



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

NÁVRH EXTENZÍVNÍ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD PRO OBEC DO 500 EO

THE DESIGN OF EXTENSIVE WASTEWATER TREATMENT PLANT FOR THE
MUNICIPALITY UP TO 500 PE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Veronika Brychtová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MICHAL KRIŠKA, Ph.D.

BRNO 2020



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství krajiny

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Veronika Brychtová
Název	Návrh extenzivní čistírny odpadních vod pro obec do 500 EO
Vedoucí práce	Ing. Michal Kriška, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2019
Datum odevzdání	10. 1. 2020

V Brně dne 31. 3. 2019

prof. Ing. Miloš Starý, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

- ČSN 75 6402: Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel, 2017. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
- Plán rozvoje vodovodů a kanalizací obce
- Územní plán obce
- DWA, 2017. Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Kläranlagen mit bepflanzten und unbepflanzten Filtern zur Reinigung häuslichen und kommunalen Abwassers: Arbeitsblatt DWA-A 262. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall. DWA-Regelwerk, A 262. ISBN 38-872-1547-8.
- ÖNORM B 2505- Kläranlagen – Intermittierend beschickte Bodenfilter („Pflanzenkläranlagen“)
- Dotro, Gabriela & Langergraber, Günter & Molle, Pascal & Nivala, Jaime & Puigagut, Jaume & Stein, Otto. (2017). Biological Wastewater Treatment Series, Volume 7: Treatment Wetlands.
- Vyhláška č. 499/2006 Sb. Vyhláška o dokumentaci staveb
- + databáze vědeckých článků na www.sciencedirect.cz

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Cílem zadání je návrh technologie čištění pro malou obec, přičemž je kladen důraz na ekologičnost v kombinaci s nízkými provozními náklady a minimální náročností na obsluhu za dodržení co možná nejvyšší možné kvality vyčištěné odpadní vody. Projektová dokumentace bude sloužit jako podklad pro územní řízení i stavební povolení. Práce bude zahrnovat jak textovou část, tak výkresovou dokumentaci v požadovaném rozsahu dle vyhlášky č. 499/2006 Sb. (Vyhláška o dokumentaci staveb).

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

ABSTRAKT

Práce zabývající se návrhem přírodní čistírny odpadních vod pro 300 EO v obci Uhřice. Čistírna je navržena jako nejlepší dostupná technologie pro obec Uhřice – výběru přírodního typu čistírny odpadních vod předcházelo posouzení investičního záměru, dosažitelných výsledků a náročnosti na obsluhu. Práce se v úvodní části zaměřuje na sběr informací o dotčené lokalitě a následně popisuje návrh jednotlivých objektů. V rámci návrhů jsou vždy uvedeny vstupní parametry pro dimenzování konkrétních stavebních objektů, doplněny o podrobné výpočty. Součástí práce je i výkresová dokumentace jednotlivých objektů a čistírny jako stavebního celku. Návrh řešení vychází z poznatků získaných během bakalářské práce, z výzkumných a provozních objektů, které jsou již navrženy a na kterých spolupracuje Ústav vodního hospodářství krajiny ve spolupráci se spin-off VUT v Brně, Conwe s.r.o. Výsledek práce bude podkladem pro jednotlivé stupně projektové dokumentace v obci Uhřice.

KLÍČOVÁ SLOVA

Přírodní čistírna odpadních vod, odpadní voda, vertikální filtr s vegetací, umělý čistící mokřad

ABSTRACT

The subject of this master thesis is a 300 EP wastewater treatment wetland proposal in Uhřice village. Wetland was designated as the most reasonable available technology for Uhřice village - the selection of a water treating process was preceded by an assessment of the investment plan, achievable results, and service requirement. The introduction part is focused on the area of interests, its basic information and describes the individual object proposal. Object proposal consists of input parameters for dimensioning individual objects and detailed calculations. Part of the thesis includes drawing documentary of individual objects and the complete wastewater treatment wetland as a complex area. The design of the solution is based on the knowledge gained during the bachelor thesis, on research and operational objects that are already designed and on which the Institute of Landscape Water Management in cooperation with the spin-off BUT, Conwe s.r.o. This master thesis will be used as a background for the individual stages of project management in the Uhřice village.

KEYWORDS

Treatment wetland, wastewater, vertical filter with vegetation, artificial waste-water wetland

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Veronika Brychtová *Návrh extenzivní čistírny odpadních vod pro obec do 500 EO*. Brno, 2019. 45 s., 42 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Ing. Michal Kriška, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Návrh extenzivní čistírny odpadních vod pro obec do 500 EO* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 12. 10. 2019

Bc. Veronika Brychtová
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Návrh extenzivní čistírny odpadních vod pro obec do 500 EO* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 12. 10. 2019

Bc. Veronika Brychtová
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu diplomové práce Ing. Michalovi Kriškovi Dunajskému, Ph.D. za vstřícnost, odborné vedení a ochotu při pomoci s problémem, za jeho čas a trpělivost, který věnoval mým konzultacím. Dále bych ráda poděkovala rodině za psychickou podporu a korekci práce.

OBSAH

1	ÚVOD	10
1.1	Cíle	11
2	OBEC UHŘICE	13
2.1	Obecné informace o obci.....	13
2.2	Vstupní podklady pro návrh ČOV.....	16
2.3	Umístění čistírny odpadních vod.....	17
3	ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD PRO OBEC UHŘICE	19
3.1	Čerpací stanice (ČS)	19
3.2	Mechanické předčištění	20
3.2.1	Česle	20
3.2.2	Srážení fosforu.....	23
3.2.3	Lapák písku	24
3.2.4	Septik	26
3.2.5	Horizontální filtr (HF).....	29
3.3	Vertikální filtr.....	31
3.3.1	Distribuční šachty	34
3.4	Kalové hospodářství – systém reed-bed	35
4	NÁROKY NA VYČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD	37
5	ZÁVĚR	39
	SEZNAM PŘÍLOH	41
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	42
	Literatura.....	42
	Legislativa.....	42
	Elektronické zdroje	43
	SEZNAM OBRÁZKŮ	44
	SEZNAM TABULEK	44
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	45

1 ÚVOD

V dnešní době je vody stále méně a méně, a proto je důležité neznečišťovat potoky, říčky a řeky splaškovou vodou. Nejlepším řešením je samozřejmě čistit odpadní vody před vypuštěním do vodních toků na 100 %. K tomu však nedochází ani u nejlepší navržené technologie v naší republice, a proto je snahou čistit odpadní vody alespoň v nejvyšší možné míře.

Přírodní čistírny odpadních vod, jako jedno z možných technologických řešení, dosahují vysokých účinností čištění odpadních vod pro sledující charakteristiky (CHSK, BSK, N_{celk} , P_{celk} , NL). Například účinnost u dvoustupňových vertikálních filtrů s vegetací v odstranění BSK je až okolo 98 %, někdy dokonce i více. Oproti tomu klasická čistírna odpadních vod dokáže organické znečištění v dané kategorii odstranit s účinností 75 % (oficiální nejlepší dostupná technologie, příloha č. 7 nařízení vlády 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 č. 401/2015 Sb).

Například v Rakousku jsou přírodní čistírny navrhovány právě díky jejich vysoké účinnosti a snadné obsluze s podílem 30 %, v České republice tomu, s ohledem na negativní historické zkušenosti, tak není. Jedním z důvodů skeptického pohledu na přírodní, dříve kořenové čistírny, je zejména nízká účinnost při odstraňování amoniakálního dusíku a problém s ucpáváním (kolmatací) filtračního prostředí. Jak ale ukazuje praxe a zejména zkušenosti ze zahraničí, téměř ve všech špatných příkladech v ČR se jednalo o špatný návrh čistírny nebo zanedbanou obsluhu, resp. často kombinace těchto dvou faktorů. V praxi poté, při provozování kořenových čistíren, docházelo ke zrychlenému ucpání filtrů a minimální čistící účinnosti.

V současné době se již navrhuje sofistikované vícestupňové systémy, zahrnující výsledky výzkumné činnosti Ústavu vodního hospodářství krajiny, resp. největší boom zaznamenává „univerzitní firma“ spin-off VUT, Conwe s.r.o., která právě tyto poznatky aplikuje a uplatňuje při zpracovávání projektových dokumentací. V současné době dochází k pozvolné změně pohledu na kořenové čistírny odpadních vod, protože se ukazuje na konkrétních příkladech (obec Dražovice, Skašov, Velká Jesenice, Nové Sady, a další), že při správném návrhu může kořenová (přírodní) čistírna fungovat spolehlivě, celoročně, bezproblémově, za současně minimální provozní náročnosti v kombinaci s vysokou účinností. Účinnosti v odstraňování běžných parametrů jsou často i výrazně vyšší než v reálných příkladech u klasických čistíren odpadních vod, založených na procesu aktivace.

Jelikož asi největším problémem při návrhu přírodní čistírny je nalezení vhodného pozemku, resp. při předpokládané velikosti cca 10 – 15 m²/EO se u větších obcí jedná o podstatný záběr plochy. Z tohoto důvodu je nepsaným pravidlem, že přírodní čistírny jsou vhodné ideálním řešením pro obce do 500 EO. Zároveň ale platí, že i čistírna pro mnohem větší aglomeraci bude dosahovat stejných výsledků, jako řešení pro skupinu domů. Největší bezproblémová ČOV v ČR, založená na přírodním typu, je čistírna v obci Dražovice. Čistírna, realizována v roce 2000, byla původně založena na horizontálním průtoku, nicméně v letech 2016 a 2019 byla rekonstruována na dvoustupňový přírodní systém. Účinnost odstraňování BSK z odpadní vody dosahuje již u přírodních čistíren standardních 99 % (nátokové koncentrace se pohybují mezi 90 – 150 mg/l), odtokové koncentrace po rozšíření na vícestupňový systém nepřekročily hodnotu 0,8 mg/l. Obdobných účinností dosahuje i v parametru CHSK, NL a N-NH₄. Celkový fosfor je pouze sledován, účinnost v odstraňování P_{celk.} je cca 60 %. Vyšších účinností lze dosáhnout pouze prostřednictvím srážení fosforu, což je provozně nákladné řešení, kterým obec dobrovolně nechce zatěžovat rozpočet.

Právě na základě zkušeností Ústavu vodního hospodářství krajiny, který pravidelně sleduje čistírnu a zpracovává vyhodnocení provozních zkušeností pro obec Dražovice, je přistoupeno k návrhu přírodní čistírny v obci Uhřice (přímá vzdálenost mezi obcemi je cca 15 km).

V první části diplomové práce se zabývám obecnými informacemi o obci Uhřice, pro kterou je přírodní ČOV navržena, dále pak samotným návrhem. Podrobnější informace a veškeré výkresy jsou uvedeny v příloze.

Práce vychází z vědomostí získaných v bakalářské práci *Problematika vertikálních filtrů s vegetací pro obce do 500 EO*.

1.1 Cíle

Cílem diplomové práce je návrh technologie čištění pro malou obec, přičemž je kladen důraz na ekologičnost v kombinaci s nízkými provozními náklady a minimální náročností na obsluhu za dodržení co možná nejvyšší možné kvality vyčištěné odpadní vody. Projektová dokumentace bude sloužit jako podklad pro územní řízení i stavební povolení.

Na základě požadavku pana starosty měl být kladen důraz současně i na zadržování vody v krajině, tedy za čistírnu se měl vyskytovat přírodní mokřad, zahrnující plantáž rychle rostoucích topolů. Následně při zpracování dokumentace se ukazuje, že návrh naráží na legislativní překážku – plantáž by způsobovala i vsakování vyčištěné vody do podloží, tudíž od tohoto řešení bylo

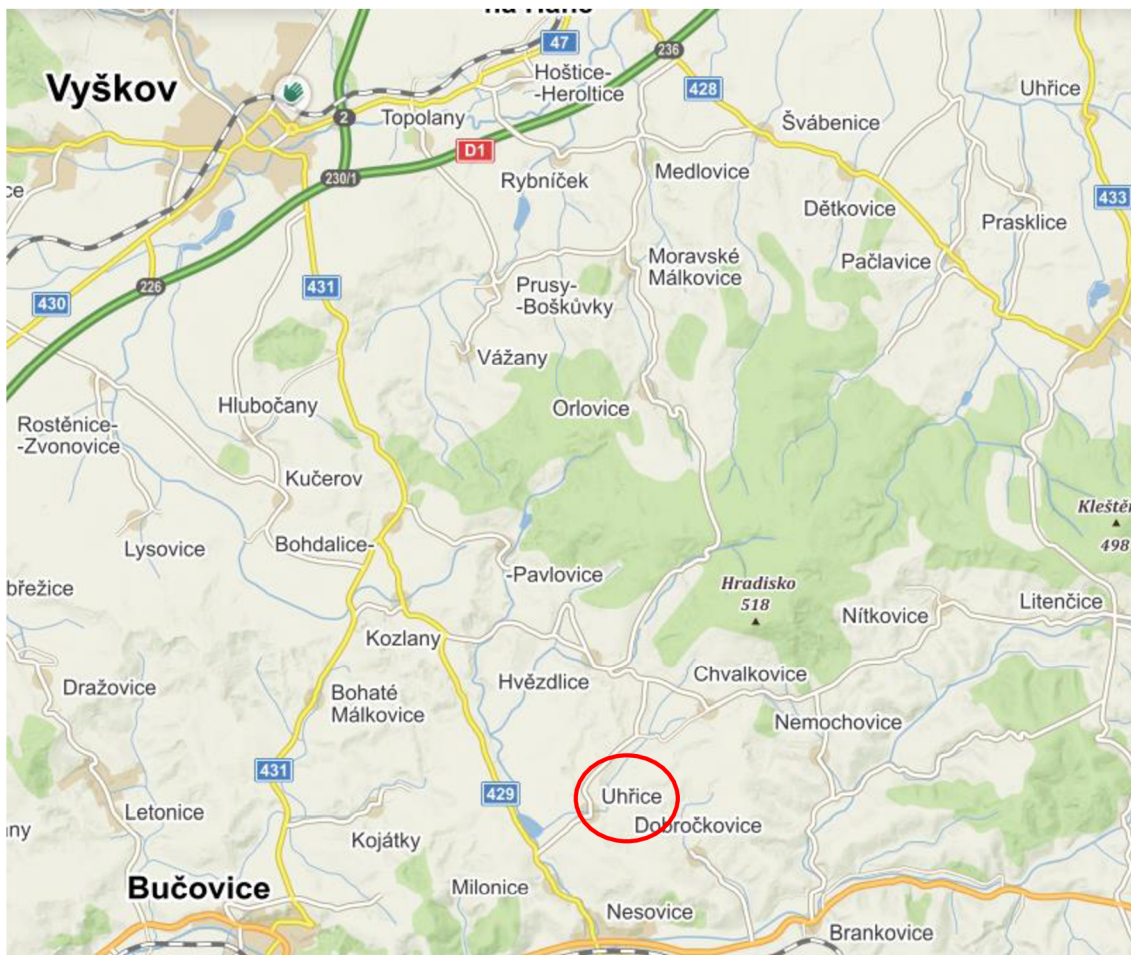
ustoupeno. Práce tedy bude zahrnovat pouze návrh čistírny od prvního objektu (česle) po výustní objekt bez vytváření ekologičtějších stavebních celků (nádrž, meandrující mokřad, plantáž topolů, apod.).

2 OBEC UHŘICE

Obec Uhřice se nachází v okrese Vyškov v Jihomoravském kraji. Žije zde 262 obyvatel. Obcí s rozšířenou působností a pověřenou obcí je město Bučovice. Starostou obce Uhřice je Ing. Jaromír Handl. V obci se nachází místní obchod, pohostinství, malý obecní rybník a velký chovný rybník.

Obec Uhřice leží severovýchodně od Bučovic na ploše 438 ha. Na jihovýchodní straně mezi Uhřicemi, Milonicemi a Dobročkovici se vypíná vrch Kopánky, který je 349 m vysoký.

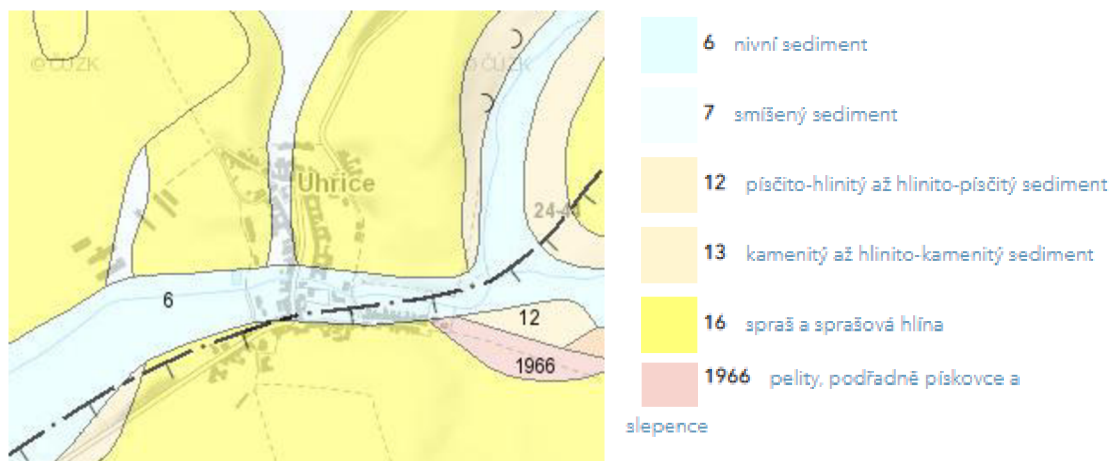
V roce 1964 došlo ke sloučení obcí Milonice a Uhřice. Po změně politické situace v listopadu roku 1989 a návratu demokratického zřízení, došlo v Uhřicích k velkým změnám a staly se opět samostatnou obcí. V roce 1994 byla vysvěcena kaplička, postupně byly renovovány chodníky a dopravní komunikace, v roce 1998 byla obec plynofikována a v roce 2004 zbudován vodovod.



Obr. 1 Obec Uhřice (zdroj: www.mapy.cz)

2.1 Obecné informace o obci

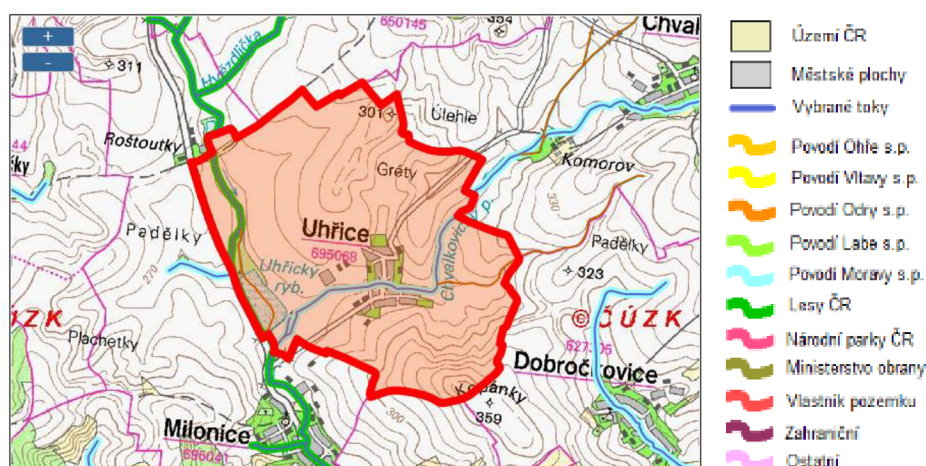
Z geologického hlediska se v obci nachází převážně nivní sediment a sprašová hlína či spraš. Dále se v obci nachází písčito-hlinitý až kamenitý sediment.



Obr. 2 Geologická mapa obce Uhřice (zdroj: mapy.geology.cz)

Uhřice leží v klimatické v mírně teplé oblasti MT11 a přechází do oblasti T2 (Quitt, 1971). M11 se vyznačuje dlouhým, teplým a suchým létem a krátkou, mírně teplou a velmi suchou zimou s krátkým trváním sněhové pokrývky. Přechodné období je krátké s mírně teplým jarem a mírně teplým podzimem. Pro klimatickou oblast T2 je charakteristické dlouhé, teplé a suché léto, velmi krátké přechodné období s teplým až mírně teplým jarem i podzimem a krátká, mírně teplá, suchá až velmi suchá zima s velmi krátkým trváním sněhové pokrývky. Nejteplejším měsícem v roce je červenec s průměrnou teplotou 18 až 19 °C, naopak nejchladnějším měsícem je leden s průměrnými teplotami -2 až -3°C. Obec Uhřice se dá zařadit také do klimatické oblasti K1 (dle ČSN P ENV 199-2-3), pro kterou platí sněhové zatížení I, tedy 0,7 kN/m².

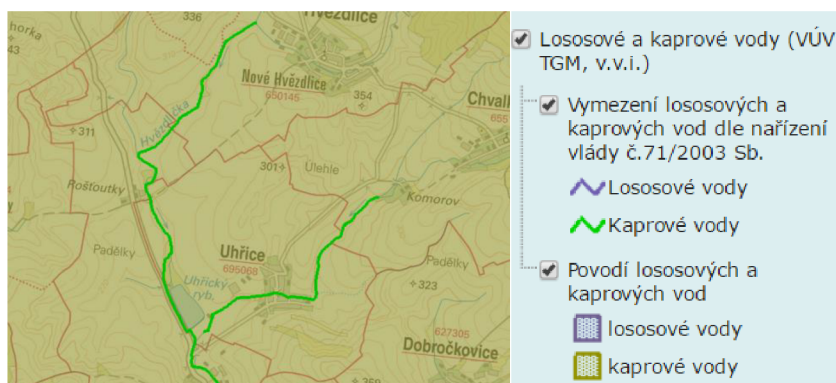
Území obce patří do správy povodí Moravy, s.p. Obcí protéká vodní tok Chvalkovický potok, který spadá také do správy povodí Moravy, s.p.



Obr. 3 Informace o vodním toku v obci Uhřice (zdroj: eagri.cz)

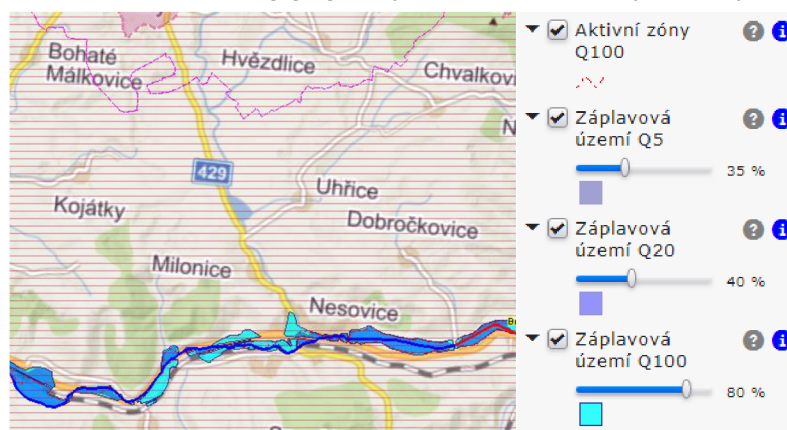
Dle nařízení vlády č. 71/2003 Sb. patří vodní tok Chvalkovický potok do kaprových vod, a musí splňovat předepsané hodnoty jakosti vody, aby byla

zajištěna reprodukce kaprovitých ryb, štik, okounů, úhořů a dalších vodních živočichů. Sleduje se a posuzuje celkem 13 ukazatelů, pro které jsou přesně předepsané přípustné hodnoty – rozpuštěný kyslík, volný amoniak, amonné ionty, teplota, pH, celkový chlor, ropné látky, fenoly, veškerý zinek a hodnoty cílové – BSK₅, nerozpuštěné látky, dusitany, rozpuštěná měď.



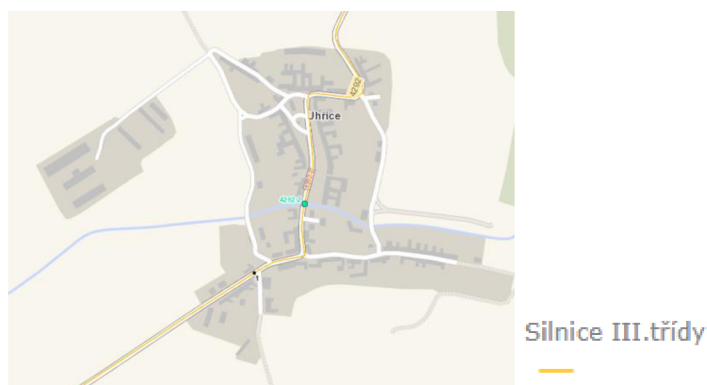
Obr. 4 Vymezení lososových a kaprových vod v řešeném území (zdroj: heis.vuv.cz)

Obec Uhřice se nenachází v záplavovém území, a proto není nutné budovat ČOV na vyvýšeném místě, nebo ji jiným způsobem chránit proti záplavám.



Obr. 5 Záplavové území v obci Uhřice (zdroj: www.dibavod.cz)

Obec je přístupná ze dvou směrů po silnicích III. třídy č. 4292. Do obce se dá nejlépe dostat po silnici II. třídy č. 429. Další komunikace v obci jsou místní.



Obr. 6 Mapa silniční sítě (zdroj: geoportal.rsd.cz)

V současné době se odpadní voda nijak nečistí a je rovnou odváděna do vodního toku Chvalkovického potoka. Na kanalizační síti je celkem 6 ks výustních objektů.

2.2 Vstupní podklady pro návrh ČOV

Pro návrh technologie u přírodní čistírny odpadních vod je nutné znát množství odpadních vod a nároky na jejich vyčištění. Množství odpadních vod, která na čistírnu potečou, je možné vypočítat dle normy ČSN 75 6402, nebo pokud dochází v obci k měření průtoků, je možné vzít tyto hodnoty z naměřených hodnot.

Pro obec Uhřice, bylo potřeba tyto hodnoty vypočítat. Všechny potřebné vzorce, jsou uvedené v mé bakalářské práci *Problematika vertikálních filtrů s vegetací pro obce do 500 EO*.

Důležitým vstupním podkladem pro návrh je stoková síť, kterou odpadní vody přitékají na ČOV. V obci Uhřice se nachází jednotná stoková soustava. Což znamená, že splaškové i dešťové vody jsou odváděny společně k čistírně odpadních vod. Aby se čistírna příliš nezatěžovala dešťovou vodou, jsou před PČOV navrženy odlehčovací komory, které dešťovou vodu, při velkých průtocích, odvedou do vodního toku.

V Plánu rozvoje vodovodu a kanalizace pro obec Uhřice (PRVK JmK, Aquatis, s.r.o. 2004) se plánuje tento kanalizační systém jednotné stokové soustavy přeměnit na oddílnou. Kdy budou na čistírnu odpadních vod přiváděny pouze splaškové odpadní vody a dešťová voda bude odváděna do vodního toku. Odpadní vody mají být odváděny do kanalizační sítě obce Milonice, dále přes Nesovice a Letošov, a budou čištěny na ČOV Letošov-Milonice. K této změně však nedojde. Jednotná stoková síť není ve špatném stavu, a proto se jen nevyhovující úseky zrekonstruují. Nejprve bude však nutné plán rozvoje vodovodu a kanalizace pro obec Uhřice aktualizovat a tuto novou událost zde zapsat.

Také Územní plán obce Uhřice říká, že jednotná stoková síť v obci je nevyhovující. Odpadní vody mají být však svedeny na navrženou ČOV v Letošově, na území obce Nesovice, a stávající stoky podchyceny a prodlouženy sběrnými větvemi do rozvojových ploch. Územní plán je v souladu s Plánem rozvoje vodovodu a kanalizací (PRVK JmK, Aquatis, s r.o. 2004), a proto bude nutné i Územní plán změnit.

Celá nová přírodní čistírna odpadních vod je tedy navržena na jednotnou stokovou síť. Pokud dojde v budoucnosti ke změně na oddílnou, nebude s tím mít čistírna žádný problém. ČOV je navržena pro 300 EO, z důvodu rezervy a výhledového nárůstu obyvatel v obci.

Vstupní parametry pro výpočet množství odpadních vod

Počet ekvivalentních obyvatel	EO=	300
Specifická potřeba vody	$q_{\text{spec}}=$	125 l/os/den
Balastní vody	$Q_B=$	60 %
Součinitel max hod. nerovnoměrnosti	$k_{h,\text{max}}=$	4,4
Součinitel min hod. nerovnoměrnosti	$k_{h,\text{min}}=$	0
Součinitel denní nerovnoměrnosti	$k_d=$	1,5
Součinitel odtoku	$\psi=$	0,26 -
Plocha povodí stoky	A=	15,3 ha
Intenzita deště	i=	119 l/s/ha
Násobek ředění	m=	10

Výpočet průtoků pro kořenovou čistírnu odpadních vod

Množství dešťových vod	$Q_{\text{děst}}=$	1687,8 m ³ /hod
Průměrný denní přítok od obyvatelstva	$Q_{24,\text{m}}=$	37,5 m ³ /den
Maximální hodinový přítok od obyvatelstva	$Q_{h,\text{m}}=$	6,9 m ³ /hod
Balastní vody	$Q_{\text{bal}}=$	22,5 m ³ /den
Maximální bezdeštný hodinový přítok od obyvatelstva	$Q_h=$	7,8 m ³ /hod
Průměrný bezdeštný denní přítok	$Q_{24}=$	60,0 m ³ /den
Maximální bezdeštný denní přítok	$Q_d=$	78,8 m ³ /den
Maximální bezdeštný hodinový přítok	$Q_h=$	11,3 m ³ /hod
Přítok z odlehčovací komory na čistírnu	$Q_{\text{řed}}=$	78,1 m ³ /hod
Návrhový průtok	$Q_N=$	22,5 m ³ /hod

Tab. 1 Součinitelé maximální hodinové nerovnoměrnosti k_h z normy ČSN 75 6402

Počet připojených obyvatel	30	40	50	75	100	300	400	500
Součinitel maximální hodinové nerovnoměrnosti k_h	7,2	6,9	6,7	6,3	5,9	4,4	3,5	2,6

2.3 Umístění čistírny odpadních vod

Přírodní čistírna odpadních vod bude umístěna na pozemku parc. č. 47/4 (výměra: 59 787 m², druh pozemku: orná půda), k. ú. Uhřice [695068]. Tento pozemek patří obci Uhřice a jedná se o pozemek, který se nachází v jižní části obce, za obcí. Po pravé straně protéká vodní tok Chvalkovický potok, do kterého bude vyústěna vyčištěná voda z přírodní čistírny odpadních vod. Chvalkovický potok dále ústí do vodního toku Hvězdička. Parcela se nachází 180 metrů od nejbližší obytné zástavby. Pásmo ochrany prostředí je dle TNV 75 6011 200 m od nejbližší obytné

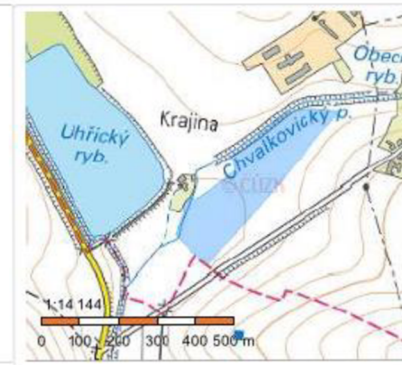
zástavby, proto bude přírodní čistírna umístěna, co nejbližší vodnímu toku, aby se docílila vzdálenost 200 m.



Obr. 7 Umístění čistírny odpadních vod jižně od obce Uhřice

Informace o pozemku

Parcelní číslo:	47/42
Obec:	Uhřice [550191]
Katastrální území:	Uhřice [695068]
Číslo LV:	10001
Výměra [m ²]:	59787
Typ parcely:	Parcela katastru nemovitostí
Mapový list:	KMD
Určení výměry:	Graficky nebo v digitalizované mapě
Druh pozemku:	orná půda



Vlastníci, jiní oprávnění

Vlastnické právo	Podíl
Obec Uhřice, č. p. 56, 68333 Uhřice	

Způsob ochrany nemovitosti

Název
zemědělský půdní fond

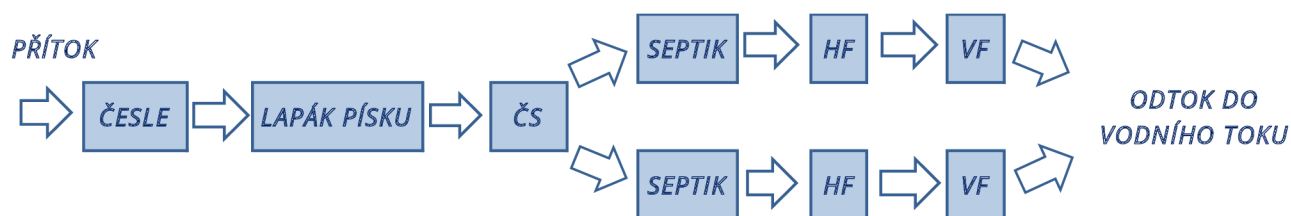
Seznam BPEJ

BPEJ	Výměra
30810	5617
35600	54170

Obr. 8 Informace o pozemku (zdroj: nahlizenidokn.cuzk.cz)

3 ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD PRO OBEC UHŘICE

Přírodní čistírna odpadních vod navržená v obci Uhřice se skládá z čerpací stanice, mechanického předčištění (česle, lapák písku, lapák tuku, usazovací nádrž), ochranného stupně čištění (HF) a hlavního stupně čištění (VF). V této kapitole jsou navržené prvky, dle vypočtených hodnot, popsány.



Obr. 9 Schéma přírodní čistírny

3.1 Čerpací stanice (ČS)

Čerpací stanice slouží k přečerpávání odpadních vod (ČSN 75 6560). V obci Uhřice bude navržena za česlemi a lapákem písku. Účelem čerpací stanice bude převedení odpadní vody přibližně o 4 metry směrem vzhůru. Sestava bez čerpací stanice by teoreticky přicházela v úvahu, pokud by se čistírna nacházela na vhodnějším terénu (s výraznější sklonitostí). Současně vzhledem k výskytu vysoké hladiny podzemní vody, by bez čerpací stanice byla většina stavebních objektů z části nebo zcela ponořená pod hladinou podzemní vody. Zahrnutím čerpací stanice se sníží objemy výkopů, tzn., současně dojde k minimalizaci investičních nákladů.

Obecně platí, že čerpací stanice mohou být z různých materiálů. V obci Uhřice bude navržena obetonovaná plastová jímka. Součástí čerpací stanice je kalové čerpadlo, plovákový spínač, řídicí jednotka, zpětná klapka, kulový uzávěr a výstupní tlakové potrubí. V ČS budou celkem čtyři kalová čerpadla. Čerpadla se v provozu budou střídát. Zároveň poběží vždy dvě čerpadla a další dvě budou vypnutá a budou sloužit jako rezervní.

Návrh čerpací stanice je závislý na navrženém maximálním přítoku odpadních vod, který bude přitékat z poslední odlehčovací komory. Záleží také, zda za odlehčovací komorou bude navržena dešťová nádrž. V případě návrhu by se totiž objem ČS daleko zmenšil a docházelo by k čerpání pouze splaškových vod. Návrh dešťové nádrže závisí na návrhu odlehčovací komory, která je součástí stavebního objektu „dostavba kanalizace“, resp. není předmětem návrhu čistírny odpadních vod, proto se návrhu odlehčovací komory ve své diplomové práci nevěnuji. Vzhledem k rozpracované části kanalizace není možné navrhnout finální řešení technologického vybavení čerpací stanice.

V diplomové práci je uvažováno s orientačním objemem odpadní vody, který bude pro účely dokumentace pro stavební povolení zpřesněn, současně budou navržena kalová čerpadla s konkrétními výkonovými charakteristikami.

Výpočet čerpací stanice odpadních vod

Objem ČS bez dešťové nádrže, na zředěný průtok, vychází 312,5 m³. Takto velká ČS by celou ČOV velmi prodražila, a proto je tato varianta zhodnocená jako neekonomické řešení. Pokud by se jednalo pouze o splaškové vody, objem ČS by stačil 13,5 m³. Což je oproti první variantě bez dešťové nádrže velký rozdíl.

Pro výpočet bez dešťové nádrže se uvažovalo se zředěným průtokem a havarijním objemem na 4 h. Zředěný průtok se dle *TNV 75 6262* dá stanovit jako násobek maximálního hodinového průtoku:

$$Q_{zřed} = Q_{h,max} \cdot m = Q_{h,max} \cdot (1 + n)$$

kde: Q_{24} je maximální hodinový bezdeštný průtok,
m násobek ředění,
n poměr ředění.

Ředící poměr na stokách se pohybuje v širokém rozmezí, minimálně 1+3, maximálně 1+19. U obce Uhřice je zvolen poměr ředění 1+9.

Výpočet objemu ČS pouze pro splaškové vody počítá s maximálním hodinovým maximem po dobu 4 h. Havarijní objem se musí navrhnout z důvodu poruchy čerpadel, či odstávky elektřiny. A tedy obsluha má 4 h na opravu.

Jako vhodné variantní řešení při návrhu čerpací stanice bude uvažováno s řešením, které zajistí externí zdroj elektrické energie, např. benzínové kalové čerpadlo, prostřednictvím něhož bude možné zkrátit čas potřebný pro vytvoření objemové rezervy.

3.2 Mechanické předčištění

Mechanické předčištění slouží k odstranění tuhých látek. Bez mechanického předčištění by docházelo k ucpávání potrubí, filtrů a např. k poškození čerpadel. Dešťová voda sebou navíc přináší velké množství splavenin, které musí být odstraněny před vstupem na hlavní čistící stupeň. (Brychtová, 2018)

Pro obec Uhřice jsou navrženy tyto prvky mechanického předčištění: česle, lapák písku, septik (usazovací nádrž) a horizontální filtr.

3.2.1 Česle

Česle, ručně stírané, jsou osazeny jako první mechanické předčištění. Dle ČSN 75 6402 se zde zachytí nejhrubší znečišťující látky přinášené odpadními vodami.

Nejčastěji se v nich zachytí toaletní papír, ubrousky, hadr či podobné hygienické pomůcky. Možné je, že se zde zachytí i např. mrtví potkani či krysy. Celkově se těmto splaveninám říká shrabky, a musí se pravidelně shrabovat ručním hrablem do odvodňovacího žlábků s děrovaným dnem tzv. česlicový koš, kde přebytečná voda odteče do lapáku písku. Shrabky, které jsou odvodněny, se dávají do kontejneru určeného na shrabky. Objem shrabků uvádí od 4 kg do 8 kg/EO/rok.



Obr. 10 Ručně stírané česle

Návrh ručně stíraných česlí

K ručně stíraným česlím je přivedeno kanalizační potrubí DN 250, kterým přitéká maximální denní průtok $Q_h = 11,3 \text{ m}^3/\text{hod}$ a za deště maximální zředěný průtok $Q_{zřed} = 78,1 \text{ m}^3/\text{hod}$. Ručně stírané česle jsou navrženy v plastovém boxu. Plastový box bude složen z PP desek o tloušťce 12 mm. Do plastového boxu budou osazeny česlice šířky 8 mm pod úhlem 60° . Mezi jednotlivými česlicemi bude 15 mm. Vnitřní šířka česlí je 600 mm a výška česlí je 700 mm. Délka česlí je 1100 mm. Za česlicemi je připevněn česlicový koš o délce 360 mm a výšce 100 mm.



Obr. 11 Ručně stírané česle navržené v obci Cekov

Celý plastový box bude obetonován betonem C30/37 o tloušťce 150 mm a bude osazen na podkladní vrstvu o tloušťce 200 mm, která bude ocelovými pruty spojena s betonovými zdmi.

Česle budou přístupné pro obsluhu, která je bude každý den čistit, tedy shrabovat ručním hrablem do odvodňovacího žlábků a následně odvodněné shrabky dávat do kontejneru na shrabky. Kontejner na shrabky bude velká plastová popelnice o objemu 1100 l a bude se jednou za rok vyvážet.

Obetonovaný plastový box bude 150 mm nad upraveným terénem. Voda, která se na upraveném terénu okolo česlí a lapáku písku zachytí, bude svedena před česle PP trubkou.

K česlím se bude dát přijet z příjezdové cesty. K původnímu terénu bude násyp ve sklonu 1:2 a příjezdová cesta ve sklonu 1:6.

Výpočet česlí

Návrhové parametry

Šířka česlí	B=	0,6 m
Sklon česlí	l=	0,001 -
Drsnost česlí	n=	0,012 plast
Sklon česlic	α =	60 °
Šířka česlic	b_1 =	8 mm
Součinitel tvaru česlí dle tvaru	β =	2,42 -
Světlost mezi česlicemi	b_2 =	15 mm

Výpočet

	h	A	O	R	C	v	Q	Q	z _č
	m	m ²	m	m	m ^{0,5} /s	m/s	m ³ /s	l/s	m
	0,02	0,012	0,64	0,019	42,95	0,19	0,002	2,2	0,002
	0,04	0,024	0,68	0,035	47,73	0,28	0,007	6,8	0,004
	0,06	0,036	0,72	0,050	50,58	0,36	0,013	12,9	0,006
	0,08	0,048	0,76	0,063	52,59	0,42	0,020	20,1	0,008
Q ₂₄	0,01	0,006	0,62	0,009	38,32	0,12	0,001	0,7	0,001
Q _d	0,01	0,007	0,62	0,011	39,37	0,13	0,001	0,9	0,001
Q _{h,max}	0,04	0,024	0,68	0,035	47,70	0,28	0,007	6,8	0,004
Q _{zřed'}	0,09	0,057	0,79	0,072	53,72	0,46	0,026	25,8	0,010

Objem shrabku	V _s =	5,0 l/EO*rok
Objem shrabku za rok	V _s =	1500,0 l/rok
Objem shrabku za měsíc	V _s =	125 l/měsíc
Objem popelnice	V _p =	1100 l
Vývoz		1 rok

Posouzení na vyplavání

Vstupní parametry

Objemová hmotnost vody	$\rho_{\text{voda}} =$	1000 kg/m ³
Objemová hmotnost beton	$\rho_{\text{beton}} =$	2500 kg/m ³
Objemová hmotnost zemin	$\rho_{\text{zemina}} =$	750 kg/m ³
Gravitační zrychlení	$g =$	9,81 m/s ²
Šířka česlí	$\text{š} =$	0,6 m
Tloušťka betonu	$t_{\text{beton}} =$	0,15 m
Výška betonu	$h_{\text{beton}} =$	1,75 m
Tloušťka podkladové desky	$t_{\text{podklad}} =$	0,9 m
Délka podkladové desky	$h_{\text{podklad}} =$	0,2 m
Hladina podzemní vody	$h_{\text{pod.vody}} =$	1,5 m

Výpočet

Objem vody	$V_{\text{voda}} =$	0,23 m ³
Objem betonu	$V_{\text{beton}} =$	0,71 m ³
Objem zeminy	$V_{\text{zemina}} =$	0 m ³
Vztlaková síla	$V_{\text{zt}} =$	2207 N
Gravitační síla	$G_v =$	17 290 N
Síla zeminy	$G_z =$	0 N

Posouzení

$$1,5 \cdot V_{\text{zt}} < 0,9 \cdot (G_v + G_z)$$

$$3\ 311 < 15\ 561$$

→ Vyhovuje

3.2.2 Srážení fosforu

NV 401/2015 Sb. nevyžaduje po čistírnách do 500 EO sledovat celkový fosfor na odtoku, avšak pro ochranu vodního toku, vodních nádrží a současně jako preventivní opatření zohledňující vývoj situace v oblasti ochrany životního prostředí, je vhodné celkový fosfor z vypouštěné odpadní vody eliminovat na minimální možnou, resp. ekonomicky a environmentálně přípustnou úroveň.

Pro odstranění celkového fosforu v přírodních čistírnách se používá, obdobně jako v případě mechanicko biologických čistíren odpadních vod, chemické srážení fosforu, neboť horizontální filtr má účinnost odstraňování celkového fosforu z odpadní vody pouze 5 % a vertikální filtr 13 %.

Ke srážení fosforu slouží jednotka na chemické srážení fosforu, a jako koagulant se používá polyaluminiumchlorid, který má obchodní název PAX. (Bodík a kol., 2017).

V obci Uhřice se bude koagulant dávkovat před česle, aby se stihli vytvořit jemné vločky fosforu, které se usadí v septiku, aby nedocházelo k zanášení vertikálního filtru. Pokud se tyto vločky začnou usazovat až v horizontálním filtru,

může dojít ke snížení životnosti horizontálního filtru a jeho brzkému zanešení. Díky usazení sraženého fosforu v septiku, který se pravidelně vyváží, docílíme velkých účinností v odstranění celkového fosforu z vody. Koagulant se bude dávkovat automaticky, pomocí dávkovacího čerpadla, které bude napojeno na elektrickou energii.



Obr. 12 Jednotka pro srážení fosforu (ČOV pro 80 EO, Rakousko)

3.2.3 Lapák písku

Dle ČSN 75 6402 musí lapák písku zachytávat písek a jiné minerální částice o velikosti zrn nad 0,2 mm. Důvodem návrhu je jednotná stoková síť, neboť dochází ke splachům ze silnice. Zrnka písku se usazují do akumulčního prostoru, který je potřeba jednou za tři měsíce vybrat a přemístit na kalové pole.



Obr. 13 Lapák písku pro ČOV 250 EO (obec Skašov)

Návrh lapáku písku

Lapák písku je navržen jako štěrbinový. Celý lapák je složen z PP desek o tloušťce 12 mm a obetonován betonem C30/37 o tloušťce 150 mm. Štěrbinu budou tvořit dvě PP desky nakloněné v 45°, které jsou připevněny k plastovému boxu. Desky, které tvoří štěrbinu jsou ve výšce nátoky, pod nimi je navržený usazovací prostor pro písek o objemu 3,6 m³. Tento prostor se bude vyvážet 1x za rok. Odkalovat se

bude pomocí lopatového rypadla, nejdříve se však vysunou dvě plastové desky, které tvoří štěrbinu. Usazený písek a další nečistoty se vyvezou na kalové pole navrženého vedle septiku.

Lapák je navržen na rychlost usazení částice o průměru 0,2 mm dle Stokesova zákona a zároveň dle ČSN 75 6402 na dobu zdržení, která je minimálně 30 s. Pro dodržení těchto parametrů je na konci lapáku písku navržen Thomsonův přeliv, díky kterému se docílí nižších rychlostí proudění odpadní vody.

Z důvodu vysoké hladiny podzemní vody, bylo nutné lapák písku celý obetonovat a posoudit na vyplavání. Plastový box bude osazen na podkladové vrstvě o tloušťce 200 mm, která bude ocelovými pruty spojena s betonovými zdmi.

Výpočet lapáku písku

Vstupní parametry

Drsnost lapáku písku	n=	0,012
Sklon lapáku písku	i=	0,001
Šířka štěrbiny	š=	0,05 m

Výpočet

	Výpočet pro štěrbinový lapák písku						Thomsonův přeliv				
	h	A	O	R	c	v	Q	h	Q	Q	v
	m	m ²	m	m	m ^{0,5} /s	m/s	l/s	m	m ³ /s	l/s	m/s
	0,03	0,002	0,085	0,028	46,00	0,24	0,6	0,04	0,000	0,45	0,19
	0,04	0,004	0,11	0,03	46,91	0,26	0,9	0,05	0,001	0,78	0,22
	0,05	0,005	0,141	0,035	47,74	0,28	1,4	0,06	0,001	1,23	0,25
	0,07	0,008	0,198	0,042	49,21	0,32	2,7	0,08	0,003	2,53	0,30
	0,09	0,013	0,255	0,049	50,50	0,36	4,5	0,10	0,004	4,43	0,35
Q ₂₄	0,04	0,003	0,103	0,031	46,58	0,26	0,8	0,05	0,001	0,69	0,22
Q _d	0,04	0,004	0,120	0,033	47,13	0,27	1,1	0,05	0,001	0,91	0,23
Q _{h,max}	0,12	0,020	0,333	0,059	52,03	0,40	7,9	0,12	0,007	6,77	0,34
Q _{zřed}	0,21	0,056	0,601	0,093	56,07	0,54	30,1	0,20	0,026	25,8	0,46

Doba zdržení	t=	30 s
Výpočet délky	L _{výpočet} =	3,0 m
Navržená délka	L _{navrženo} =	3,0 m

Usazování dle Stokesova zákona

Hustota sedimentu	ρ _{sediment} =	2200 kg/m ³
Hustota vody	ρ _{voda} =	1000 kg/m ³
viskozita proudící kapaliny	η=	0,00102 Pa*s
průměr zrna	d=	0,2 mm
Rychlost usazování částice	v _č =	0,026 m/s
Doba usazení sedimentu	θ=	4,59 s < 30 s
Produkce písku		12 l/EO/rok
Potřebný objem	V _p =	3,60 m ³ /rok

Skutečné rozměry lapáku písku

Délka	L=	3 m
Šířka	b=	1,5 m
Výška kalového prostoru	h=	0,8 m
Výška celého plastového boxu	H=	2,55 m

Posouzení na vyplavání

Vstupní parametry

Objemová hmotnost vody	$\rho_{\text{voda}}=$	1000 kg/m ³
Objemová hmotnost beton	$\rho_{\text{beton}}=$	2500 kg/m ³
Objemová hmotnost zemin	$\rho_{\text{zemina}}=$	750 kg/m ³
Gravitační zrychlení	$g=$	9,81 m/s ²
Šířka lapáku písku	$\check{s}=$	1,5 m
Tloušťka betonu	$t_{\text{beton}}=$	0,15 m
Výška betonu	$h_{\text{beton}}=$	2,55 m
Přesah podkladové desky	$x=$	0,2 m
Tloušťka podkladové desky	$t_{\text{podklad}}=$	2,2 m
Délka podkladové desky	$h_{\text{podklad}}=$	0,2 m
Hladina podzemní vody	$h_{\text{pod.vody}}=$	1,5 m

Výpočet

Objem vody	$V_{\text{voda}}=$	1,89 m ³
Objem betonu	$V_{\text{beton}}=$	1,21 m ³
Objem zeminy	$V_{\text{zemina}}=$	1,02 m ³
Vztlaková síla	$V_{\text{zt}}=$	18 541 N
Gravitační síla	$G_{\text{v}}=$	29 553 N
Síla zeminy	$G_{\text{z}}=$	7 505 N

Posouzení

$$1,5 \cdot V_{\text{zt}} < 0,9 \cdot (G_{\text{v}} + G_{\text{z}})$$

$$27\,811 < 33\,352$$

→ Vyhovuje

3.2.4 Septik

Septik je průtočná nádrž složená z několika na sebe navazujících prostorů (komor), které jako soustava plní převážně funkce zadržetí plovoucích nečistot (NL), jejich akumulaci a částečný rozklad (Bodík a kol., 2017).

Septik je navržen hlavně z důvodu ochrany vertikálního filtru, neboť bez něj by docházelo k ucpávání potrubí a tím k nefungování celé navazující filtrační jednotky.



Obr. 14 Velkoobjemový tříkomorový septik jako monolitická ŽB nádrž realizovaná na místě (obec Skašov)

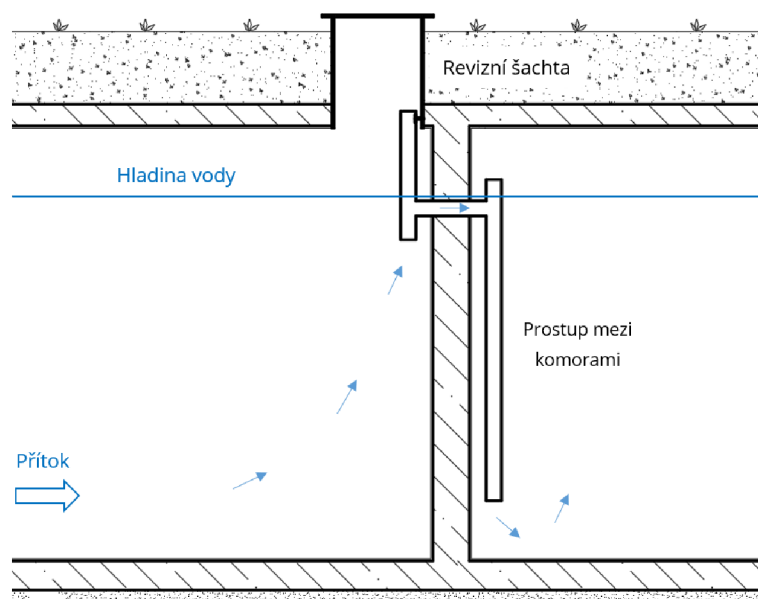
Návrh septiku

V obci jsou navrženy dva tříkomorové septiky o celkovém objemu 135 m³. Septik bude složen z PP desek o tloušťce 0,015 m, výšce 3 m a délce 6 m. Celkové rozměry jedné komory jsou 3 x 6 x 3 m (š x l x h). Celý septik bude stát na podkladové desce z betonu a každá plastová komora bude obetonovaná.

Septik je uložen 1 m pod úrovní původní terénu, ale celý septik bude obsypán zeminou z výkopů při rekonstrukci jednotné stokové sítě. Nad septikem bude 0,5 m vrstva ornice, ve které bude osázena tráva. Septik bude přístupný pouze revizní šachtami 0,6 x 0,6 m, které jsou opatřeny uzamykatelnými plastovými poklopy. Revizní šachta s poklopem je o 0,15 m vyšší a vyčnívá tak nad ornici, aby se poklopy daly lépe otvírat.

Z důvodu nedostatku vzduchu zde bude probíhat také nitrifikace, a proto můžeme říci, že septik bude dosahovat daleko vyšších účinností, neboť se dá porovnat s anaerobním separátorem. Anaerobní separátor dosahuje účinností odstranění BSK₅ 50–75 % na rozdíl od normálního septiku, který odstraňuje pouhých 15–30 % BSK₅.

Na přítoku je osazená norná stěna pro usměrnění toku do spodní části nádrže. Prostupy mezi jednotlivými komorami jsou řešeny z PP trubek svařených do tvaru H, viz obrázek, které zajistí využití celého prostoru septiku, neboť voda musí urazit velkou vzdálenost.



Obr. 15 Detail propojení komor v třikomorovém septiku

Výpočet septiku

K výpočtu byla využita norma ČSN, kde je uveden vzorec pro výpočet objemu septiku. V obci jsou navrženy dva paralelně uspořádané třikomorové septiky o celkovém objemu 135 m³. Pro správné fungování septiku je nutné navrhnout dostatečný objem první komory, aby se větší část objemu kalu usazovala právě v první komoře – z důvodu snazší obsluhy bude odkalování rychlejší, a tedy i ekonomicky výhodnější. Jelikož je ale objem jednotlivých nádrží natolik velký a požadavek investora klade důraz na realizaci septiku prostřednictvím plastových nádrží, jsou s ohledem na výrobní proces a transport nádrží všechny tři komory navrženy stejně velké.

Norma ČSN 75 6402 definuje, že je potřeba 50-60 % pro objem kalového prostoru z objemu účinného prostoru septiku. Kal by se měl usazovat převážně v první komoře, pro zpřesnění objemu kalového prostoru je využit výpočet ze specifické produkce kalu 1,08 l/EO/den.

Vstupní parametry:

Součinitel pro kalový prostor	a=	1,5 -
Střední doba zdržení	t=	4,5 dne

Samotný výpočet:

Potřebný objem	V=	254 m ³
Počet septiků	n=	2
Objem septiku	V=	127 m ³
Počet komor	n=	3
Délka jedné komory v septiku	L=	6 m
Šířka jedné komory septiku	š=	3 m

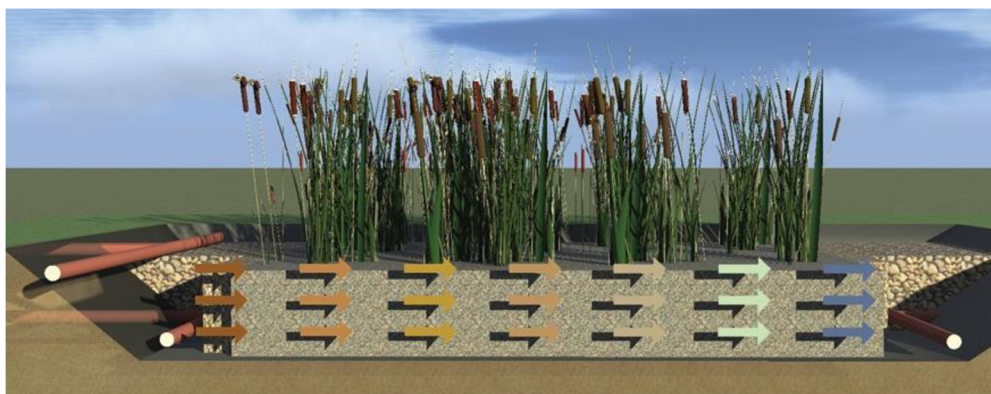
Výška jedné komory septiku	$h=$	2,5 m
Objem jedné komory	$V_{1 \text{ komory}}=$	45 m ³
Skutečný objem septiku	$V_{3 \text{ komor septik}}=$	135 m ³
Objem kalového prostoru dle ČSN	$V_{\text{kal}}=$	60 %
	$V_{\text{kal},1\text{septiku}}=$	76 m ³
	$V_{\text{kal},1\text{septiku}}=$	19,0 m ³ /3 měsíce
Objem kalového prostoru dle výpočtu:		
Produkce kalu		1,08 l/EO/den
Odkalování		4 x rok
Objem kalového prostoru	$V_{\text{kal}}=$	29,6 m ³ /3 měsíce
	$V_{\text{kal},1\text{septiku}}=$	14,8 m ³ /3 měsíce

Z výpočtu vyplývá, že se veškerý kal usadí v první komoře, a tedy bude stačit odkalovat pouze první komoru. Odkalování první komory by stačilo 2x do roka, ale pro lepší fungování kalového pole a septiku je navrženo 4x za rok. Z důvodu kontroly a možného vyplavení usazených částic do další komory, je navrženo odkalování druhé komory 1x za rok. Pro snazší odkalení druhé komory je navrženo potrubí vyvedené ode dna komory až do revizní šachty. Z revizní šachty se bude dát bez problému připojit savicí do kalového vozidla.

3.2.5 Horizontální filtr (HF)

Horizontální filtr je odvozen z převládajícího horizontální směru proudění odpadní vody. Nedoporučuje se použít jako samostatný prvek pro čištění odpadních vod. Jeho hlavní nevýhodou je minimální účinnost odstraňování amoniakálního dusíku, proto z něj odtéká často zapáchající voda (Bodík a kol., 2017).

Horizontální filtr spadá do mechanického předčištění, protože slouží jen jako bezpečnostní prvek před vertikálním filtrem. Plocha takového HF stačí 1,5 m²/EO. Důležité je však nutně stanovit odtokovou koncentraci BSK₅ a dopočítat odtokovou koncentraci CHSK_{Cr}. Neboť z těchto hodnot se vychází pro návrh plochy vertikálního filtru.



Obr. 16 Schéma horizontálního kořenového filtru (zdroj: Kriška)

Návrh horizontálního filtračního pole

V obci budou navrženy dvě horizontální filtrační pole. Na jedno filtrační pole připadá jeden septik. Pole jsou v jednom výkopu a jsou rozděleny pouze hydroizolací, která je připevněna na dřevěných latích. Hydroizolace bude z obou stran chráněna geotextilií. Z důvodu lepší údržby nebudou na horizontálním filtru osázeny žádné mokřadní rostliny.

HF je tvořeno dvěma vrstvami, a to drenážní vrstvou o tl. 200 mm ze štěrku frakce 8-16 mm a filtrační vrstvou 1 800 mm frakce 4-8 mm. Na povrch filtrační vrstvy je přivedeno přírodní potrubí ze septiku PVC DN 125. Pro ochranu HF je navržena 100 mm hrázka nad povrchem filtrační vrstvy. Zároveň potrubí je pro ochranu před slunečním svitem obsypáno.

Na dno HF bude nejdříve položena srovnávací vrstva o výšce 100 mm z písku o frakci 0,4-0,5 mm tzv. stavební recyklát, na kterou se položí hydroizolace, která bude z obou stran obalená geotextilií 500 g/m², aby nedošlo k poškození hydroizolace. Bude použita hydroizolace z PVC o tloušťce 1,5 mm. Přesah jednotlivých vrstev hydroizolace musí být min 200 mm, aby se dala laserem svařovat.

Horizontální filtr bude mít sklony svahu 2:1, po obvodu bude 1 m široká koruna hráze, na kterou navazuje násyp ve sklonu 1:2 až k původnímu terénu. Šířka koruny hráze na odtokové straně je rozšířena na 3 m, aby se do rozšířeného prostoru dala zabudovat distribuční šachta, která bude také sloužit pro ustálení hladiny v HF.



Obr. 17 Horizontální filtr bez přítomné vegetace (obec Skašov)

Výpočet plochy horizontálního filtračního pole

Vstupní hodnoty

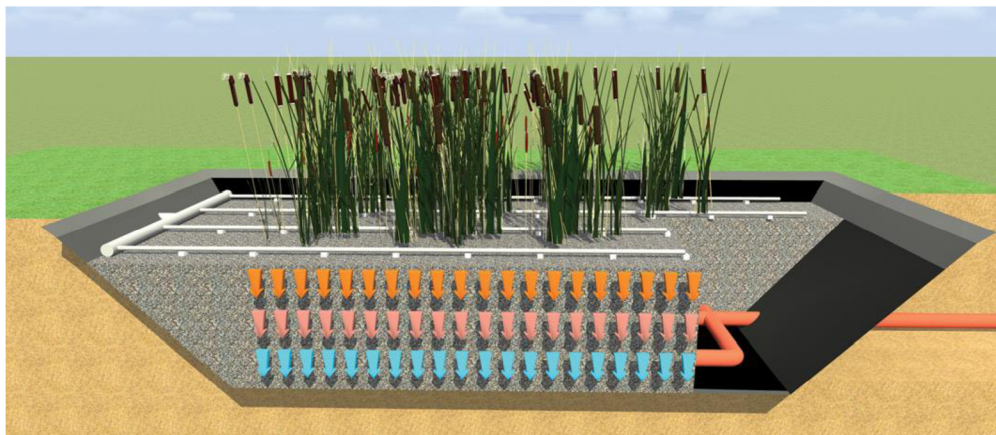
plocha pole na 1EO	A=	1,5 m ²
celková plocha pole	A=	450 m ²
průměrný denní přítok vody	Q ₂₄ =	60 m ³ /den
předpokládaná koncentrace na přítoku	c _p =	218 mg/l
rychlostní konstanta	k _{bsk} =	0,1 m/den
pórovitost	n=	0,43
hloubka filtru	h=	2 m
šířka horizontálního filtru	š=	22,5 m
délka horizontálního filtru	l=	20,0 m
objem horizontálního filtru	V=	900 m ³
doba zdržení	t=	15 dní
počet polí	n=	2

Výpočet požadované koncentrace BSK a CHSK na odtoku

Koncentrace BSK na odtoku	c _o =	114 mg/l
Koncentrace CHSK na odtoku	c _{o,CHSK} =	228 mg/l
	c _{o,CHSK} =	13 694 g/den

3.3 Vertikální filtr

Vertikální filtr je jáma vysypaná filtračním materiálem, kterým voda protéká od shora dolů, dochází tedy ke svislému proudění odpadní vody. Na povrchu je umístěné rozdělovací potrubí, ve kterém jsou vytvořené otvory o 5 mm, díky kterým se rovnoměrně dávkuje odpadní voda na vertikální filtr. Povrch je zároveň osázen mokřadními rostlinami. Na dně je umístěné drenážní potrubí, které vodu odvádí do dalšího stupně či do vodního toku. (Bodík a kol., 2017).



Obr. 18 Schéma vertikálního kořenového filtru (zdroj: Michla Kriška)

Návrh vertikálního filtru

Návrh vertikálního filtru vychází z přítokové koncentrace znečištění $CHSK_{Cr}$, z maximálního zatížení VF $CHSK_{Cr}$ za den ($20 \text{ g/m}^2/\text{den}$), hydraulického zatížení (max $150 \text{ mm}/\text{den}$), průměrného denního přítoku a z počtu dávkování odpadní vody na VF (5-10 x za den). V obci Uhřice je navrženo dávkování 10x denně, hydraulické zatížení vychází $87,6 \text{ mm}/\text{den}$ a přítoková koncentrace znečištění $CHSK$ z HF je $13\,694 \text{ g}/\text{den}$.

Bude navrženo celkem 6 polí a na každé pole bude vytékat průměrně $10 \text{ m}^3/\text{den}$ tedy 1 m^3 v jednom pulzu. Tento objem vody se bude akumulovat v distribuční šachtě. Šachty jsou navrženy dvě a každá je rozdělena na tři stejně velké komory. Každá komora přísluší jednomu poli, a tedy musí naakumulovat 1 m^3 , poté dojde k vypuštění na VF.

Filtr bude tvořen ze tří vrstev, a to z pohledové vrstvy (100 mm , frakce 8-16 mm – kačírek), filtrační vrstvy (600 mm , betonářský písek, který neobsahuje prachovou částici) a z drenážní vrstvy (200 mm , frakce 8-16 mm – nedrcené kamenivo). Do filtrační vrstvy bude osázen rákos obecný cca 3 rostliny na 1 m^2 , který se časem vysemení po celém VF.

Na pohledovou vrstvu budou položeny betonové sloupky, na které se položí přírodní potrubí. Přírodní potrubí na jednotlivé pole bude z PP DN 110, bude tvořeno metrovými kusy, na které budou napojeny T kuse pro odbočky PP DN 50. Do potrubí DN 50 bude navrtáno po $1,13 \text{ m}$ 5 mm otvor, kterým bude vytékat odpadní voda na VF. Potrubí bude na konci zadělané, aby voda vytékala pouze 5 mm otvory a docházelo tak k rovnoměrnému natékání odpadní vody. Otvory v potrubí a pulzní vypouštění zároveň dodají odpadní vodě potřebný kyslík k odstranění amoniakálního dusíku. Potrubí bude k sobě svařováno.

Na dno VF bude nejdříve položena srovnávací vrstva o výšce 100 mm z písku o frakci $0,4-0,5 \text{ mm}$ tzv. stavební recyklát, na kterou se položí hydroizolace, která bude z obou stran obalená geotextilií 500 g/m^2 , aby nedošlo k poškození hydroizolace. Bude použita hydroizolace z PVC o tloušťce $1,5 \text{ mm}$. Přesah jednotlivých vrstev hydroizolace musí být min 200 mm , aby se dala laserem svařovat.

Vertikální filtr bude mít sklony svahu 2:1, okolo bude 1 m široká hrázka na kterou navazuje násyp ve sklonu 1:1 až k původnímu terénu.

Odtok z VF je zajištěn odtokovým potrubím PVC DN 125, které je zaústěno do vodního toku. Za VF je navržena Parshallův žlab, který slouží k měření průtoku.



Obr. 19 Pohled na vertikální filtr po ročním provozu (obec Dražovice)



Obr. 20 Distribuční systém pro vertikální filtry (řešení chráněno užitným vzorem VUT)

Výpočet plochy vertikálního filtru

Zůstatek CHSK za horizontálním filtrem:	$C_{0,CHSK} = 13\,694$ g/den
Zatížení vertikálního filtru	$Z_{CHSK} = 20$ g/m ² /den
Plocha vertikálního filtru na 1 EO	$S_{1EO} = 2,3$ m ² /EO
Plocha vertikálního filtru	$S = 685$ m ²
Počet polí vertikálního filtru	$n = 6$
Plocha jednoho pole	$S_{pole} = 114$ m ²
Hydraulické zatížení	$h_v = 87,6$ mm/den
Průměrný denní přítok na 1 poli	$Q_{pole} = 10$ m ³ /den
Počet pulzů za den	$i = 10$
Přítok na pole v jednom pulzu	$Q_{pulzu} = 1\,000$ l
Rozdíl mezi spouštěcí a vypínací hladinou	$h = 0,7$ m

3.3.1 Distribuční šachty

Distribuční šachta slouží k akumulaci předčištěné odpadní vody k pulznímu vypouštění na vertikální filtr (VF). Samotná šachta nevyžaduje pro rozdělení proudu vody žádnou elektřinu, rázové vypouštění probíhá pomocí automatického otevření pulzně-dávkovacího zařízení. Automatické otevření uzávěru bez elektřiny je vyřešeno tak, že na hladině je plovák, který je přivázán provazem k uzávěru a po naplnění hladiny do potřebné výšky plovák otevře uzávěr a tím vypustí celý akumulovaný objem vody na VF (Křiška a Němcová, 2015).



Obr. 21 Pohled do vnitřního prostoru čtyřkomorové distribuční šachty

Návrh distribučních šachet

Jsou navrženy celkem dvě distribuční šachty. Každá šachta je rozdělena na tři komory. Šachty jsou konci HF a slouží také pro ustálení hladiny 50 mm pod filtrační vrstvou HF. K rovnoměrnému napouštění všech tří komor slouží proděravěné potrubí, kterým je voda rozstříkována do všech stran.

Šachty jsou obsypané zeminou ze všech stran, aby nebyly vystaveny okolním vlivům a udržely teplo odpadní vody. Šachty budou plastové o průměru 1 200 mm a přístupné pouze poklopem o průměru 600 mm.

Výpočet objemu distribuční šachty

Počet šachet	n=	2 šachty
Rozdělení jedné šachty	m=	3 komory
Objem jedné komory	V_{ξ} =	1 m ³
Poloměr šachty	r=	1,2 m
Objem jedné šachty	V=	6 m ³

3.4 Kalové hospodářství – systém reed-bed

Pro snížení provozních nákladů za odvoz kalu se navrhuje kalové hospodářství přímo v ČOV. Systém reed-bed jsou tzv. kalová pole osázená mokřadními rostlinami, které přispívají k odvodnění a provzdušnění kalu. Rostliny navíc rozkládají složité makromolekuly na jednoduší a tím odstraňují např. antibiotika, hormonální antikoncepci a jiná léčiva.

Návrh plochy kalového pole vychází z normy ČSN 75 6402, která stanovuje plochu na 2 EO/m². Zároveň říká, že by se na kalové pole mělo dávkovat 3 - 4x ročně a každá dávka by neměla přesahovat výšku 0,3 - 0,4 m.



Obr. 22 Kalové pole v betonovém objektu (Rakousko, ČOV pro 120 EO, zdroj: Kriška)

3.4.1.1 Návrh kalového hospodářství

Plocha reed-bed pole je vypočtena na 150 m². Umístěno bude vedle septiku a bude kopírovat jeho délku. Výška kalového pole bude 1,2 m. Šířka je ovlivněná velikostí horizontálního filtru. Snahou totiž bylo docílit, aby konec násypu jednotlivých prvků byl zarovnaný na původním terénu do jedné roviny. Do kalového pole se bude dávkovat kal ze septiku a písek z lapáku písku.

Jáma pro kalové pole bude opatřena hydroizolační folií, která bude z obou stran obalená geotextilií, aby nedošlo k propíchnutí a následnému vsaku kalové vody do podzemí a tím znečištění podzemní vody. Hydroizolace bude vytažená až k hrázi septiku, avšak bude zasypaná hrubým štěrkem, aby nebyla na přímém slunci a nedošlo k jejímu poškození.

Na dno bude položeno drenážní potrubí z PVC, aby se kal mohl odvodnit. Voda, která se dostane do drenážního potrubí, bude napojena do čerpací stanice. Drenážní potrubí bude obsypáno pískem o výšce 200 mm.

Kalové pole bude osázeno rákosem obecným, avšak až po první dávce kalu. Kal se bude dávkovat 4x ročně. Kalové pole je navrženo tak, aby vydrželo 10 let, poté se musí zemina odvést, aby se znovu mohlo kalové pole využívat. Zemina z kalového pole se dá použít jako hnojení, musí se však odebrat vzorek, který se otestuje, zda zemina není škodlivá. Pokud by byla, tak se musí odvést na skládku nebezpečného odpadu.

Sklon pole bude 1:1, bude plynule navazovat na svah septiku, okolo bude hrázka široká 1 m a z ní pak násyp také o sklonu 1:1.



Obr. 23 Pohled na nově realizované kalové pole v blízkosti septiku

3.4.1.2 Výpočet kalového pole

Plocha pro výpočet kalového pole	2 EO/m ²
Plocha kalového pole	150 m ²
Účinná hloubka	1 m
Objem	150 m ³
Objem kalu ze septiku	29,57 m ³
Dávkování 4x za rok	118,3 m ³ za rok
Výška jedné dávky kalu (obsahuje 5 % sušiny)	0,20 m
Po odvodnění zbyde 10 %	1,97 cm
Za 10 let výška kalu	0,8 m
Výška pro potrubí	0,2 m
Výška celkem	1,2 m

4 NÁROKY NA VYČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Zákon o vodách č. 254/2001 Sb. nařizuje, že ten, kdo vypouští odpadní vody do vod povrchových nebo podzemních, je povinen zajišťovat jejich zneškodňování v souladu s podmínkami stanovenými v povolení k jejich vypouštění. Při stanovování těchto podmínek je vodoprávní úřad povinen přihlížet k nejlepším dostupným technologiím v oblasti zneškodňování odpadních vod, kterými se rozumí nejúčinnější a nejpokročilejší stupeň vývoje použité technologie zneškodňování nebo čištění odpadních vod. (Brychtová, 2018)

U vyčištěné vody se budou sledovat ukazatele, dané nařízením vlády č. NV 401/2015, BSK₅, CHSK_{Cr} a NL. I když nařízení vlády pro obce do 500 EO nenařizuje sledování N_{celk}, N-NH₄⁺ a P_{celk}, bude snahou při návrhu nové přírodní čistírny tyto ukazatele odstraňovat.

V budoucnu se může nařízení vlády změnit, a proto se předchází zbytečným dalším nákladům na renovaci. Do vodního toku se tak bude vypouštět voda s živinami, které budou moci rostliny a okolní vegetace ihned využívat a nebude docházet k zanášení toku a jeho většího znečišťování.

Tab. 2 Emisní standardy dle NV 401/2015 Sb.: přípustné hodnoty (p) a maximální hodnoty (m) koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod v mg/l

Kategorie ČOV (EO)	CHSK _{Cr}		BSK ₅		NL		N _{celk}		P _{celk}	
	p	m	p	m	p	m	p	m	p	m
<500	150	220	40	80	50	80	-	-	-	-

Tab. 3 Průměrné znečištění vytvořené 1 ekvivalentním obyvatelem v g/obyv/den

BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	N _{celk}	P _{celk}
60	120	55	11	2,5

Pro obec Uhřice je navržena přírodní čistírna odpadních vod, která zajistí nízké provozní náklady a minimální náročnost na obsluhu, a zajistí co možná nejvyšší možné kvality vyčištěné odpadní vody. Odtokové koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod pro obec jsou uvedené v tabulce 4.

Tab. 4 Výpočet vstupních a výstupních koncentrací s průměrnou účinností

		BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	N-NH ₄ ⁺	P _c
s ₀	g/EO/den	60	120	55	11	2,5
c ₀	mg/l	300	600	275	55	13
septik	%	27,5	10,0	55,0	0	0
c ₁	mg/l	218	540	124	55	13
horizontální filtr	%	48	58	65	5	5
c ₂	mg/l	114	228	43	52	12
vertikální filtr	%	80	85	90	80	13
c ₃	mg/l	23	34	4	10	10

Dle nařízení vlády NV 401/2015 bude voda vyhovovat přístupným hodnotám znečištění ve všech sledovaných ukazatelích a zároveň ČOV bude snižovat znečištění povrchových vod od amoniakálního dusíku a celkového fosforu, které se u obcí do 500 EO nesledují.

V tabulce 5 je porovnání s přípustnými koncentracemi a BAT hodnotami, které udávají hodnoty pro nejlepší dostupnou technologii. ČOV v Uhřicích bude mít nižší koncentrace znečištění na odtoku než dle nejlepší dostupné technologie pro normální ČOV.

Tab. 5 Porovnání přípustných hodnot a hodnot na odtoku z čistírny

	konzcentrace znečištění na odtoku z čistírny	přípustná koncentrace	konzcentrace dle nejlepší dostupné technologie
	mg/l	mg/l	mg/l
BSK ₅	23	40	30
CHSK _{Cr}	34	150	110
NL	4	50	40
N-NH ₄ ⁺	10	nesleduje se	
P _c	10	nesleduje se	

5 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce byl návrh technologie přírodního způsobu čištění odpadních vod pro obec Uhřice v takovém detailu, aby výsledek mohl sloužit jako podklad k dokumentaci pro územní řízení i stavební povolení. Důraz byl kladen na ekologičnost v kombinaci s nízkými investičními náklady. Současně je ale požadavkem minimální náročnost na obsluhu, což má za následek nízké provozní náklady, spojené s nízkým stočným pro obyvatele obce Uhřice. V neposlední řadě je kladen důraz na dodržení co možná nejvyšší možné kvality vyčištěné odpadní vody, což je podmínkou pro budoucí poskytnutí dotačního titulu. Pro návrh bylo předpokladem splnění emisních hodnot a zajištění vysoké čistící účinnosti v ukazatelích BSK₅, CHSK, NL, NH₄⁺ a N_{celk}. Nicméně dle vzoru, kterým byla ČOV v obci Dražovice, lze očekávat hodnoty odtokových koncentrací výrazně nižší, resp. účinnosti mnohem vyšší.

Přírodní čistírna jako jeden stavební objekt byla navržena pro 300 EO, což zahrnuje kapacitní rezervu oproti stávajícímu počtu připojených obyvatel. Návrh jednotlivých objektů vychází z normy ČSN 75 6402: Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel. Mezi jednotlivé objekty patří mechanické předčištění, hlavní stupeň čištění a kalové hospodářství. Jednotná kanalizační soustava není předmětem diplomové práce, přestože s návrhem čistírny úzce souvisí. Dostavba a rekonstrukce kanalizační sítě bude řešena takovým způsobem, aby se jediné připojovací potrubí vyvedlo před navržený sdružený objekt (česle a lapák písku), který je prvním prvkem v rámci navržené čistírny.

Samotná čistírna sestává z několika navazujících objektů. Mechanické předčištění se skládá z česlí, lapáku písku, dvou paralelní toky vícekomorového velkoobjemového septiku a bezpečnostního horizontálního filtru. Jako součást předčištění byla navržena také jednotka pro odstraňování celkového fosforu, umístěná v prostoru jemných česlí. Jako hlavní stupeň čištění je navržena soustava čtyř dílčích částí vertikálního filtru. Za vertikálním filtrem je Parshallův žlab pro měření průtoků, ze kterého vyčištěná voda odtéká do vodního toku Chvalkovický potok.

Předpokládané koncentrace na odtoku z čistírny jsou: 23 mg/l BSK₅; 34 mg/l CHSK; 4 mg/l NL; 10 mg/l N-NH₄⁺ a 10 mg/l P_{celk}. Z čehož plyne celková čistící účinnost BSK₅ 92,4 %; CHSK 94,3 %; NL 98,4 %; N_{celk} 81,0 % a P_{celk} 95,0 %.

K minimalizaci investičních nákladů pomůže umístění většiny objektů nad úroveň stávajícího terénu, tzn., odpadne většina výkopových prací. Zemní práce související s výstavbou ČOV jsou minimalizovány, veškeré výkopky budou použity k vytvoření zemní hrázky po obvodu jednotlivých objektů. Svým uspořádáním

se předejde současně komplikacím při povodňových situacích. Své využití pro terénní úpravy najdou také výkopy při rekonstrukci kanalizace v obci, zásypy a obsypy jednotlivých objektů budou prováděny prostřednictvím mírného svahování.

Navržené řešení tedy dokáže odpadní vodu vyčistit v nejvyšší možné kvalitě, ve srovnání s účinnostmi dokonce předčí nejlepší dostupnou technologii. Všechny objekty jsou navrženy tak, aby čistírna vykazovala minimální komplikace při provozu, případně jsou veškeré objekty koncipovány jako snadno přístupné a kontrolovatelné. Co se obsluhy týče, bude navržené řešení vyžadovat ve své podstatě pouze přítomnost správce ČOV na několik minut každý den. Činnost správce čistírny bude souviset převážně s kontrolou vypouštěcích zařízení před vertikálním filtrem a pravidelným každodenním shrabováním česlí. Navržené řešení splňuje všechny požadavky investora a vytyčené cíle, resp. předpokládané nízké odtokové koncentrace.

SEZNAM PŘÍLOH

A.	PRŮVODNÍ ZPRÁVA	
B.	SOUHRNNÁ TECHNICKÁ ZPRÁVA	
C.	SITUAČNÍ VÝKRESY	
C.1	SITUAČNÍ VÝKRES ŠIRŠÍCH VZTAHŮ	M 1:5000
C.2	KATASTRÁLNÍ SITUAČNÍ VÝKRES	M 1:1000
C.3	KOORDINAČNÍ SITUAČNÍ VÝKRES	M 1:250
C.4	SITUAČNÍ VÝKRES – ZAŘÍZENÍ STAVENIŠTĚ	M 1:250
D.	Dokumentace objektů a technických a technologických zařízení	
D.1.	Dokumentace stavebního nebo inženýrského objektu	
D.1.1	Architektonicko-stavební řešení	
D.1.1.a	Čistírna odpadních vod	
D.1.1.a.1	Technická zpráva	
D.1.1.a.2	Podrobná situace stavby	M 1:250
D.1.1.a.3.1	Podélný profil ČOV	M 1:250/100
D.1.1.a.3.2	Kanalizace areálu ČOV – výustní objekt	M 1:10
D.1.1.a.3.3	Kanalizace areálu ČOV – měrný objekt	M 1:20
D.1.1.a.3.4	Vzorový příčný řez vedením areálové kanalizace	M 1:10
D.1.1.a.4	SO 01 Mechanické předčištění	
D.1.1.a.4.1	Česle a lapák písku – půdorys	M 1:25
D.1.1.a.4.2	Česle a lapák písku – podélný řez	M 1:25
D.1.1.a.4.3	Česle a lapák písku – příčné řezy	M 1:25
D.1.1.a.4.4	Tříkomorový septik – půdorys	M 1:50
D.1.1.a.4.5	Tříkomorový septik – řezy	M 1:50
D.1.1.a.4.6	Horizontální filtr – půdorys	M 1:100
D.1.1.a.4.7	Horizontální filtr – řezy	M 1:50
D.1.1.a.5	SO 02 Hlavní stupeň čištění	
D.1.1.a.5.1	Distribuční šachta 1 – půdorys/řez	M 1:25
D.1.1.a.5.2	Distribuční šachta 2 – půdorys/řez	M 1:25
D.1.1.a.5.3	Vertikální filtr – půdorys	M 1:100
D.1.1.a.5.4	Vertikální filtr – řezy	M 1:50
D.1.1.a.6	SO 03 Kalové hospodářství	
D.1.1.a.6.1	Kalové pole – půdorys	M 1:50
D.1.1.a.6.2	Kalové pole – řezy	M 1:50
D.1.1.a.7	SO 04 Oplocení	
D.1.1.a.7.1	Oplocení – půdorys	M 1:100
D.1.1.a.7.2	Oplocení – vzorový řez	M 1:25
D.1.1.a.8	SO 05 Příjezdová komunikace	
D.1.1.a.8.1	Podélný profil příjezdové komunikace	M 1:250/100
D.1.1.a.8.2	Vzorový příčný řez příjezdové komunikace	M 1:50

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Literatura

BODÍK, Igor, Michal KRIŠKA DUNAJSKÝ, Daniel GEMERAN, Luboš JURÍK, Tomáš MACKULAK, Juraj ZAMKOVSKÝ a Ján ŽEMBER. *Analýza podmienok správneho návrhu aplikácie extenzívnych systémov čistenia odpadových vôd vo vybraných obciach okresu Rimavská Sobota*. CEROGEMA, n.o., 2017.

BRYCHTOVÁ, Veronika. *Problematika vertikálních filtrů s vegetací pro obce do 500 EO*. Brno, 2018. 69 s., Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Ing. Michal Kriška, Ph.D.

Dotro, Gabriela & Langergraber, Günter & Molle, Pascal & Nivala, Jaime & Puigagut, Jaume & Stein, Otto. (2017). *Biological Wastewater Treatment Series, Volume 7: Treatment Wetlands*.

DWA, 2017. *Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Kläranlagen mit bepflanzten und unbepflanzten Filtern zur Reinigung häuslichen und kommunalen Abwassers: Arbeitsblatt DWA-A 262*. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall. DWA-Regelwerk, A 262. ISBN 38-872-1547-8.

HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN a Petr PRAX. *Příručka stokování a čištění*. Brno: NOEL 2000, c2001. ISBN 80-86020-30-4.

KRIŠKA, Michal a Miroslava NĚMCOVÁ. *Kořenové čistírny odpadních vod: Metodická příručka pro povolování, návrh, realizaci a provoz*. 2015.

ÖNORM B 2505- Kläranlagen – *Intermittierend beschickte Bodenfilter („Pflanzenkläranlagen“)*

Legislativa

ČSN 75 6402. Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel. Praha: Český normalizační institut, 2017.

ČSN 75 6560. Čerpací stanice odpadních vod na kanalizační síti. Praha: Český normalizační institut, 2016.

ČSN P ENV 1991-2-3 (73 0035). Zásady navrhování a zatížení konstrukcí. Část 2-3: Zatížení konstrukcí. Zatížení sněhem. Praha: Český normalizační institut, 1997.

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, 2015.

TNV 75 6011 Ochrana prostředí kolem kanalizačních zařízení. Praha: Hydroprojekt, 2010.

TNV 75 6262. Odlehčovací komory a separátory. ČR: Český normalizační institut, 2003.

Vyhláška č. 499/2006 Sb. Vyhláška o dokumentaci staveb. Ministerstvo pro místní rozvoj, 2006.

Zákon č. 254/2001 Sb. Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). Parlament, 2001.

Elektronické zdroje

Geologická mapa obce Uhřice. *Geologická mapa* [online]. [cit. 2019-11-11]. Dostupné z: <http://mapy.geology.cz/>

Informace o obci Uhřice. *Územní plán Uhřice* [online]. [cit. 2019-11-11]. Dostupné z: <https://www.bucovice.cz/uhrice/d-22225>

Informace o obci Uhřice. *Plán rozvoje vodovodu a kanalizace v obci Uhřice* [online]. [cit. 2019-11-11]. https://www.kr-jihomoravsky.cz/archiv/ozp/PRVK_JMK/

Informace o vodním toku v obci Uhřice. *Evidence vodních toků* [online]. [cit. 2019-11-11]. Dostupné z: <http://eagri.cz/>

Katastrální umístění ČOV. *Nahlížení do katastru nemovitostí* [online]. [cit. 2019-11-11]. Dostupné z: <http://sgi.nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/>

Lososové a kaprové vody. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. c20008- 2015 [cit. 2019-11-11]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/lososove_kaprove_vody

Oficiální server obce Uhřice. *Obec Uhřice* [online]. [cit. 2019-11-11]. Dostupné z: <http://uhrice-vy.cz/>

Plánování v oblasti vod. *Povodí Moravy* [online]. [cit. 2019-11-11]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/>

Silniční síť v obci Uhřice. *Mapa silniční sítě* [online]. [cit. 2019-11-11]. Dostupné z: <http://geoportal.rsd.cz/>

Umístění na mapě. *Umístění obce Uhřice* [online]. [cit. 2019-11-11]. Dostupné z: <http://www.mapy.cz/>

Vodní hospodářství a ochrana vod. *HYDROEKOLOGICKÝ INFORMAČNÍ SYSTÉM VÚV TGM* [online]. c2002-2018 [cit. 2019-11-11]. Dostupné z: <http://heis.vuv.cz>

Záplavové území v obci Uhřice. *Prohlížečka záplavových území* [online]. [cit. 2019-11-11]. Dostupné z: <http://www.dibavod.cz/>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Obec Uhřice (zdroj: www.mapy.cz)	13
Obr. 2 Geologická mapa obce Uhřice (zdroj: mapy.geology.cz)	14
Obr. 3 Informace o vodním toku v obci Uhřice (zdroj: eagri.cz)	14
Obr. 4 Vymezení lososových a kaprových vod v řešeném území (zdroj: heis.vuv.cz).....	15
Obr. 5 Záplavové území v obci Uhřice (zdroj: www.dibavod.cz)	15
Obr. 6 Mapa silniční sítě (zdroj: geoportal.rsd.cz).....	15
Obr. 7 Umístění čistírny odpadních vod jižně od obce Uhřice.....	18
Obr. 8 Informace o pozemku (zdroj: nahlizenidokn.cuzk.cz)	18
Obr. 9 Schéma přírodní čistírny.....	19
Obr. 10 Ručně stírané česle	21
Obr. 11 Ručně stírané česle navržené v obci Cekov	21
Obr. 12 Jednotka pro srážení fosforu (ČOV pro 80 EO, Rakousko).....	24
Obr. 13 Lapák písku pro ČOV 250 EO (obec Skašov)	24
Obr. 14 Velkoobjemový tříkomorový septik (obec Skašov)	27
Obr. 15 Detail propojení komor v tříkomorovém septiku	28
Obr. 16 Schéma horizontálního kořenového filtru (zdroj: Kriška).....	29
Obr. 17 Horizontální filtr bez přítomné vegetace (obec Skašov)	30
Obr. 18 Schéma vertikálního kořenového filtru (zdroj: Michla Kriška)	31
Obr. 19 Pohled na vertikální filtr po ročním provozu (obec Dražovice)	33
Obr. 20 Distribuční systém pro vertikální filtry	33
Obr. 21 Pohled do vnitřního prostoru čtyřkomorové distribuční šachty	34
Obr. 22 Kalové pole v betonovém objektu (Rakousko, ČOV pro 120 EO, zdroj: Kriška). 35	
Obr. 23 Pohled na nově realizované kalové pole v blízkosti septiku	36

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Součinitelé maximální hodinové nerovnoměrnosti k_h	17
Tab. 2 Emisní standardy dle NV 401/2015 Sb.....	37
Tab. 3 Průměrné znečištění vytvořené 1 ekvivalentním obyvatelem	37
Tab. 4 Výpočet vstupních a výstupních koncentrací s průměrnou účinností	38
Tab. 5 Porovnání přípustných hodnot a hodnot na odtoku z čistírny	38

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

BSK ₅	Biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní
CKSK _{Cr}	Chemická spotřeba kyslíku
ČOV	Čistírna odpadních vod
ČSN	Česká technická norma
EO	Ekvivalentní obyvatel
N _{celk}	Dusík celkový
NL	Nerozpuštěné látky
N-NH ₄ ⁺	Amoniakální dusík
NV	Nařízení vlády
PAX	Polyaluminiumchlorid
P _{celk}	Fosfor celkový
PČOV	Přírodní čistírna odpadních vod