

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA ZDRAVOTNÍHO A EKOLOGICKÉHO  
INŽENÝRSTVÍ



NÁVRH ŘEŠENÍ SPLAŠKOVÝCH ODPADNÍCH VOD U  
REKREAČNÍHO OBJEKTU V OBCI KOTELICE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

DAN VRBA

Vedoucí bakalářské práce: doc. Mgr. Jana Nábělková, Ph.D.

Praha 2020



# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Vrba Jméno: Dan Osobní číslo: 468469  
Fakulta/ústav: Fakulta stavební  
Zadávající katedra/ústav: Katedra zdravotního a ekologického inženýrství  
Studijní program: Stavební inženýrství  
Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Návrh řešení splaškových odpadních vod u rekreačního objektu v obci Kotelice

Název bakalářské práce anglicky:

Design of domestic wastewater treatment in a cotage in Kotelice

Pokyny pro vypracování:

Na základě rešerše odborné literatury a dostupných technologií malých domovních čistíren bude zpracován návrh jak vyřešit nakládání se splaškovou odpadní vodou u rekreačního objektu č.ev. 485 v obci Kotelice, Ústecký kraj.

Seznam doporučené literatury:

Krejčí, V. a kol. (2002) Odvodnění urbanizovaných území - koncepční přístup. NOEL 2000. ISBN:80-86020-39-8  
Singh, N.K ; Kazmi, A.A. ; Starkl, M. (2015) A review on full-scale decentralized wastewater treatment systems: techno-economical approach. Water Sci and Tech. (2015) 71 (4): 468–478

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

doc. Mgr. Jana Nábělková, Ph.D., katedra zdravotního a ekologického inženýrství FSv

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: 17.02.2020

Termín odevzdání bakalářské práce: 17.05.2020

Platnost zadání bakalářské práce: \_\_\_\_\_

doc. Mgr. Jana Nábělková, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Jiří Máca, CSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

\_\_\_\_\_ Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_ Podpis studenta

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a uvedl veškeré použité zdroje. Dále prohlašuji, že nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 21. 5. 2020

Dan Vrba

## **PODĚKOVÁNÍ**

Touto cestou bych rád poděkoval především doc. Mgr. Janě Nábělkové, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce, cenné rady a věnovaný čas. Dále bych rád poděkoval bratrovi Ing. Jakubovi Vrbovi za odborné konzultace o generování solární energie hlavně při návrhu solárního panelu s baterií. Také bych rád poděkoval osloveným obchodním zástupcům vybraných firem, za poskytnutí všech potřebných informací a cenových nabídek. Poděkování také patří mým nejbližším, kteří mě podporovali během celého studia, a to zejména rodičům.

## **ANOTACE**

Předmětem bakalářské práce je navržení řešení nakládání se splaškovými odpadními vodami u rekreačního objektu č. ev. 485 v obci Kotelice v Ústeckém kraji.

Práce je rozdělena na část teoretickou a praktickou. V teoretické části je popsán proces čištění odpadních vod, jejich znečištění a ukazatele. Dále je popsána legislativa této problematiky. Také jsou zmíněny aktuální programy státní podpory v hospodaření se srážkovými a splaškovými vodami. V praktické části jsou zjišťovány vlastnosti a kvalita recipientu, do kterého bude vyčištěná voda odtékat. Vybrané čistírny od jednotlivých dodavatelů jsou podrobně popsány. Je vybrán konkrétní nejvhodnější dodavatel pro danou zájmovou oblast. Jako zdroj elektrické energie je navržen solární panel s akumulací generované energie ve dvou bateriích. Na závěr je sestaven předběžný rozpočet.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Domovní čistírna odpadních vod, splaškové odpadní vody, čištění odpadní vody, recipient, centrální systém městského odvodnění, decentralní systém městského odvodnění, solární panel, trakční baterie.

## **ANNOTATION**

The topic of this bachelor thesis is the design of a solution for wastewater treatment at a recreational facility No. ev. 485 in the village of Kotelice in the region of Ústí nad Labem.

The work is divided into theoretical and practical parts. The theoretical part describes the processes of wastewater treatment, wastewater pollution and its indicators. The relevant legislation and regulation is also described. Current programmes of state support in stormwater management and wastewater treatment are mentioned as well. In the practical part, the properties and quality of the recipient, into which the treated water will be directed, are determined. Several small wastewater treatment plants (for family houses) from different companies are described in detail. The most suitable product for the given area of interest is selected. As a source of electricity, a solar panel with two battery energy storage units are designed. Finally, the preliminary budget is estimated.

## **KEYWORDS**

Wastewater treatment plants for family houses, domestic wastewater, wastewater treatment, recipient, centralised system of urban drainage, decentralised system of urban drainage, solar panel, traction battery.

## **CÍLE PRÁCE**

Zadáním práce je navrhnout, jak vyřešit nakládání se splaškovou odpadní vodou u rekreačního objektu č. ev. 485 v obci Kotelice, Ústecký kraj.

dílčí cíle práce:

- provést literární rešerši problematiky čištění splaškových odpadních vod, především decentralních způsobů a popsat legislativu čistíren odpadních vod
- udělat si přehled o dostupných technologiích malých domovních čistíren odpadních vod (ČOV) a septiků v ČR, vyhodnotit a posoudit jejich výhody a nevýhody
- zhodnotit stávající kvalitu vody v zamýšleném recipientu (rybníčku na soukromé parcele)
- s ohledem na potenciál využití objektu, dostupné technologie čištění odpadních vod a kvalitu vody v recipientu, doporučit nejvhodnější způsob čištění splaškových odpadních vod.

## Obsah

Úvod.....	3
Teoretická část.....	4
1. Základní pojmy.....	4
2. Legislativa čištění odpadních vod.....	6
3. Složení splaškové odpadní vody.....	8
3.1. Chemická spotřeba kyslíku.....	8
3.2. Biochemická spotřeba kyslíku.....	9
3.3. Celkový organický uhlík.....	9
3.4. Celkový dusík.....	9
3.5. Celkový fosfor.....	9
4. Systém městského odvodnění.....	10
4.1. Centralizovaný systém nakládání s odpadními vodami a ČOV.....	10
4.2. Decentralizovaný systém nakládání s odpadními vodami.....	13
5. Současné trendy v hospodaření se srážkovou vodou.....	18
5.1. Zelené střechy.....	19
5.2. Program dešťovka.....	19
Praktická část.....	20
6. Zájmová oblast – obec Kotelice.....	20
6.1. Hydrologické údaje.....	21
6.2. Hydropedologické údaje.....	22
6.3. Rekreační objekt č. ev. 485.....	23
6.4. Současné nakládání s odpadními vodami.....	25
6.5. Recipient.....	26
7. Metodika práce.....	28
8. Rešerše dostupných domovních ČOV a septiků v ČR.....	29



9. Vyhodnocení průzkumu a výběr řešení .....	35
9.1. Shrnutí informací o dostupných systémech ČOV a septiků .....	35
9.2. Návrh řešení .....	36
10. Vyhodnocení kvality vody v recipientu.....	41
Závěr .....	45
Citovaná literatura .....	46
Seznam obrázků.....	49
Seznam tabulek.....	50
Seznam příloh .....	51

# Úvod

Voda je jednou z nejdůležitějších částí krajiny, a proto je třeba dbát na její kvalitu. Lidské aktivity kvalitu přírodního prostředí značně zhoršují, jak lze pozorovat na změnách klimatu v posledních letech. V našich podmínkách dochází ke snižování vodních stavů vod povrchových i podzemních, zejména díky lidské činnosti. Během posledních několika let statisticky ubylo srážek, což zapříčinilo deficit vody v naší krajině. Kvalita povrchových vod se zhoršuje i kvůli menšímu objemu vod, ve kterých se stejný přísun škodlivin více koncentruje. Zajímavostí je, že pouze 0,007 % celkového objemu vody je voda pitná [1].

Předmětná lokalita se nachází v Chráněné krajinné oblasti (CHKO) České středohoří, a proto je důležité dbát na čistotu podzemních a povrchových vod v této oblasti. V okolí obce jsou převážně lesy a louky. Recipienty jsou z velké části vyschlé díky odvodňování zemědělské půdy v 70 letech. Nyní je snaha navrátit krajinu do podoby konce 19. století, kdy tato oblast prosperovala hlavně díky ovocným sadům a chmelnicím.

Důvodem řešení nakládání se splaškovými odpadními vodami u rekreačního objektu čísla evidenčního (č. ev.) 485 v obci Kotelice je nevyhovující aktuální stav. V obci není kanalizace. Z územního plánu je zřejmé, že obec Kotelice spolu s dalšími osmi obcemi musí řešit nakládání se splaškovými odpadními vodami jiným řešením než centrální ČOV. Ve vzdálenosti okolo 500 m pod obcí protéká nejbližší recipient Kotelický potok.

# Teoretická část

## 1. Základní pojmy

**Podzemní vody** jsou největším sladkovodním zdrojem pitné vody. Vyskytují se v pásmu nasycení (saturace) pod zemským povrchem. Tento cenný přírodní zdroj by se měl chránit před znečištěním pro jeho opětovné využití [2].

**Povrchové vody** se vyskytují na zemském povrchu. Dělí se na tekoucí a stojaté. Tekoucí vody prohlubují koryta toku, erodují a meandrují. Stojaté vody zarůstají a sedimentují. Dochází k procesu stárnutí jezer, kdy jezera přirozeně zarůstají a zabahňují se [2].

**Srážkové vody** jsou vody z atmosférických srážek, které dosud neobsahují látky z povrchu. Srážkové vody jsou často kyselé a znečištěné exhalacemi z ovzduší [3].

**Odpadní vody (OV)** se rozumí vody znečištěné lidskou činností. Druhy OV jsou vody splaškové, průmyslové, balastní, infekční a srážkové. Obsahují rozpuštěné i nerozpuštěné organické a anorganické látky. Organické látky obsažené v OV jsou například bakterie, škroby, celulosová vlákna, cukry nebo mastné kyseliny. Běžně se stanovuje obsah organických látek jako jejich sumární koncentrace. Ukazateli organického znečištění jsou BSK (biochemická spotřeba kyslíku), CHSK (chemická spotřeba kyslíku) a TOC (celkový organický uhlík). Anorganické látky v OV jsou například těžké kovy, písky, hlína a chloridy. Sloučeniny dusíku a fosforu, které jsou v odpadní vodě obsaženy, mohou být organické i anorganické. Běžně se ukazatel kvality odpadní vody stanovuje jako celkový dusík a fosfor. Znečištění v odpadní vodě se vztahuje na ekvivalentního obyvatele [4].

**Splaškové odpadní vody** jsou produkovány domácnostmi a sociálními zařízeními jako jsou kuchyně, toalety, restaurace apod. Tyto odpadní vody jsou zpravidla zbarveny šedě až šedohnědě a jsou velmi zakalené. Pro splaškové

odpadní vody je charakteristické vysoké zastoupení organických látek, a také živin dusíku a fosforu [5].

**Průmyslové odpadní vody** jsou produkovány výrobními podniky. Složení a množství odpadní vody závisí především na charakteru výroby a systému vodního hospodářství jednotlivých průmyslových podniků. Pro průmyslové OV je charakteristické kolísání objemu a koncentrace vypouštěných OV během krátkých časových intervalů. Správce veřejné kanalizace povoluje množství a kvalitu vypouštěné odpadní vody z průmyslových provozů [5].

**Balastní vody** jsou definovány podle normy ČSN 75 0161 jako nežádoucí přítok do stokového systému a kanalizačních přípojek. Hlavními zdroji balastních vod jsou vody pronikající netěsnostmi stokové sítě z okolního půdního prostředí a povrchové vody, které jsou bodově zaústěny do kanalizace. Důsledkem balastních vod je snížení kapacity potrubí, ochlazení a ředění OV, což vede ke snížení účinnosti čištění v ČOV. Tyto vody bývají jen málo znečištěné [6].

**Infekční odpadní vody** vznikají v nemocničních a léčebných objektech. Pro tyto vody je charakteristické vysoké bakteriologické znečištění. Infekční OV je nutné účinně desinfikovat [7].

**Ekvivalentní obyvatel (EO)** je uměle vytvořená jednotka. Používá se při návrhu kapacity ČOV. Odpovídá denní průměrné spotřebě 1 osoby, což je v ČR 120–150 litrů odpadní vody [8].

**Recipient** je vodní útvar, který přijímá vodu z povodí nebo odpadní vodu [9].

**Čistírna odpadních vod (ČOV)** je objekt sloužící k čištění odpadních vod s mechanickým, biologickým nebo také dalším stupněm čištění [9].

**Specifické množství odpadní vody** je množství odpadní vody vyprodukované jedním obyvatelem vztaženo na časový úsek [9].

**Emisní standardy (ES)** jsou maximální přípustné koncentrace ve vypouštěných OV. Stanovuje je Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. [10].

**Normy environmentální kvality (NEK)** jsou koncentrace v recipientu, které by neměly být překročeny. Stanovuje je Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. [10].

## 2. Legislativa čištění odpadních vod

Zákon o vodách 254/2001 Sb. definuje ochranu a užívání vodních zdrojů. Při návrhu ČOV je nutno se tímto zákonem řídit, jelikož čistírna odpadních vod patří mezi vodní díla [11].

§ 38 – Odpadní vody, odst. 3

*“Kdo vypouští odpadní nebo zvláštní vody do vod povrchových nebo podzemních, je povinen zajišťovat jejich zneškodňování v souladu s podmínkami stanovenými v povolení k jejich vypouštění. Při stanovení těchto podmínek je vodoprávní úřad povinen přihlížet k dostupným technologiím v oblasti zneškodňování odpadních vod. Ten, kdo vypouští odpadní vody do vod povrchových nebo podzemních, je povinen v souladu s rozhodnutím vodoprávního úřadu měřit objem vypouštěných vod a míru jejich znečištění a výsledky těchto měření předávat vodoprávnímu úřadu, který rozhodnutí vydal, a příslušnému správci povodí a pověřenému odbornému subjektu. Vodoprávní úřad tímto stanoví místo a způsob měření objemu a znečištění vypouštění vod a četnost předkládání výsledků těchto měření [11].“*

Vodoprávní úřad stanovuje maximální možné hodnoty vypouštěného znečištění vod. Při výstavbě ČOV se musí postupovat podle stavebního zákona č. 183/2006 Sb. Dále je třeba se řídit Zákonem o vodovodech a kanalizacích č. 274/2001 Sb., a také Nařízením 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 [2], [9], [10].

Nařízení vlády č. 401/2015 udává podmínky, které dělí znečišťující zdroje podle množství EO. Obecně platí přímá úměra, tedy čím větší zdroj znečištění,

tím přísnější požadavky pro vypouštění. Kategorie velikosti ČOV se dělí na >500 EO, 500–2000 EO, 2001–10000 EO, 10001–100000 EO a <1000000 EO. Pro čistírny odpadních vod, které spadají do kategorie do 500 EO, nejsou pevně stanoveny některé požadavky vypouštění. Jejich přípustné hodnoty stanoví příslušný vodohospodářský úřad. Maximální přípustné hodnoty odtoku z ČOV <500 EO jsou uvedeny v *tabulce č. 1* [10].

*Tabulka 1 Maximální přípustné hodnoty odtoku z ČOV <500 EO [10].*

BSK <sub>5</sub> [mg/l]	CHSK [mg/l]	NL [mg/l]	N-NH <sub>4</sub> [mg/l]
80	220	80	-

### 3. Složení splaškové odpadní vody

Znečištění vody se chápe jako omezení nebo znemožnění jejího použití pro daný účel, a to díky fyzikálním, chemickým nebo biologickým změnám. V odpadních vodách se vyskytuje velké množství znečišťujících látek. Tyto látky mohou být organické i anorganické. Znečišťující látky jsou rozpuštěné nebo nerozpuštěné. Nerozpuštěné látky se dále dělí na usaditelné a neusaditelné. Hlavní část znečištění pochází z exkrementů, zbytků potravin a pracích prostředků. Odpadní voda obvykle obsahuje 50 % organických a 50 % anorganických látek. Během dne produkce i složení odpadní vody značně kolísá. V současné době je problém s obsahem farmak, hormonů a mikropolutantů v OV. Základními ukazateli znečištění, které nás zajímají ve splaškové odpadní vodě, jsou CHSK, BSK a TOC [12].

**Nutrienty** jsou označovány chemické prvky používané pro syntézu buněk. Jsou obsaženy v biomase a rozděleny na makronutrienty (N, P, S) a mikronutrienty (Fe, Ca, Mg, K, Zn, atd.). Při biologickém čištění považujeme za nutrienty pouze dusík a fosfor. Ideální poměr obsahu nutrientů v aktivovaném kalu je stanoven jako C : N : P = 100 : 5 : 1. Následkem přítomnosti nutrientů ve vodě je eutrofizace povrchových vod způsobující nadměrný růst řas, a tím dochází ke ztrátě kyslíku ve vodním řetězci [5], [13].

#### 3.1. Chemická spotřeba kyslíku

Chemická spotřeba kyslíku (CHSK) je hodnota množství kyslíku v gramech potřebné na oxidaci obsažených organických látek v daném objemu kapaliny (v 1 l). Používají se dvě metody oxidace. První metodou je oxidace dichromanem draselným, která se používá pro všechny typy vod. Druhou metodou je tzv. Kubelova metoda, která je oxidace manganistanem draselným a používá se jen u neznečištěných přírodních nebo pitných vod [5].

### **3.2. Biochemická spotřeba kyslíku**

Biochemická spotřeba kyslíku (BSK) udává, kolik kyslíku je spotřebováno mikroorganismy, kteří využívají organické látky jako zdroj energie v aerobním prostředí. Množství kyslíku je přímo úměrné obsahu biologicky rozložitelných organických látek. Obvykle se udává hodnota BSK<sub>5</sub>, která znázorňuje množství spotřebovaného kyslíku na oxidaci organických látek za 5 dní [5].

### **3.3. Celkový organický uhlík**

Celkový organický uhlík (TOC) se může stanovit nepřímo oxidací organického uhlíku na CO<sub>2</sub>. Oxidaci je možné provést mokřým nebo termickým spalováním. Odebraný vzorek se spálí v peci. Obsah organických látek se určí jako úbytek hmotnosti vzorku [5].

### **3.4. Celkový dusík**

Celkový dusík ve vodě se stanovuje analyticky nebo výpočtem ze znalosti koncentrace jednotlivých forem dusíku.

Při analytickém stanovení dusíku jsou dusíkaté látky převedeny na amonné ionty a následně sumárně stanoveny na amoniakální dusík.

Princip výpočtové metody stanovení celkového dusíku spočívá v oxidaci všech dusíkatých sloučenin na dusičnany, které jsou následně redukovány na dusitany. Následně se vypočtou obsahy jednotlivých dusitanových složek [14].

### **3.5. Celkový fosfor**

Pro stanovení celkového fosforu ve vodě se používá metoda oxidace peroxosíranem a rozklad kyselinou dusičnou a sírovou. Obě metody jsou velice přesné a uvádí se na 3 desetinná místa v jednotkách mg/l [14].



## **4. Systém městského odvodnění**

Městské odvodnění je důležitým oborem vodního hospodářství. Jeho hlavní význam je pro osobní hygienu obyvatel a obecnou ochranu urbanizovaného území. Napomáhá k ochraně před lokálními záplavami. Systémy městského odvodnění dělíme na centralizované a decentralizované [15].

### **4.1. Centralizovaný systém nakládání s odpadními vodami a ČOV**

Od poloviny 19. století je běžným systémem městského odvodnění splašková kanalizace. Dříve se využívaly jen decentralizované systémy, které ve městech postupně nahradily systémy centralizované. Díky centralizovanému systému jsou odpadní vody odváděny sdruženě centrální stokovou sítí na ČOV, kde se zbavují znečištění a poté odcházejí do recipientu. Nejčastěji se využívá jednotná stoková síť, která obsahuje jednu nebo více odlehčovacích komor. Jednotná stoková síť slouží k odvedení vody splaškové i dešťové dohromady na rozdíl od oddílné, která vede srážkovou a splaškovou vodu odděleně. Současný trend je budovat oddílné stokové sítě pro lepší hospodaření s dešťovou vodou. Odlehčovací komora reguluje nátok na ČOV v době intenzivních dešťů. Hlavní nástroj plánování městského odvodnění se nazývá Generelní plán. Výhodou centrálních ČOV je především řízení odtoku a kvalifikované čištění OV. Uživatel centrální stokové sítě se nemusí fyzicky o systém starat. Nevýhodou jsou vysoké pořizovací a provozní náklady [15].

#### **Procesy čištění odpadní vody na ČOV**

Čištění komunálních odpadních vod ve standardních ČOV probíhá v několika po sobě jdoucích stupních. První a zároveň nejjednodušší částí je mechanické čištění. Dále jsou využity procesy biologické a chemické. Biologické procesy využívají mikroorganismy k rozkladu organických látek a odstranění dusíku z čištěné vody. Chemické procesy se využívají například pro odstraňování fosforu [4].

### *Mechanický stupeň čištění odpadních vod*

Smyslem mechanické části ČOV je odstranění pevných a nerozpuštěných látek obsažených v OV. Mechanickým stupněm čištění OV se odstraní asi 30 % obsahu organických látek. Nejprve se přitékající OV zbaví hrubých nečistot, tedy písku a shrabků. Částice s vysokou hustotou se usazují v lapácích štěrku a písku. Plovoucí částice se zachytí na sítích nebo roštech. Česle jsou umístěny za lapákem štěrku. Tvoří je řada ocelových prutů pod úhlem 30–60°. Hrubé česle mají rozteč větší než 60 mm. Rozteč jemných česlí je menší než 40 mm. Pomocí ručního nebo strojního stírání se odstraňují shrabky zachycené mezi jednotlivými česlicemi. Průtočná rychlost mezi česlicemi musí být mezi 0,3 m/s a 0,9 m/s.

Další částí mechanického stupně čištění jsou lapáky tuků a olejů. Tukové částice zalepují čerpadla, potrubí a zanášejí filtry. Oleje brání přístupu kyslíku do vody. Větší producenti tuků, jako jsou například závodní kuchyně, by měli mít lapák tuků umístěný před vtokem do stokové sítě.

V usazovacích nádržích se oddělují zbylé usaditelné látky pomocí sedimentace. Látky s vyšší hustotou se usazují na dně nádrže, odkud jsou následně odsávány.

Shrabky tvoří zhruba 50 % textilie, 20–30 % papír a zbytek tvoří zejména plasty, gumové předměty a zbytky potravin. Vylisováním shrabků oddělíme přebytečnou vodu. Vylisovaný odpad je hygienicky závadný, a proto je nutné ho spalovat při teplotách 680–750 °C nebo bezpečně skládkovat, popřípadě kompostovat [16].

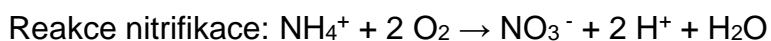
### *Biologický stupeň čištění odpadních vod*

Po mechanické části čištění voda proudí do aktivační nádrže, ve které jsou rozkládány organické látky díky mikroorganismům v aktivovaném kalu. Destruenti tvoří aktivovaný kal z 95 % a konzumenti z 5 %. Mikroorganismy

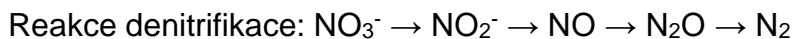
dokážou odstranit jen biologicky rozložitelné organické látky. Rychlost rozkládání organických látek závisí na mnoha faktorech jako je např. pH, teplota, obsah kyslíku ve vodě nebo typ znečištění. Kvalita aktivovaného kalu závisí zejména na substrátu, ze kterého je kal pěstován. Dalšími parametry kvality kalu je doba zdržení, stáří a zatížení. Jev, při kterém aktivovaný kal ztrácí svou kvalitu, se nazývá bytnění. Příčinou bytnění je zvyšování obsahu vláknitých organismů a projevem jsou nízké usazovací rychlosti. Aktivační směs dále pokračuje do dosazovací nádrže, kde dochází k usazení a následné separaci kalu [16], [5].

**Biologické odstraňování dusíku** využívá procesy nitrifikace a denitrifikace.

Nitrifikace je aerobní proces, který má za cíl oxidovat redukováný dusík (amoniový) na dusičnany.



Denitrifikace je anaerobní proces redukující dusičnany přes dusitany na nižší oxidy dusíku až plynný dusík.



Biologické odstraňování fosforu probíhá pomocí mikroorganismů označovaných jako polyfosforečné bakterie. Pokud tento způsob čištění nestačí, další metodou je chemické srážení fosforu anorganickým srážedlem [16].

### *Kalové hospodářství*

Jednotlivé typy čistírenských kalů lze rozdělit do tří skupin podle jejich vzniku.

**Primární kal** vzniká usazováním nerozpuštěných látek v usazovací nádrži. Účinnost odstranění nerozpuštěných látek se pohybuje okolo 50 %.

**Biologický kal** pochází z biologického stupně čištění z aktivace.

**Chemický kal** pochází z chemického srážení fosforu.

Složení kalu závisí na složení OV, způsobu čištění a parametrech provozu ČOV. Přebytný biologický kal, který se neregeneruje a nevrací zpět do procesu čištění, se stabilizuje procesem anaerobního vyhnívání, při kterém vzniká bioplyn (metan) s možným energetickým využitím. Při tomto procesu dochází k poklesu obsahu organické sušiny o 45–65 %. Vyhnílý (stabilizovaný) kal se zahušťuje gravitačně, flotačně nebo strojně. Přebytná kalová voda je vrácena zpět do aktivační nádrže. Pomocí odpařování při 105 °C, kal utvoří sušinu. Stabilizovaný kal se skládkuje, spaluje nebo přidává do stavebních materiálů. Je prokázáno, že kal obsahuje těžké kovy, mikropolutanty, hormony atd., proto není vhodné jej zapracovávat do půdy. Problematika kalů je legislativně upravena Vyhláškou 437/2016 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě [16], [2].

## **4.2. Decentralizovaný systém nakládání s odpadními vodami**

Decentralizovaný systém odvádění odpadní vody není napojený na komunální splaškovou kanalizaci. Je vhodný pro osamělé objekty nebo obce s nízkým počtem obyvatel a rozsáhlým územím. Do první poloviny 19. století se výhradně využívaly decentrální systémy, které následně nahradily ve městech systémy centralizované. V současnosti je decentrální systém podporován finančními dotacemi obcí nebo státem. Decentrální systémy se využívají v těžko dostupných oblastech, obcích s nízkým počtem obyvatel. Nevýhodou je pravidelná kontrola a údržba provozovatelem. Při optimálním návrhu decentrálního systému se předčištěná voda dá opětovně využít. Tímto způsobem lze ušetřit výdaje na pitnou vodu a výrazně zlepšit ekologii okolí. V současnosti Ministerstvo životního prostředí finančně podporuje stavby domovních ČOV Výzvou č. 12/2019, která má platnost do 30. 6. 2021 [8], [2].

### **Způsoby nakládání s odpadními vodami v systémech do 50 ekvivalentních obyvatel**

Způsob nakládání s odpadními vodami u systémů menších než 50 EO, kde není možné napojení na veřejnou kanalizaci je vhodnější decentrální systém městského odvodnění. K praní, osobní hygieně, vaření apod. se v domácnostech

obvykle využívá pitná voda. Jejím využitím dochází ke změně kvality, stává se z ní voda odpadní splašková, ta musí být odváděna a následně čištěna. Splašková odpadní voda se nesmí vypouštět do dešťové kanalizace, silničních příkopů ani volně na terén. Pokud zájmový objekt leží v území, kde není veřejná kanalizace je třeba vybrat alternativu v souladu s legislativou pro vypouštění OV do vod podzemních (novela č. 57/2016 Sb.) nebo vod povrchových (novela č. 401/2015 Sb.) [4], [10], [17].

Možnosti pro individuální decentrální nakládání se splaškovými odpadními vodami jsou následující: žumpa, septik a domovní ČOV.

#### *Žumpa – bezodtoká jímka*

Žumpa neboli bezodtoká jímka je nádrž, která akumuluje odpadní vodu. Její obsah není možné vypouštět do vodních toků nebo příkopů ani ve zředěné formě. Nutno zmínit, že současná legislativa neumožňuje obsahem žumpy hnojit zemědělskou půdu. Nádrž se musí pravidelně kontrolovat a vyvážet na centrální ČOV. Tvar nádrže je nejčastěji kvádr nebo válec. Přivádět dešťové vody do žumpy není dovoleno. Mezi výhody žumpy patří možnosti využití u zřídka obývaných rekreačních objektů nebo objektů, které budou v brzké době napojeny na centrální ČOV. Nevýhodou je pravidelné vyvážení odpadní vody na ČOV a velký zastavěný prostor. Podle novely zákona č. 113/2018 Sb. o vodách je povinnost uchovávat doklady o vývozu OV z žumpy [11], [18].

Vzorec pro výpočet velikosti žumpy:  $V = n \cdot q \cdot t$  [m<sup>3</sup>],

kde **n** je počet obyvatel, **q** specifická spotřeba vody [l/s], **t** interval vyvážení [d] [4].

Pro představu čtyřčlenná rodina se žumpou o objemu 10 m<sup>3</sup> musí žumpu vyvážet více než jednou měsíčně při průměrné denní spotřebě v ČR 120 l na osobu za den.

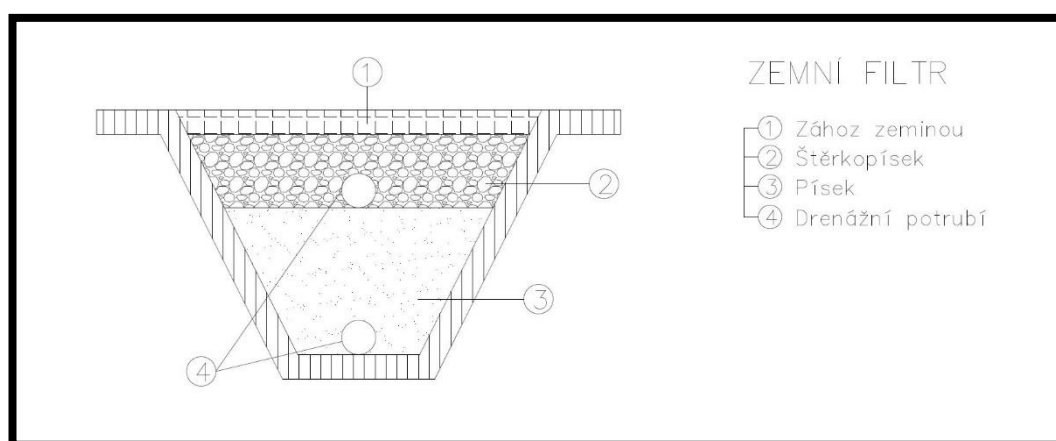
## Septik

Septik je průtočná nádrž, uvnitř které probíhá anaerobní rozklad organických látek. Nádrž se dělí na 2–3 komory. Velikost nádrže závisí na počtu EO v objektu. Doporučená doba zdržení je 3–5 dní a minimální účinnost čistícího procesu je 30 %. Kvůli velice malé účinnosti systému je vhodné umístit za septik zemní nebo pískový filtr. Minimální vývoz septiku je 1x za rok. Výhodou septiku je nízká pořizovací cena a provozní nenáročnost. Nevýhodou je nízká účinnost a omezená životnost filtrů (cca 15 let). Současná legislativa umožňuje stavbu septiku pouze v kombinaci s filtrem zemním nebo biologickým.

Vzorec pro výpočet velikosti septiku:  $V = a \cdot n \cdot q \cdot t$  [m<sup>3</sup>],

kde **a** je součinitel kalového prostoru (1,5), **n** je počet obyvatel, **q** specifická spotřeba vody, **t** interval vyvážení [4].

**Zemní filtry** dočišťují odpadní vodu po předčištění. Obsahem je horní rozváděcí drenáž, filtrační lože a dolní sběrná drenáž viz *obrázek č. 1*. Vodotěsná fólie odděluje zemní filtr od okolního terénu. Rozvodné potrubí je uloženo ve štěrkovém obsypu. Obecně se uvažuje 1–5 m<sup>2</sup> plochy zemního filtru na 1 EO. Výhodou je dočištění odpadní vody, nízké provozní náklady a vysoká účinnost. Naopak nevýhodou je vysoký spád filtru (0,9–1,2 m) a zastavěná plocha [4].



Obrázek 1 Horní rozváděcí drenáž, filtrační lože a dolní sběrná drenáž, autor: Dan Vrba.

## *Domovní čistírny odpadních vod (1–50 EO)*

Domovní čistírny odpadních vod (DČOV) jsou další možností (vedle výše uvedených – žumpy a septiku) u objektů, které nejsou napojeny na centrální ČOV. Nejprve je nutné zjistit podmínky a množství vypouštění OV. Dále je třeba navrhnout parametry a vybrat technologii. Zajištěna musí být projektová dokumentace, vyřízení od Vodoprávního úřadu. Následně je třeba stavbu zkolaudovat.

**Anaerobní čištění OV** se doporučuje u objektů, které nejsou trvale obydleny. Účinnost tohoto typu technologie závisí především na době zdržení a je zhruba 70 % na BSK<sub>5</sub>. Pokud se systém doplní o biologický nebo zemní filtr, účinnost může být až 85 %. Nádrž je rozdělena na 2 části, a to usazovací a dosazovací. Anaerobní reaktor s biofiltrem se nachází v usazovacím prostoru. Hlavními výhodami jsou nízké provozní náklady, nulová spotřeba elektrické energie a možnost přerušovaného chodu. Nevýhodou je omezená životnost filtrů (cca 15 let) a vysoký spád filtru (cca 0,9 – 1,2 m).

**Aerobní čistírny OV** fungují na principu činnosti mikroorganismů. Bionosič, na kterém jsou mikroorganismy přisedlé, je zkrápěn OV. V bionosiči dochází ke kontaktu čistících organismů s OV. Směsná kultura mikroorganismů se vytvoří na povrchu bionosiče po určité době. Účinnost se pohybuje mezi 80–90 % na BSK<sub>5</sub>, a závisí na druhu náplně, objemu biofiltru, provozní teplotě. Aerobní způsob čištění se doporučuje u trvale obydlených objektů. Výhodou je nenáročná obsluha a nízké provozní náklady. Nevýhodou jsou vysoké pořizovací náklady a konstantní příkon elektrické energie.

Existují tři základní typy domovních ČOV:

**1. ČOV s biofiltrem** je tvořena nádrží s roštem na dně a náplní. Potřebný vzduch pro funkci biologického procesu přirozeně proudí roštovým dnem. Celý čistírenský objekt se skládá z usazovací nádrže, biofiltru a dosazovací nádrže. Tento způsob se v ČR využívá jen zřídka.

**2. ČOV s biodiskem:** jedná se o rotační biodisk ve tvaru válce. Otáčením dochází ke střídavému namáčení biodisku do OV. Jeho část je vždy nad úrovní hladiny. Tím je zajištěn dostatečný přísun vzduchu. Objekt je tvořen usazovací nádrží, biozónou s disky a dosazovací nádrží. Tento způsob čištění se doporučuje u málo znečištěných OV.

**3. ČOV s aktivací:** aktivační způsob čištění je založen na přítomnosti mikroorganismů, které jsou udržovány ve vznosu pomocí provzdušňovacího zařízení. V současnosti se jedná o velmi využívaný způsob čištění OV pro jeho vysokou účinnost čištění 90–95 % a také nízké pořizovací náklady. Nutno zmínit, že tento proces je velmi citlivý na nárazové zatížení [4].



## 5. Současné trendy v hospodaření se srážkovou vodou

Příčinou změny klimatu je pravděpodobně zesilování přirozeného skleníkového efektu atmosféry. Lidská činnost nadměrně zvyšuje emise skleníkových plynů. Tato změna ohrožuje fungování krajinných procesů. V současné době se změna klimatu projevuje například nerovnoměrností a úbytkem srážek. To nás nutí přehodnotit přístup k hospodaření s vodou obecně, především k využívání vody srážkové. Současným trendem je, pokud možno zachytávat a využívat vodu srážkovou v území, kam dopadá. V České republice je veřejnost motivována programy Nová zelená úsporám nebo Dešťovka.

### Černá, šedá a bílá voda

Jednotlivým odpadním vodám z domácností jsou přiřazeny barvy podle stupně znečištění. Takové dělení se využívá u centrálních i decentrálních systémů, kde se poté navrhuje opětovné využití nebo čištění OV. Jako takové dělíme odpadní vody na černé, šedé a bílé.

**Černá voda** je OV odtékající z toalet. Obsahuje mnoho bakterií z fekálií a moči. Její čištění se provádí v ČOV. Černá a šedá voda se ve splaškové kanalizaci mísí [19].

**Šedá voda** je OV vyprodukovaná domácností, která neobsahuje moč a fekálie z toalet. Tato voda odtéká z myček na nádobí, praček, sprch apod. Dalším využitím této vody může být například splachování toalet nebo zalévání rostlin. Čištěním šedé vody vzniká voda bílá [20].

**Bílá voda** vzniká vyčištěním odpadní vody šedé. Dále se tato voda může využít při praní prádla, mytí podlah, zalévání rostlin, koupání nebo splachování toalety. V podstatě lze tuto vodu využít na veškerou potřebu kromě pití a vaření [7].

## 5.1. Zelené střechy

V současnosti jsou trendem zelené střechy, zejména ve velkých metropolích se podporují projekty s rostlinnou vegetací na střechách. Důležité je dbát na kvalitu hydroizolace a filtrační tkaniny, aby zelená střecha správně plnila svůj účel. Zelené střechy mají mnoho výhod, a to nejen estetických. Jednou z hlavních předností je zachycování dešťové vody a její navrácení výparem do atmosféry. Další výhodou zelené střechy je tepelná izolace, kdy je schopna během letních měsíců snížit teplotu v budově až o 8 °C [21], [22].

Program Nová zelená úsporám od Státního fondu životního prostředí podporuje snižování energetické náročnosti obytných budov, do kterého patří i zelené střechy [23].

## 5.2. Program Dešťovka

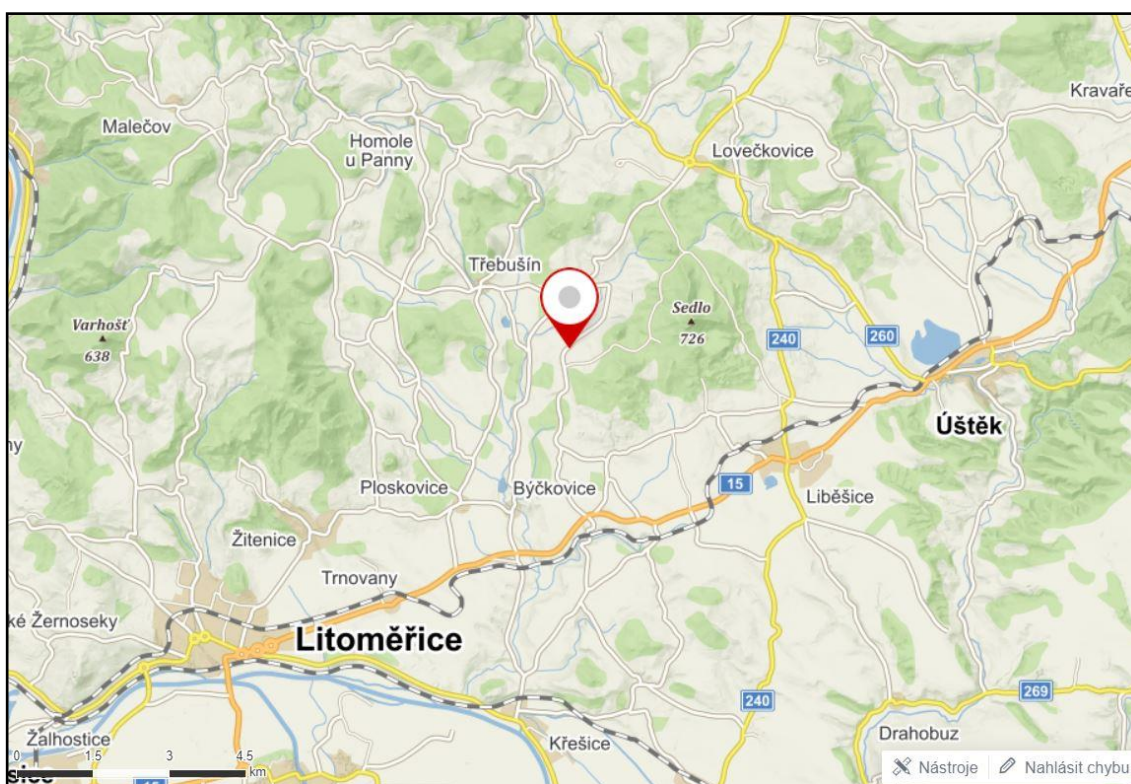
*„Dešťovka je dotační program od Ministerstva životního prostředí a Státního fondu životního prostředí ČR na podporu udržitelného hospodaření s vodou v domácnostech, vyhlášený v rámci Národního programu Životního prostředí.“*

Cílem tohoto opatření je snížení spotřeby pitné vody pro zalévání zahrad, splachování WC. Dotací je možné pokrýt až 50 % výdajů na pořízení systému. Podmínkou pro žádost o dotační program je doložení trvalého bydlení. V programu Dešťovka II byla 7. srpna 2017 alokována částka 340 milionů korun. K ukončení dojde vyčerpáním alokace [23].

# Praktická část

## 6. Zájmová oblast – obec Kotelice

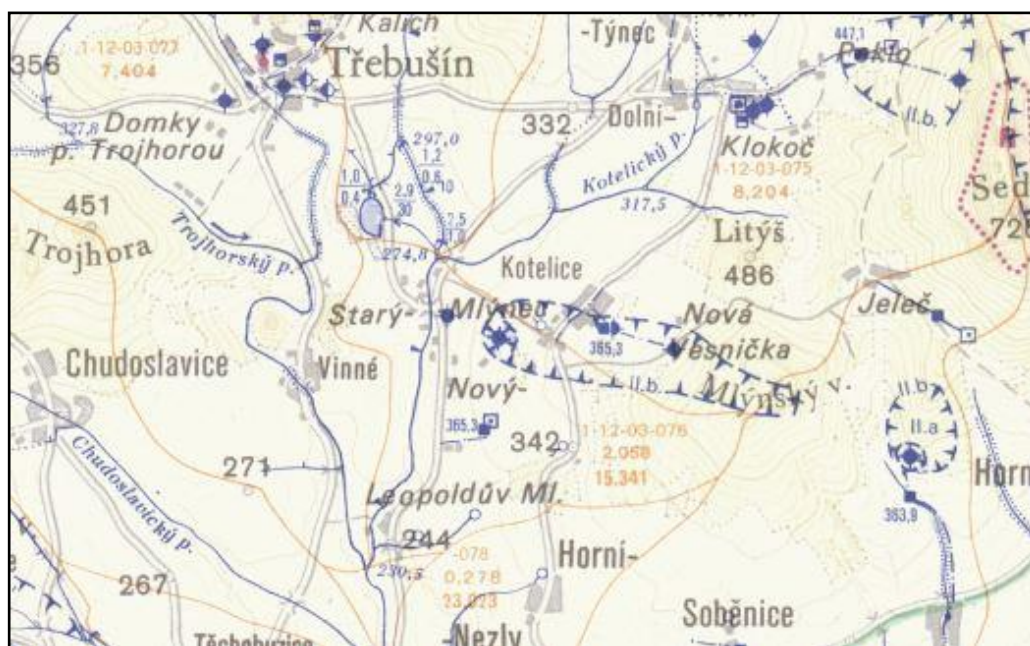
Obec Kotelice (německy Kuttlitz) se nachází 15 km severovýchodně od Litoměřic v Ústeckém kraji, a spadá pod část obce Třebušín, viz *obrázek č. 2*. Jedná se o malou vesnici v CHKO České Středohoří. Rozloha katastrálního území Kotelic je 1,23 km<sup>2</sup>. Nadmořská výška obce je 348 m n. m. Souřadnice obce jsou 50°35'18" severní šířky a 14°13'48" východní délky. Nejbližší recipient je Kotelický potok vzdálený zhruba 500 m severozápadně od obce. Správcem toku IDVT 10230495 jsou Lesy ČR, s.p. Kotelický potok má délku 4,2 km, vlévá se do Lučního potoka, a následně do Labe. V současnosti žije v obci trvale 26 obyvatel a 12 objektů je vedeno jako rekreační. Nutno podotknout, že v obci žilo před druhou světovou válkou 158 obyvatel, z toho 157 Němců, kteří byli po válce odsunuti [24], [25], [26].



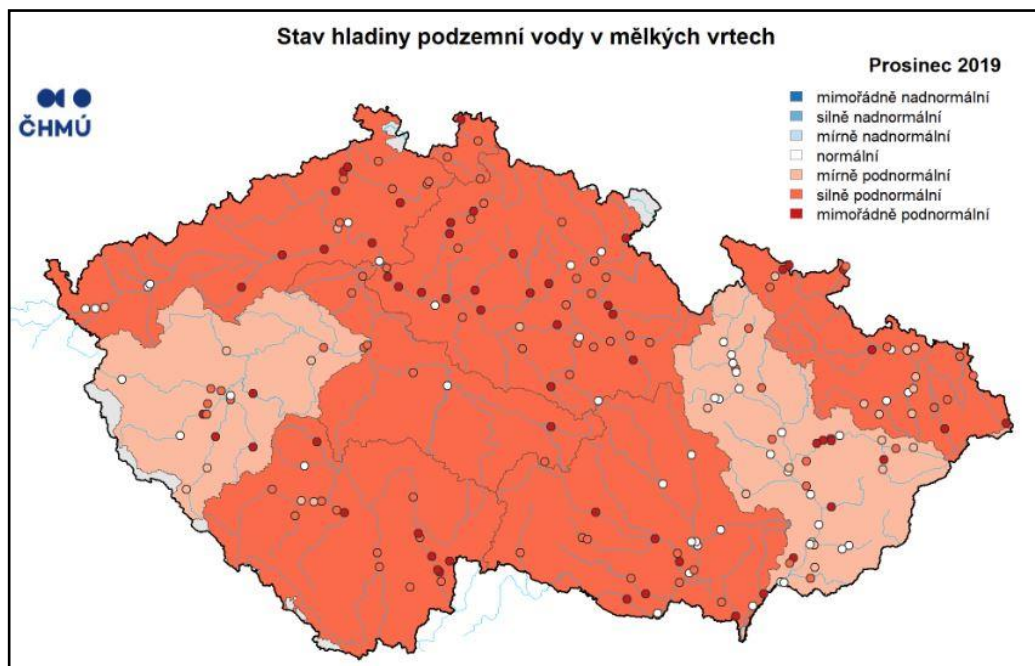
Obrázek 2 Základní mapa, obec Kotelice, M 1:4 500 [27].

## 6.1. Hydrologické údaje

Obec Kotelice spadá do povodí Kotelického potoka viz obrázek č. 3, který se vlévá do Lučního potoka a následně do Labe v obci Třeboutice. Stav hladiny podzemní vody v mělkých vrtech je vidět na obrázku č. 4. [28], [29].



Obrázek 3 Základní mapa vodohospodářská, M 1:50 000 [28].



Obrázek 4 Stav hladiny podzemní vody v mělkých vrtech [30].

## 6.2. Hydropedologické údaje

Podzemní vody v oblasti, kde se nachází obec Kotelice, proudí po spádnicí směrem k tokům Kotelického a Lučního potoka. Koeficient transmicivity  $T$  (průtočnost) se udává mezi 10–100 m<sup>2</sup>/den. Vodohospodářský význam s předpoklady využití podzemní vody se uvádí jako vhodný pro odběr vody pro zásobování menších obcí. Zájmové území spadá do kategorie II., takže podzemní voda vyžaduje složitější úpravu na vodu pitnou viz *obrázek č. 5* [29].



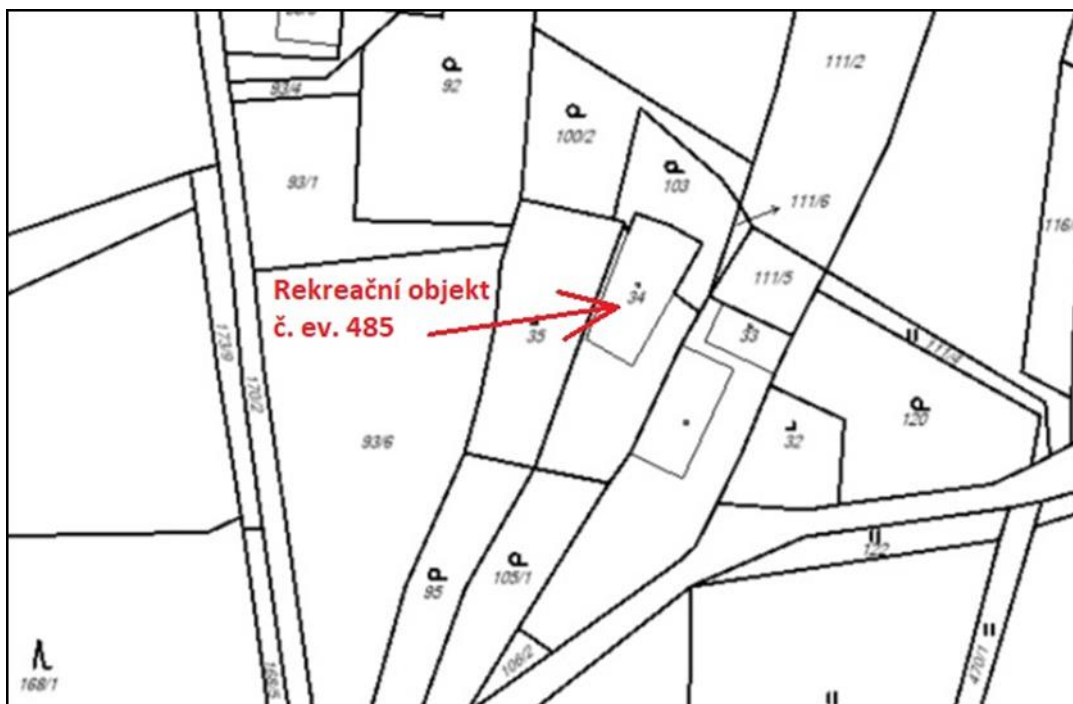


Obrázek 5 Hydrogeologická mapa ČR, M 1:50 000 [29].

### 6.3. Rekreační objekt č. ev. 485

Objekt č. ev. 485 viz obrázek č. 6 a 7, parcelní číslo st. 34, katastrální území Kotelice, a několik okolních pozemků vlastní rodina Vrbova od roku 1970. Budova byla postavena roku 1877. Od prvního majitele Antona Wurma usedlost změnila mnoho majitelů. Po 2. světové válce byli původní němečtí obyvatelé násilně odsunuti a usedlost byla využívána pro víkendovou rekreaci.

Vodovod byl v obci vybudován v roce 1938 a elektrika byla zavedena roku 1947. V obci dosud není veřejná kanalizace. Na pozemku č. 103, který je také ve vlastnictví rodiny, se nachází rybníček vhodný jako recipient pro domovní čistírnu odpadních vod. Aktuálně je objekt využíván průměrně čtyřmi osobami pro rekreační účely hlavně v letním období. Od října do března není objekt využíván, a je zazimován [31].



Obrázek 6 Rekreační objekt č. ev. 485 I. [31].



Obrázek 7 Rekreační objekt, č. ev. 485 II. Zdroj: vlastní archiv.

#### 6.4. Současné nakládání s odpadními vodami

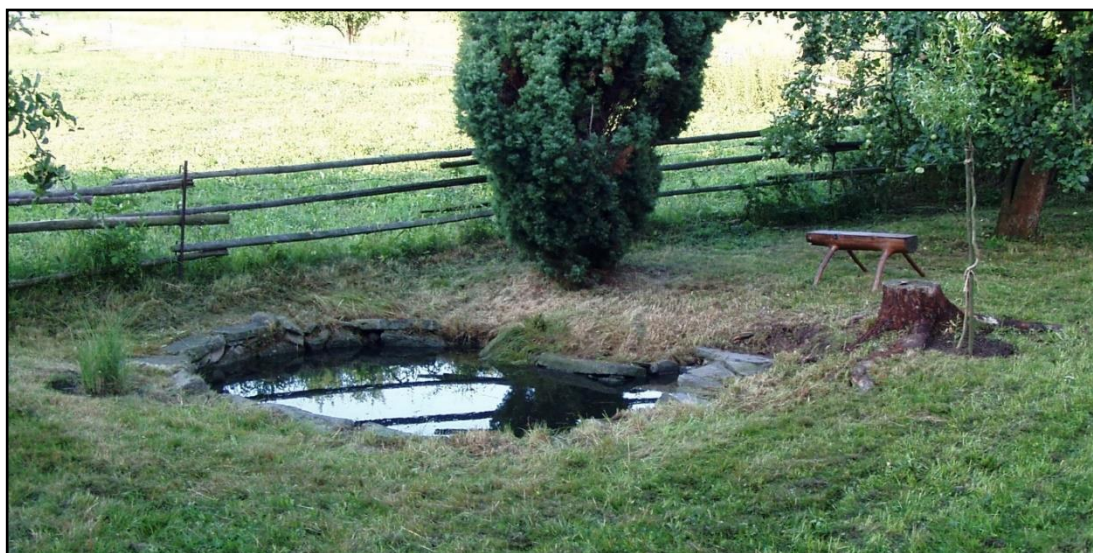
Jelikož v obci není veřejná kanalizace, každá usedlost musí řešit způsob nakládání s OV decentralizovaně. Naprostá většina usedlostí využívá bezodtokou jímku, kterou je nutno vyčerpávat a odvést na ČOV dle novely vodního zákona od 1.1.2019 (Zákon č. 113/2018 Sb.) [32].

Rekreační objekt č. ev. 485 využívá šedou vodu z mytí nádobí a sprchy na zalévání zahrady. Toaleta, pod kterou je umístěna bezodtoká jímka o objemu 1 m<sup>3</sup>, je umístěna samostatně mimo objekt. Dešťová voda je svedena PE potrubím DN5 do rybníčku na zahradě.



## 6.5. Recipient

Recipient se nachází na zahradě pozemku s parcelním číslem 100/2 o výměře 413 m<sup>2</sup>. Vlastníkem pozemku je otec Ing. Dan Vrba. Recipient viz obrázek č. 8, tedy rybníček má kruhový půdorys o průměru 2600 mm. Dno je vydlážděné z cihel, opěrné zdi jsou kamenné (čedič) pokládané na sucho. Hloubka je 1200 mm. Aktuální nános bahna dosahuje ode dna do výšky 80 mm. Průměrná výška hladiny ode dna je 750 mm. Hlavní přítok do rybníčku je dešťová voda svedená ze střechy rekreačního objektu č. ev. 485. Menším přítokem je spodní pramen ve dně [31].



Obrázek 8 Rybníček. Zdroj: vlastní archiv.

V roce 2011 proběhlo vyčerpání rybníčku, viz *obrázek č. 9*, a následné odbahnění. Také se opravily opěrné zdi, které byly místy poškozeny vyvalením kamenů. V rybníčku žije mnoho vodních organismů jako je bruslačka obecná (*Gerris lacustris*), znakoplavka obecná (*Notonecta glauca*), potápník vroubený (*Dytiscus marginalis*) a také chráněný čolek obecný (*Triturus vulgaris*) a čolek horský (*Triturus alpestris*). Během roku hladina v rybníčku kolísá v rozmezí 400 mm, ale nikdy nevysychá. V zimních měsících zamrzá. Odtok v rybníčku není,

voda se pouze vypařuje. Maximální kapacita rybníčku, aniž by se voda rozlila do okolí, je zhruba 6,4 m<sup>3</sup> [33].



*Obrázek 9 Rekonstrukce (odbahnění) rybníčku 2011. Zdroj: vlastní archiv.*

## 7. Metodika práce

Praktická část sestává z několika kroků:

1. Internetový průzkum trhu doplněný e-mailovým a telefonním dotazováním – zpracování rešerše dodavatelů DČOV a septiků.
2. Porovnání vybraných výrobců/dodavatelů s ohledem na vhodnost pro zájmový objekt a na základě tohoto porovnání výběr konečného dodavatele.
3. Zpracování základního projektu – koordinační výkres pro umístění čistícího systému.
4. Zhodnocení stávající kvality vody v zamýšleném recipientu na základě měření, hodnocené ukazatele: pH, teplota vody, konduktivita, rozpuštěný kyslík, dusičnanový dusík, amoniový dusík, celkový fosfor, vápník, celková tvrdost (Ca+Mg), chloridy, CHSK, TOC, železo a mangan. Kvalita bude vyhodnocena porovnáním s hodnotami NEK dle Nařízení vlády 401/2015 Sb.
5. Sestavení předběžného položkového výkazu a předběžného rozpočtu.

## 8. Rešerše dostupných domovních ČOV a septiků v ČR

Domovní čistírny odpadních vod do 50 EO, stejně jako septiky jsou vyráběny jako prefabrikované CE (vyrobena v Evropské unii) výrobky. Nejčastěji se jedná o plastové nádrže s mechanicko-biologickým čištěním. Rozměry a spotřeba elektrické energie objektu se odvíjí od počtu připojených ekvivalentních obyvatel. Vhodný výběr DČOV nebo septiku závisí na požadované kvalitě vyčištěné vody, stylu vypouštění a finančních podmínkách investora. Důležitým kritériem je pravidelnost nátoku na čistírnu, tedy je zájmová lokalita využívána k trvalému pobytu. Samotné kritérium splňuje mnoho výrobců jako jsou například firmy: Sineko, Envipur, Ekocis, Topolwater, Aquatec USBF, ASIO, Hellstein, EKOPLAST Telč, Ekomonitor a další. Jako zástupci jednotlivých systémů byly vybrány firmy ASIO, Ekocis a Hellstein s konkrétními výrobky.

### **Anaerobní separátor AS–ANASEP + zemní filtr AS–ZEON**

Česká firma ASIO nabízí systém na principu anaerobního čištění odpadních vod vhodný zejména pro nerovnoměrně obývané objekty (víkendové domy, chaty). Dále je možné využití v místech, kde není zavedena elektrická energie. V podstatě se jedná o čtyřkomorový septik uspořádaný jako přepážkový anaerobní reaktor s prostory pro separaci nerozpuštěných látek. Prefabrikovaná beztlaká vodotěsná podzemní nádrž je vyrobena z termoplastu. Průtok anaerobním separátorem je optimalizován na základě v praxi ověřeného matematického modelu.

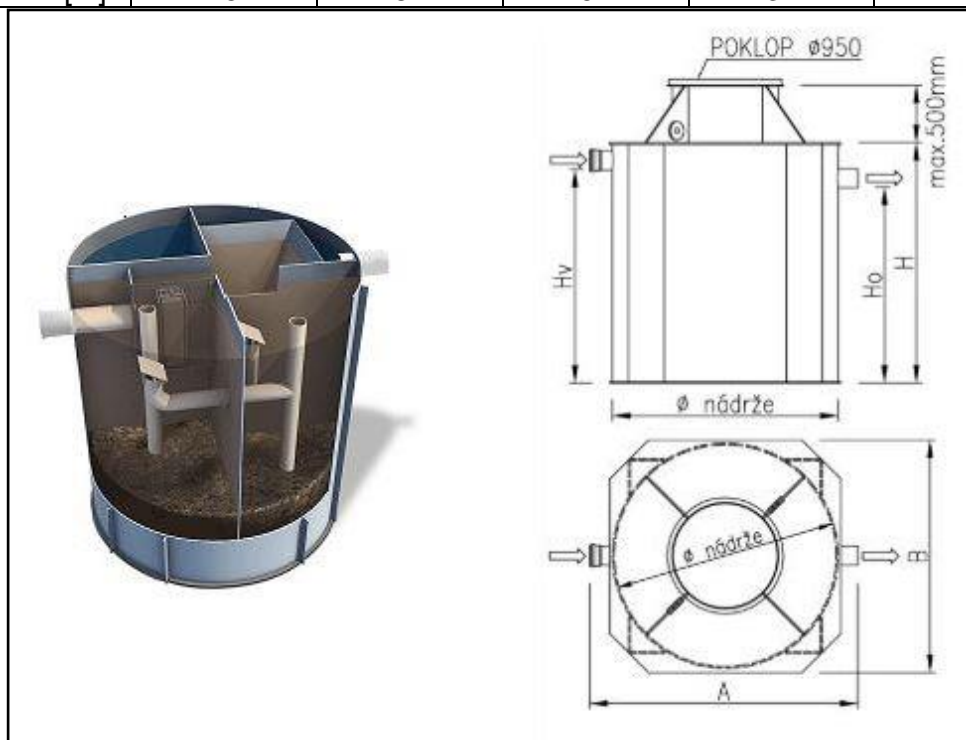
Technologie anaerobního separátoru AS–ANASEP je založena na inovaci tradičního septiku dle norem EN 12566-1 a ČSN 75 6402 s optimalizovaným prouděním v celém objemu nádrže. Konstrukce je navržena pomocí modelovacího programu. Na *obrázku č. 10* je možné vidět schéma čistírny s rozdělením jednotlivých komor.

AS–ANASEP má vyšší účinnost čištění oproti klasickému septiku, tedy nižší nároky na dočištění. Hlavní výhodou jsou nízké provozní náklady, protože AS–

ANASEP nepotřebuje přísun elektrické energie. Účinnost čištění je uvedena v *tabulce č. 2*. Podobné řešení nabízí mimo jiné firma Sineko.

*Tabulka 2 Účinnost čištění naměřena při zkoušce dle ČSN EN 2566-1 [7] - Anaerobní separátor AS-ANASEP*

Parametr	BSK <sub>5</sub>	CHSK	NL	N <sub>celk.</sub>	P <sub>celk.</sub>
Odtok [mg/l]	50	124	19	38,3	7,56
Účinnost [%]	75	81	94	32	45



*Obrázek 10 Schéma AS-ANASEP [7].*

K anaerobnímu separátoru výrobce doplňuje biologicky vertikálně protékany zemní filtr AS-ZEON. Je navržen jako druhý stupeň dočištění za septik nebo čistírnu odpadních vod. Jedná se o beztlakovou podzemní nádrž z termoplastu naplněnou zeolitovou drtí a štěrkem. Jednotlivé frakce a materiál je znázorněn v *obrázku č. 3*. Filtr odpovídá normě ČSN EN 12566-6 „*Malé čistírny odpadních vod do 50 ekvivalentních obyvatel – Část 6: Prefabrikované čistírny pro dočištění odpadních vod ze septiků*“.

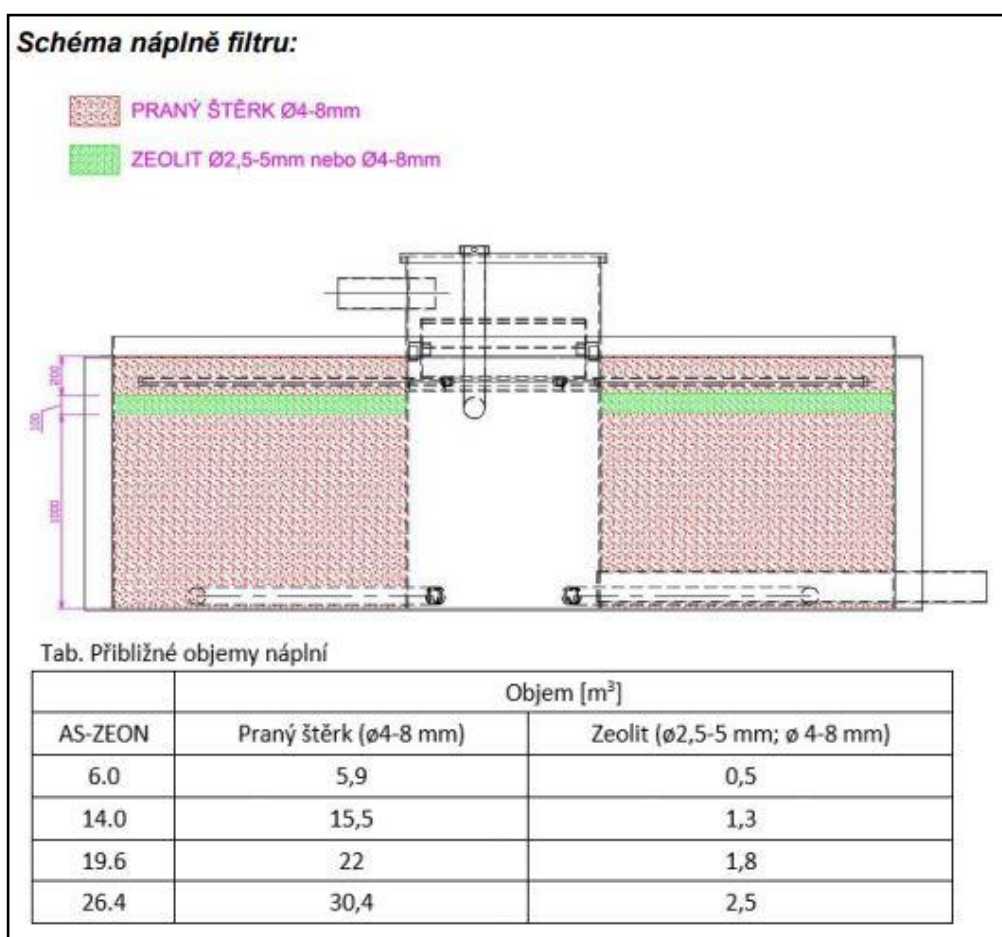
Filtr je samonosný, to znamená, že není třeba ho staticky zajišťovat. Plnění filtru je pomocí překlápěcího zařízení. V něm se nejprve odpadní voda nahromadí, a poté se vlastní vahou překlopí a vylije na celou plochu zemního



filtru. Kombinací čistícího procesu AS–ANASEP + AS–ZEON lze dosáhnout vysoké účinnosti, která je uvedena v *tabulce č. 3*. Zemní filtr je možné doplnit čerpadlem, aby výtok byl ve stejné výšce jako nátok. Firma ASIO nabízí souhrnný produkt AS–ANASEP + AS–ZEON za cenu 154 200,-Kč s DPH [7].

*Tabulka 3 Účinnost čištění naměřená při zkoušce dle ČSN EN 12566-6 [7] - Zemní filtr pro dočištění AS–ZEON*

Parametr	BSK <sub>5</sub>	CHSK	NL	N <sub>celk.</sub>	P <sub>celk.</sub>
Odtok [mg/l]	3,9	32	4,9	19	5,29
Účinnost [%]	88	69	70	90	26



*Obrázek 11 Schéma AS-ZEON [7].*

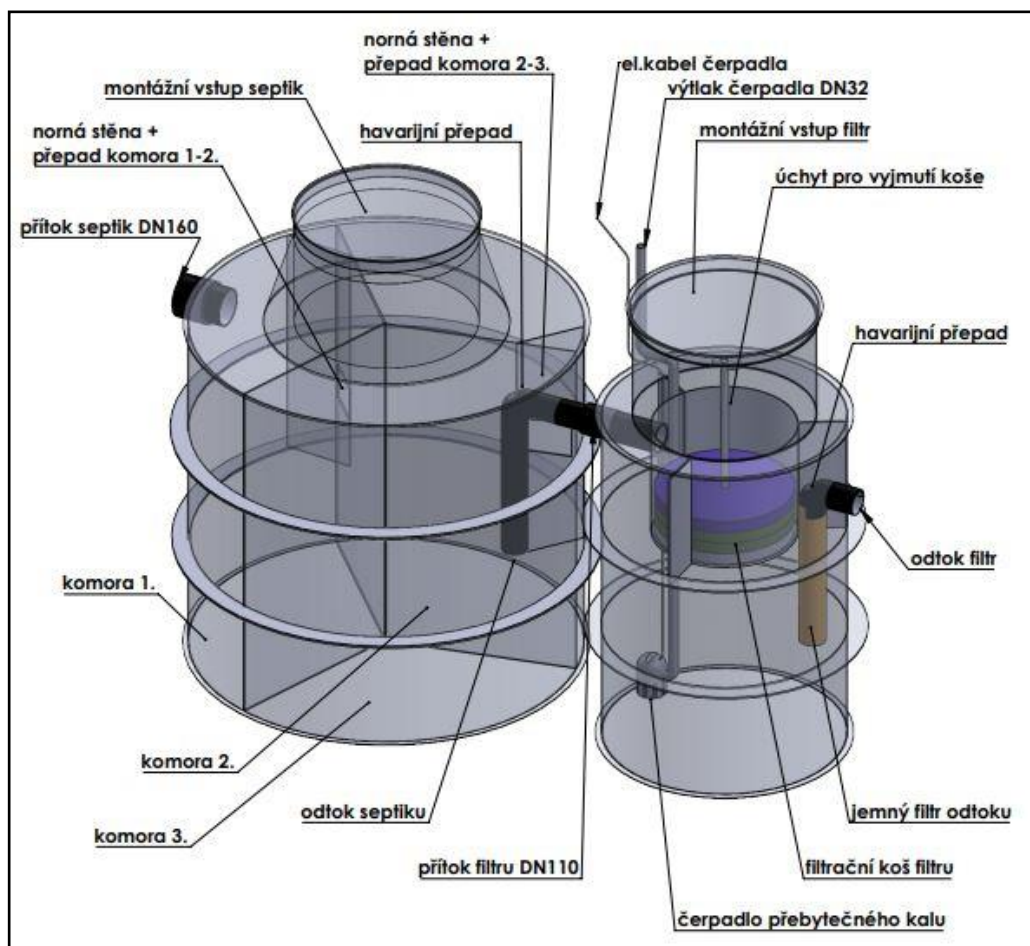
## **Tříkomorový septik SK1–EK + biologický filtr BF1–EK**

Česká firma Ekocis nabízí tříkomorový septik SK1–EK doplněný o biologický filtr BF1–EK pro 2–5 ekvivalentních obyvatel. Tato kombinace plní funkci ČOV u objektů s nízkým zatížením a nepravidelným nátokem. Septik s filtrem jsou samostatné válcové vodotěsné nádoby z plastu. Celý objekt lze zabudovat do země nebo umístit na terén jako samonosné nádoby. Vysoká tuhost je zajištěna masivním žebrováním v plášti nádob. Septik má přítokové hrdlo DN160 a odtokové potrubí DN110. Filtr je opatřen přítokovým hrdlem DN110 a odtokovým potrubí DN110. V jednotlivých komorách septiku dochází k oddělení nerozpuštěných látek sedimentací a k anaerobní stabilizaci kalu. Kontrola stavu nádrží je možná pomocí středového vstupního otvoru. Předčištěná voda natéká přes filtrační koš s filtrační vložkou do biologického filtru. Filtrační koš je nutné pravidelně čistit. Biomasu vytvořenou na filtru je nutné odčerpát vestavěným kalovým čerpadlem. Na odtoku filtru je umístěna jemná filtrační vložka v PP potrubí DN100, která dočišťuje zbytkové nečistoty. Vložku je nutné zhruba dvakrát ročně čistit. Schéma septiku s filtrem je popsáno v *obrázku č. 12*. Účinnost čistícího procesu je v *tabulce č. 4*. Firma Ekocis dále nabízí variantu se zemním filtrem.

Obsyp septiku a filtru se provádí pískem nebo prosetou zeminou. Pokud se vyskytne hladina podzemní vody nad základovou spárkou, je nutné objekt obetonovat. Technické provedení septiku a filtru může být upraveno pro konkrétní podmínky např. úprava výšky. Objekt je krytý pochozím poklopem. Firma Ekocis nabízí produkt SK1–EK + BF1–EK za cenu 43 197,-Kč s DPH [34]. Podobný systém nabízí firma Ekomonitor.

Tabulka 4 Účinnost čištění naměřená při zkoušce dle EN 12566-3+A2 [34] - SK1 - 5-EK

Parametr	BSK <sub>5</sub>	CHSK <sub>CR</sub>	NL	N <sub>celk.</sub>	P <sub>celk.</sub>
Odtok [mg/l]	30	110	30	20	8
Účinnost [%]	95	90	95	85	80



Obrázek 12 Schéma SK1+BF1 [34].

## Domovní čistírna STMH5 + kalová nádrž U2

Česká firma Hellstein nabízí čistírnu odpadních vod STMH5 s nádrží U2 na uskladnění kalu. Membránový kompresor, který zajišťuje provzdušnění, se nachází uvnitř kulové plastové nádrže. Vnitřní prostor koule je rozdělen na 2 části dutou příčkou. Biorotor s bublinkovým pohonem je umístěn ve větší části nádrže. V čistírně probíhá kombinovaný biologický proces aktivovaným kalem. Kal je přisedlý na plochách biodisku, a také ve vznosu. V celém čistícím procesu nesmí být obsaženy přídatné chemikálie. V dosazovacím prostoru dochází k oddělení aktivovaného kalu od vyčištěné vody, která odtéká přepadem a kal je vrácen

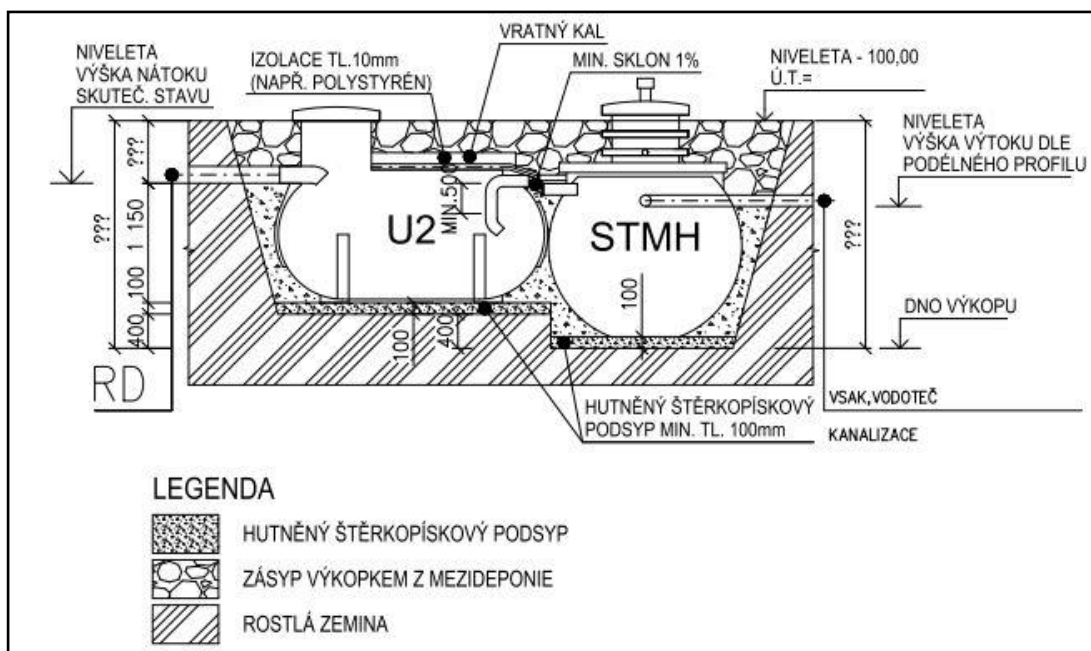


zpátky pod biodisk. Přebytečný kal je aerobně stabilizovaný, na vzduchu se nerozkládá, není toxický ani nezapáchá. Odčerpaný kal se skladuje v usazovací nádrži U2 s objemem 2 m<sup>3</sup>. Výhodou je sofistikovaný mechanismus dmyhadla, který nejen dodává vzduch do procesu, ale i otáčí biodiskem. Schéma dílčích objektů čistírny STMH5 je na *obrázku č. 13*. Podobný systém nabízí firma Envipur, která využívá membránové dmyhadlo s příkonem 50 W/h.

Spotřeba elektrické energie čistícího objektu je 30 W/h. Domovní čistírna odpadních vod STMH5 je vhodná pro pravidelný i nárazový nátok. Účinnost čistícího procesu je uvedena v *tabulce č. 5*. Napojení dešťové kanalizace do ČOV není možné, protože by přívalový déšť mohl vyplavit aktivovaný kal. Firma Hellstein nabízí produkt STMH5 + U2 za cenu 159 764,-Kč s DPH [35].

*Tabulka 5 Účinnost čištění STMH5 dle EN 12566-3+A2 [35] - ČOV STMH5*

Parametr	BSK <sub>5</sub>	CHSK <sub>CR</sub>	NL	N <sub>celk.</sub>	P <sub>celk.</sub>
Odtok [mg/l]	25	100	25	-	-
Účinnost [%]	94	87	93	59	80



*Obrázek 13 Schéma STHM+U2 [35].*

## 9. Vyhodnocení průzkumu a výběr řešení

### 9.1. Shrnutí informací o dostupných systémech ČOV a septiků

Jednotliví výrobci domovních ČOV a septiků se liší systémy čistících procesů, účinností čištění a finančně. Vícekomorové septiky se zemními nebo biologickými filtry na dočištění splaškové odpadní vody mají hlavní výhodu v tom, že čistící proces nepotřebuje dodávání elektrické energie. Tyto systémy vyrábějí mimo jiné firmy ASIO a Ekocis. Obecně se dá říci, že vícekomorové septiky mají nižší účinnost čištění oproti domovním ČOV, proto je nutné za septik umístit další stupeň čištění odpadní vody ve formě zemního nebo biologického filtru. Samotné filtry mají omezenou dobu životnosti (cca 15 let), a také jsou náročné na zastavěnou plochu. Z ekonomického hlediska jsou septiky levnější než DČOV. Septiky potřebují pravidelnou údržbu ve formě čištění filtračních vložek nebo košů.

Domovní ČOV od firmy Hellstein nepotřebuje dodatečnou úpravu ve formě filtru, protože vykazuje vysokou účinnost čištění. Výhodou je malý zastavěný prostor, spolehlivý systém, a také akceptace nárazového nátoku po zapracování systému. Další výhodou je čištění OV pomocí aerobního prostředí s rotačním biodiskem, které se v současnosti využívá také na centrálních ČOV. Nevýhodou je vysoká pořizovací cena a stálý příkon elektrické energie (30 W/h). Porovnání jednotlivých výrobců je v *tabulce č. 6*.

*Tabulka 6 Porovnání hodnot výrobců s Nařízením vlády č. 401/2015 Sb. (ES) [10].*

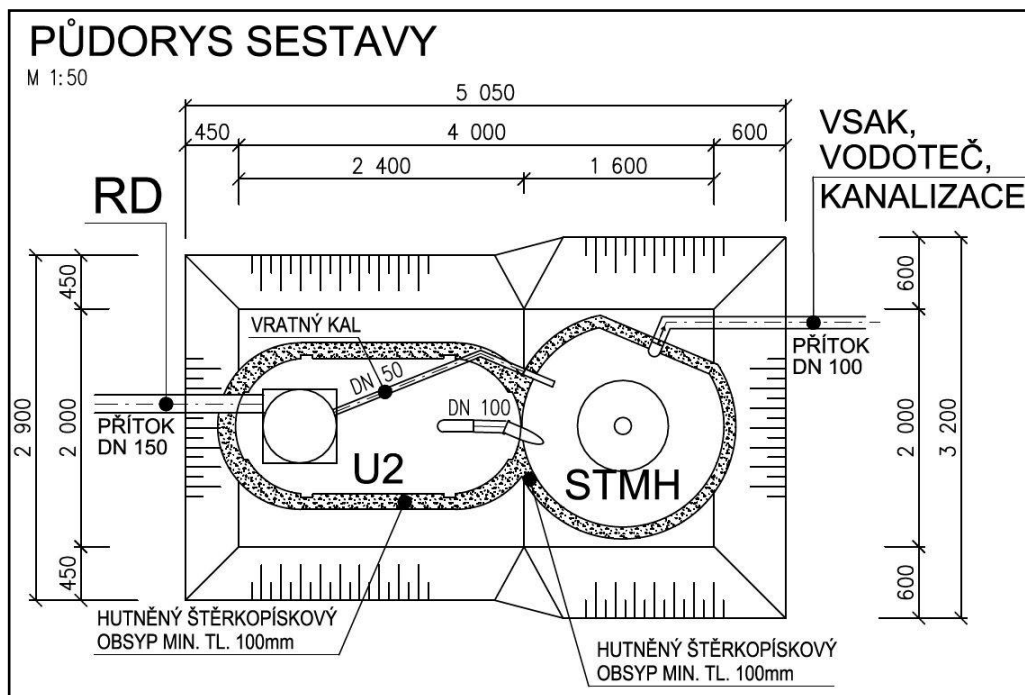
Firma	Parametr	BSK <sub>5</sub>	CHSK	NL	N <sub>celk.</sub>	P <sub>celk.</sub>
ASIO	Odtok [mg/l]	50	124	19	38,3	7,56
	Účinnost [%]	75	81	94	32	45
Ekocis	Odtok [mg/l]	30	110	30	20	8
	Účinnost [%]	95	90	95	85	80
Hellstein	Odtok [mg/l]	25	100	25	-	-
	Účinnost [%]	94	87	93	59	80
Emisní standardy	Min. účinnost čištění	70	80	-	-	-

Vhodný výběr řešení s nakládáním splaškových OV závisí na požadované kvalitě vyčištěné vody, stylu vypouštění a finančních podmínkách investora. Důležitým kritériem je nepravidelnost nátoků na čistírnu, protože se jedná o rekreační objekt s nárazovým provozem. Dalším faktorem výběru vhodného řešení je zastavěná plocha. Při výběru je třeba myslet na údržbu a možnost adaptace v budoucnosti na trvalé obydlení objektu (výhledově 10 let).

## 9.2. Návrh řešení

### Výběr dodavatele

Jako nejvhodnější systém čištění splaškových odpadních vod pro rekreační objekt č. ev. 485 se jeví systém čištění STMH5 od firmy Hellstein. Výhodou systému je malá zastavěná plocha, vysoká účinnost čištění (není třeba další stupeň čištění) a schopnost procesu pracovat při nárazovém čištění. Další výhodou je bezproblémová adaptace na případné trvalé bydlení. Výhodou je také fakt, že domovní čistírna STMH5 nepotřebuje pravidelnou údržbu ve formě čištění filtračních vložek nebo košů. Jelikož čistírna nepotřebuje další stupeň čištění, není třeba zhruba každých 15 let měnit filtr. Tato domovní ČOV je schopna fungovat bez potíží po dobu 45 dní bez nátoků, za předpokladu, že je systém správně zapracován. Oproti ostatním výrobcům domovních ČOV je tato doba více než dvojnásobná. Záruční doba elektropřístrojů je 2 roky, vestavby 5 let a samotné nádrže 25 let. Naopak nevýhodou jsou vysoké náklady a stálý elektrický příkon (30 W/h). Systém zdroje napájení elektrickou energií bude popsán v následující kapitole. Možnost zazimování čistírny v zimních měsících zahrnuje vyčerpání nádrže U2 a následné její naplnění čistou vodou. Po opětovném zapojení čistírny do sítě je třeba dodat bakterie pro vytvoření aktivovaného kalu, aby se urychlilo zapracování procesu. Za čistírnu STMH5 je možné umístit nádrž na vyčištěnou vodu A2 s objemem 2 m<sup>3</sup>, do které může být svedena i dešťová voda ze střechy rekreačního objektu č. ev. 485. Tato nádrž může být dodatečně vybavena čerpadlem pro možnost zálivky zahrady a přepadem navazující na potrubí, které ústí do recipientu. Půdorys objektu STMH5+U2 je na *obrázku č. 14*, řez objektem je na *obrázku č. 13*.



Obrázek 14 Půdorys STMH5+U2 [35].

Při výstavbě domovní ČOV je třeba postupovat dle zákona o vodách č. 254/2001 Sb., protože se jedná o vodní dílo. Jsou dvě možnosti, jak postupovat pro získání povolení od vodoprávního úřadu. Prvním je povolení vodoprávního úřadu, druhým je ohlášení vodoprávnímu úřadu [36].

Projektová dokumentace domovní ČOV musí obsahovat: průvodní zprávu, souhrnnou technickou zprávu, situaci širších vztahů, celkový situační výkres, koordinační výkres, katastrální situační výkres, dokumentaci stavby, podélný profil, dispozici stavby, jednotlivé technické výkresy (ČOV, akumulární nádrž, usazovací jímka, revizní šachta, uložení potrubí, atd.), závazná stanoviska úřadů, prohlášení o shodě a provozní řád.

V rámci bakalářské práce byl vytvořen koordinační výkres, který může být použit v projektové dokumentaci viz *příloha č. 2*.

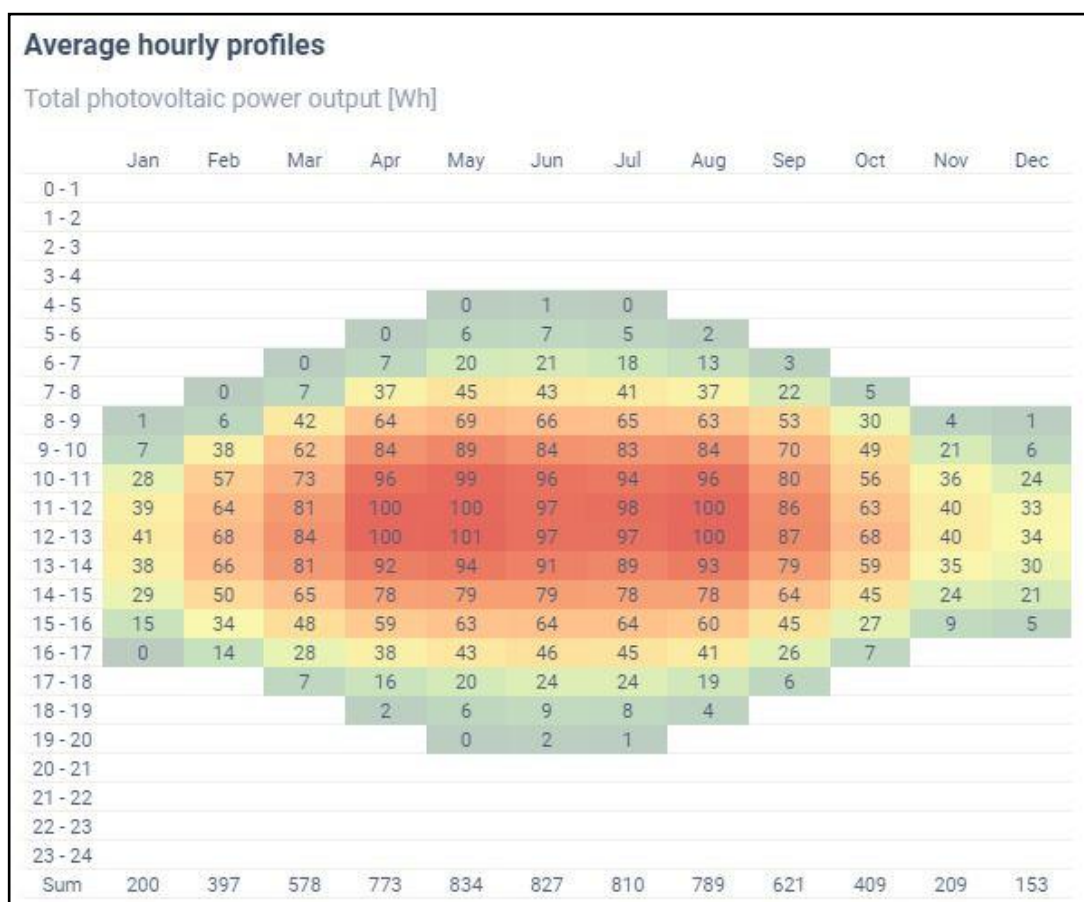
Dotčené pozemky jsou: parcelní číslo 100/2 o výměře 413 m<sup>2</sup> a parcelní číslo 103 o výměře 209 m<sup>2</sup>. Vlastníkem obou dotčených pozemků je otec Ing. Dan Vrba. Tyto pozemky jsou znázorněny v koordinační situaci v *příloze č. 2*.

## Solární panel jako zdroj elektrické energie pro STMH5

Konstantní příkon domovní čistírny STMH5 je 30 W/h. Jako hlavní zdroj potřebné elektrické energie jsem navrhnul fotovoltaický solární panel pro pokrytí této spotřeby. Firma Hellstein takové řešení nenabízí, proto jsem vytvořil svůj vlastní návrh. Jelikož se jedná o rekreační objekt, plánovaná doba každoročního provozu je od začátku března do začátku října (214 dní). Denní spotřeba elektrické energie je 720 Wh. Pokud vynásobíme denní spotřebu celkovým počtem dnů, získáme požadovanou spotřebu 154,1 kWh. Minimální hodnota pro měsíc dlouhý 31 dní je 22,32 kWh, která se spočítá vynásobením potřebné denní energie a počtem dní v měsíci.

K navržení kapacity solárního panelu jsem použil program Global Solar Atlas, který obsahuje solární statistiky pro vybranou lokalitu. Po zadání souřadnic pro obec Kotelice bylo zjištěno, že pro požadovanou elektrickou spotřebu domovní čistírny STMH5 bude potřeba panel o velikosti 200 W. Tato kapacita solárního panelu je dostačující k dodání většiny elektřiny, kterou domovní čistírna spotřebuje mezi začátkem března a začátkem října. Na *obrázku č. 15* je znázorněn graf průměrné hodinové generace elektrické energie během roku solárním panelem o kapacitě 200 W. Pokud vynásobíme celkovou hodnotu vygenerované energie během průměrného dne počtem dní v jednotlivém měsíci, získáme hodnotu, která udává průměrnou vygenerovanou energii pro daný měsíc. Během měsíce března, který je během provozní doby domovní čistírny nejslabším měsícem, vygeneruje solární panel 17,9 kWh, což je o 4,4 kWh méně, než je minimální požadovaná energie. Druhým nejslabším měsícem je září, které nedosáhne na minimální požadovanou energii o 3,1 kWh. U těchto dvou měsíců se předpokládá sekundární dodávání elektrické energie ze sítě, pokud nebude stačit vygenerovaná energie ze solárního panelu. Ostatní měsíce vygenerují větší množství energie, než je potřeba. Nutno zmínit, že optimální navržení solárního panelu je poměrně složitá operace, vzhledem k tomu že se musí najít co možná nejvyrovnanější rozpětí mezi minimální a maximální hodnotou generované energie pro danou spotřebu čistírny, která je konstantní [37].

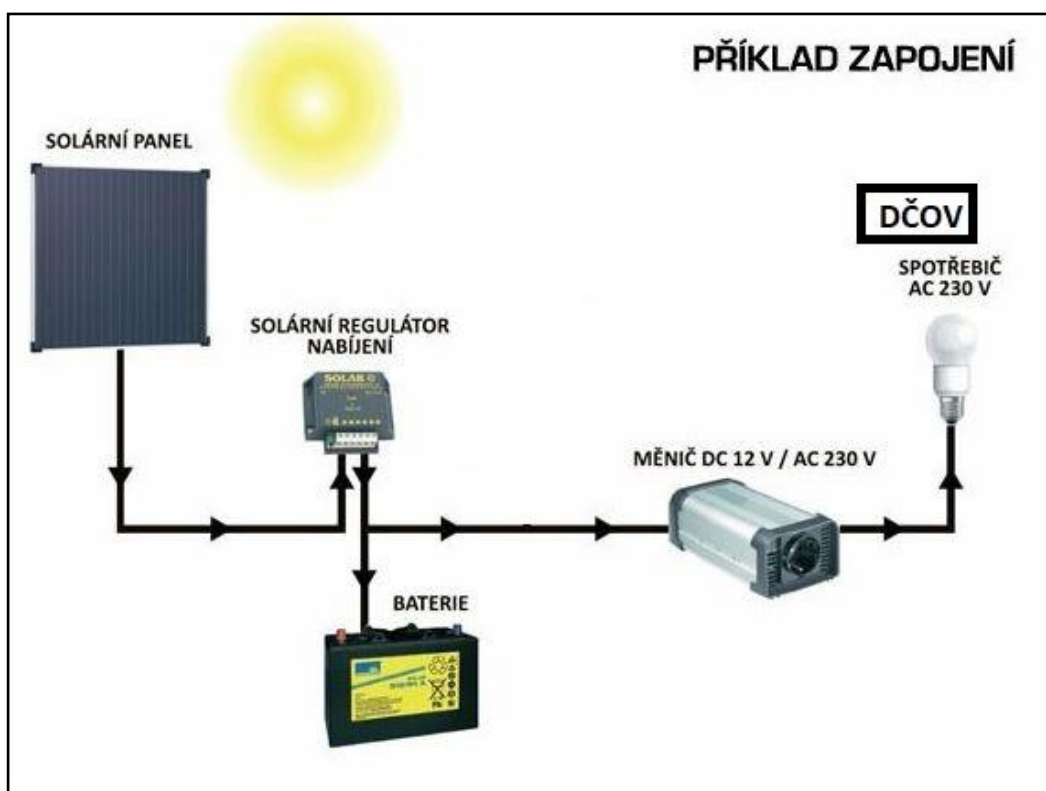
Pro tento projekt jsem vybral solární panel o maximální kapacitě 200 W a napětí 24 V, vyrobený z monokrystalického křemíku. Monokrystalické články jsou uloženy v duralovém rámu o výšce 35 mm, který je krytý sklem. Rozměry jsou 1580x808x35 mm. Pracovní teplota je -45 až +85 °C. Solární panel je upevněný na samostatné ocelové konstrukci ve výšce 1,5 m nad terénem pod úhlem 36° a orientovaný na jih (azimutálně 180°), což je doporučený sklon solárního panelu pro zeměpisnou šířku obce Kotelice [38].



Obrázek 15 Průměrná hodinová generace energie během roku [37].

Dalším krokem bylo navržení velikosti baterie, která je potřeba k dodání konstantní energie pro spotřebu čistírny. Pokud z obrázku č. 15 odečteme hodinovou generaci energie a hodinové příkony čistírny dostaneme pro každou hodinu kladnou nebo zápornou hodnotu. Sečtením hodnot, které nepokryjí příkon 30 W, získáme teoretickou velikost baterie, což je pro nejslabší měsíc březen 438 Wh. Vzhledem k tomu, že podle dostupných informací jsou lithiové baterie v tak malé kapacitě stále velice drahé a nedostupné, rozhodl jsem se navrhnout

system s trakční baterií. Výrobci trakčních baterií nedoporučují vybití více než na polovinu jejich kapacity k dodržení optimální životnosti baterie. Proto jsem zvolil dvojnásobnou velikost baterie oproti teoretické velikosti baterie, tedy 876 Wh. Vydělením kapacity baterie a 24 V (což je napětí vybraného solárního panelu) jsem získal kapacitu baterie 36,5 Ah, což je hodnota, kterou uvádí výrobci baterií. Jako vhodná baterie pro potřebnou akumulaci energie jsem vybral trakční baterie Ultracell UCG40-12 s napětím 12 V a kapacitou 40 Ah [39]. K dosažení napětí 24 V, jsou potřeba 2 tyto baterie s kapacitou 40 Ah pro každou z nich. Příklad zapojení solárního panelu viz *obrázek č. 16*. Dále je potřeba solární regulátor, měnič napětí, kabely a spojky pro správnou funkčnost celého systému [40].



Obrázek 16 Příklad zapojení solárního panelu [39].

### Finanční rozpočet

Finanční rozpočet byl sestaven na základě cenové nabídky firmy Hellstein viz *příloha č. 1* a internetového průzkumu prodejců solárních panelů a potřebných

komponentů pro systém výroby a akumulace fotovoltaické energie. Finální souhrn nákladů je uveden v *tabulce č. 7*.

*Tabulka 7 Předběžný souhrn nákladů. Zdroj: vlastní tabulka.*

<b>Produkt</b>	<b>Cena s DPH</b>
Nabídka firmy Hellstein	159 764 Kč
Výkopové práce	10 000 Kč
Solární panel	3 750 Kč
Baterie 2x	4 398 Kč
Měnič napětí	399 Kč
Solární regulátor	784 Kč
Kabely, el. Spojky	450 Kč
<b>CELKOVÁ CENA</b>	<b>179 545 Kč</b>

## **10. Vyhodnocení kvality vody v recipientu**

Kvalita vody byla vyhodnocena na základě více měření (4 měření pro ukazatele měřené elektrochemicky a 2 měření pro ukazatele stanovované v laboratoři) pro možnost zachycení variability při různých vodních stavech a různých meteorologických podmínkách. Ukazatele měřené elektrochemicky, tj. pomocí multiparametrického přístroje Hach HQ40d přímo v místě: pH, teplota, konduktivita a rozpuštěný kyslík viz *obrázek č. 17* a *tabulka č. 8*. Ukazatele měřené v laboratoři, na Fakultě stavební ČVUT v Praze, pracovišti katedry Zdravotního a ekologického inženýrství: dusičnanový dusík, amoniový dusík, celkový fosfor, vápník, celková tvrdost (Ca+Mg), chloridy, CHSK, TOC, železo, mangan, viz *obrázek č. 18* a *tabulka č. 9*. Veškeré měření probíhalo v období březen–květen v roce 2020.





Obrázek 17 Měření přístrojem v rybníčku. Zdroj: vlastní archiv.

Tabulka 8 Hodnoty naměřené přístrojem v recipientu a porovnání s Nařízením vlády č. 401/2015 Sb. (NEK) [10].

Název	Jednotky	15.3.	5.4.	26.4.	10.5.	Průměr	NEK
Konduktivita	[ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	88,1	87,7	103,2	103,8	<b>95,7</b>	-
Rozpuštěný kyslík	[mg/l]	9,5	9,5	9,0	9,0	<b>9,3</b>	>9
Rozpuštěný kyslík	[%]	78,7	86,8	85,1	104,1	<b>88,7</b>	-
pH	[-]	7,6	7,5	7,4	7,5	<b>7,5</b>	5–9
Teplota vody	[ $^{\circ}\text{C}$ ]	5,4	9,8	10,9	18,6	<b>11,2</b>	29



Obrázek 18 Měření v laboratoři. Zdroj: vlastní archiv.

Tabulka 9 Ukazatele stanovované v laboratoři a porovnání s Nařízením vlády č. 401/2015 Sb. (NEK) [10].

Název	Vzorec	Jednotky	6.4.	27.4.	Průměr	NEK
Dusičnany	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	[mg/l]	0,86	0,36	<b>0,61</b>	5,40
Amonium	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	[mg/l]	0,02	0,06	<b>0,04</b>	0,23
Železo	Fe	[mg/l]	0,19	-	<b>0,19</b>	1,00
Mangan	Mn	[mg/l]	*PMD	-	-	0,30
Fosfor	celk. P	[mg/l]	0,11	0,68	<b>0,39</b>	0,15
Vápník	Ca	[mg/l]	8,00	24,00	<b>16,00</b>	190,00
Vápník+Hořčík	Ca+Mg	[mmol/l]	0,60	1,00	<b>0,80</b>	-
Chloridy	Cl <sup>-</sup>	[mg/l]	3,55	14,20	<b>8,88</b>	150,00
Chem. Spotřeba kyslíku	CHSK	[mg/l]	23,40	18,10	<b>20,75</b>	26,00
Celkový uhlík	TOC	[mg/l]	14,60	11,30	<b>12,95</b>	10,00

\*PMD: Pod mezí detekce, mez detekce pro Mn 0,01 mg/l.

Analýza základních ukazatelů kvality vody ukázala, že potenciální recipient vyčištěné OV – rybníček má dobrou kvalitu vody. Porovnával se průměr naměřených hodnot s Nařízením vlády č. 401/2015 Sb., konkrétně s ukazateli vyjadřující stav povrchové vody – normou environmentální kvality (NEK). Limit nesplnil pouze celkový fosfor a TOC viz *tabulka č. 8*. Během období od 15.3. do 10.5., kdy probíhalo měření, se klimatické podmínky měnily. V únoru a na začátku března bylo dostatek srážek oproti měsíci dubnu a květnu. Hladina v rybníčku klesala a hlavní přítokem byl spodní pramen. Tato okolnost se projevila v naměřených hodnotách zvýšením obsahu rozpuštěného kyslíku, konduktivity, fosforu, vápníku a chloridů. Naopak byl zaznamenán pokles obsahu dusičnanů, CHSK a TOC.

Zhodnocení aktuální kvality vody v rybníčku bude sloužit v budoucnu k posouzení správné funkce instalované DČOV. Cílem je, aby se kvalita v recipientu udržela na minimálně takové úrovni, na jaké je v současnosti.

## Závěr

Předmětem bakalářské práce bylo navržení řešení nakládání se splaškovými odpadními vodami u rekreačního objektu č. ev. 485 v obci Kotelice v Ústeckém kraji. Hlavním cílem bylo navrhnout konkrétní řešení pro daný objekt na základě vybraných výrobců domovních ČOV a septiků.

Z internetového průzkumu výrobců DČOV a septiků bylo zjištěno, že se výrobky jednotlivých výrobců liší nejen cenově, ale i účinností a způsobem čistícího procesu. Vhodnost konkrétního řešení pro zájmový, již zmíněný rekreační objekt se posuzovala na základě několika kritérií: nepravidelný nátok splaškové odpadní vody, případná adaptace na trvalé bydlení v budoucnu, malá zastavěná plocha, vysoká účinnost čištění OV, cenová dostupnost.

I přes finančně nejnákladnější systém se vybralo jako nejvhodnější řešení čištění OV od firmy Hellstein. Hlavní přednosti této DČOV byly vysvětleny v kapitole 9.2 – Výběr dodavatele. Nevýhoda ve formě stálého příkonu elektrické energie se vyřešila návrhem solárního panelu s akumulací energie ve dvou trakčních bateriích. Předběžný finanční rozpočet byl sestaven na základě cenové nabídky prodejců.

Voda v recipientu (rybníčku) se stanovila jako kvalitní vodní zdroj díky několika měřením na místě a v laboratoři. Změřené hodnoty se v budoucnu použijí při zpracování projektu domovní ČOV.

## Citovaná literatura

- [1] hydrotech, „hydrotech-group,“ 2020. [Online]. Available: <https://www.hydrotech-group.com/cz/>. [Přístup získán 4 2020].
- [2] MŽP, „Ministerstvo životního prostředí,“ 2020. [Online]. Available: <https://www.mzp.cz/cz/voda>. [Přístup získán 3 2020].
- [3] „ČSN EN 1085 (75 0160) - Čištění odpadních vod“. 9 2007.
- [4] J. Sojka, Stavíme malé čistírny odpadních vod, 2. aktualizované vydání editor, Brno: ERA, 2004, pp. 1-11, 56-59,49, 50-52, 52-53, 55-56, 56-67, 33-34, 40-48.
- [5] J. Bindzar a kol., Základy úpravy a čištění vod, Praha: VŠCHT Praha, 2009, pp. 40, 47, 76, 36, 37, 38.
- [6] „ČSN 75 0161 - Terminologie v inženýrství odpadních vod“. ČR 11 2008.
- [7] ASIO, „Čištění a úprava vod,“ 2020. [Online]. Available: <https://www.asio.cz>. [Přístup získán 3 2020].
- [8] tzbinfo, „ČOV,“ 2020. [Online]. Available: <https://voda.tzb-info.cz>. [Přístup získán 4 2020].
- [9] ČR, „Zákon o vodovodech a kanalizacích č. 274/2001 Sb.,“ 2001.
- [10] „Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.“. ČR 12 2015.
- [11] ČR, „Zákon o vodách č. 254/2001,“ 2001.
- [12] J. Malý a J. Malá, Čištění odpadních vod, ISBN: 978-80-7399-785-4 editor, Brno: Tribun EU, 2009, p. 23.
- [13] M. Winkler, „Optimální poměry nutrientů pro čištění odpadních vod,“ HACH, 2000.
- [14] MŽP, „Integrovaný register znečišťování,“ [Online]. Available: <https://www.irz.cz>. [Přístup získán 3 2020].
- [15] V. Krejčí a kol., Odvodnění urbanizovaných území - Koncepční přístup, ISBN: 80-86020-39-8 editor, Brno: NOEL 2000, 2002, pp. 19, 20.

- [16] M. Dohányos, J. Koller a N. Strnadová, Čištění odpadních vod, Praha, ČR: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2011, pp. 36-41, 62-65, 86, 87-89, 90, 124-130, 28-30.
- [17] „Nařízení vlády č. 57/2016 Sb.“. ČR 2 2016.
- [18] „Novela vodního zákona č. 254/2012 Sb.“. ČR 1 2019.
- [19] L. Vaňková, „Voda základ života,“ 9 2017. [Online]. Available: <http://www.vodazakladzivota.cz>. [Přístup získán 4 2020].
- [20] „Sustainable Earth Technologies,“ Newcastle, Australia, [Online]. Available: <https://www.sustainable.com.au>. [Přístup získán 4 2020].
- [21] „Green roofs for healthy cities,“ Toronto, Canada, [Online]. Available: <https://greenroofs.org>. [Přístup získán 4 2020].
- [22] S. Rahmstorf, „Zelené střechy a fasády,“ [Online]. Available: <https://www.obnovitelne.cz>. [Přístup získán 4 2020].
- [23] „Státní fond životního prostředí České republiky,“ [Online]. Available: <https://www.sfzp.cz>. [Přístup získán 4 2020].
- [24] D. Ing. Vrba, „Kotelice Kuttlitz,“ 2009. [Online]. Available: <https://kotelice.webnode.cz/>. [Přístup získán 4 2020].
- [25] „Google Maps,“ [Online]. Available: <https://www.google.cz/maps/place/Kotelice>. [Přístup získán 4 2020].
- [26] „Centrální evidence vodních toků,“ [Online]. Available: <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/aplikace/cevt.html>. [Přístup získán 4 2020].
- [27] Seznam.cz, „mapy.cz,“ 2020. [Online]. Available: <https://mapy.cz>. [Přístup získán 4 2020].
- [28] HEIS.VUV.TGM, „Základní vodohospodářská mapa,“ 2012. [Online]. Available: <https://heis.vuv.cz>. [Přístup získán 4 2020].
- [29] Č. g. ústav, „Hydrogeologické mapa ČR, list 02-41“. ČR 7 1991.
- [30] „Český hydrometeorologický ústav,“ Režim podzemních vod, [Online]. Available: <http://voda.chmi.cz/opzv/>. [Přístup získán 4 2020].
- [31] Č. ú. z. a. katastrální, „Katastr nemovitostí“. ČR 2020.
- [32] „Novela vodního zákona č. 113/2018 Sb.“. ČR 2019.

- [33] J. Felix a K. Hísek, Přírodou krok za krokem, ISBN: 80-00-00867 editor, Praha: Albatros, 2000, pp. 46, 60, 128.
- [34] EKOCIS, „Septik SK1-EK+biofiltr VF+-EK,“ 2020. [Online]. Available: <https://cistirny-cov.ekocis.cz/>. [Přístup získán 3 2020].
- [35] Hellstein, „STMH5+U2,“ 2020. [Online]. Available: <https://obchod.hellstein.cz/>. [Přístup získán 3 2020].
- [36] „Státní správa,“ Obor životního prostředí, [Online]. Available: <https://www.statnisprava.cz>. [Přístup získán 5 2020].
- [37] „Global solar atlas,“ 2020. [Online]. Available: <https://globalsolaratlas.info>. [Přístup získán 5 2020].
- [38] „A+A,“ MobilMarket, 2020. [Online]. Available: <https://www.aamobilmarket.cz>. [Přístup získán 5 2020].
- [39] „Battery import,“ 2020. [Online]. Available: <https://www.battery-import.cz>. [Přístup získán 5 2020].
- [40] *Konzultace s Ing. Jakubem Vrbou*, Edinburgh, Scotland, 2020.

## Seznam obrázků

Obrázek 1 Horní rozváděcí drenáž, filtrační lože a dolní sběrná drenáž, autor: Dan Vrba.....	15
Obrázek 2 Základní mapa, obec Kotelice, M 1:4 500 [27].....	20
Obrázek 3 Základní mapa vodohospodářská, M 1:50 000 [28]. ....	21
Obrázek 4 Stav hladiny podzemní vody v mělkých vrtech [30].....	22
Obrázek 5 Hydrogeologická mapa ČR, M 1:50 000 [29]. ....	23
Obrázek 6 Rekreační objekt č. ev. 485 I. [31]. ....	24
Obrázek 7 Rekreační objekt, č. ev. 485 II. Zdroj: vlastní archiv.....	25
Obrázek 8 Rybníček. Zdroj: vlastní archiv.....	26
Obrázek 9 Rekonstrukce (odbahnění) rybníčku 2011. Zdroj: vlastní archiv.....	27
Obrázek 10 Schéma AS-ANASEP [7].....	30
Obrázek 11 Schéma AS-ZEON [7]. ....	31
Obrázek 12 Schéma SK1+BF1 [34]. ....	33
Obrázek 13 Schéma STHM+U2 [35].....	34
Obrázek 14 Půdorys STMH5+U2 [35].....	37
Obrázek 15 Průměrná hodinová generace energie během roku [37]. ....	39
Obrázek 16 Příklad zapojení solárního panelu [39].....	40
Obrázek 17 Měření přístrojem v rybníčku. Zdroj: vlastní archiv.....	42
Obrázek 18 Měření v laboratoři. Zdroj: vlastní archiv. ....	43



## Seznam tabulek

Tabulka 1 Maximální přípustné hodnoty odtoku z ČOV <500 EO [10].....	7
Tabulka 2 Účinnost čištění naměřena při zkoušce dle ČSN EN 2566-1 [7] - Anaerobní separátor AS–ANASEP .....	30
Tabulka 3 Účinnost čištění naměřená při zkoušce dle ČSN EN 12566-6 [7] - Zemní filtr pro dočištění AS–ZEON.....	31
Tabulka 4 Účinnost čištění naměřená při zkoušce dle EN 12566-3+A2 [34] - SK1 - 5–EK .....	33
Tabulka 5 Účinnost čištění STMH5 dle EN 12566-3+A2 [35] - ČOV STMH5 .....	34
Tabulka 6 Porovnání hodnot výrobců s Nařízením vlády č. 401/2015 Sb. (ES) [10]. ....	35
Tabulka 7 Předběžný souhrn nákladů. Zdroj: vlastní tabulka. ....	41
Tabulka 8 Hodnoty naměřené přístrojem v recipientu a porovnání s Nařízením vlády č. 401/2015 Sb. (NEK) [10].....	42
Tabulka 9 Ukazatele stanovované v laboratoři a porovnání s Nařízením vlády č. 401/2015 Sb. (NEK) [10].....	43

# Seznam příloh

Příloha 1 Cenová nabídka firmy Hellstein

Příloha 2 Koordinační výkres, M 1:500