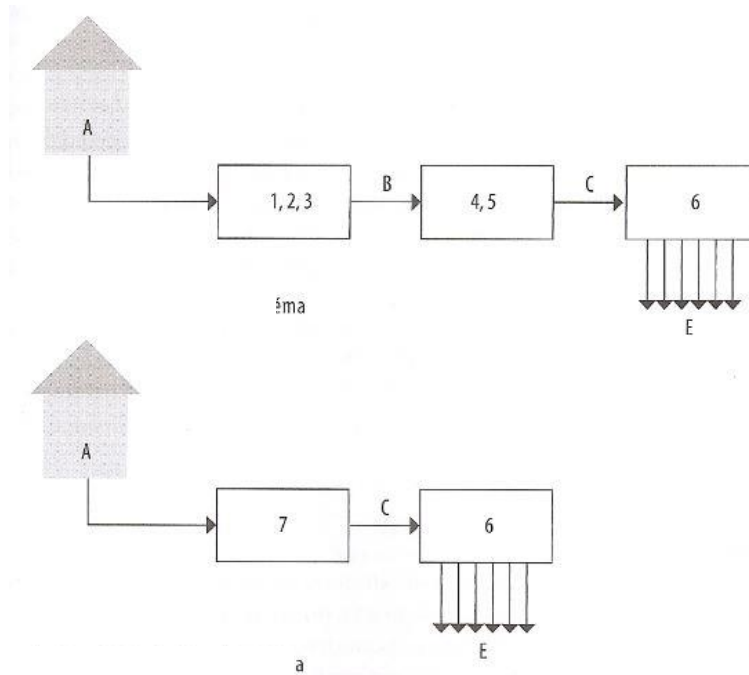
[Zadejte text.]



Obrázek 12 - Detail lokálního pískovce

[Zadejte text.]

16.2 PŘÍLOHA 2



Obrázek 13 - Schéma čištění odpadních vod v objektech bez možnosti vypouštění OV do povrchových vod nebo kanalizace (A – splašková voda, B – předčištěná odpadní voda, C – odpadní voda po filtraci, E – infiltrovaná voda (zásak); 1 – septik, 2 – anaerobní ČOV, 3 – ČOV třídy I, II, III, 4 – filtrační zařízení (zemní pískový filtr), 5 – kořenová čistírna, 6 – zemní infiltrační systém, 7 – ČOV kategorie PZV) (Sojka 2013)

Tabulka 10 - Přibližné náklady pro obyvatele RD se čtyřmi obyvateli (Sojka 2013)

Způsob likvidace odpadních vod	Vstupní náklady	Roční provozní náklady	Životnost
Kanalizace (PP, PVC)	přípojka 3,5 tis. Kč/m kanalizace 4–8 tis. Kč/m	stočné 30–40 Kč/m ³ 6,5–8,7 tis. Kč	30–50 let
Individuální čištění odpadních vod	50–100 tis. Kč	4–10 tis. Kč	20–30 let
Akumulační jímka 10 m ³	50–80 tis. Kč	25–35 tis. Kč	10–50 let

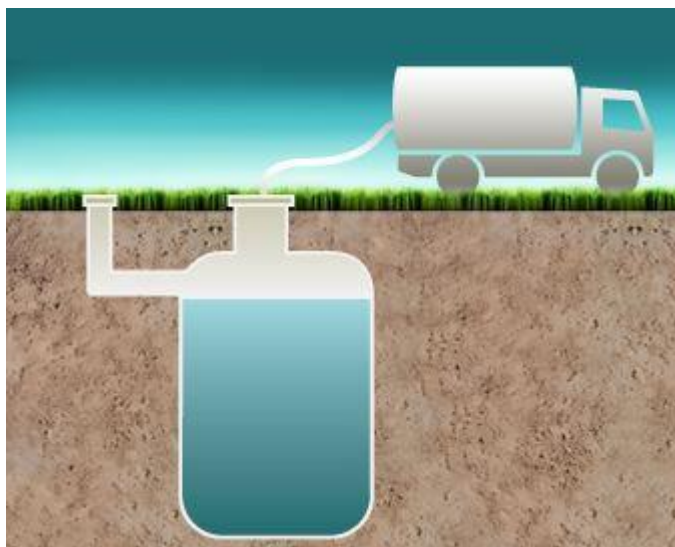
Tabulka 11 - Základní počet EO na m² (<http://fast10.vsb.cz/>)

[Zadejte text.]

plocha, osoba, zařízení	eo
byt do 50 m ²	2
byt 50 - 75 m ²	3
byt přes 75 m ²	4
hotely, motely, penziony, ubytovací zařízení na 1 lůžko	1 - 3
dětské tábory, campinky na 2 osoby	1
restaurace s obrátkou na židli 1 x denně ... na 3 místa	1
2 - 3x denně ... na 1 místo	1
4 - 6x denně ... na 1 místo	2
místa v zahrádkách na 10 míst	1
živnosti, kanceláře na 2 - 3 zaměstnance	1

[Zadejte text.]

16.3 PŘÍLOHA 3

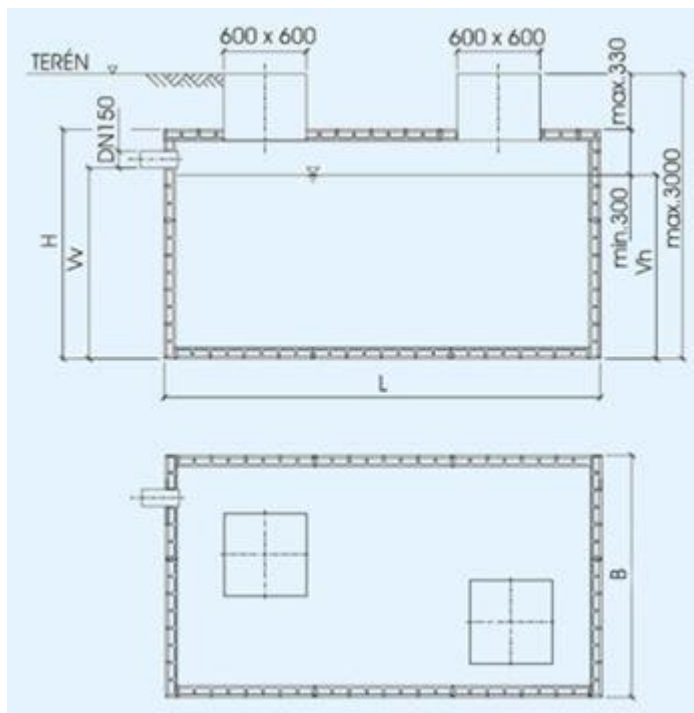


Obrázek 14 - Schéma vývozu jímky (www.asio.cz)



Obrázek 15 - Ukládání jímky do země (www.asio.cz)

[Zadejte text.]



Obrázek 16 - Schéma zabudované hranaté jímky firmy ASIO (www.asio.cz)



Obrázek 17 - Plastová jímka ASIO (www.asio.cz)

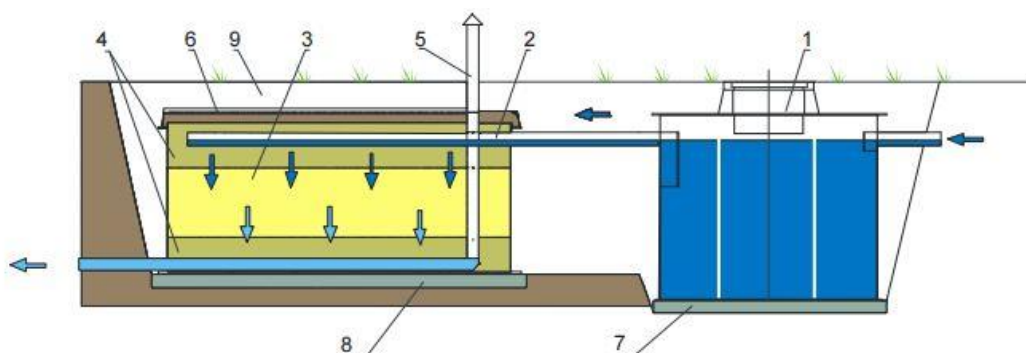
Tabulka 12 - Parametry jímek ASIO (www.asio.cz)

[Zadejte text.]

název	objem nádrže (m ³)	užitný objem nádrže (m ³)	vnější rozměry	hmotnost (kg)
			L x B x H (mm)	
AS-NÁDRŽ 3,4 ER S	3,4	3,02	2160 x 1000 x 2160	410
AS-NÁDRŽ 5,0 ER S	5,0	4,54	3160 x 1000 x 2160	560
AS-NÁDRŽ 6,7 ER S	6,7	6,05	4160 x 1000 x 2160	710
AS-NÁDRŽ 8,4 ER S	8,4	7,56	5160 x 1000 x 2160	860
AS-NÁDRŽ 10,1 ER S	10,1	9,07	6160 x 1000 x 2160	1010
AS-NÁDRŽ 7,4 ER S	7,4	6,62	2160 x 2000 x 2160	610
AS-NÁDRŽ 11,0 ER S	11,0	9,94	3160 x 2000 x 2160	810
AS-NÁDRŽ 14,7 ER S	14,7	13,25	4160 x 2000 x 2160	1010
AS-NÁDRŽ 18,4 ER S	18,4	16,56	5160 x 2000 x 2160	1210
AS-NÁDRŽ 22,1 ER S	22,1	19,87	6160 x 2000 x 2160	1420
AS-NÁDRŽ 25,8 ER S	25,8	23,18	7160 x 2000 x 2160	1620
AS-NÁDRŽ 9,4 ER S	9,4	8,42	2160 x 2500 x 2160	780
AS-NÁDRŽ 14,0 ER S	14,0	12,64	3160 x 2500 x 2160	940
AS-NÁDRŽ 18,7 ER S	18,7	16,85	4160 x 2500 x 2160	1160
AS-NÁDRŽ 23,4 ER S	23,4	21,06	5160 x 2500 x 2160	1390
AS-NÁDRŽ 28,1 ER S	28,1	25,27	6160 x 2500 x 2160	1620
AS-NÁDRŽ 32,8 ER S	32,8	29,48	7160 x 2500 x 2160	1840

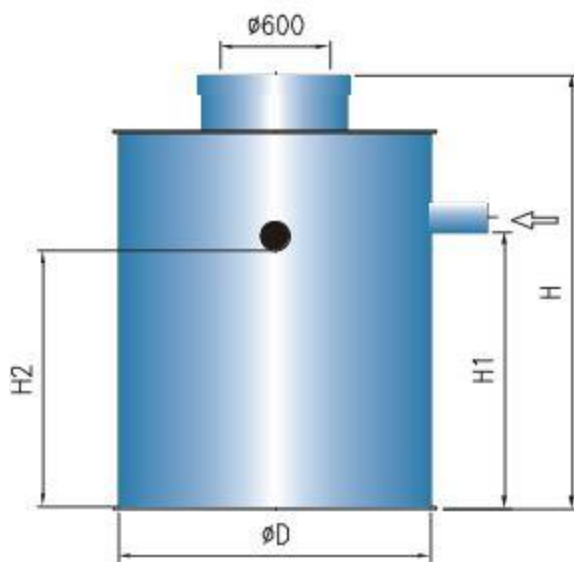
[Zadejte text.]

16.4 PŘÍLOHA 4



LEGENDA: 1 - SEPTIK, 2 - ROZVODNÉ POTRUBÍ ZEMNÍHO FILTRU, 3 - FILTRAČNÍ VRSTVA PÍSKU, 4 - ŠTĚRK
5 - ODVĚTRÁNÍ, 6 - GEOTEXILIE, 7 - PODKLADNÍ BETON, 8 - PÍSKOVÉ LOŽE NEBO PODKLADNÍ BETON, 9 - ZÁSYP
VYKOPANOU ZEMINOU

**Obrázek 18 - Schéma septiku HYDROCLAR se zemním filtrem
(www.hydroclar.cz)**

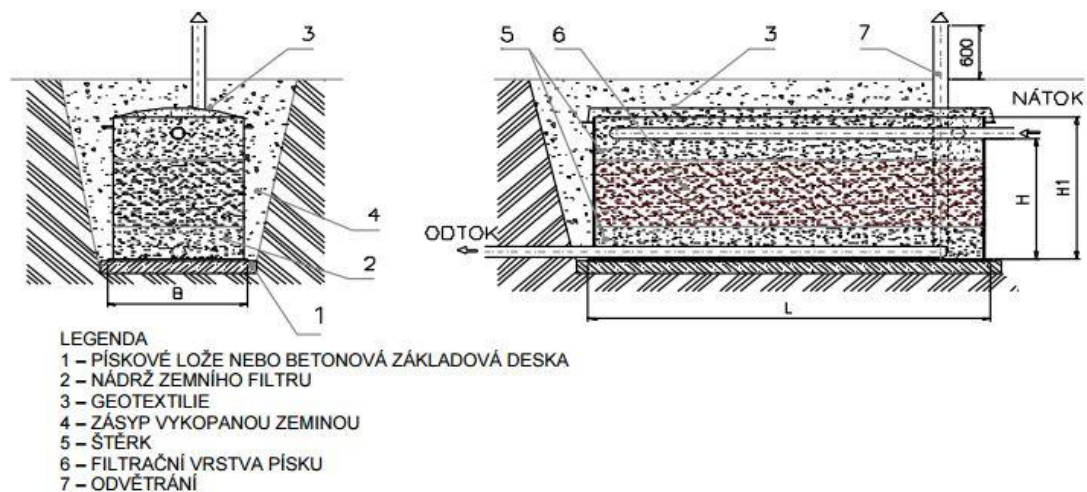


Obrázek 19 - Schéma septiku HYDROCLAR (www.hydroclar.cz)

Tabulka 13 - Parametry septiků HYDROCLAR (www.hydroclar.cz)

[Zadejte text.]

	počet obyvatel EO	denní průtok (m ³)	průměr D (mm)	výška H (mm)	výška H1 (mm)	výška H2 (mm)	hmotnost (kg)
HC-S 3	3	0,45	1500	1850	1350	1300	150
HC-S 5	5	0,75	2000	1850	1350	1300	250
HC-S 8	8	1,20	2000	2500	2000	1900	350
HC-S 10	10	1,50	2300	2500	2000	1900	400
HC-S 12	12	1,80	2500	2500	2000	1950	450
HC-S 16	16	2,40	2600	2800	2300	2200	500
HC-S 20	20	3,00	2650	3200	2700	2650	550



Obrázek 20 - Schéma zemního filtru HYDROCLAR (www.hydroclar.cz)

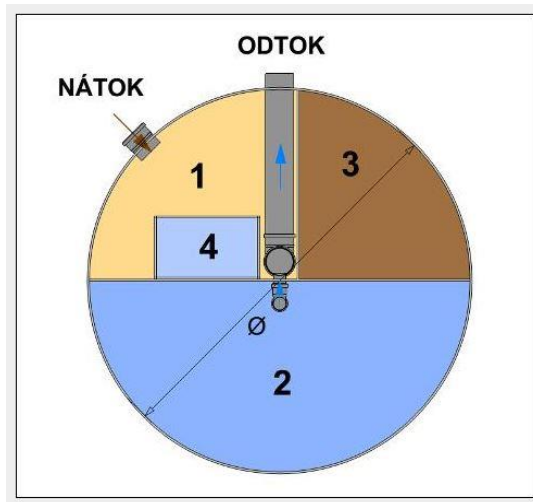
Tabulka 14 - Parametry zemního filtru HYDROCLAR (www.hydroclar.cz)

Označení filtru	Počet osob	Šířka filtru B(mm)	Délka L(mm)	Výška H(mm)	Výška H1 (mm)	Filtrační lože písek (m ³)	Štěr pro obsyp potrubí ve filtru (m ³)
ZF3	1 - 3	1 400	3 000	1 100	1250	2,5	2,5
ZF4	3 - 4	1 400	3 700	1 100	1250	3,0	3,0
ZF5	4 - 5	1 500	4 000	1 100	1250	3,5	3,5
ZF8*	5 - 8	2 000	4 800	1 100	1250	5,5	5,5
ZF10*	6 - 10	2 000	5 900	1 100	1250	7,5	7,5
ZF12*	10 - 12	2 400	5 900	1 100	1250	8,5	8,5

*ZF jsou osazeny rozdělovacím objektem

[Zadejte text.]

16.5 PŘÍLOHA 5

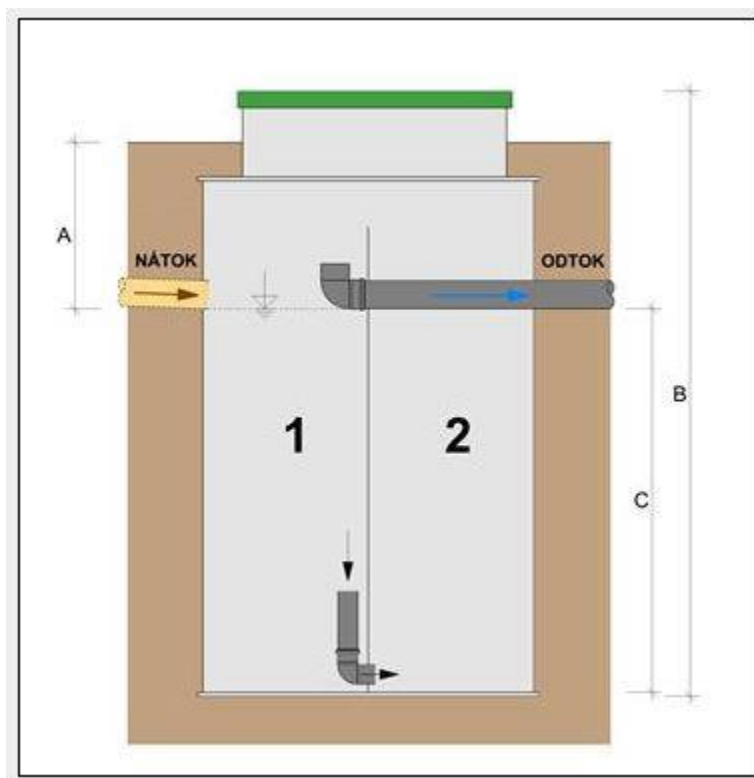


Obrázek 21 - Půdorys kruhové DČOV (www.topolwater.com)

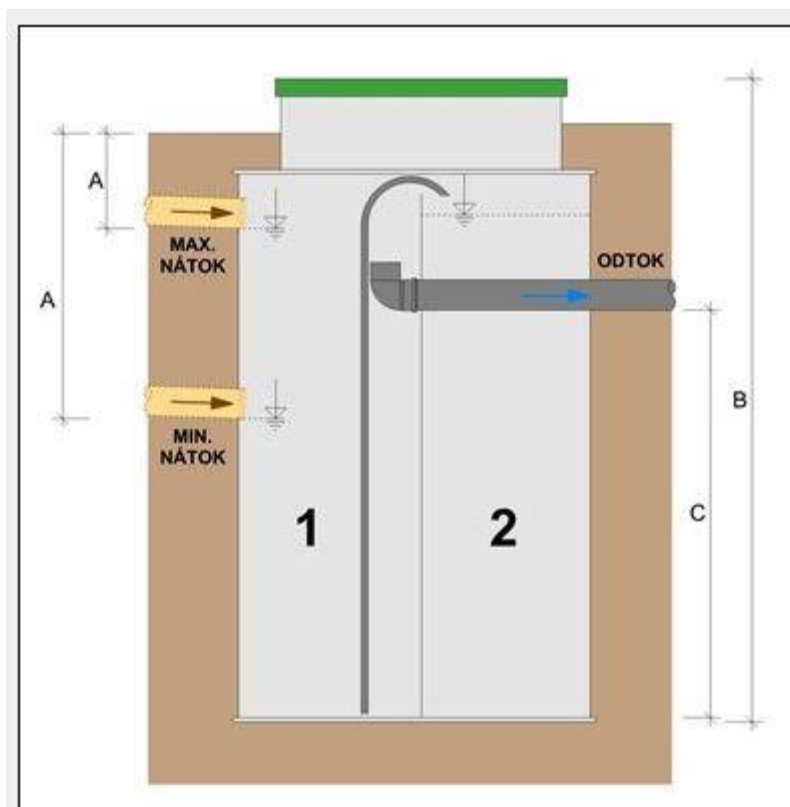
Tabulka 15 - Legenda k půdorysu kruhové DČOV (www.topolwater.com)

Legenda k obrázku	
1	Přítoková komora – slouží k zachycení a rozmělnění hrubých nečistot, k homogenizaci splašků a k denitrifikaci (odstranění dusičnanů z odpadní vody).
2	Aktivační komora – zde dochází k biologickému čištění odpadních vod mikroorganismy, které jsou obsaženy v "aktivovaném kalu". Energie k průběhu tohoto procesu je dodávána provzdušňováním. Dále zde dochází k oxidaci amoniaku na dusičnany a k oddělení vyčištěné vody od aktivovaného kalu.
3	Kalajem – slouží k uskladnění přebytečného kalu jako produktu biologického čištění. Platí zásada, že čím lépe čistírna pracuje, tím více vzniká přebytečného kalu k uskladnění. Pokud čistírna nemá samostatný kalajem a automatické odkalování aktivační nádrže, může docházet k úniku kalu do odtoku čisté vody již při drobném zanedbání údržby.
4	Pískový filtr – slouží k mechanickému dočištění biologicky vyčištěných odpadních vod.

[Zadejte text.]



Obrázek 22 - Schéma aktivační ČOV typu TOPAS R (www.topolwater.com)



[Zadejte text.]

Obrázek 23 - Schéma aktivační ČOV typu TOPAS S PF (www.topolwater.com)

Tabulka 16 - Porovnání základních typů ČOV TOPAS (www.topolwater.com)

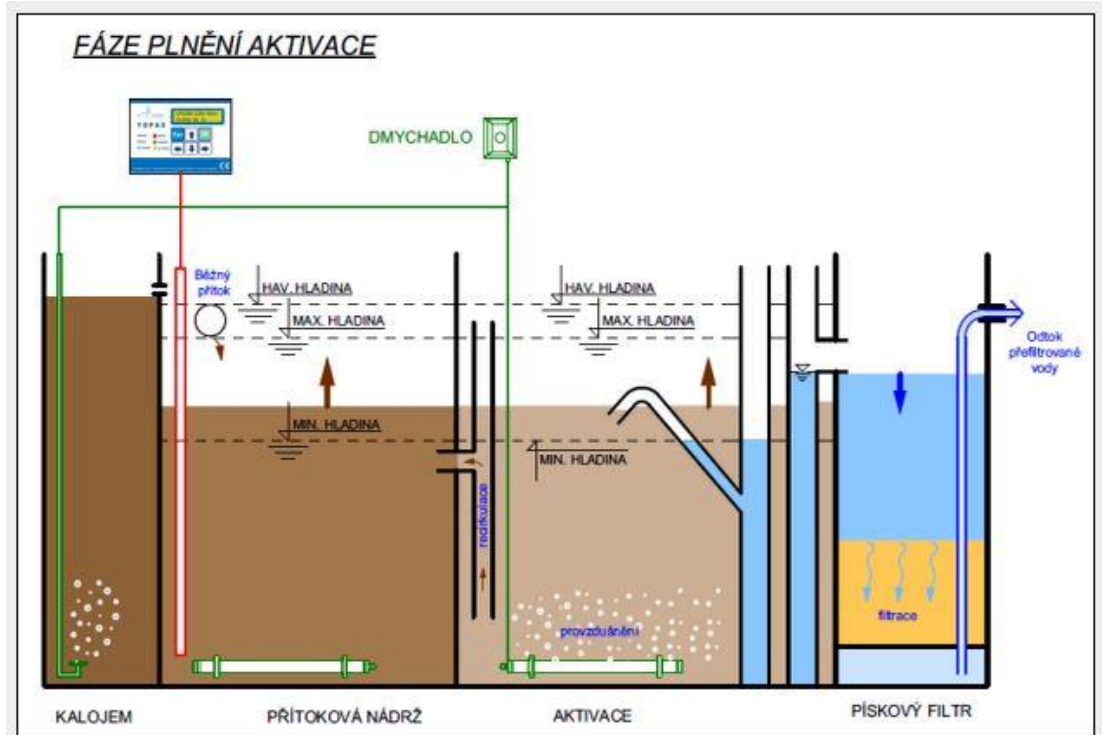
Přehled kruhových typů ČOV podle hloubky přítoku:				
Typ ČOV	Velikost ČOV	Hloubka přítoku pod terénem	Celková výška	Výška odtoku nade dnem
		A [m]	B [m]	C [m]
TOPAS R	5,8,12,16,22	0,7	2,4	1,5
TOPAS S	5,8,12,16,22*	0,4 - 2,2	2,3 - 3,4	1,5

*Větší velikosti ČOV TOPAS S se vyrábí v obdélníkových nádržích.

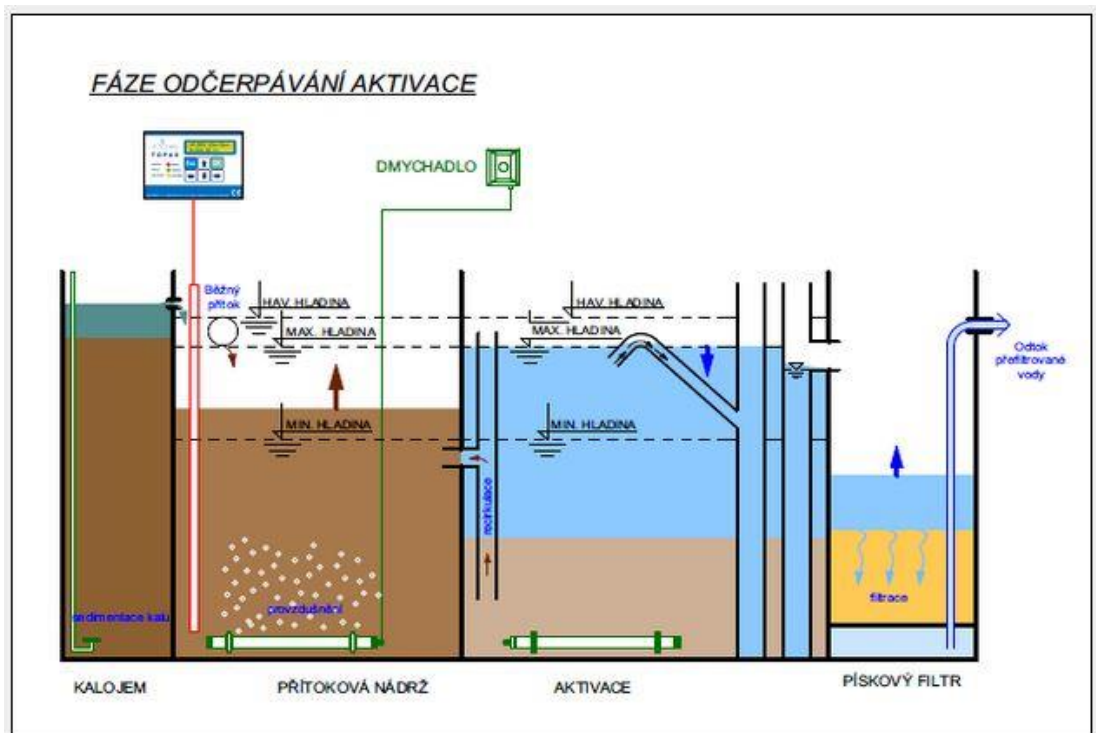
Tabulka 17 - Vzorový certifikát (CE) pro balené DČOV (Sojka 2013)

CE	
Název a adresa společnosti	
Identifikační číslo	
EN 12566-3	
Balená domovní čistírna odpadních vod pro čištění splaškových (domovních odpadních vod)	
- Referenční kód (číslo) výrobku:	XX
- Materiál:	XX
Účinnost čištění:	
Stupeň výkonnosti (účinnosti) čištění při zkoušce zjištěném organickém denním zatižení BSK ₅ = XX kg/den	BSK: XX % nebo mg/l CHSK: XX % nebo mg/l NL: XX % nebo mg/l N-NH ₄ ⁺ : XX % nebo mg/l P _{oath} : XX % nebo mg/l
Vodotěsnost (zkouška vodou)	Vyhověla normě
Pevnost v tlaku (zkouška ve zkušební nádrži)	Vyhověla normě
Trvanlivost	Vyhověla normě

[Zadejte text.]

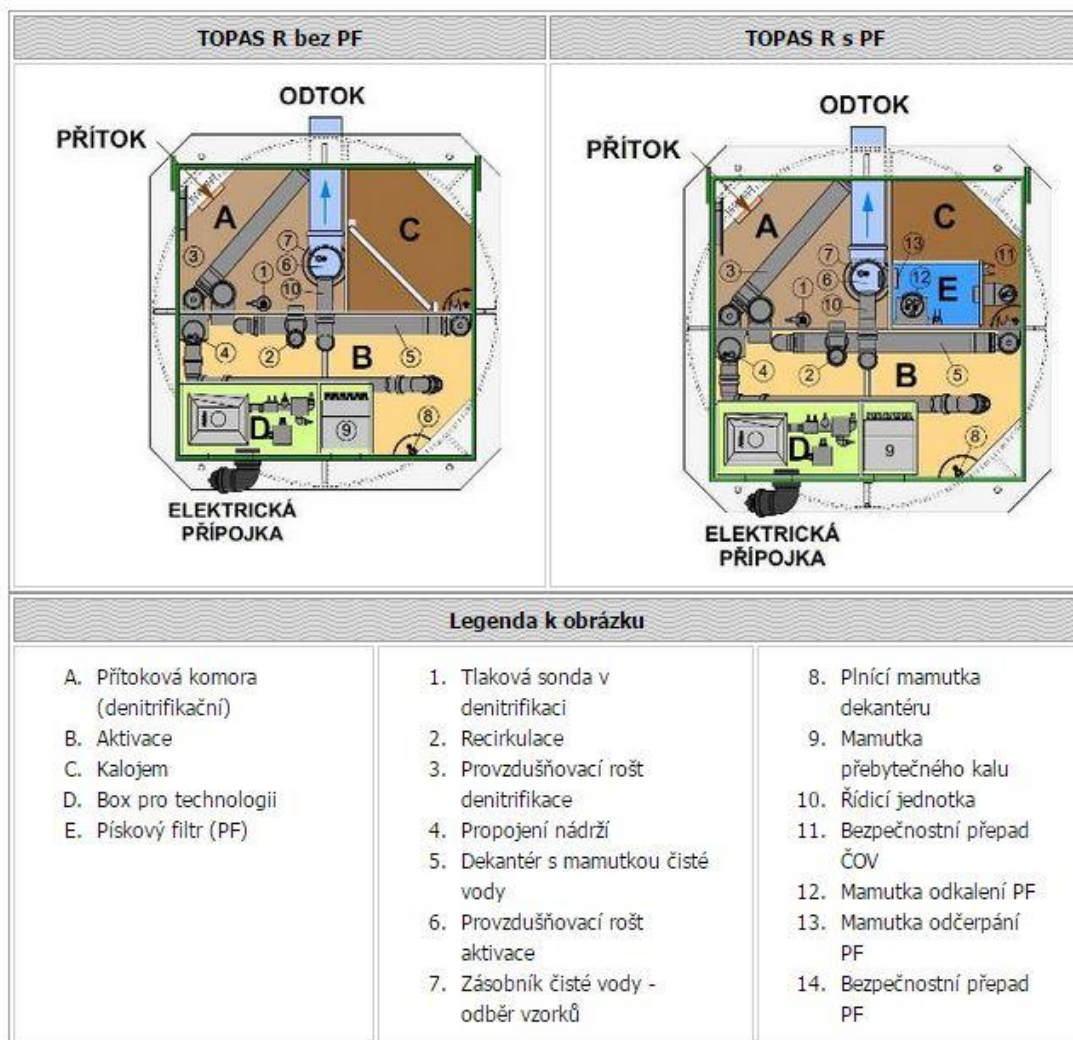


Obrázek 24 - Aktivační ČOV - fáze plnění (www.topolwater.com)



Obrázek 25 - Aktivační ČOV - fáze odčerpávání (www.topolwater.com)

[Zadejte text.]



Obrázek 26 - Srovnání DČOV TOPAS R - s a bez pískového filtru (www.topolwater.com)

[Zadejte text.]



Obrázek 27 - Realizace stavby DČOV (www.topolwater.com)

Tabulka 18 - Ceník ČOV typu TOPAS dle počtu EO (www.topolwater.com)

ČOV TOPAS									
Se zabudovaným přítokem 0,7 m				Základní cena ČOV		Doplňkové vybavení (cena v Kč bez DPH)			
Počet EO	Označení ČOV	Hloubka přítoku:	Pískový filtr	bez DPH	s DPH	Displej	Dávkování	UV lampa	GSM
5	TOPAS R 5 - 0,7	0,7 m	-	35 000 Kč	42 350 Kč	4 000	6 000	8 500	5 400
	TOPAS S 5 PF - 1,2 (RP)	0,7 m	PF	40 000 Kč	48 400 Kč	4 000	6 000	8 500	5 400
	TOPAS Plus 5 - 1,2 (RP)	0,7 m	PF	50 000 Kč	60 500 Kč	•	•	8 500	5 400
8	TOPAS R 8 - 0,7	0,7 m	-	45 000 Kč	54 450 Kč	4 000	6 000	8 500	5 400
	TOPAS S 8 PF - 1,2 (RP)	0,7 m	PF	53 000 Kč	64 130 Kč	4 000	6 000	8 500	5 400
	TOPAS Plus 8 - 1,2 (RP)	0,7 m	PF	63 000 Kč	76 230 Kč	•	•	8 500	5 400
12	TOPAS R 12 - 0,7	0,7 m	-	68 000 Kč	82 280 Kč	4 000	7 500	8 500	5 400
	TOPAS S 12 PF - 1,2 (RP)	0,7 m	PF	80 000 Kč	96 800 Kč	4 000	7 500	8 500	5 400
	TOPAS Plus 12 - 1,2 (RP)	0,7 m	PF	90 000 Kč	108 900 Kč	•	•	8 500	5 400

Tabulka 19 - Ceník montáže ČOV typu TOPAS (www.topolwater.com)

[Zadejte text.]

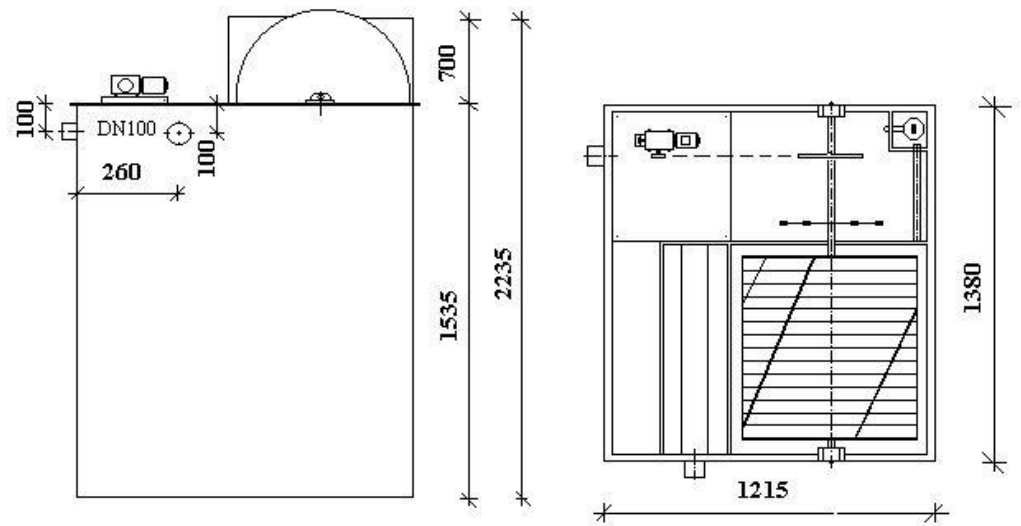
Montáž a doprava ČOV			Cena / 1km	Cena / 1hod
			bez DPH	bez DPH
Doprava ČOV	Firemní auto	s jedním montérem	11 Kč	
		se dvěma montéry	15 Kč	
	Firemní auto s přívěsem	s jedním montérem	12 Kč	
		se dvěma montéry	17 Kč	
	Přepravní služba		dle ceníku přepravní služby	
Montáž ČOV		s jedním montérem		450 Kč
		s každým dalším montérem navíc	4 Kč	450 Kč
	Příplatek ve dnech pracovního volna			100%

Tabulka 20 - Ceník servisu ČOV typu TOPAS (www.topolwater.com)

Servisní práce				Cena / 1km	Cena / 1hod
				bez DPH	bez DPH
Běžný servis mimo smlouvu	Doprava	Platí se za oba směry (v případě spojení akce se platí jen jeden směr, avšak nezaručujeme spojení akce)	1 montér	11 Kč	
			2 montéři	15 Kč	
	Práce		1 osoba		450 Kč
	Spotřebovaný materiál + náhradní díly			Ceny dle aktuálního servisního ceníku	
Pravidelný servis 2x ročně	Doprava	Platí se za jeden směr + přejezd	1 montér	11 Kč	
			2 montéři	15 Kč	
	Práce		1 osoba		400 Kč
	Spotřebovaný materiál + náhradní díly			Ceny dle aktuálního servisního ceníku	
Pravidelný servis 4x ročně	Doprava	Platí se pouze jeden směr	1 montér	11 Kč	
			2 montéři	15 Kč	
	Práce		1 osoba		350 Kč
	Spotřebovaný materiál + náhradní díly			Ceny dle aktuálního servisního ceníku	

[Zadejte text.]

16.6 PŘÍLOHA 6



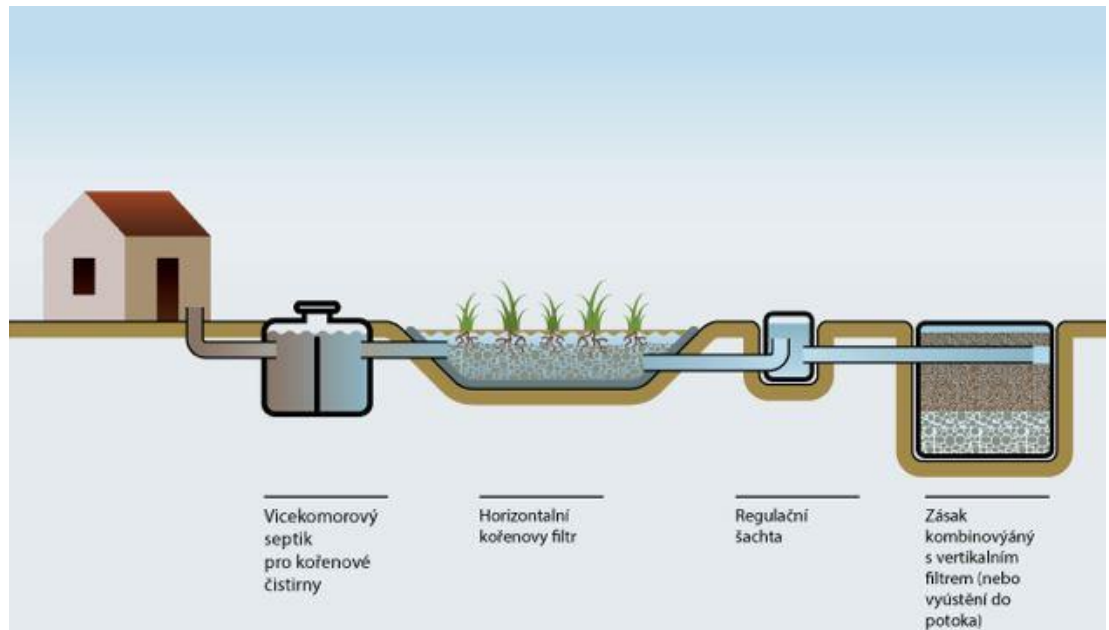
Obrázek 28 - Schéma biodiskové ČOV typu MICRO (<http://www.aquatech.cz/>)



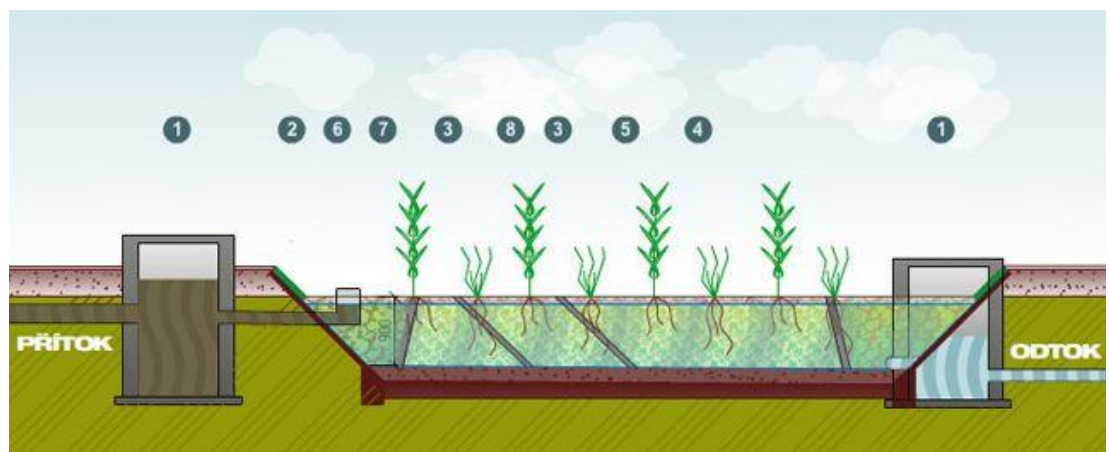
Obrázek 29 - DČOV s biodisky typ MICRO (<http://www.aquatech.cz/>)

[Zadejte text.]

16.7 PŘÍLOHA 7



Obrázek 30 - Schéma klasického uspořádání kořenové čistírny (zdroj - internet)



Mechanický stupeň předčištění – septik (1), povrchová úprava svahů (2), izolační fólie pro kořenové čistírny (3), rostliny (4), filtrační štěrkové pole (5), rozdělovací potrubí a rozdělovací štěrkový pás (6), geotextilie na pískovém loži (7), výtok vyčištěné vody (8), regulační šachta (9).

Obrázek 31 - Schéma horizontálního kořenového pole (zdroj – internet)

[Zadejte text.]



Obrázek 32 - Stavební práce na KČOV - ukládání biologického septiku
(<http://www.zelenestaveni.cz/>)

[Zadejte text.]



Obrázek 33 Stavební práce na KČOV - výstavba kořenového pole (<http://www.zelenestaveni.cz/>)

[Zadejte text.]



Obrázek 34 - Způsob nenásilného začlenění KČOV krajiny (Rozkošný 2010)



Obrázek 35 - Pohled na KČOV Boleboř (<http://www.korenova-cisticka.cz/>)