



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV POZEMNÍHO STAVITELSTVÍ

INSTITUTE OF BUILDING STRUCTURES

OBECNÍ DŮM V SUCHONICÍCH

MUNICIPAL HOUSE IN SUCHONICE

K.1 – KONCEPČNÍ NÁVRH DOMOVNÍ KČOV

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Petr Přidal

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. MILAN OSTRÝ, Ph.D.

BRNO 2024

OBSAH

1	KONCEPČNÍ NÁVRH KOŘENOVÉ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD	3
1.1	CHARAKTERISTICKÉ INFORMACE	3
1.1.1	ÚVOD	3
1.1.2	KLIMATICKÉ PODMÍNKY	3
1.1.3	USPOŘÁDÁNÍ KOŘENOVÉ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD	3
1.1.4	DRUHY FILTRACE	5
1.1.5	ZÁKLADNÍ VELIKOSTI KČOV	6
1.1.6	MOKŘADNÍ ROSTLINY	6
1.1.7	SROVNÁNÍ KČOV S KONVENČNÍ ČOV	7
1.2	VLASTNÍ KONCEPCE KOŘENOVÉ ČISTÍRNY	8
1.2.1	POLOHA STAVBY	8
1.2.2	PŘÍRONÍ POMĚRY STAVENIŠTĚ	9
1.2.3	LIMITY STAVENIŠTĚ	11
1.2.4	NÁVRH VELIKOSTNÍ KATEGORIE KČOV	12
1.2.5	TYP KOŘENOVÉ ČISTÍRNY	13
1.2.6	KONCEPČNÍ USPOŘÁDÁNÍ KČOV	13
1.2.7	DIMENZOVÁNÍ A NÁVRH PRVKŮ KČOV	14
1.2.8	SPLNĚNÍ EMISNÍCH PARAMETRŮ	18
1.2.9	HLAVNÍ PŘÍNOSY REALIZACE	20
1.3	ZÁVĚR	22
	ZDROJE	23
	PŘÍLOHY	24

1 KONCEPČNÍ NÁVRH KOŘENOVÉ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD

1.1 CHARAKTERISTICKÉ INFORMACE

1.1.1 ÚVOD

Kořenovou čistírnu odpadních vod, můžeme nazvat jako umělý mokřad. Princip kořenových čistíren odpadních vod spočívá v návaznosti na stejné zásady jako přirozené procesy v mokřadech a samočistící mechanismy v řekách. Tyto čistírny pracují na základě mechanicko-biologických procesů a dosahují srovnatelné účinnosti čištění jako konvenční ČOV. Jejich ekologický přístup, nezávislost na elektrické energii a příznivý vliv na biodiverzitu představují významné benefity. Základní funkcí kořenových čistíren odpadních vod je řízený průtok očištěné splaškové vody skrze substrát s osázenou mokřadní vegetací. Implementace kořenových čistíren odpadních vod může probíhat na pozemku, ploché střeše nebo na vertikální stěně domu. KČOV mohou být vhodným řešením téměř pro všechny pozemní stavby, stejně tak pro obce či města.

První KČOV byla postavena v Německu v 60. letech, následně se KČOV rozšířily do celého světa. V České republice začala jejich výstavba na počátku devadesátých let. [1]

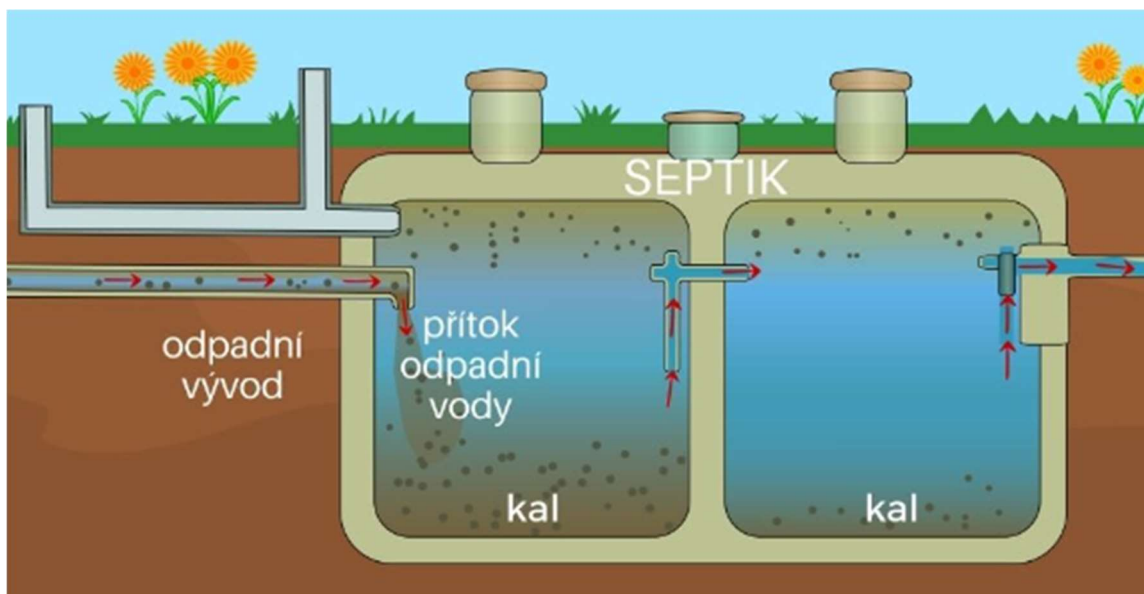
1.1.2 KLIMATICKÉ PODMÍNKY

Pro správné fungování KČOV jsou důležité klimatické podmínky. Nejúčinnější jsou KČOV v oblastech s mírným až teplým klimatem. Při teplejších teplotách dochází ke správným a rychlejším biologickým procesům, naopak v případě častých a vysokých mrazů, může dojít ke zpomalení, či úplnému zastavení biologických procesů. KČOV musí být realizována na místě s dostatkem slunečního světla. Světlo je totiž velice důležité pro fotosyntézu rostlin, a tím pádem i pro správné fungování KČOV.

1.1.3 USPOŘÁDÁNÍ KOŘENOVÉ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD

Celý systém KČOV se skládá z několika zařízení. Jedná se zejména o propojovací potrubí, kontrolní a pulzní šachty, vícekomorový separátor, filtr, stabilizační nádrž a vsakovací objekt. Samotná KČOV se skládá převážně ze třech částí: mechanické předčištění, hlavní stupeň čištění a případné dočištění. [2]

V případě mechanického předčištění je důležité zachytit a selektovat pevné nečistoty, plovoucí látky a těžší částice (písek). Toho docílíme pomocí česlí, mříží, usazovacích nádrží, anaerobních separátorů či vícekomorových septiků, lapáku písku apod. Je vysoké riziko, že v případě špatného mechanického předčištění, nebude KČOV fungovat správně, následkem toho může být ucpávání filtračního lože. [2]



Obr. 1 Schéma vícekomorového septiku – oddělení pevných a plovoucích látek [obr. 1]

Pod hlavním stupněm čištění si můžeme představit kořenové pole neboli horizontální či vertikální filtr, případně soustavu filtrů. Lidově řečeno, je to mělká jáma s hloubkou přibližně jednoho metru. Jáma je naplněna filtračním materiálem a osázena vegetací. Hladina vody je 5-10 cm pod filtračním materiálem. Voda filtrem protéká 5-10 dní, v tomto čase dochází pomocí rostlin a mikroorganismů k čištění odpadní vody. [1] [2]



Obr. 2 Mechanické předčištění – 1. KČOV na východní Moravě, obec Hoštětín [obr. 2]

Obr. 3 Filtrační pole – 1. KČOV na východní Moravě, obec Hoštětín [obr. 2]

Obr. 4 Stabilizační nádrž – 1. KČOV na východní Moravě, obec Hoštětín [obr. 2]

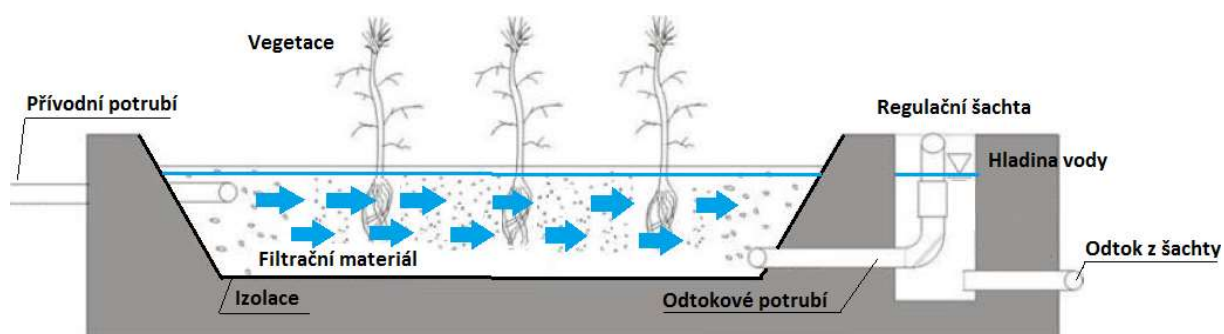
V případě vyšších nároků na kvalitu vody, vyrovnaní průtoků, snížení koncentrace chemické spotřeby kyslíku $CHSK_{Cr}$ apod, lze za filtrační pole umístit stabilizační nádrž. Tato nádrž je mělká a podobná rybníkům. [2]

1.1.4 DRUHY FILTRACE

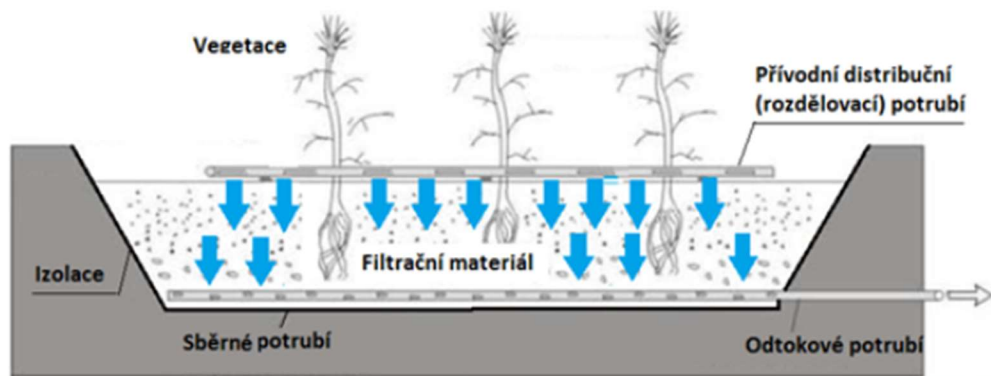
V praxi rozeznáváme dva základní druhy filtrace podle proudění vody. Jedná se o horizontální a vertikální filtr. Horizontální filtr může být doplněn o pulzní vypouštění. Pulzní vypouštění funguje na principu kolísání hladiny, díky tomu, můžeme zvýšit čistící účinnost v parametrech, které potřebují k rozkladu vzdušný kyslík. Vertikální filtr je téměř vždy doplněn o pulzní skrápění. Před vertikálním filtrem je odpadní voda zadržována v akumulární nádrži nebo šachtě, pokud je akumulární nádrž naplněna po maximální úroveň, dochází v co nejkratším čase k vyprázdnění nádrže na vertikální filtr. Díky tomuto dojde k dostatečné dotaci kyslíkem a z vody jsou odstraněny nežádoucí parametry ($CHSK_{Cr}$ a BSK_5). [2]

$CHSK_{Cr}$ – koncentrace chemické spotřeby kyslíku [2]

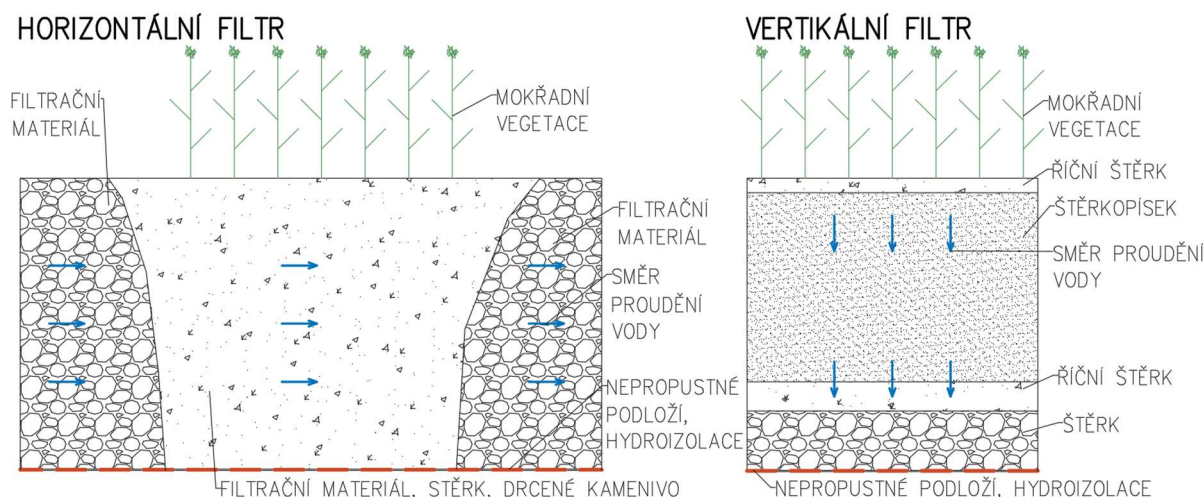
BSK_5 – biochemická spotřeba kyslíku [2]



Obr. 5 Schéma horizontálního filtru (horizontálního filtračního pole) – voda je přiváděna přívodním potrubím na povrch filtru, skrz filtrační materiál (zpravidla štěrk frakce 8/16 nebo 16/32 mm) protéká v horizontálním směru, z filtru vytéká pomocí odtokové potrubí umístěného ve spodní části filtru. Ve filtru je držena stálá hladina odpadní vody. [3]



Obr. 6 Schéma vertikálního filtru (vertikálního filtračního pole) – odpadní voda je na povrch filtru přiváděna pomocí distribučního potrubí. Přítok vody není kontinuální, ale je realizován v jednotlivých dávkách (pulzech). Voda protéká filtrační vrstvou (praný štěrkopísek frakce 0/4 mm) a následně je z filtru odváděna pomocí sběrného potrubí. Filtr není zatopen vodou. [3]



Obr. 7 Příklad základní skladby filtračního pole pro horizontální/vertikální filtr [3], schéma [autor]

1.1.5 ZÁKLADNÍ VELIKOSTI KČOV

Čistírny se podle velikosti rozdělují podle jednotky EO. Ekvivalentní obyvatel neboli EO, znamená počet osob trvale připojených ke KČOV. S rostoucím počtem EO, roste i potřebná plocha pro vybudování filtračních polí, při vysokém počtu EO je filtračních polí hned několik. [2]

Velikostní kategorie: do 50 EO

do 500 EO

500 – 2 000 EO

2 001 – 10 000 EO

1.1.6 MOKŘADNÍ ROSTLINY

Rostliny hrají v kořenových čistírnách významnou roli. Mají estetický a ekologický důvod, stabilizují půdu kořenové čistírny a tím zabraňují erozi, absorbují a akumulují škodlivé látky a kontaminanty z vody. Vlhkomilné rostliny jsou schopny rozložit organické látky na CO_2 a H_2O . Kořeny rostlin vytvářejí v kořenové čistírně aerobní prostředí, díky tomu, je v oblasti kořenů vyšší bakteriální populace, tyto bakterie dokážou zničit choroboplodné zárodky, jako jsou například: bakterie, viry, houby apod. Vhodné rostliny pro kořenové čistírny jsou rákos obecný, zblochan vodní, chrastice rákosovitá, kosatec žlutý, blatouch bahenní, ostřice, orobinec úzkolistý, zevar vzpřímený. [4]



Obr. 8 Rákos obecný [obr. 3]



Obr. 9 Blatouch bahenní [obr. 4]



Obr. 10 Orobinec úzkolistý [obr. 5]



Obr. 11 Chrastice rákosovitá [obr. 6]

1.1.7 SROVNÁNÍ KČOV S KONVENČNÍ ČOV

Kořenová čistírna odpadních vod

Výhody:

- Estetický vzhled, dekorace na pozemku
- Ekologicky šetrnější, bez chemikálií, využití přírodních procesů
- Biodiverzita
- Téměř žádné provozní náklady, bez potřeby elektrické energie
- Snadná údržba

Nevýhody:

- Omezená kapacita
- Náročnost na plochu
- Nevhodná pro průmysl, nemocnice, nebezpečné provozy
- Mimo vegetační období pokles čistícího efektu, citlivost na klimatické podmínky

Konvenční čistírna odpadních vod

Výhody:

- Kapacita
- Univerzálnost, vhodné pro všechny typy odpadních vod
- Běžně používané a ověřené řešení
- V případě poruchy jednodušší hledání příčiny než u KČOV

Nevýhody:

- Cena výstavby, nákladná údržba
- Energetická náročnost
- Produkce kalu

1.2 VLASTNÍ KONCEPCE KOŘENOVÉ ČISTÍRNY

Projekt novostavby „Obecní dům v Suchonicích“ se nachází v obci Suchonice. V obci je pouze dešťová kanalizace, z tohoto důvodu jsem zvolil k objektu koncepční návrh KČOV.

KČOV bude sloužit jako jediná čistírna odpadních vod pro daný objekt. V řešeném objektu se nachází: výčep (hospoda bez přípravy pokrmů), sál pro kulturní události, klubovny, dva byty 1+kk a potřebné vybavení nutné k provozu objektu (WC, sklady, VZT a technické místnosti). Objekt využívá dešťovou vodu ze střech, přebytek dešťových vod je vsakován na pozemku. Voda ze zpevněných pojezdových ploch je zasakována bez dalšího využití.

Velkou výhodou je velikost pozemku. V budoucnu může být KČOV rozšiřována a doplňována o další technologická zařízení. Je možné zvětšení její celkové kapacity.

1.2.1 POLOHA STAVBY

Umístění: obec Suchonice, 783 57

Katastrální území: Suchonice [759279]

Parcelní čísla: 71, 72/4, 72/3, 575/2, 571/1, 73, 576

Parcelní číslo pro umístění KČOV: 73

Celková plocha pozemku: 3520 m²

Zastavěná plocha: 1296 m²

Plocha zpevněných ploch: 748,6 m²



Obr. 12 Katastrální mapa [6]



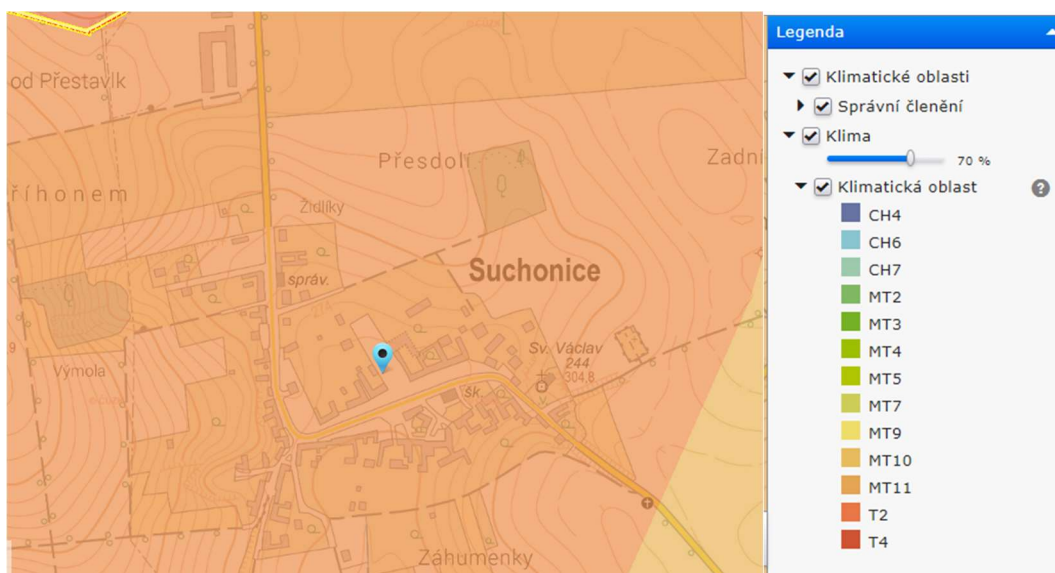
Obr. 13 Situace širších vztahů [autor]

1.2.2 PŘÍRODNÍ POMĚRY STAVENIŠTĚ

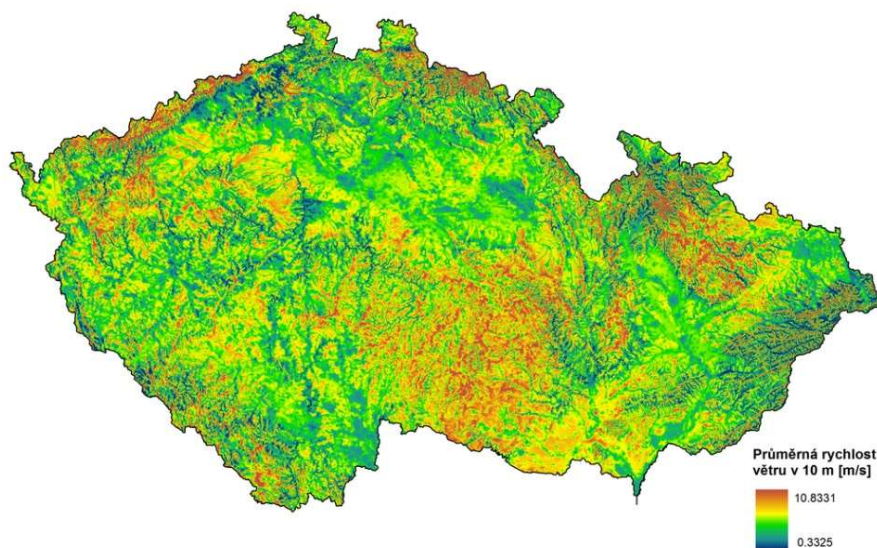
Obec Suchonice se nachází v Olomouckém kraji, je orientována na severovýchodní straně České republiky, nachází se mezi městy Olomouc a Přerov. Nadmořská výška obce je přibližně 270,000 m n.m. Pozemek pro kořenovou čistírnu je rovinný, mírně stoupající směrem od hlavní komunikace, stoupání pozemku je ve sklonu cca 1,5 %.

Klimatická oblast – Suchonice spadají do klimatické oblasti MT11. V této oblasti panuje mírné, teplé a krátké jaro. Léto je dlouhé, horké a suché, s nízkým množstvím srážek. Podzim je mírně teplý a krátký, stejně tak i zima, která je mírně teplá, velmi suchá a krátká, se sněhovou pokrývkou, která zůstává pouze krátkou dobu. [7]

Průměrný roční úhrn srážek v této oblasti je 600-700 mm za rok. Průměrná roční teplota pro Olomoucký kraj je cca 9,8 °C. Průměrná rychlost větru se na řešeném území pohybuje okolo 3-3,5 m/s ve výšce 10 m. [ČHMÚ]



Obr. 14 Klimatická oblast [8]



Obr. 15 Průměrná rychlost větru [obr. 7]

Geologie – Horninou na pozemku je převážně kamenitý až hlinito-kamenitý či písčito-hlinitý až hlinito-písčitý sediment. Minerální složení je pestré. Podle vrtu z roku 1965, se na pozemku vyskytují hlíny jílovité a slabě písčité a hlíny silně písčité s přítomností droby. Přibližně od 7,5m hloubky vrtu, se vyskytuje droba navětralá s přítomností břidlice a droba slabě prokřemenělá.

Kvartér	
0.00 - 0.40 :	ornice tmavě hnědá
0.40 - 1.00 :	hlína jílovitá, slabě písčitá, žlutohnědá přítomnost : droba v ostrohranných úlomcích
1.00 - 2.30 :	hlína silně písčitá, hnědá přítomnost : droba v ostrohranných úlomcích
2.30 - 3.50 :	hlína jílovitá, tuhá, tmavě hnědá
3.50 - 7.60 :	hlína jílovitá, žlutohnědá
Karbon - visé	
7.60 - 10.00 :	droba navětralá, tektonicky porušená, rezavohnědá; geneze sedimentární přítomnost : břidlice ve vložkách
10.00 - 15.00 :	droba slabě navětralá, slabě prokřemenělá, tektonicky porušená, šedohnědá; geneze sedimentární

Hladina podzemní vody - hloubka [m] : 4.00

druh hladiny : ustálená

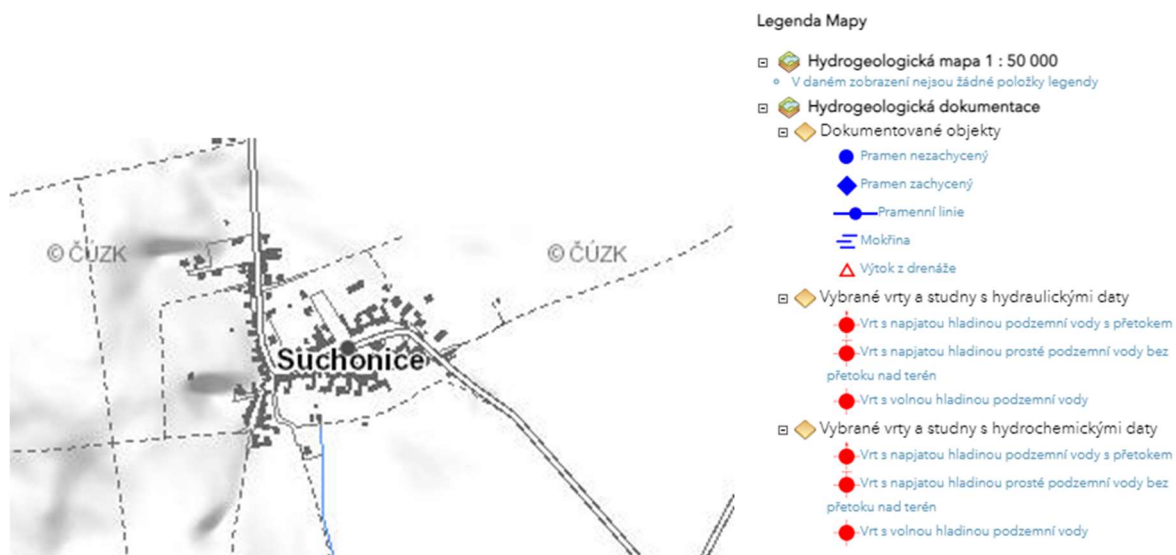
Obr. 16 Geologický profil pozemku – vrtná prozkoumanost ČGS [9]



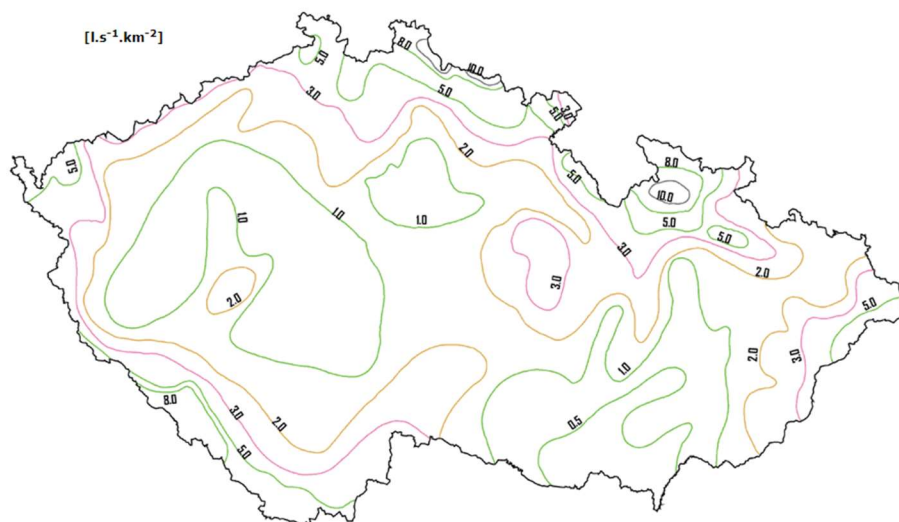
Obr. 17 Geologická mapa pozemku [9]

Hydrogeologie – Základní vrstvou hydrogeologické rajonu je Kulm Nízkého Jeseníku v povodí Moravy. Jižně od intravilánu obce Suchonice pramení slabý vodní tok Kopřivnice. Tok Kopřivnice je zanedbaný, po celé délce s doprovodnou zelení. Kopřivnice není stabilní, v letních měsících vysychá, prosperuje v zimních měsících. Tento tok přibližně 7 km jižně od obce ústí do říčky Olešnice. Obec se nenachází v záplavovém území.

Hladina podzemní vody na pozemku se nachází v hloubce 4 m. Jedná se o ustálenou vodní hladinu, tato podzemní voda je nepitná. V blízkosti stavby se nenachází žádná vodní díla. Základní odtok pro dané území je 1 l/s.km². [ČHMÚ]



Obr. 18 Hydrogeologická mapa [9]



Obr. 19 Odtoková mapa [ČHMÚ]

1.2.3 LIMITY STAVENIŠTĚ

KČOV, jako zdroj možného znečištění, musí být vzdálený od zdrojů pitné vody v málo propustných zeminách minimálně 5 m. KČOV, jako vodní dílo, musí být od sousedního pozemku vzdálena minimálně 2 m (vyhláška č. 501/2006 Sb.). Tyto parametry KČOV na daném pozemku splňuje.

Vzdálenost KČOV od vrtané studny = 12,6 m > 5 m => VYHOVÍ

Vzdálenost KČOV od hranice sousedního pozemku = 4 m > 2 m => VYHOVÍ

1.2.4 NÁVRH VELIKOSTNÍ KATEGORIE KČOV

Provozy v objektu:

- pohostinství – výčep (bez přípravy pokrmů), 40 míst u stolu
- kancelář, 1 osoba
- 2x byt 1+kk, byt s celkovou plochou <50 m²
- 2x klubovna, 6 osob
- sál pro kulturní události, 80 osob

Výpočet EO dle ČSN 75 6402, čistírny odpadních vod <500 EO:

Výčep, obrátka 1x denně = 40 míst u stolu = $40 \cdot 0,333 = 13,33$ EO

2x byt <50 m² = $2 \cdot 2 = 4$ EO

2x Klubovna = 6 osob = $6 \cdot 0,5 = 3$ EO

Kancelář = 1 osoba = $1 \cdot 0,5 = 0,5$ EO

⇒ **20,83 EO**

Sál, 80 osob = $80 \cdot 0,07 = 5,6$ EO

⇒ **5,6 EO**

Celkem = 27 EO <50 EO

Dle výpočtu EO byla zvolena velikostní kategorie KČOV do 50 EO.

Hodnota pro sál zvolena dle výpočetní pomůcky. [5]

Jeden EO odpovídá průměrnému množství 120–150 litrů odpadních vod za den, znečištění 60 g BSK₅ za den. Čím větší hodnota BSK₅, tím je větší organické znečištění vody. [5]

BSK₅ – je průměrná hodnota znečištění odpadních vod v g.m⁻³ [10]

60 g – je specifické znečištění produkované jedním EO v BSK₅.d¹ [10]

9) Při stanovení počtu EO lze pro různé případy vycházet z těchto hodnot:		
plocha bytu do 50 m ²	2 EO	
plocha bytu od 50 m ² do 75 m ²	3 EO	
plocha bytu nad 75 m ²	4 EO	
ubytovací zařízení – na 1 lůžko	1 EO až 3 EO	
campingy, dětské tábory – na 2 osoby	1 EO	
pohostinství s obrátkou na židli 1× denněna 3 místa	1 EO	
2× až 3× denněna 1 místo	1 EO	
4× až 6× denněna 1 místo	2 EO	
místa v zahrádkách	na 10 míst	1 EO
kanceláře, živnosti	na 2 až 3 zaměstnance	1 EO

Tab. 1 Počet EO dle ČSN 75 6402

1.2.5 TYP KOŘENOVÉ ČISTÍRNY

KČOV je řešena pro objekt novostavby obecního domu v řadové zástavbě. V tomto objektu se vyskytuje několik provozů. Provoz v objektu nebude stabilní. Některé činnosti budou v provozu každý den, jiné činnosti budou využívány jen několik dní v týdnu, či víkendově.

Vertikální filtr je velice odolný vůči ucpávání filtračního materiálu (kolmatace), je bez zápachu z filtrů, a dobře si poradí z rozkolísanými přítoky odpadní vody. Důležité je dodržet maximální přítok odpadní vody, tj. max. 150 l/m²/den. [2]

Volba KČOV: Vertikální filtrační pole s pulzně skrápěným filtrem

1.2.6 KONCEPČNÍ USPOŘÁDÁNÍ KČOV

KČOV je navržena s čištěním ve dvou stupních. 1. stupeň čištění probíhá v anaerobním separátoru, 2. stupeň čištění probíhá ve vegetačním filtračním poli.

Veškerá odpadní voda ze zařizovacích předmětů v objektu, bude přes připojovací a odpadní potrubí svedena do svodného potrubí. Tato odpadní voda bude dále vedena do železobetonového tříkomorového separátoru.

V tříkomorovém separátoru dochází k postupnému předčištění splaškové vody, oddělení tuhých a nerozpustných látek a k následné sedimentaci těchto látek na dně nádrže. Na odtoku ze separátoru bude osazený pískový filtr, který odstraní plovoucí nečistoty. Takto předčištěná odpadní voda bude dále filtrem procházet do příváděcího potrubí.

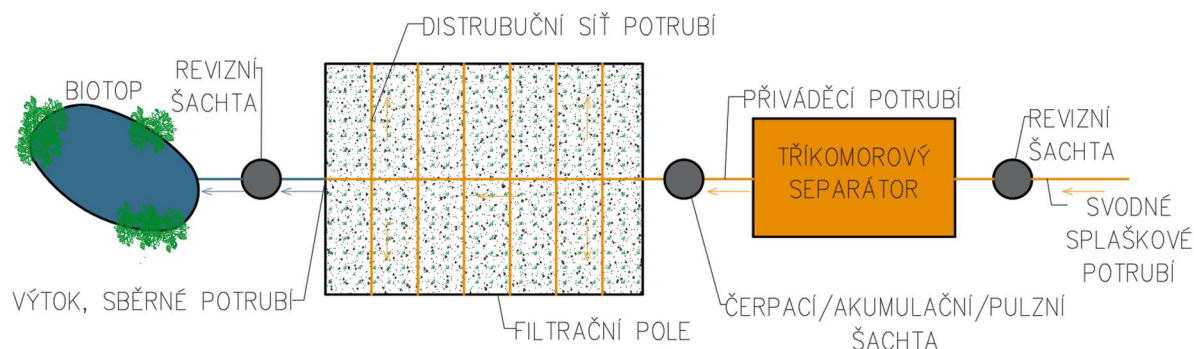
Z důvodu nevhodných přírodních poměrů, nelze řešit systém kompletně jako gravitační. Příváděcí potrubí bude zaústěné do čerpací šachty, tato šachta bude opatřena čerpadlem, díky tomu dojde k vyrovnaní výškových poměrů. Zároveň bude šachta sloužit pro akumulaci odpadní vody a skrápění filtru. Z této šachty bude voda čerpána do distribuční sítě potrubí.

Po zaplnění čerpací šachty na požadovanou úroveň, dojde k přečerpání odpadní vody na vertikální filtr. Díky automatickému dávkování bude docházet k rovnoměrnému skrápění vertikálního filtru. Toto zkrápění je důležité pro dostatečnou dotaci kyslíkem a odstranění emisních parametrů.

Vertikálním filtrem osazeným vegetací bude odpadní voda protékat několik dní, díky tomu bude docházet k postupnému čištění odpadní vody biologickými procesy. Na dně filtru budou instalovány perforované drenážní trubky, které gravitačně svedou vyčištěnou vodu k výtoku filtru.

Z výtoku filtračního pole bude voda svedena do vybudovaného jezírka.

Celý systém KČOV bude doplněn revizními šachtami. Revizní šachty umožňují kontrolu daných prvků a odběr vzorků vody pro kontrolu splnění emisních parametrů.



Obr. 20 Schéma uspořádání prvků KČOV [autor]

1.2.7 DIMENZOVÁNÍ A NÁVRH PRVKŮ KČOV

Svodné a příváděcí potrubí – Svodné a příváděcí odpadní potrubí bude uloženo v nezámrazné hloubce, v případě, že potrubí nebude uloženo v nezámrazné hloubce, bude obsypáno tepelně izolačním keramickým zásypem. Svodné potrubí bude ve spádu 3 %, příváděcí potrubí bude mít spád 2 %. Svodné potrubí bude PVC KG DN 125, průměr potrubí byl určen výpočtem viz. přílohy. Příváděcí potrubí bude PVC KG DN 110 – navrženo dle ČSN 75 6402.

Anaerobní separátor – Použitý bude prefabrikovaný železobetonový tříkomorový separátor s objemem 25 m³ – viz. výpočet níže. Separátor bude usazen na železobetonové základové desce. Do každé komory bude kruhový otvor o průměru 600-700 mm, dle výrobce. Otvor bude sloužit pro vstup a revizi. Na odtoku je separátor vybaven pískovým filtrem. Separátor se navrhuje zpravidla o 50-60 % větší, než je objem přiváděné odpadní vody. Toto zvětšení je zapotřebí z důvodu usazování kalu na dně separátoru v průběhu času.

Výpočet průměrného průtoku vody:

Jeden ekvivalentní obyvatel průměrně vyprodukuje 120-150 l odpadní vody za den. Ve výpočtu uvažuji průměrnou produkci odpadní vody 120 l/den. [5]

Průměrný průtok vody za den: $q \cdot n_{EO} = 120 \cdot 27 = 3240 \text{ l/den} = \underline{3,24 \text{ m}^3/\text{den}}$

Specifická spotřeba vody na jednotku $q = 120 \text{ l/den/EO}$

Celkový počet jednotek $n = 27 \text{ EO}$

Výpočet objemu separátoru dle ČSN 75 6402, čistírny odpadních vod <500 EO:

Účinný objem separátoru: $V = a \cdot n \cdot q \cdot t = 1,5 \cdot 27 \cdot 0,12 \cdot 5 = 24,3 \text{ m}^3 \Rightarrow \underline{\text{volím objem } V = 25 \text{ m}^3}$

Součinitel vyjadřující kalový prostor $a = 1,5$

Počet připojených obyvatel $n_{EQ} = 27$

Specifická spotřeba vody na jednotku $q = 0,12 \text{ m}^3/\text{den/EO}$

Střední doba zdržení ve dnech $t = 5 \text{ d}$

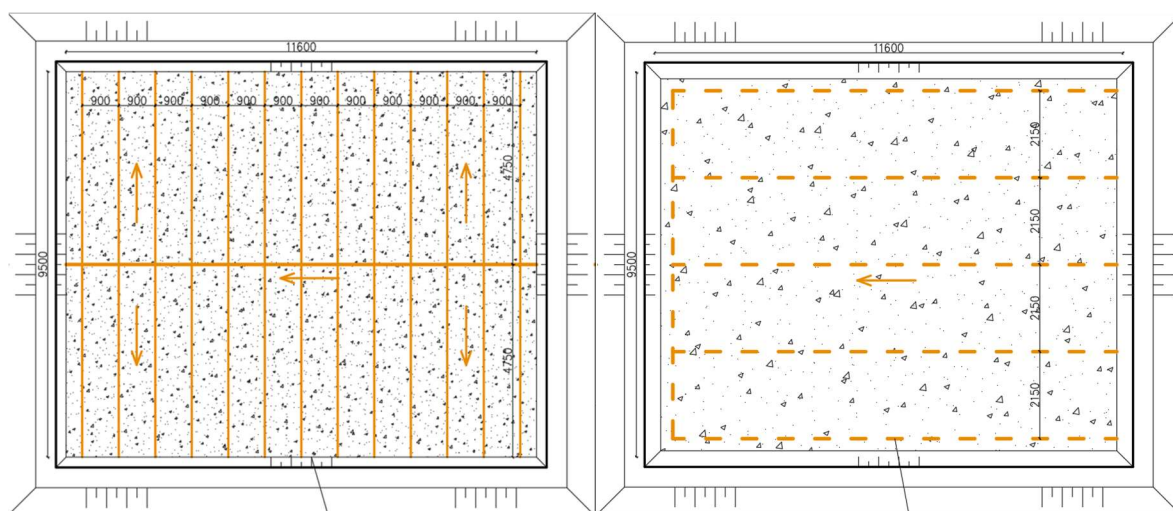
Revizní šachty – Budou umístěny vždy ve sběrných místech a v napojení mezi prvky KČOV, viz. příloha. Revizní šachty budou z PP DN 400.

Čerpací šachta – Šachta má čerpací a akumulační funkci. V této šachtě bude instalované čerpadlo s elektrickým čidlem pro vyrovnání výškových poměrů. V případě elektrického signálu, čerpadlo přečerpá potřebné množství odpadní vody do distribučního potrubí. Čerpací šachta bude betonová průměru DN 1000. Do čerpací šachty bude odpadní voda přitékat gravitačně a následně se v této šachtě akumulovat.

Čerpací šachta bude zároveň nahrazovat pulzní šachtu. Kromě akumulace a čerpání odpaní vody, bude také zajišťovat rovnoměrné pulzní skrápění filtru. V případě naplnění šachty na požadovanou úroveň, dojde pomocí elektrického signálu k přečerpání odpadní vody na filtrační lože. Samotná norma ČSN 75 6402 uvádí, že skrápění by nemělo trvat déle než 15 minut. Interval mezi jednotlivými dávkami by se měl pohybovat mezi 3-6 hodinami.

Distribuční a sběrné potrubí – Distribuční potrubí je připojené na čerpací šachtu. Potrubí bude perforované z PE. Hlavní distribuční potrubí bude o průměru DN 80, bude napojené kolmo na vertikální filtr a bude vedené středem po celé délce filtru. Jednotlivé distribuční větve budou o průměru DN 40, napojené jsou na hlavní distribuční potrubí ve vzdálenostech cca 900 mm. Díky této síti distribučního potrubí, bude docházet k rovnoměrnému rozlití odpadní vody na filtr. Délka větve distribučního potrubí by neměla být větší než 16 m, u navrženého objektu bude maximální délka rozdělovacího potrubí do 12 m. Potrubí bude opatřeno otvory ve spodní části tak, aby docházelo k rovnoměrnému transportu odpadní vody do filtračního pole, ČSN 75 6402 doporučuje 0,8-1,0 cm² na metr délky potrubí. V případě použití nedostatečné distribuční sítě, může docházet k lokálnímu přetížení a ucpávání filtračního materiálu. Kvůli zlepšení stability je potrubí vedeno nad povrchem filtru a podloženo betonovou dlažbou. Na konci distribuční sítě bude každá větev vyvedena přibližně o 300 mm výše, důvodem je mechanické čištění, vyrovnání tlaků a hladiny. V případě náročných klimatických podmínek, může být realizované potrubí pro letní a zimní provoz KČOV. [10]

Sběrné drenážní perforované potrubí bude z PE o průměru DN 50. Potrubí bude na dně filtru uloženo v hrubém štěrkovém obsypu, zrna štěrku musí být větší než otvory v perforovaném potrubí. Sběrné potrubí bude uloženo po obvodě a na středu. Jednotlivé větve sběrné sítě budou ve vzdálenosti cca 2 m. Síť sběrného potrubí bude svedena k výtoku filtru. Sklon potrubí bude 0,5 %. Sběrné potrubí bývá z pravidla doplněno odvětrávací částí potrubí, to je vyvedeno minimálně 0,5 m nad terénem. [10]



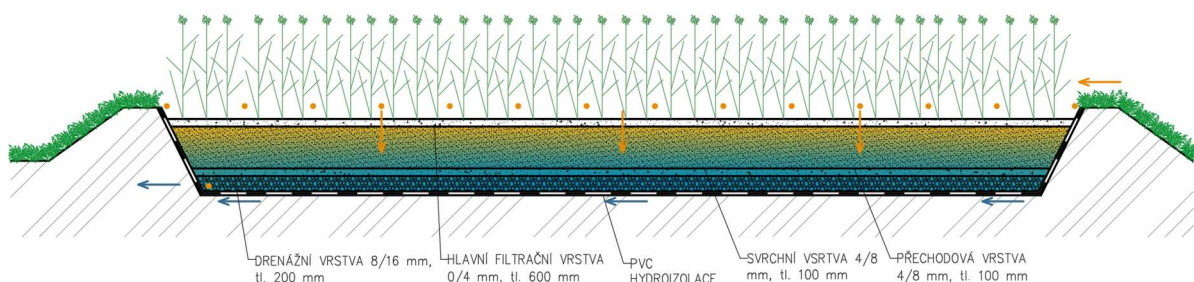
Obr. 21 Schéma distribuční sítě potrubí KČOV [autor]

Obr. 22 Schéma sběrného potrubí KČOV [autor]



Obr. 22 Příklad realizace distribuční sítě [obr. 8]

Vertikální filtrační pole – Filtrační pole bude obdélníková jáma s hloubkou přibližně 1 m a s plochou 110 m² - viz. výpočet níže. Dno filtračního pole bude bez sklonu. Těleso zemního filtru bude od okolního prostředí vodotěsně odděleno PVC folií, hydroizolace bude uložena na zhuťněný podklad a z obou stran bude chráněna geotextilií. Skladba vrstev vertikálního filtru bude vycházet z normy ČSN 75 6402. Pro svrchní vrstvu bude použitý praný říční štěrku frakce 8/16 mm v mocnosti 100 mm. Hlavní filtrační vrstva z praného písku 0/4 mm bude v tloušťce 600 mm, přechodová vrstva mezi hlavní a drenážní vrstvou bude v tloušťce 100 mm z drceného štěrku frakce 4/8 mm. Drenážní vrstva o mocnosti 200 mm, bude z drceného štěrku frakce 8/16 mm.



Obr. 23 Schéma řezu filtračním polem [autor]

Název vrstvy	Výška (mm)	Materiál
Svrchní vrstva	50 až 100 (200 mm v případě nevhodných klimatických podmínek nad 500 m.n.m.)	Praný říční štěrk 4/8P nebo 8/16P mm
Hlavní filtrační vrstva	500 až 600	Praný písek 0/4P ($0,2 \leq d_{10} \leq 0,4$)
Přechodový filtr	50 až 100	Drcený štěrk (praný) 4/8P mm
Drenážní vrstva	200	Drcený štěrk (praný) 8/16P nebo 16/32P mm
Těsnění	–	Hydroizolace (PVC, PE, guma) 1,5 mm krytá oboustranně geotextilií 500 g/m ²
Kompenzační vrstva (v případě nutnosti)	0 až 50	Písek

Tab. 2 Doporučené složení vrstev dle ČSN 75 6402

V drenážní vrstvě bude osazeno sběrné perforované PE potrubí, které odvádí vyčištěnou vodu do biotopu. Na výtoku z filtračního pole bude osazena revizní šachta, díky této šachtě bude možná kontrola splnění emisních parametrů pro vyčištěné odpadní vody z kořenové čistírny.

Hladina vody ve vegetačním poli by měla být umístěna přibližně 10 cm pod povrchem svrchní vrstvy. Pro optimální podmínky se doporučuje udržovat hladinu vody v rozmezí 5-10 cm pod úrovní svrchní vrstvy. Při snížení hladiny na méně než 5 cm pod povrchem, může filtrační pole poskytnout ideální prostředí pro hnízdění komárů. Je tedy vhodné zajistit, aby hladina vody byla udržována v bezpečném rozsahu a zabránilo se vzniku potenciálních hmyzích problémů. Hladinu lze regulovat na výtoku. [4]

Filtrační pole bude osázené rostlinami, přibližně 6 ks na m² plochy. Například Rákos obecný, Chrastice rákosovitá, Kosatec žlutý, Orobinec úzkolistý.

Filtrační pole bude nad úrovní terénu, pro vyvýšení bude použita zemina z výkopů. Odtok vyčištěné odpadní vody bude v hloubce přibližně 80 cm, díky vyvýšení dojde k vyrovnání výškových poměrů mezi výtokem z filtračního pole a nátokem do jezírka.

Výpočet velikosti filtračního pole dle ČSN 75 6402, čistírny odpadních vod <500 EO:

*Celková plocha filtračního pole $S_{celk} = S_{EO} \cdot n = 4 \cdot 27 = 108 \text{ m}^2 \Rightarrow$ **Volím plochu $S_{celk} = 110 \text{ m}^2$***

Doporučená plocha filtračního pole $S_{EO} = 4 \text{ m}^2/\text{EO}$

Celkový počet jednotek $n = 27 \text{ EO}$

Biotop – Vyčištěná odpadní voda bude sloužit k doplňování jezírka, které bude primárně vytvořeno pro dekorativní účely. Biotop musí být navržen tak, aby kapacitně vyhovoval objemu vyčištěné odpadní vody.

1.2.8 SPLNĚNÍ EMISNÍCH PARAMETRŮ

Při provozování kořenové čistírny odpadních vod, je důležité kontrolovat splnění emisních standardů na výtoku z filtračního pole. Na správnou funkci čištění má vliv vhodný návrh a pravidelná údržba. Pokud budou parametry přesahovat dané limity, znamená to, že účinnost čištění je nedostatečná. Najít u kořenových čistíren příčinu a poruchu, je mnohdy velice komplikované.

Mezi základními parametry, které sledujeme na výtoku z kořenové čistírny jsou: $CHSK_{Cr}$, BSK_5 , NL, $N-NH_4^+$ a P_{celk} . Teoreticky, je na čištění odpadních vod jedním z nejúčinnějších právě vertikální filtr s pulzním skrápěním, viz. tab. 5.

$CHSK_{Cr}$ – koncentrace chemické spotřeby kyslíku [2]

BSK_5 – biochemická spotřeba kyslíku [2]

NL – nerozpuštěné látky [2]

$N-NH_4^+$ – amoniakální dusík [2]

P_{celk} – fosfor [2]

Kategorie ČOV (EO) ^{1) 7)}	$CHSK_{Cr}$		BSK_5		NL		$N-NH_4^+$		N_{celk} ^{2),8),9)}		P_{celk} ⁹⁾	
	p ³⁾	m ⁴⁾	p ³⁾	m ⁴⁾	p ³⁾	m ⁴⁾	průměr ⁵⁾	m ^{4),6)}	průměr ⁵⁾	m ^{4),6)}	průměr ⁵⁾	m ⁴⁾
< 500 ¹¹⁾	150	220	40	80	50	80	-	-	-	-	-	-
500 - 2 000	125	180	30	60	40	70	20	40	-	-	-	-
2 001 - 10 000	120	170	25	50	30	60	15	30	-	-	3 ^{10 9)}	8 ^{10 9)}
10 001 - 100 000	90	130	20	40	25	50	-	-	15	30	2	6
> 100 000	75	125	15	30	20	40	-	-	10	20	1	3

Tab. 3 Emisní standardy [mg/l] pro vypouštění do povrchových vod – Příloha č. 1 k nařízení vlády č. 61/2003 Sb. Emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod

Poznámka: Hodnoty $N-NH_4^+$ a P_{celk} stanoví vodoprávní úřad na základě typů vzorků.

Pro námi navrženou kořenovou čistírnu odpadních vod s vertikálním filtrem a pulzním skrápěním, byl proveden kontrolní výpočet. Pokud tyto hodnoty porovnáme s tab. 3 a tab. 4, můžeme ověřit, že v rámci koncepčního návrhu budou všechny emisní hodnoty splněny.

	BSK ₅	CHSK	NL	N-NH ₄ ⁺	P _{celk}	
VTOK	439,6	879,1	402,9	80,6	18,3	mg/l
VÝTOK	21,0	53,2	5,9	17,1	11,0	mg/l
ÚČINNOST	95,2	93,9	98,5	78,7	40,1	%

Tab. 4 Kontrolní výpočet emisních standardů – autor výpočetní pomůcky: Ing. Václav Kraváček

Pokud porovnáme hodnoty z tab. 4 a tab. 6, můžeme vidět, že normové hodnoty účinnosti čištění odpovídají námi vypočteným hodnotám.

Technologie čištění	Účinnost čištění v %				
	BSK ₅	CHSK	NL	N-NH ₄ ⁺	P _{celk}
Septik	15 až 30	0 až 20	50 až 60	–	–
Anaerobní separátor	50 až 75	40 až 80	70 až 90	5 až 25	10 až 45
Sedimentace	20 až 30	10 až 30	30 až 60	0 až 5	0 až 8
Rotační biofilmové reaktory (biodisky apod.)	80 až 90	60 až 85	65 až 90	5 až 70	5 až 20
Aktivační proces s biofilmovým reaktorem	80 až 95	70 až 90	80 až 90	65 až 95	15 až 25
Aktivační proces s $B_x < 0,3 \text{ kg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$	80 až 90	60 až 85	85 až 90	5 až 30	15 až 25
Aktivační proces s $B_x \approx 0,05 \text{ kg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$	85 až 95	70 až 90	85 až 90	5 až 30 ²⁾ 65 až 95 ¹⁾	15 až 25
Biologické dočišťovací nádrže	65 až 70 80 až 90 ¹⁾	60 až 85	85 až 90	20 až 90	5 až 20
Zemní filtry	85 až 95	70 až 90	85 až 95	10 až 15	5 až 25
Vertikální filtr s dávkovacím systémem	60 až 90	40 až 70	40 až 70	70 až 90	5 až 25
Vegetační čistírna s horizontálním průtokem	40 až 95	50 až 90	65 až 95	5 až 60	5 až 25
Vertikální filtr s vegetací	75 až 98	70 až 97	85 až 99	50 ²⁾ až 99 ¹⁾	5 až 20
¹⁾ v letním období (tj. pro $T > 12 \text{ °C}$)					
²⁾ v zimním období (tj. pro $T < 6 \text{ °C}$)					

Tab. 5 Orientační hodnoty účinnosti jednotlivých typů čistírenských technologií pro malé zdroje znečištění dle ČSN 75 6402

Látky	Ukazatele specifického znečištění						
	Látky			Ostatní			
	Minerální	Organické	Celkem	BSK ₅	CHSK	N _{celk}	P _{celk}
Nerozpuštěné:							
a) usaditelné	10	30	40	20	40	1	0,2
b) neusaditelné	5	10	15	10	20	–	–
Rozpuštěné	75	50	125	30	60	10	2,3
Celkem	90	90	180	60	120	11	2,5
V obcích s hospodářským zvířectvem se doporučuje uvažovat N _{celk} 15 g/d na 1 EO až 20 g/d na 1 EO.							

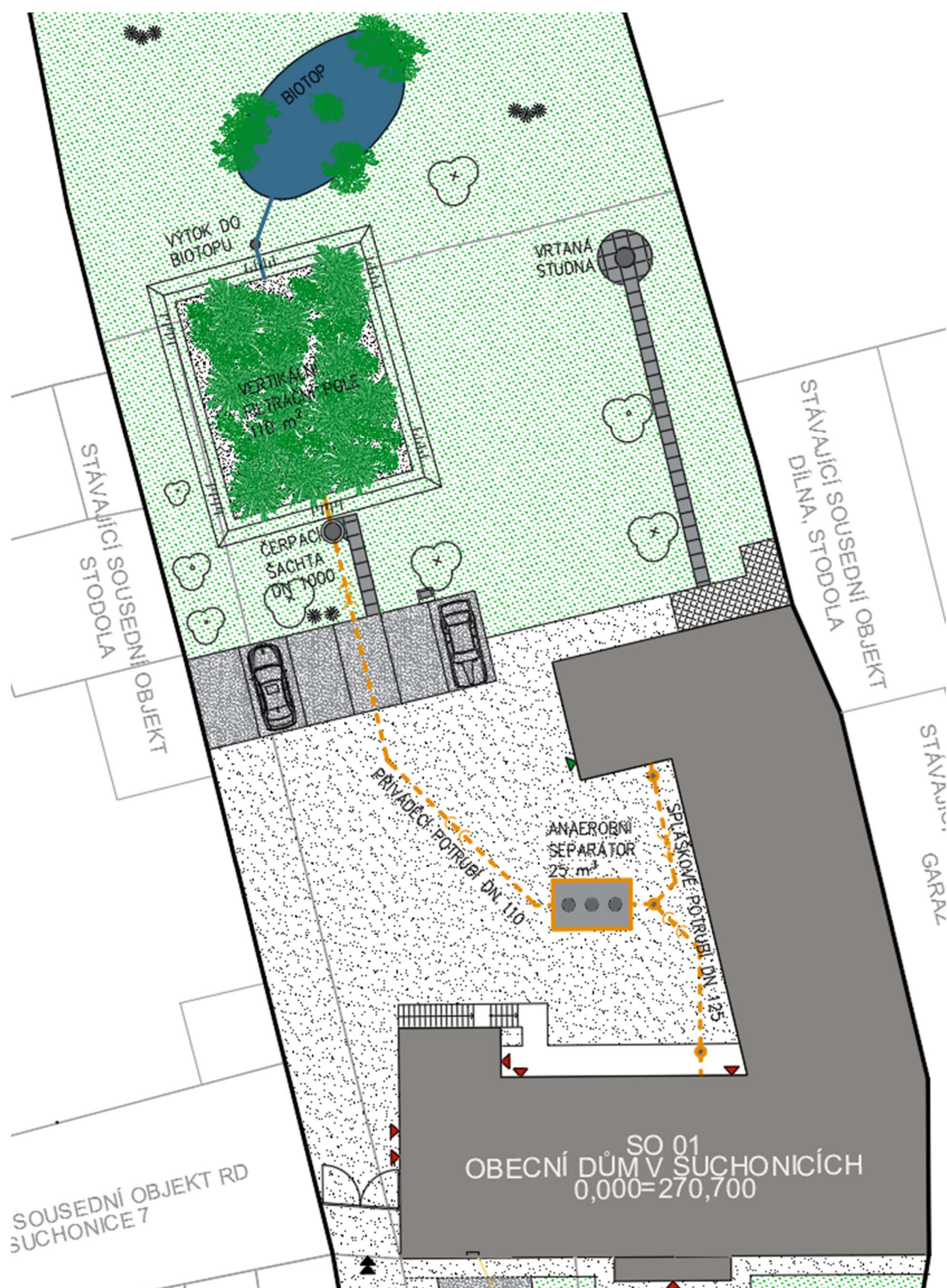
Tab. 6 Hodnoty produkce specifického znečištění na 1 EO [g/den] dle ČSN 75 6402

1.2.9 HLAVNÍ PŘÍNOSY REALIZACE

Realizace kořenové čistírny přináší řadu výhod, jak ekonomických, tak ekologických.

Například:

- Přírodní a ekologické řešení pro čištění splaškových vod
- Lokální čištění odpadní vody v místě vzniku
- Nízké energetické a provozní náklady
- Je bez hluku
- Estetický přínos pro krajinu
- Podpora biodiverzity
- Zlepšení klimatu
- Možnost dalšího využití vyčištěné vody
- Je inspirací pro další obce a stavebníky



Obr. 25 Schéma situace [autor]

1.3 ZÁVĚR

3. část diplomové práce se zabývala koncepčním návrhem domovní kořenové čistírny odpadních vod s kapacitou do 50 EO. Kořenová čistírna odpadních vod nabízí tiché, úsporné, ekologické a přírodní řešení čištění odpadních vod.

Návrh je pouze ve formě studie, nabízí určitou inspiraci a možné řešení pro objekty v obcích bez splaškové kanalizace, proto berme tento návrh jen jako koncepční řešení.

ZDROJE

[1] Michal Šperling, Kořenovky.cz, odborný článek.

[<https://ekolist.cz/cz/publicistika/nazory-a-komentare/michal-sperling-vertikalni-korenove-cov-reseni-pro-21.stoleti.myty-a-data-v-porovnani-s-pozadavky-na-nejlepsi-dostupne>]

[2] Michal Křiška, Miroslava Němcová, Kořenové čistírny odpadních vod, Vysoké učení technické v Brně, metodická příručka pro povolování, návrh, realizaci a provoz.

[http://uvhk.fce.vutbr.cz/sites/default/files/kzp/pdf/korenove_cistirny_odpadnich_vod.pdf]

[3] Ing. Miroslava Pumprlová Němcová, Ing. Michal Křiška, Ph.D. Vysoké učení technické v Brně, technologie vertikálních filtrů s vegetací pro čištění odpadních vod.

[<https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/21197-technologie-vertikalnich-filtru-s-vegetaci-pro-cistení-odpadnich-vod>]

[4] Jan Šálek, Václav Tlapák, Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod. ČKAIT, ISBN 80-86769-74-7.

[5] Ing. Zdeněk Reinberk, Ph.D., výpočtová pomůcka pro počet ekvivalentních obyvatel.

[<https://voda.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/151-vypocet-poctu-ekvivalentnich-obyvatel>]

[6] Český úřad zeměměřický a katastrální.

[<https://www.cuzk.cz/>]

[7] Moravské-Karpaty.cz, klimatické oblasti dle Evžena QUITTA (1971).

[<http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/klima/klimaticke-oblasti-dle-e-quitta-1971/>]

[8] HYDROSOFT Veleslavín s.r.o., klimatické oblasti.

[<https://dpp.hydrosoft.cz/hvmap.dll?MU=001&MAP=7623&lon=17.3828383&lat=49.5290812&scale=5000>]

[9] Česká geologická služba.

[<https://mapy.geology.cz/>]

[10] ČSN 75 6402, čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel

[obr. 1] [<https://betonovezumpy-ceske.cz>]

[obr. 2] [<https://hostetin.veronica.cz/korenova-cistirna>]

[obr. 3] [<https://www.biolib.cz/cz/image/id164494/>]

[obr. 4] [<https://www.peknazahrada.cz/blatouch-bahenni-caltha-palustris/>]

[obr. 5] [<https://cs.wikipedia.org/wiki/Orobinec>]

[obr. 6] [http://www.e-herbar.net/main.php?g2_itemId=47069]

[obr. 7] [<https://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/9770-vetrne-podminky-v-ceske-republice-ve-vysce-10-m-nad-povrchem-i>]

[obr. 8] [<https://www.db-jimky.cz/korenove-cistirny-odpadnich-vod.html>]

PŘÍLOHY

K.1 – KONCEPCE KČOV

K.1.1 – SITUACE ŠIRŠÍCH VZTAHŮ

M 1:1000

K.1.2 – SITUACE KONCEPČNÍ USPOŘÁDÁNÍ

M 1:200

K.1.3 – PODELNÝ PROFIL ODPADNÍHO POTRUBÍ

M 1:100

K.1.4 – POHLED NA FILTRAČNÍ POLE

M 1:100

K.1.5 – ŘEZ AA

M 1:50

K.1.6 – DIMENZE SVODNÉHO POTRUBÍ