

Čistírny odpadních vod

Čistírna odpadních vod, jinak známá pod zkratkou ČOV (obr. 9), je objekt, ve kterém dochází k čištění odpadních vod. Obvykle bývají ČOV budovány v blízkosti měst a obcí, nebo průmyslových či zemědělských provozů. Dle řady kritérií je dělíme do několika skupin. Jejich základní dělení je podle velikosti a typu čistírenského procesu. Surová voda je kanalizací sváděna do ČOV, kde projde řadou procesů. Ty mají za úkol zbavit vodu mechanických, biologických, chemických a celé řady dalších nežádoucích součástí. Takto vyčištěná voda je vypouštěna do povrchových vod.

Ten, kdo vypouští odpadní vody do vod povrchových nebo podzemních, je povinen v souladu s rozhodnutím vodoprávního úřadu měřit objem vypouštěných vod a míru jejich znečištění a výsledky těchto měření předávat vodoprávnímu úřadu, příslušnému správci povodí a pověřenému odbornému subjektu. Vodoprávní úřad stanoví místo a způsob měření objemu a znečištění vypouštěných odpadních vod a četnost předkládání výsledků těchto měření. Odběry a rozборы ke zjištění míry znečištění vypouštěných odpadních vod mohou provádět jen akreditované laboratoře.

Na komunální čistírně odpadních vod mohou být likvidovány průmyslové odpadní vody pouze v případě, že v nich obsažené znečištění je technologií použitou na čistírně odstranitelné a nedojde-li k negativnímu ovlivnění stability čistícího procesu a zhoršení kvality vypouštěných odpadních vod.

Voda opouštějící ČOV podléhá legislativním požadavkům, které jsou podrobně uvedeny v nařízení vlády č. 401/2015 Sb. (o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech).

Emisní standardy odpadní vody vypouštěné z komunálních ČOV

Kategorie ČOV (EO) nebo velikost aglomerace	CHSK _{Cr}		BSK ₅		NL		N-NH ₄ ⁺		N _{celk}		P _{celk}	
	p	m	p	m	p	m	průměr	m	průměr	m	průměr	m
<500	150	220	40	80	50	80	-	-	-	-	-	-
500-2000	125	180	30	60	40	70	20	40	-	-	-	-
2001-10000	120	170	25	50	30	60	15	30	-	-	3	8
10001-100000	90	130	20	40	25	50	-	-	15	30	2	6
>100000	75	125	15	30	20	40	-	-	10	20	1	3

NL – dusíkaté látky celkem

p – přípustné hodnoty

m – maximální hodnoty

1.1. Velké ČOV

1.1.1. Princip funkce

Samotný proces probíhající v ČOV můžeme rozdělit do tří základních fází. První je mechanické čištění přitékající vody, následuje biologické čištění a v poslední fázi takzvané dočištění, jehož důležitost v posledních letech nabývá na významu.

1.1.1.1. Mechanická část

Během této fáze se z vody odstraní nerozpustné příměsi. Ty tvoří objemově největší část jejího znečištění. Fázi mechanického čištění můžeme rozdělit do několika na sebe navazujících procesů, z nichž řada má specifický účel. Jedná se o cezení, usazování, zahušťování, filtraci, flotaci a odstředování. Během procesů se využívá řada technologických zařízení, jejichž použití se liší od objektu k objektu. Stejně tak se může v určitých místech lišit i návaznost a posloupnost jednotlivých kroků.

1.1.1.1.1. Cezení

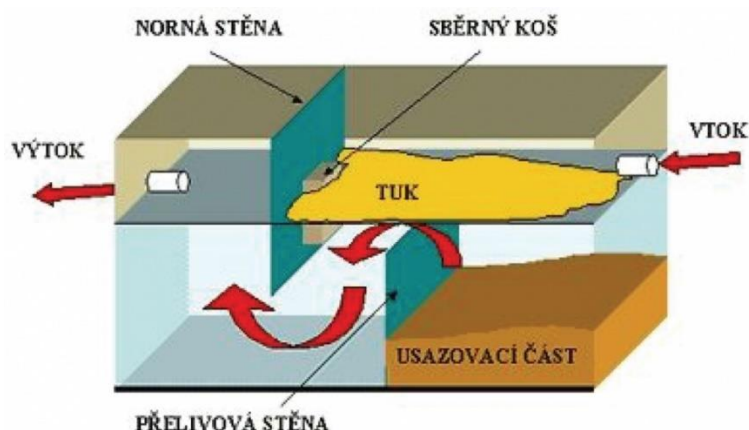
První fází mechanické části čištění odpadních vod je takzvané cezení. Jedná se o proces, během kterého jsou odstraněny hrubé plovoucí nečistoty. Ze zařízení se používají česle (obr. 10) a síta s různou velikostí ok. Česle jsou tvořeny soustavou ocelových prutů, takzvaných česlic, o různém profilu a vzdálenosti. Jsou zasazeny do pevného rámu, který je pod úhlem 30-60° umístěn v přítokovém žlabu. Často se řadí více česel s odlišným rozestupem česlic za sebou, aby byly postupně vychytány nečistoty rozdílných hrubostí. Nečistoty zachycené na česlech, takzvané shrabky, se odstraňují strojním, automatickým nebo ručním stíráním pomocí hrabel. Se zvyšující se jemností česel se zvyšuje i denní potřeba jejich čištění. Shrabky jsou sbírány, propírány vodou, sušeny a následně buď odvezeny v kontejneru k likvidaci, nebo likvidovány přímo v objektu, například spálením. V česlích se nejčastěji zachytí zbytky látek a papír, v menší míře pak plasty, guma, zbytky ovoce a zeleniny a případně také nerozpadlé fekálie.

1.1.1.1.2. Usazování a zahušťování

Během těchto procesů se z technologického vybavení objektu využívá lapák šterku a lapák písku, usazovací, dosazovací a zahušťovací nádrže.

Lapák písku má, jak už samotný název napovídá, za úkol odstranit z vody písek a další nerozpustné látky minerální povahy. Množství písku ve vodě se odvíjí především od typu podloží oblasti původu přítokové vody. Odstranění písku je velmi důležité z hlediska prevence poškození dalších částí zařízení. Lapák písku je nádrž, která využívá gravitační sílu a rozdílnou hustotu pevných částic a vody tak, že dochází k postupnému usazování písku. Usazený písek z lapáku se pravidelně vytěžuje. Rozlišujeme čtyři základní druhy lapáku, které se liší dle směru průtoku vody. Jedná se o horizontální, vertikální, provzdušňovaný s příčnou cirkulací a vírový lapák. Voda zbavená písku se přes lapák tuků a olejů vlévá do usazovací nádrže.

Lapáky tuků (obr. 8) a olejů můžeme nalézt i v gastronomických zařízeních, nebo i velkoprůmyslových garážích, kde slouží k zachytu těchto látek ještě před jejich vstupem do odpadní vody. V kanalizaci by hrozilo usazování tuků na stěnách potrubí a tím i snižování průtoku. Také je tím usnadněna práce v samotné ČOV. Lapák tuků je nádrž, do které se vlévá znečištěná voda. Ode dna nádrže se ke hladině vhání stlačený vzduch, který mastné látky s nižší měrnou hustotou než má voda odděluje a shromažďuje u hladiny. Z hladiny se pak mastnota odstraňuje do sběrných nádrží a následně se likviduje spalováním.



Obr. 8: Lapák tuku

Zdroj obrázku: <http://www.plasttrade.cz/vyrobek/54-odlucovace-tuku-lapaky-lapoly/>

Takto vyčištěná voda se vlévá do usazovacích nádrží (obr. 11), které zajišťují odstranění usaditelných látek a stírání plovoucích nečistot z povrchu nádrže. Jedná se o stupeň předčištění před biologickým a chemickým čištěním. Během doby, kterou voda stráví v usazovací nádrži, se odstraní 40 – 70 % nerozpustných látek. Nádrže jsou vybaveny zařízením pro sběr nečistot z hladiny i pro sběr usazeného kalu u dna. Podle tvaru a průtoku nádrží rozdělujeme na pravoúhlé a kruhové s horizontálním průtokem nebo vertikálním průtokem a na šterbinové usazovací nádrže s kalovým prostorem. Obdélníkové nádrže, kterými voda protéká po celé jejich délce, řadíme do první skupiny. Na vtok i odtok vody je umístěna norná stěna, na které se zachycuje kal. Asi nejznámější jsou kruhové nádrže s horizontálním průtokem. Mají kruhový půdorys, jehož středem přitéká voda, která se radiálně vlévá do celé šíře nádrže.

1.1.1.2. Biologická část

Po vyčištění od mechanických nečistot je odpadní voda vedena do aktivace. Jedná se o proces, který využívá procesů probíhajících přirozeně a samovolně ve volné přírodě. Princip jeho funkce spočívá ve využití aerobních a anaerobních biochemických procesů. Během těch dojde k rozmnožení heterotrofních bakterií a rozkladu organických látek. Organické látky bakterie využívají jako zdroj energie. Vzniklá biomasa se od vody oddělí v dosazovací nádrži.

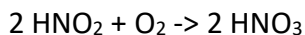
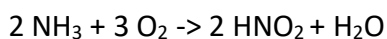
1.1.1.2.1. Aktivační nádrž

V aktivační nádrži (obr. 12) probíhá působením aerobních mikroorganismů oxidace amoniakálního dusíku na dusitany a dusičnany, takzvaná nitrifikace. Následuje denitrifikace, tedy redukce dusičnanů na elementární dusík. Oba tyto procesy jsou ovlivňovány řadou faktorů:

- koncentrace oxidu uhličitého – zdroj uhlíku pro mikroorganismy
- rozpuštěný kyslík – optimální hodnota je okolo 2 mg/l, při koncentraci 1 mg/l se procesy zastavují
- hodnota pH – závisí na druhu použitých nitrifikačních bakterií (*Nitromonas* 7,9 – 8,2; *Nitrobacter* 7,2 – 7,6), denitrifikace probíhá v rozmezí pH 6 – 9
- teplota – ideálně 28 – 32°C, s rostoucí teplotou roste rychlost denitrifikace
- stáří kalu
- složení odpadních vod – některé látky přítomné ve vodě mohou inhibičně působit na mikroorganismy (anorganické těžké kovy, antibiotika, dezinfekční látky)

Aktivační nádrže jsou po celou dobu trvání procesu provzdušňovány. Přitékající voda se mísí s přítomným aktivovaným kalem obsahujícím bakterie, které tak mohou začít spotřebovávat zde přítomné organické látky k budování vlastní hmoty. Kromě nitrifikačních bakterií se v kalu vyskytují i vyšší mikroorganismy, například hlístice, prvoci a vířníci. Složení kalu je mění v závislosti na přitékající vodě a jeho stáří.

Nitrifikační procesy probíhající v aktivační nádrži jsou náročné na spotřebu kyslíku mikroorganismy. Na 1 g N-NH₄⁺ se teoreticky spotřebuje 4,57 g O₂. Během reakcí vzniká kyselina dusičná (HNO₃), která snižuje pH vody a v případě nutnosti se voda alkalizuje aplikací hydroxidu vápenatého (Ca(OH)₂). V aktivační nádrži probíhají následující reakce:



Po převedení amoniaku na dusitany a dusičnany dochází k jejich redukci na plynný dusík nebo oxid dusný (N₂O). Do tohoto procesu se zapojují fakultativně anaerobní bakterie rodu *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Chromobacterium*, *Denitrobacillus*.

1.1.1.2.2. Dosazovací nádrž a

V dosazovací nádrži (obr. 13) dochází k separaci biologického kalu a vody. Kal postupně sedimentuje, zahušťuje se a následně se odstraňuje, přičemž část je navracena zpět do aktivačních nádrží.

1.1.1.3. Dočištění

Této části čištění odpadní vody je v posledních letech věnována stoupající pozornost. Mechanicky a biologicky vyčištěná voda je zde zbavována řady látek, které mají negativní vliv na životní prostředí, například hořčík, vápník, sírany, nebo komplexní organické sloučeniny. Do této fáze čistírenského procesu jsou a pravděpodobně i nadále budou směřovány nové

technologie zabývající se odstraněním farmakologicky působících látek a řady mikropolutantů, o jejichž přítomnosti ve vodním prostředí již víme a které jsou zmíněny výše v kapitole 2.

V rámci dočištění se využívá filtrace přes aktivní uhlí (odstraní nerozložitelné organické látky), membránová filtrace (k odstranění bílkovin, uhlovodíků, olejových emulzí, pracích a odmašťovacích látek), nebo písková filtrace. Mezi fyzikálně-chemické metody řadíme koagulaci, neutralizaci, oxidaci, redukci, sorpci, spalování, odpařování a řadu dalších procesů.

Během dočištění je z vody odstraňován také přebytek fosforu. Toho je docíleno vysrážením fosforečnanů (k tomu se využívá například síran železitý, nebo PAX – zmíněno v kapitole „Eutrofizace“), které se následně ve formě vloček usazují a jsou z vody odstraněny. Ozonizací pak lze z vody odstranit některé pesticidy, fenoly a ropné produkty. Zároveň její použití likviduje patogenní bakterie, viry i cysty přítomné ve vodě. Nevýhodou této metody je ale její vysoká cena. Při použití metody založené na výměně iontů voda prochází katexovým a anexovým výměníkem. V katexovém výměníku jsou kationty ve vodě nahrazeny vodíkovými ionty, naopak v anexovém výměníku jsou hydroxidovými ionty nahrazeny anionty. Dojde tedy k výměně nežádoucích iontů za molekuly vody. Ve vodě rozpuštěné soli lze odstranit pomocí reverzní osmózy, takzvanou hyperfiltrací.

1.1.1.4. Kal

Během zmíněných procesů v ČOV vzniká kal, který je třeba z vody odstranit a bezpečně zlikvidovat. Nejdříve dojde k jeho zahuštění, a to buď na základě sedimentace nebo flotace, nebo s využitím odstředivek a zahušťovačů. Následuje předúprava kalu. Účelem tohoto procesu je zvýšení hygienického zabezpečení kalu. V rámci předúpravy se využívá například termická hydrolýza zvýšenou teplotou a tlakem, biologická hydrolýza pomocí specifických mikroorganismů, nebo chemická a mechanická hydrolýza (obr. 14). Následuje stabilizace kalu, po jejímž dokončení má kal nižší množství organických látek a je hygienicky nezávadný a bez zápachu.

Takto upravený kal se odvodní na procentuální zastoupení sušiny 20-50 % a může být využit například v zemědělství jako hnojivo nebo k rekultivaci poškozené půdy. Takto aplikovaný kal ale musí splňovat požadavky stanovené vyhláškou č. 437/2006 Sb. o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě.

Mezní hodnoty koncentrací vybraných rizikových látek v kalech pro jejich použití na zemědělské půdě

Riziková látka	Maximální hodnoty (mg/kg sušiny)
As- arzen	30
Cd - kadmium	5
Cr - chrom	200
Cu - měď	500
Hg - rtuť	4
Ni - nikl	100
Pb - olovo	200

Zn - zinek	2500
AOX - adsorbovatelné organické halogeny	500
PCB (suma 7 kongenerů)	0,6
PAU (suma antracenu, benzo(a) antracenu, benzo(b) fluorantracenu, benzo(k) fluorantenu, benzo(a) pyrenu, benzo(ghi) perylenu, fenantrenu, fluorantenu, chrysenu, indeno(1, 2, 3 - cd)pyrenu, naftalenu a pyrenu)	10

Mikrobiologická kritéria pro upravený kal pro aplikaci na zemědělské půdě

Indikátorový mikroorganismus	Jednotky	Počet zkoušených vzorků při každé kontrole výstupu	Limitní hodnota (nález/KTJ)
Salmonella spp.	nález v 50g	5	negativní
Escherichia coli nebo enterokoky	KTJ v 1 gramu	5	4
			1
			$< 10^3$
			$< 5 \cdot 10^3$

Pro stabilizaci kalů lze využít více technologií. Při chemické stabilizaci se do kalu přidá oxid, popř. hydroxid vápenatý, který usmrtí přítomné patogeny. K usmrcení patogenů lze využít i spalování kalu. Při kompostování dojde k redukci patogenů, přičemž je kal smíchán s pilinami, biomasou a recyklovaným kompostem. Biologická stabilizace kalu, známá také jako metanizace, neboli vyhnívání, využívá mikroorganismů, které rozkládají zde přítomné organické látky. Během metanizace je uvolňován plyn a kalová voda. Vznikající plyn bývá jímán do plynojemu a následně využíván jako zdroj energie pro ČOV.

1.1.1.5. Sledování kvality vody a odběr vzorků

Odběr vzorků a jejich laboratorní diagnostika je zásadní pro posouzení kvality vody přitékající do ČOV a pro průběžnou kontrolu účinnosti čistících procesů.

V důsledku nehomogenity odpadní vody, která do ČOV přitéká, je poměrně obtížné vybrat vhodné místo odběru. Pro zpřesnění výsledků se v této fázi využívá automatických, opakovaných a pravidelných odběrů vzorků. Další vzorky odebírají provozovatelé v průběhu procesu čištění odpadní vody.

Na základě prováděcí vyhlášky k zákonu o vodovodech a kanalizacích (448/2017 Sb.) jsou odebírány vzorky vody na přítoku, během procesu čištění (provozní rozbor) a na odtoku z ČOV. Minimální rozsah rozborů zahrnuje BSK₅, CHSK_{Cr}, nerozpuštěné látky, amoniakální dusík, celkový dusík a celkový fosfor. Legislativa určuje minimální četnost odběru vzorků na přítoku a odtoku vody z ČOV. Četnost vzorků je uvedena v následující tabulce. Rozsah provozního rozboru si provozovatel určí v závislosti na způsobu a složitosti čištění odpadních vod.

Četnost odběru vzorků dle velikosti ČOV

Velikost ČOV Počet připojených ekvivalentních obyvatel	Typ A		Typ B		Typ C	
	BSK ₅ , CHSK _{Cr} , NL	N-NH ₄ ⁺ , N _{CELK} , P _{CELK}	BSK ₅ , CHSK _{Cr} , NL	N-NH ₄ ⁺ , N _{CELK} , P _{CELK}	BSK ₅ , CHSK _{Cr} , NL	N-NH ₄ ⁺ , N _{CELK} , P _{CELK}
<500	2	1				
500 - 2000	4	2				
2001 - 5000			4	4		
5001 - 10000			6	6		
10001 - 50000			12	12		
50000 <					26	26

Typ A = 2 hodinový směsný vzorek získaný sléváním 8 dílčích vzorků stejného objemu v intervalu 15 min. Čas odběru se určí tak, aby co nejlépe charakterizoval činnost sledovaného zařízení.

Typ B = 24 hodinový směsný vzorek získaný sléváním 12 objemově stejných dílčích vzorků odebíraných v intervalu 2 hod.

Typ C = 24 hodinový směsný vzorek získaný sléváním 12 dílčích vzorků odebíraných v intervalu 2 hod o objemu úměrném aktuální hodnotě průtoku v době odběru vzorku.

1.1.2. Fotodokumentace



Obr. 9: ČOV Modřice, letecký záběr

Zdroj obrázku: Brněnské vodárny a kanalizace, a.s.



Obr. 10: Česle

Zdroj obrázku: <https://www.labtech.eu/princip-cistení-odpadních-vod/>



Obr. 11: ČOV Modřice, usazovací nádrže

Zdroj obrázku: Brněnské vodárny a kanalizace, a.s.



Obr. 12: ČOV Modřice, aktivační nádrž

Zdroj obrázku: Brněnské vodárny a kanalizace, a.s.



Obr. 13: ČOV Modřice, dosazovací nádrž

Zdroj obrázku: Brněnské vodárny a kanalizace, a.s.



Obr. 14: ČOV Modřice, sušárna kalu

Zdroj obrázku: Brněnské vodárny a kanalizace, a.s.

1.2. Malé ČOV

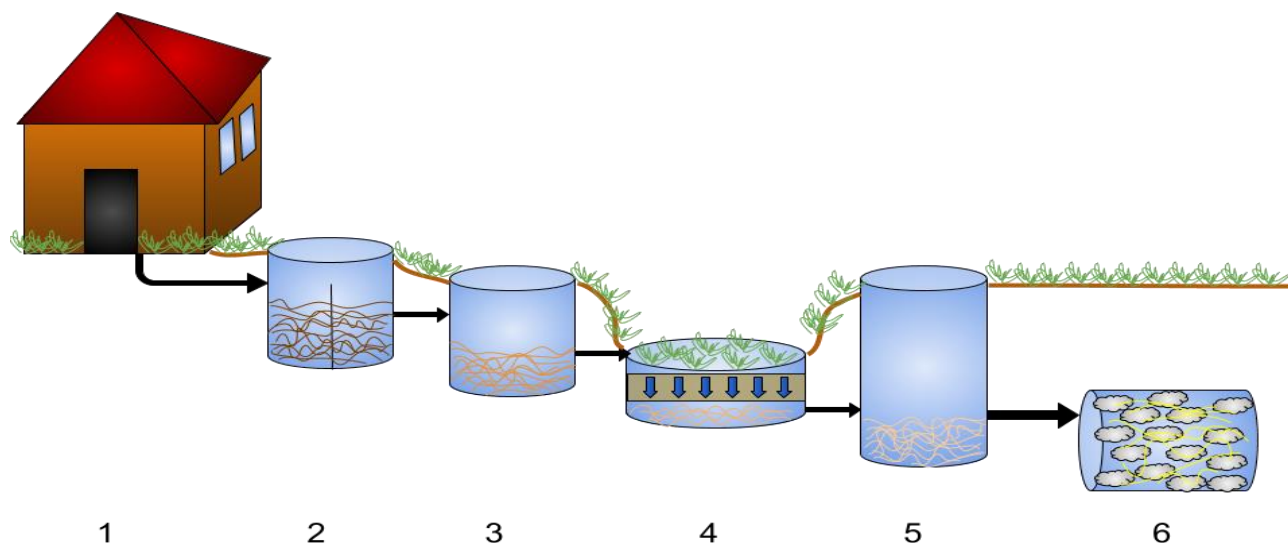
1.2.1. Princip funkce kořenových čističek vod

Princip funkce ČOV je stejný, jako je tomu u přirozených mokřadů. Jedná se tedy o samočistící proces, jehož základním principem je průtok již předem předčištěné vody skrze kořenový systém. Kořenový systém není tvořen pouze kořeny. Jsou zde i drobné kameny, jejichž hlavním účelem je zvětšení plochy, na které se mohou bakterie, aktivně se účastníci procesu čištění vody, uchytit. Bakterie se také usazují na kořenech rostlin, které budou zmíněny dále v textu. Mimo to rostliny z vody částečně odčerpávají živiny a přes zimu fungují jako tepelná izolační vrstva, což zajišťuje stabilitu účinnosti ČOV během letního a zimního období.

V kořenové ČOV probíhají procesy aerobní, anaerobní i anoxické. Voda je zde čištěna za pomoci fyzikální (sedimentace a filtrace), chemické (sorpce, rozklad látek) i biologické cesty (odčerpávání odpadních látek rostlinami).

Než se voda vlije do kořenové části, je třeba ji zbavit hrubých mechanických nečistot a případně i předčistit za anaerobních podmínek. Tento proces probíhá ve vícekomorovém anaerobním separátoru (septiku) případně v sedimentačních nádržích. Nízká koncentrace nerozpuštěných látek opouštějící první část kořenové ČOV je nezbytná pro její správné a dlouhodobé fungování. Takto předčištěná voda se shromažďuje v takzvaných pulzních šachtách. Po naplnění šachty je voda vypuštěna na kořenový horizontální (nejpoužívanější varianta, lze mít ale i vertikální) biofiltr (například vertikálním skrápěním), ve kterém se zdrží po dobu 10 dní. Během této doby voda protéká vrstvou jemného štěrku a písku, čímž se zbavuje případných nečistot a je ponechán dostatečný čas na práci přítomným bakteriím. Takto vyčištěná voda se shromažďuje v šachtě, odkud ji je možné použít například pro zavlažování a poté je vypouštěna do zasakovacího objektu, „trativodu“ (obr. 15).

Rostlinám vysazovaným do kořenového biofiltru vyhovuje voda a prostředí bohaté na živiny. Využívá se například rákos obecný, orobinec širokolistý a úzkolistý, zblochan vodní, chrastice rákosovitá, skřípinec jezerní, zevar vzpřímený nebo sítina rozkladitá (obr. 16, obr. 17).



Obr. 15: Zjednodušené zobrazení kořenové ČOV

Zdroj obrázku: vlastní, dle korenova-cisticka.cz

- 1 – Zdroj znečištěné vody
- 2 - Vícekomorový anaerobní separátor
- 3 - Pulzní šachta
- 4 – Kořenový biofiltr
- 5 – Šachta – možnost využití vody pro závlahu
- 6 – Zasakovací objekt / vyústění do vodoteče

1.2.2. Možnosti využití a jejich úskalí

Kořenové ČOV mají oproti klasickým ČOV řadu výhod. Jsou vysoce ekologické a po jejich zřízení i ekonomické. Pro jejich funkci je zapotřebí minimum elektrické energie a jejich provozní náklady jsou násobně nižší než u mechanicko-biologických ČOV. Kořenové ČOV jsou schopny vyčistit kompletní odpadní vodu z domácností s využitím přirozených procesů probíhajících v přírodě. Při dobré péči mají životnost až desítky let, poměrně dobře snášejí jak nestálý přítok vody, tak její proměnlivou kvalitu a mají dobrý čistící účinek již od zahájení provozu. Z estetického hlediska jsou s klasickými ČOV prakticky nesrovnatelné. Vytvářejí nové biotopy s řadou kvetoucích vlhkomilných rostlin a příznivě ovlivňují mikroklima okolního prostředí.

Mezi hlavní úskalí a omezení kořenových ČOV je jejich poměrně velká náročnost na prostor. Udává se objem 2 m² kořenového biofiltru na jednoho obyvatele, s jehož odpadní vodou se při čistících procesech počítá. Dále je třeba počítat s prostorem potřebným pro objekty předčištění, šachty a zasakovací objekt.

Při pořízení kořenové čističky k domácnosti je potřeba počítat s počáteční investicí pohybující se v rozmezí 150 – 300 tisíc Kč. Široké rozpětí je dáno řadou faktorů, které musí být při budování brány v potaz (podloží, terénní nerovnosti, podíl vlastní práce/firma, ...). Větší

kořenové ČOV využívané například hotely a firmami mají pak pořizovací náklady shodné jako klasické ČOV, ale náklady na provoz jsou po jejím zavedení násobně nižší. U větších ČOV se jejich cena a velikost odvíjí od počtu obyvatel, jejichž odpadní vodu by měla ČOV čistit.

Na zbudování kořenových ČOV je, stejně jako na mnoho dalších projektů, možno využít dotace. Pro zbudování kořenové ČOV je třeba nechat si vyhotovit u projektanta vodohospodářských staveb projekt a teprve po jeho schválení je možné začít s její výstavbou. Jako u každé stavby je potřebné dodržet určité požadavky, například i na vzdálenost od ohraničení pozemku, zdroje vody, budovy atd.

Pokud ČOV funguje jak má, pak je třeba zhruba 1x za rok odstranit suché části rostlin, 1x za 2-5 let vyčistit potrubí (tlakovou vodou) a zhruba 1x za 1-3 roky vyčerpát septik.

Kořenové ČOV jsou vhodné jak pro čištění odpadní vody z jedné domácnosti, tak i pro hotely, penziony, firmy nebo obce (jejich plocha musí odpovídat počtu ekvivalentních obyvatel - EO). Naopak nejsou dimenzované pro čištění průmyslových odpadních vod, které obsahují velké množství organických i anorganických polutantů a dalších nebezpečných látek.

1.2.3. Fotodokumentace



Obr. 16: Kořenová čistička ve firmě Železný

Zdroj obrázku: <https://www.korenova-cisticka.cz/o-korenovkach/financovani/Korenova-cisticka%E2%80%93cistirna%E2%80%93naklady.html>



Obr. 17: Kořenový biofiltr

Zdroj obrázku: <https://www.drevostavby.cz/drevostavby-archiv/bydleni-nejen-v-drevostavbe/zahrada/4179-korenova-cisticka-odpadnich-vod-nepachne-a-pracuje-levne>

Literatura

Brněnské vodárny a kanalizace, a.s.. Dostupné z: <http://www.bvk.cz/>, navštíveno 23.8.2020.

Čistírny odpadních vod, Katedra zdravotního a ekologického inženýrství, ČVUT. Dostupné z <http://kzei.fsv.cvut.cz/pdf/2016-2017/pvh2/COV.pdf>, navštíveno 23.8.2020.

FRIBERTOVÁ, Marcela. Posouzení základních ukazatelů odpadní vody firmy Dermacol [online]. Brno, 2010 [cit. 2020-11-08]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/940>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta chemická. Ústav chemie a technologie ochrany životního prostředí. Vedoucí práce Milada Vávrová.

SINGROVÁ Veronika. Účinnost čistíren odpadních vod [online]. Brno, 2017 [cit. 2020-20-08]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=155714. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Petr Hlušík, Ph.D.

Velíšek, J., Svobodová, Z., Blahová, J., Máchová, J., Stará, A., Dobšíková, R., Šíroká, Z., Modrá, H. Valentová, O., Randák, T., Štěpánová, S., Maršále, P., Koupová, H.K., Grabic, R., Zusková, E., Bartošková, M., Stancová, V., (2018). Vodní toxikologie pro rybáře, Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. ISBN 978-80-7514-069-2.

<http://www.korenova-cisticka.cz>, navštíveno 14.10.2020.

https://www.mujdum.cz/rubriky/stavba/korenove-cisticky-v-praxi_55.html , navštíveno 21.9.2020.

<http://www.smvak.cz/technologie-cistiren-odpadnich-vod> , navštíveno 21.8.2020.

<http://www.vodovod.info/index.php/kanalizace-a-cov/307-rizeni-procesu-nitrifikace-a-denitrifikace-na-cistirnach-odpadnich-vod>, navštíveno 21.10.2020.