

ESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Hospodaření s vodou v objektu SPŠ na Proseku

VYPRACOVAL:

Bc. Ondřej Androník

VEDOUCÍ PRÁCE:

Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.

2021/2022



Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Praze 2.1.2022

Podpis:.....

Chtěl bych velice poděkovat rodičům a přítelkyni za vytrvalou podporu po celou dobu mého studia, dále panu Ing. Frolíkovi za podnětné, konstruktivní a cenné rady při psaní mé diplomové s v neposlední řadě panu Ing. Procházkovi a paní Ing. Syblíkové za poskytnuté materiály, informace a ochotu.

## Anotace

Diplomová práce je rozdělena do dvou částí, a to části teoretické a části praktické. V teoretické části uvádím základní dělení typů vody, problémy spojené s jejím současným nedostatkem a možnosti úspory pitné vody v budovách a sídlech. Pro lepší návaznost teoretické části diplomové práce na praktickou uvádím několik praktických příkladů systémů úspory pitné vody ve školských zařízeních. Závěrečná pasáž teoretické části popisuje konkrétní existující objekt Střední průmyslové školy na Proseku. V praktické části mé diplomové práci se zabývám návrhem úsporného řešení hospodaření s vodou v této budově. Cílem praktické části je vytvoření efektivního systému úspory pitné vody v tomto školském zařízení. Tohoto cíle bylo dosaženo návrhem opětovného využití přečištěných šedých vod v budově spolu s využitím dešťových vod. Výsledkem praktické části práce je zjednodušená projektová dokumentace tohoto systému spolu se základními bilančními výpočty spotřeby vody.

## Klíčová slova

Škola, šedá voda, dešťová voda, opětovné využití odpadních vod, hospodaření s vodou

## Annotation

The diploma thesis is divided into two parts, namely the theoretical part and the practical part. In the theoretical part I present the basic division of water types, problems associated with its current shortage of water and the possibility of saving drinking water in buildings and settlements. For a better connection of the theoretical part of the diploma thesis to the practical one, I present several practical examples of drinking water saving systems in school facilities. The final passage of the theoretical part describes the specific existing building of the Secondary Industrial School in Prosek. In the practical part of my diploma thesis I deal with the design of an economical solution for water management in this building. The aim of the practical part is to create an effective system of saving drinking water in this school facility. This goal was achieved by proposing the reuse of treated gray water in the building together with the use of rainwater. The result of the practical part of the work is a simplified project documentation of this system together with basic balance calculations of water consumption.

## Keywords

school, grey water, rain water, reuse of wastewater, water management

## OBSAH TEORETICKÉ ČÁSTI:

---

1. Úvod
2. Voda jako nejdůležitější zdroj na Zemi
  - 2.1. Základní dělení vod
    - 2.1.1. Slaná voda
    - 2.1.2. Sladká voda
    - 2.1.3. Brakická voda
3. Nedostatek vody a jeho důvody
  - 3.1. Znečišťování vody
  - 3.2. Nedostatek vodních zdrojů
4. Voda v budovách
  - 4.1. Základní dělení vod v budovách
    - 4.1.1. Pitná voda
    - 4.1.2. Srážková voda
    - 4.1.3. Odpadní voda
    - 4.1.4. Užitková voda
    - 4.1.5. Provozní voda
    - 4.1.6. Šedá voda
5. Možnosti snižování spotřeby vody v budovách
  - 5.1. Chování uživatelů
  - 5.2. Oprava stávajícího systému vodovodu
  - 5.3. Zpětné využití odpadních vod
  - 5.4. Využití dešťových vod
6. Příklady z praxe
  - 6.1. Střední školy v Madhaya Pradesh, IN
  - 6.2. Střední škola Stebonheath Llanelli, UK
  - 6.3. Heiden AR, SUI
7. Popis řešeného objektu
  - 7.1. Popis stávajícího technického zařízení a systémů budovy SPŠ na Proseku
  - 7.2. Výsledky provedených analýz řešeného objektu
8. Zvolená úsporná opatření
9. Závěr
10. Zdroje
11. Zdroje – obrázky
12. Zdroje – tabulky
13. Seznam příloh

## 1. Úvod

Že zelená krajina je pro člověka zdravější, věděli už naši dědečkové. S rostoucím tempem vývoje společnosti jsme však upustili od zásad minulých generací a šetrné nakládání s přírodními zdroji pro nás přestalo být samozřejmostí. Nejen z dnešního pohledu je pro nás jedním z nejdůležitějších přírodních zdrojů voda, která tvoří základ života na Zemi a bez které by život nemohl existovat. Rostoucí urbanizace území, znečišťování životního prostředí a probíhající klimatické změny způsobují, že vody na Zemi citelně ubývá. Šetrné hospodaření s vodou je tak pro nás i budoucí generace v podstatě nutností. Je všeobecně známé, že člověk tráví většinu dne uvnitř budov. Podle některých statistik až 90 % svého života pobýváme v interiérech staveb. V budovách se odehrává většina z celkové spotřeby vody, a je tedy jasné, že úsporná opatření pro zajištění snížení celkové spotřeby vody budou mít právě zde největší efekt.

V teoretické části méj diplomové práci se zabývám možnostmi úspor pitné vody. Dále se v praktické části diplomové práce věnuji konkrétnímu návrhu úsporného řešení hospodaření s vodou v objektu SPŠ na Proseku. Řešeným objektem je existující budova Střední průmyslové školy na Proseku, která se nachází v prostoru sídliště Prosek na Praze 9 mezi ulicemi Novoborská a Lovosická. Toto školské zařízení lze rozdělit na tři základní části: budova školy, budova tělocvičny a hospodářský pavilon.

Hlavním cílem mé diplomové práce je zpracovat projekt ekologického systému nakládání s vodou na konkrétním objektu, seznámit s ním veřejnost a přesvědčit ji o tom, že je účelné a výhodné vybavit takto i existující objekt. Zároveň může tento projekt posloužit jako prvotní studie a podklad pro další práci s ekologickým systémem hospodaření s vodou v tomto objektu.

## 2. Voda jako nejdůležitější zdroj na Zemi

Voda je pro život na této planetě nezbytnou podmínkou. Soubor všeho vodstva na Zemi se nazývá hydrosféra a lze ji dělit podle různých kritérií. Základní je rozdělení hydrosféry podle místa, kde se voda na Zemi nachází na atmosférickou, povrchovou a podpovrchovou vodu. Zvláštním podtypem vody dle tohoto dělení je potom voda obsažená v živých organismech.

Atmosférická voda se vyskytuje ve vzduchu ve formě vodních par. Při poklesu teploty atmosférické vody pod teplotu rosného bodu z ní vzniká kapalné (srážky) či pevné skupenství (sníh).

Povrchová voda je voda trvale se vyskytující na zemském povrchu. Povrchové vody lze rozdělit na vody stojaté (lentické) a vody tekoucí (lotické).

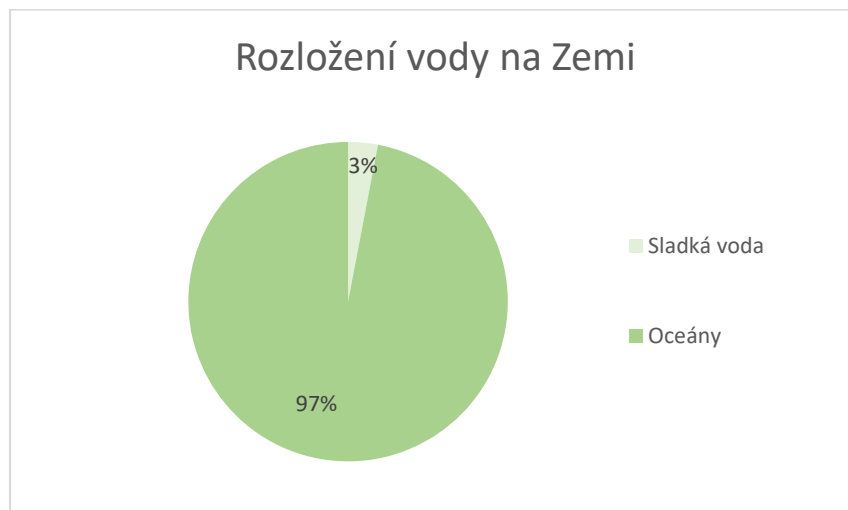
Podpovrchová voda vyplňuje částečně nebo plně pukliny a průliny hornin pod zemským povrchem. Tento typ vody lze rozdělit podle hloubky, ve které se vyskytuje, a okolí, které ji obklopuje na půdní vláhu, která se nachází v malé hloubce pod povrchem převážně v kontaktu se zemínou a na vodu podzemní. Klaus Daniels vysvětluje v knize Technika budov – Příručka pro architekty a projektanty pojem podzemní voda takto:

„Podzemní voda je přírodní, případně uměle přivedená povrchová voda, která prosákla pískovým nebo štěrkovým podložím a shromáždila se pod povrchem nad nepropustnými vrstvami“ [1]. Hranice mezi půdní vláhou a podzemní vodou se nazývá hladina podzemní vody (dále jen HPV). [1]

## 2.1. Základní dělení vod

Ze všech druhů vod obsažených v hydrosféře je pro člověka určitě nejbližší povrchová voda. Ta jako taková pokrývá asi 71 % zemského povrchu. Povrchové vody lze dělit na tekoucí a stojaté (uvedeno již v kapitole č.2). Dále lze tento druh vod dělit dle slanosti na vody slané, sladké a brakické. Přičemž toto dělení povrchových vod je všeobecně nejpoužívanější.

Z celkového množství vody na planetě je zhruba 97 % voda slaná, tedy voda v oceánech a mořích, a jen necelá 3 % zaujímá voda sladká ukrytá v ledovcích, řekách, jezerech apod. Zvláštním podtypem vody v tomto dělení je voda brakická, která má hodnotu koncentrace solí na úrovni mezi sladkou a slanou vodou. Je tedy velmi složité určit její procentuální zastoupení v celkovém množství vody na Zemi. [2] [3] [4]



Obr. 1. -Rozložení vody na Zemi [4]

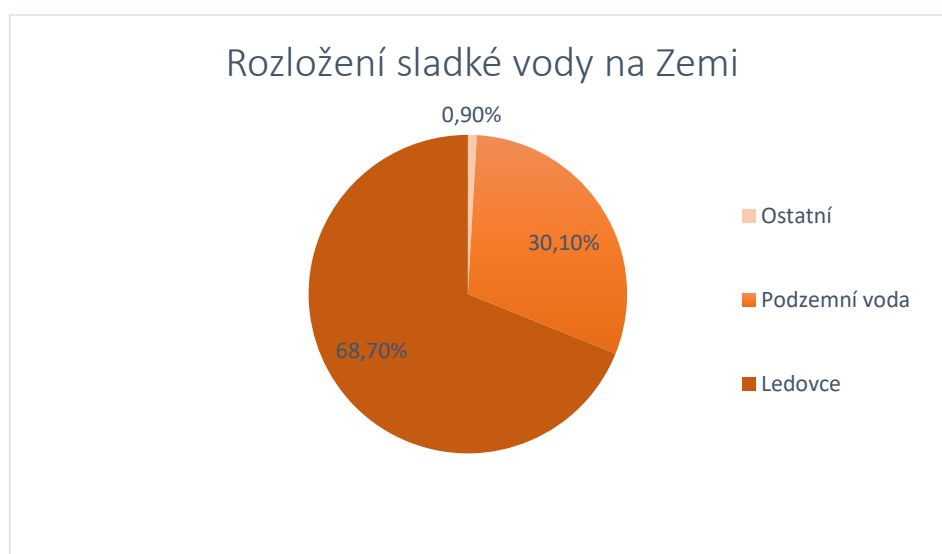
### 2.1.1. Slaná voda

Slaná voda činí přibližně 97 % objemu vody na planetě a zachytává zhruba 85 % slunečního světla a tepla, čímž tvoří jakýsi regulátor teploty a zabraňuje tak výkyvům teplot na povrchu Země. Salinita vody (= slanost vody), tvořená především ionty chloridu sodného, se pohybuje zhruba mezi hodnotou 35 ‰ a 42 ‰. Extrémní hodnoty salinity vody pak vykazuje Mrtvé moře - 330 ‰ rozléhající se mezi Izraelem, Palestinou a Jordánskem. [4]

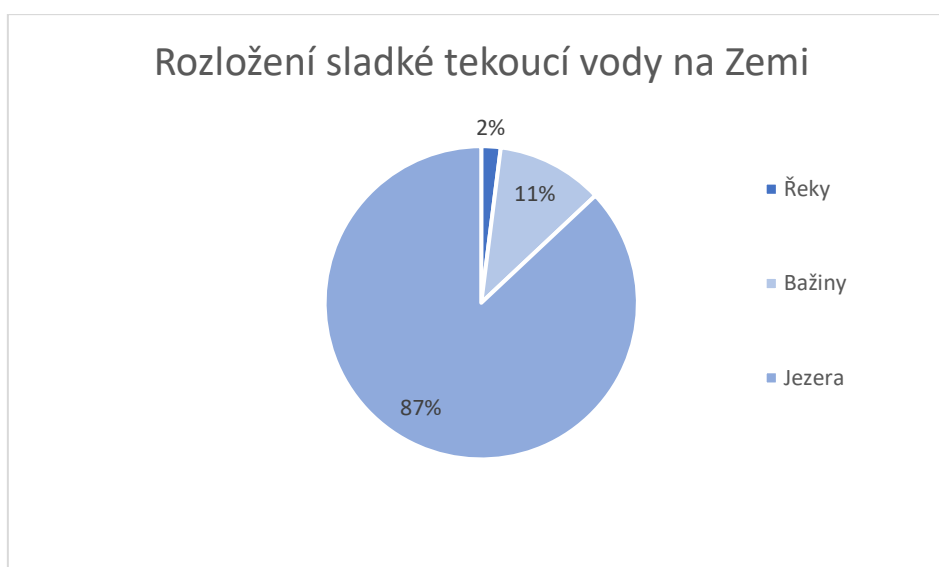


### 2.1.2. Sladká voda

Sladká voda zaujímá asi 3 % z celkového množství povrchové vody na Zemi. Největším rezervoárem sladké vody jsou ledovce na severním a jižním pólu planety, kde je ukryto asi 69 % veškeré sladké vody. Přibližně 30 % sladké vody se nachází pod povrchem jako podzemní voda. Jenom necelých 0,9 % veškeré sladké vody je uloženo v jezerech a řekách. Sladká voda má obsah mořských solí v rozmezí 0,04 ‰ až 0,5 ‰. [4]



Obr.2. – Rozložení sladké vody na Zemi [4]



Obr.3. – Rozložení sladké tekoucí vody na Zemi [4]

### 2.1.3. Brakická voda

Posledním typem povrchové vody při dělení dle salinity vody je voda brakická. Tato voda je z hlediska salinity vody jistou přechodovou oblastí mezi sladkou a slanou vodou. Obsah mořských solí se pohybuje mezi hodnotami 0,5 ‰ až 30 ‰. Brakická voda se vyskytuje obvykle v místech, kde se sladká voda mísí s vodou slanou, typicky při ústích řek do moří. Lze ovšem najít ve světě i takové případy, kdy brakická voda tvoří celá moře. Takovým příkladem je například Baltské moře, které dosahuje salinity vody zhruba 3,5 ‰.

## 3. Nedostatek vody a jeho důvody

Neustálý nárůst počtu obyvatel Země, globální oteplování i nešetrné nakládání člověka s vodními zdroji způsobuje, že v mnoha částech světa dochází k nedostatku pitné vody. Alarmující je také plýtvání s vodou v některých vyspělých státech. Rozdíl mezi spotřebou vody vyspělých a rozvojových států je obrovský. Průměrná denní spotřeba vody ve Velké Británii činí zhruba 150 l/os. den, zatímco v rozvojových zemích rovníkové Afriky je denní spotřeba vody přibližně 10 l/os. den. Za nejdůležitější důvody tohoto problému lze považovat znečišťování vod a s tím spojený nedostatek vodních zdrojů. [7]

### 3.1. Znečišťování vody

Jedním z největších problémů spojených s nedostatkem pitné vody vlivem působení člověka je její soustavné znečišťování. Při znečišťování pitné vody dochází ke změně fyzikálních, chemických nebo biologických vlastností vody, přičemž voda je již po takovém procesu nevhodná ke svému primárnímu účelu. Znečišťování vody lze dělit podle povahy znečištění na chemické (látky přirozeného nebo umělého původu), fyzikální (sediment, teplo) a biologické (patogenní mikroorganismy). Dále lze znečišťování vod dělit dle fyzikální či chemické analýzy nebo dle rozložitelnosti znečišťujících látek. Znečištění vod má nejčastěji za následek úbytek kyslíku ve vodách, toxicitu vody pro organismy včetně člověka, zvýšený obsah nerozpuštěných látek, plastů, patogenních mikroorganismů a mnoho dalších. Největší podíl na znečišťování vody má v současné době průmysl, a to především v oblastech s vysokou hustotou zalidnění a ekonomickým růstem. Předpokládá se, že asi 80 % průmyslového odpadu a odpadů, které jsou spojené s dalším konáním člověka, částečně nebo plně kontaminují životní prostředí a tím způsobují značné ekologické škody. Druhým nejvýznamnějším znečišťovatelem vod je zemědělství, které v poslední době podléhá masivní intenzifikaci. Především rozšířené používání fosforečných a dusíkatých hnojiv je z dlouhodobého hlediska velkým ekologickým problémem. [5] [6]

### **3.2. Nedostatek vodních zdrojů**

Dalším závažným problémem, který však s problémem uvedeným v kapitole 3.1. úzce souvisí, je nedostatek vodních zdrojů. Vlivem klimatických změn, stále více se rozrůstající populace a znečišťování vodních zdrojů dochází k citelnému úbytku vodních zdrojů. Nedostatek vodních zdrojů postihl jak povrchové tak podpovrchové vody. Především zásoby podzemní vody jsou oproti stavu z před patnácti lety téměř vyčerpány. Současný stav je úzce spjatý s důležitostí dnešního zemědělství a jeho charakterem. Tento problém je poté nejvíce viditelný v zemích rovníkové Afriky a částech arabského poloostrova, kde je voda téměř nedostupnou komoditou.

## **4. Voda v budovách**

Během času, který stráví člověk uvnitř budov, spotřebuje asi 100-130 l vody denně [7]. Voda, kterou člověk v budovách použije, je přitom povětšinou určená k jednomu použití. Ve většině objektů tak dochází k tomu, že pitná voda je do objektu přivedena, použita a po použití se stává odpadní vodou, která je kanalizací odvedena mimo objekt. Takový systém je však z hlediska šetrného zacházení s vodou nevhodný. V dnešní době se vlivem úbytku vodních zdrojů a zvyšování ceny vody stále více prosazují systémy s opětovným využíváním vod v objektu a různé další úsporné systémy.

### **4.1. Základní dělení vod v budovách**

Běžný uživatel se v budovách většinou setká jen s pitnou, splaškovou odpadní a dešťovou vodou. Pro efektivní nakládání s vodou v budovách je však důležité pracovat s dalšími druhy vod, které lze v objektech použít pro různé účely a tím snížit celkovou spotřebu pitné vody. Takovými dalšími druhy vod jsou například šedé, provozní a užitkové vody.

#### **4.1.1. Pitná voda**

Pojem pitná voda je zakotven v zákoně č. 258/2000 Sb. Zákon o ochraně veřejného zdraví. Tento zákon definuje pitnou vodu v §3 odst. 1 jako: „*Pitnou vodou je veškerá voda v původním stavu nebo po úpravě, která je určena k pití, vaření, přípravě jídel a nápojů, voda používaná v potravinářství, voda, která je určena k péči o tělo, k čištění předmětů, které svým určením přicházejí do styku s potravinami nebo lidským tělem, a k dalším účelům lidské spotřeby, a to bez ohledu na její původ, skupenství a způsob jejího dodávání*“ [8]. Hygienické požadavky na pitnou vodu jsou stanoveny ve vyhlášce č. 252/2004 Sb. Ta vysvětluje požadavky na kvalitu pitné vody v §3 odst. 1 takto: „*Pitná voda musí mít takové fyzikálně-chemické vlastnosti, které nepředstavují ohrožení veřejného zdraví. Pitná a teplá voda nesmí obsahovat mikroorganismy, parazity*

a látky jakéhokoliv druhu v počtu nebo koncentraci, které by mohly ohrozit veřejné zdraví“ [9]. Součástí vyhlášky č. 252/2004 Sb. jsou přílohy č.1 – č.7.

Přílohy č. 1,2,3 určují maximální množství látek obsažených v pitné vodě. Pro větší názornost přidávám tabulku povolených limitních hodnot biologických a mikrobiologických ukazatelů (viz. Obr.4.). Z obrázku je patrné, že většina uvedených ukazatelů má povolené nulové limitní hodnoty a kvzniku daných biologických a mikrobiologických ukazatelů tak vůbec nesmí dojít.

Přílohy č.4,5,6,7 popisují jakým způsobem a jak často provádět rozbor kvality vody a jak postupovat při vyhodnocování různých typů rozborů. [8] [9]

č.	ukazatel	jednotka	limit	typ limitu	vysvětlivky
1	Clostridium perfringens	KTJ/100 ml	0	MH	1
2	intestinální enterokoky	KTJ/100 ml	0	NMH	
		KTJ/250 ml	0	NMH	2
3	Escherichia coli	KTJ (MPN)/100 ml	0	NMH	
		KTJ (MPN)/250 ml	0	NMH	2
4	koliformní bakterie	KTJ (MPN)/100 ml	0	MH	
		KTJ (MPN)/250 ml	0	MH	2
5	mikroskopický obraz - abioseston	%	5	MH	3
6	mikroskopický obraz - počet organismů	jedinci/ml	50	MH	3, 4
7	mikroskopický obraz - živé organismy	jedinci/ml	0	MH	3, 4, 5
8	počty kolonií při 22 °C	KTJ/ml	Bez abnormálních změn	MH	6
		KTJ/ml	200	DH	7
		KTJ/ml	100	NMH	2
9	počty kolonií při 36 °C	KTJ/ml	Bez abnormálních změn	MH	8
		KTJ/ml	40	DH	9
		KTJ/ml	20	NMH	2
10	Pseudomonas aeruginosa	KTJ/250 ml	0	NMH	2

Obr. 4. - Mikrobiologické a biologické ukazatele pitné vody [9]

#### 4.1.2. Srážková voda

V současné legislativě je používán jak termín srážkové tak dešťové vody. Obecně lze říct, že dešťovými vodami rozumíme vody v různém skupenství, které dopadly na zemský povrch při srážkách. Zatímco srážkové vody uvažujeme jako vody v různých skupenstvích, které se nacházejí ve vznosu a nedotýkají se tak žádné konstrukce nebo Země. [10]

#### 4.1.3. Odpadní voda

Pojem odpadní voda je vysvětlen v zákoně č. 254/2001 Sb. - Vodní zákon. Tento zákon popisuje odpadní vody v §38 odst. 1 takto: „Odpadní vody jsou vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních

*nebo dopravních prostředcích, pokud mají po použití změněnou jakost (složení nebo teplotu) a jejich směsi se srážkovými vodami, jakož i jiné vody z těchto staveb, zařízení nebo dopravních prostředků odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod. Odpadní vody jsou i průsakové vody vznikající při provozování skládek a odkališť nebo během následné péče o ně s výjimkou vod, které jsou zpětně využívány pro vlastní potřebu organizace, a vod, které odtékají do vod důlních.“ [11].* Odpadní vody jsou tedy jakékoli vody, které po použití doznaly zhoršení své kvality (složení nebo teplota). V rámci práce s vodou v budovách přichází uživatel nejčastěji do kontaktu se splaškovými odpadními vodami, které vznikají při použití pitné vody během různých činností člověka uvnitř budov. Podle činnosti, při které vznikají, lze splaškové odpadní vody dále dělit na žluté, černé, světle šedé a tmavě šedé vody. Ve žluté vodě je obsažena pouze moč a je tedy jasné, že vzniká v pisoárech. Černá voda je odpadní voda jejíž součástí jsou fekálie, moč a toaletní papír. Tento druh splaškové odpadní vody vzniká v záchodech. Posledním typem splaškové odpadní vody je šedá voda, která je popsána v kapitole 4.1.6. Šedá voda. [11] [12]

#### **4.1.4. Užitková voda**

Pojem užitková voda byl poprvé v české legislativě popsán v normě ČSN 75 5409 – Vnitřní vodovody. Tato norma definuje užitkovou vodu následovně: *„Voda vyhovující zdravotním požadavkům orgánů hygienické služby a technologickým požadavkům podle způsobu jejího využívání; s touto vodou člověk může přicházet do styku, ale nesmí ji používat k pití a pro přípravu potravin.“ [13].* Užitková voda je používána v objektu, kde je zároveň získávána. Využívání užitkové vody k různým účelům kromě konzumace, přípravy jídel a pití je výhodné opatření, které v konečném důsledku snižuje spotřebu pitné vody a přispívá tak k šetrnějšímu zacházení s vodou v budově. [13] [14] [15]

#### **4.1.5. Provozní voda**

Stejně jako voda užitková tak i voda provozní byla poprvé popsána v normě ČSN 75 5409 – Vnitřní vodovody. Dle této normy je provozní voda: *„Voda pro různé provozní účely, jejíž jakost odpovídá příslušnému způsobu použití, např. dešťová nebo recyklovaná voda.“ [13].* Provozní voda je většinou, stejně jako užitková voda, získávána v objektu, kde je následně využívána. Její kvalita je stanovena dle provozu, ve kterém se využívá. Zároveň se nikdy nejedná o vodu pitnou. Využívání provozní vody v různých částech objektu je dalším možným opatřením, které v důsledku sníží celkovou spotřebu pitné vody. [13] [14] [15]

#### **4.1.6. Šedá voda**

Šedé vodě říkáme šedá kvůli její barvě, kterou získává vlivem déle trvajících skladování. V české legislativě byl pojem šedá voda poprvé popsán v normě EN 12056 Vnitřní kanalizace. Tato norma popisuje šedou vodu jako odpadní vodu neobsahující

moč, fekálie ani toaletní papír. Z hlediska vzniku šedé vody říkáme, že šedá voda je odpadní vodou z kuchyní a koupelen, protože vzniká v umyvadlech, sprchách, vanách, pračkách, myčkách, dřezech apod. Šedou vodu můžeme dle úrovně jejího znečištění rozdělit na světle a tmavě šedou vodu. Světle šedá voda vzniká převážně v koupelnách a pochází z van, sprch a umyvadel. Jedná se o šedou vodu, která je méně znečištěná a pro její opětovné využití není potřeba náročnějšího čištění. Druhým typem šedé vody je tmavě šedá voda, která vzniká ve dřezech, pračkách a myčkách. Tento typ šedé vody je více znečištěný především důsledkem používání prostředků na praní prádla a mytí nádobí. Čištění tmavě šedé vody je o něco náročnější než u světle šedé. Složení šedé vody vzniklé v různých zařízovacích předmětech je ukázáno pod touto kapitolou (viz. Tab. 1., Tab.2.). Přечиštěním šedé vody získáme tzv. bílou vodu, kterou lze využít například na splachování pisoárů a toalet. Využívání bílé vody v objektu je jedním z neefektivnějších opatření na cestě ke značnému snížení celkové spotřeby pitné vody. [16] [17]

Zdroj šedé vody	Pračky	Vany, sprchy, umyvadla	Kuchyně, myčky
Plovoucí látky [mg/l]	79–280	7–120	134–1300

Tab.1. – Množství plovoucích látek v šedých vodách [18]

Zdroj šedé vody	Pračky	Vany, sprchy, umyvadla	Kuchyně, myčky	Neseparovaná šedá voda
BSK <sub>5</sub> [mg/l]	48-682	19-200	669-756	41-194
CHSK [mg/l]	375	64-8000	26-1600	495-625
pH	9,2-10	5-8,6	6,3-7,4	6,1-8,4

Tab.2. – Hodnoty chemické a biochemické spotřeby kyslíku v šedých vodách [18]

## 5. Možnosti snižování spotřeby vody v budovách

Zdá se, že v současné době již není otázkou, jestli šetřit vodu v budovách, ale jak ji šetřit. Velmi důležitým a zároveň těžko řešitelným problémem je chování uživatelů v objektu. Jak je patrné v kapitole 5.1., stačí jen nepatrné změny návyků uživatelů objektu, aby došlo k velké celkové úspoře vody. Zároveň se zcela určitě jedná o nejméně finančně náročné opatření, které bezpochyby vede ke snížení spotřeby vody v budově, a to v podstatě okamžitě. Dalším, nikterak finančně náročným, opatřením je oprava dílčích závad již provozovaného systému vodovodu (např. protékající záchod, kapající kohoutek apod.). Obě zmíněná opatření by mohla být efektivně využívána u stávajících objektů, protože mají téměř okamžitý efekt, jsou levná a není nutné provádět žádné náročné stavební práce.

Další úsporná opatření jsou využívána spíše u novostaveb, ale určitě je lze využít také u stávajících objektů, což je i náplní mé diplomové práce. První opatření spočívá v opětovném využití odpadních vod v objektu. Toto opatření je popsáno v kapitole 5.2.

Druhým opatřením na úsporu pitné vody je využití srážkových vod v budově, které je popsáno v kapitole 5.3.

Pro koncepci úspory pitné vody v budově je důležité pracovat s různými typy vod, protože jak vyplývá z dat spotřeby vody Pražských vodovodů a kanalizací a.s. [19], tak průměrná denní spotřeba vody v Praze činí 112 l/os.den (viz. Tab. 3.). Z toho jenom 58 l je potřeba v jakosti pitné vody. To znamená, že je možné dosáhnout úspory zhruba 48% pitné vody ze současného stavu. [19]

	Průměrné denní hodnoty (v litrech)
WC	26
Os. hygiena, sprchování	40
Praní, úklid	18
Příprava jídla, mytí nádobí	10
Mytí rukou	6
Zalévání	5
Pití	2
Ostatní	5
<b>CELKEM</b>	<b>112 l</b>

Tab.3. – Hodnoty průměrné denní spotřeby vody v Praze [19]

## 5.1. Chování uživatelů

Poměrně těžko řešitelným problémem v oblasti úspory vody v budovách je chování uživatelů daných objektů. Přitom právě špatné návyky obyvatel budov jsou důvodem velkého plýtvání vodou v domech. Iniciativa *Water use it wisely* [20] založená v roce 1999 v Arizoně uvádí na svých internetových stránkách 100 tipů jak šetřit vodu v interiérech budov.

Z hlediska změny chování uživatelů jsou zde popsány především chvíle, kdy voda zbytečně odtéká a není nikterak využívána. Jedná se například o dobu, kdy si čistíme zuby nebo mydlíme ruce. V takových momentech není důvod nechávat vodu odtékat a plýtvat tak s ní. Bohužel se tak přesto v mnoha případech děje. Dalším zajímavým úsporným opatřením je vypnutí průtoku vody v momentech, kdy si mydlíme hlavu. Přestože se na první pohled jedná o maličkost, tak při dodržování tohoto opatření můžeme uspořit až 150 l pitné vody měsíčně.

Iniciativa neuvádí pouze opatření, při kterých musí dojít ke změně chování uživatelů, ale také úsporná opatření, u kterých je třeba dodatečná aplikace úsporných prvků do systému ZTI. Z takových uvedených doporučení stojí za zmínku například nahrazení záchodu s běžným splachovacím objemem 8 l za toalety s duálním splachováním dle potřeby, které pracují s objemy 3 l nebo 6 l (viz. Obr. 5). Takové opatření uspoří v součtu až 40 % z roční spotřeby vody. Dalším zajímavým opatřením pro snížení spotřeby vody v budově při dodatečné aplikaci úsporných prvků do systému ZTI je použití úsporných perlátorů, které umožní snížit průtok vody na 6 l /min (viz. Obr. 6). Takovým snížením rychlosti průtoku zmírníme zbytečné odtékání vody při osobní hygieně.

Doporučení různého charakteru lze samozřejmě kombinovat a tím docílit maximální možné úspory. [20]



Obr.5. - Komplet závěsné WC s duálním splachováním



Obr. 6. - Úsporný perlátor

## 5.2. Oprava stávajícího systému vodovodu

Značnou úsporu pitné vody nám přinese i oprava stávajících nedostatků systému vodovodu. Typicky protékající splachovač WC a kapající kohoutek se mohou jevit jako zanedbatelné položky v celkové spotřebě pitné vody, ale opak je pravdou. Podle



otevřených dat *Pražských vodovodů a kanalizací* a.s. může slabě kapající kohoutek způsobit ztrátu až 24 l pitné vody denně, což je více než pětina celkové denní spotřeby vody na osobu a slabě protékající splachovač WC způsobí denně ztrátu 150 až 1000 l (viz. Tab.4.). [21]

Oprava takových nedostatků přitom většinou není nijak finančně náročná, ani pracná. Problém bohužel často spočívá v dlouhodobém přehlížení takových nedostatků. [21]

		l/den	m <sup>3</sup> /rok
Kapající kohoutek	slabě	24	8,8
Kapající kohoutek	silně	54	19,7
Protékající splachovač na WC	slabě	150-1000	55-365
Protékající splachovač na WC	silně	1000-2000	365-730

Tab.4. – Hodnoty ztráty pitné vody při různých netěsnostech systému ZTI [21]

### 5.3. Zpětné využití odpadních vod

Mezi úsporná opatření a prvek správného nakládání s vodou v objektu řadíme také zpětné využití odpadních vod. Z hlediska složení jednotlivých druhů odpadních vod se jako nejvhodnější pro zpětné využití v objektu jeví šedá voda. Ta je z hlediska svých fyzikálních a chemických vlastností (především CHSK, BSK<sub>5</sub>, pH apod.), a s ohledem na efektivitu čištění a následného využití, v budově nejpoužitelnější.

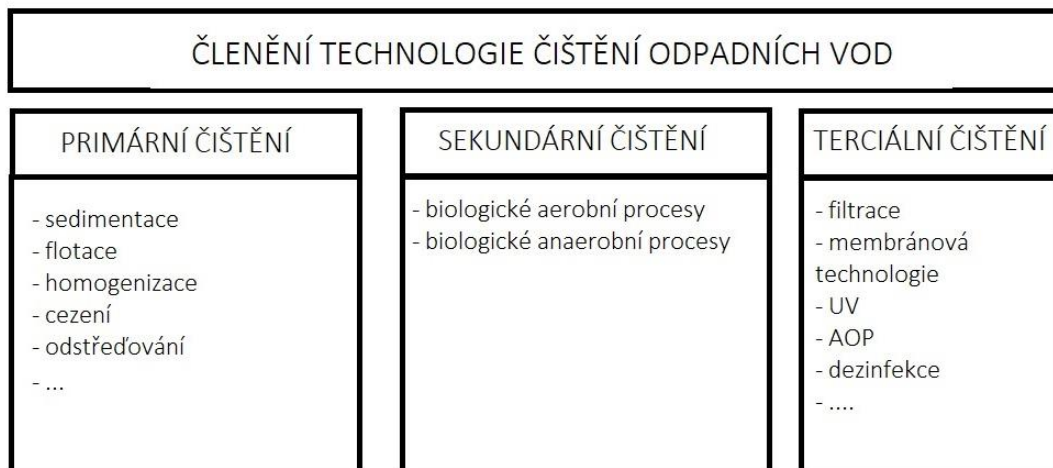
Šedé vody lze využít přímo, což znamená využít šedou vodu bez jejího přečištění. Takové řešení je však časově omezené, jelikož po zhruba 24 hodinách dochází v takové vodě k velkému znečištění rychle se množícími bakteriemi a voda se pak stává nepoužitelnou. Šedá voda tak musí být v tomto případě použita do jednoho dne od jejího získání. Takové použití si lze například představit jako použití vody z vany po koupeli, kterou využijeme na závlivku pokojových rostlin. Šedou vodu bez přečištění lze dále použít i jinými způsoby, jako například na splachování toalet či pisoárů, ale jsme zde značně časově limitováni. Toto řešení není jako systémové řešení příliš často využíváno a ani se nedoporučuje jej navrhovat.

Nejběžnějším a nejvíce používaným řešením v rámci nakládání s recyklovanou vodou v objektu je používání přečištěné šedé vody. Po přečištění se z šedé vody stává provozní voda, kterou označujeme, jako bílou vodu. Technologie čištění šedé vody prošla během let značným vývojem. Obecně lze čištění samotné vody rozdělit na tři základní typy: fyzikální, fyzikálně chemické a biologické. Většinou však stejně dochází ke kombinaci jednotlivých typů čištění za účelem získání co nejkvalitnější bílé vody. Zatímco v minulosti bylo standardně čištění šedé vody založeno na usazování a filtraci na půdním filtru, tedy přírodním způsobu, dnes je standardní především biologické čištění, separací nerozpustných látek a jejich následné hygienické zabezpečení. Běžnou součástí procesu přečišťování šedé vody je dnes také biologický reaktor s membránovou separací (dále jen MBR). Toto zařízení v sobě pojí procesy bioreakce a membránové separace. Kombinace dvou procesů v jednom zařízení přináší velkou prostorovou

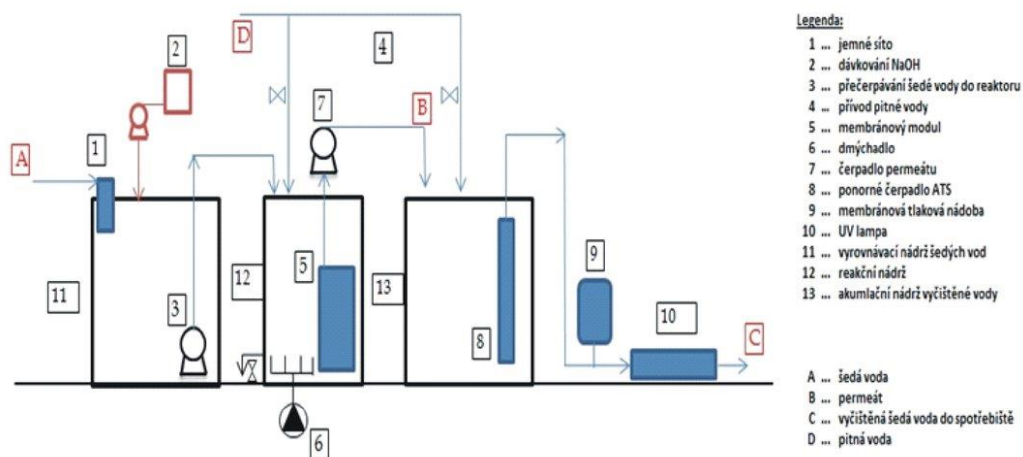
úsporu (až 50 %), díky které je MBR v dnešní době tolik využíváný. Proces přečišťování šedé vody se skládá ze tří po sobě následujících čištění této vody. Možné děje v primárním, sekundárním a terciálním čištění jsou zřejmé z Obr.5. Konkrétní schéma sestavy na čištění šedých vod je patrný na Obr.6. -sestava od společnosti ASIO s.r.o.. Tato společnost popisuje systém na čištění šedých vod na svých internetových stránkách takto: „Odpadní voda natéká přes filtr mechanických nečistot do vyrovnávací nádrže. Tato nádrž má funkci zachytit nerovnoměrnost vypouštění – akumulaci. Z vyrovnávací nádrže je voda čerpána čerpadlem do aktivací nádrže. V reakční nádrži se voda biologicky čistí. V aktivací nádrži je osazen membránový modul. V jeho spodní části se nachází aerační systém, který slouží ke vhánění kyslíku do aktivací nádrže a k čištění membrán. Nad membránovým modulem je umístěno čerpadlo, které pod tlakem odsává vodu přes filtrační membrány a odvádí již vyčištěnou vodu do akumulací nádrže vyčištěné vody. Voda z akumulací nádrže je čerpána pomocí automatické tlakové stanice s membránovou tlakovou nádobou do systému rozvodu provozní vody. Za čerpací stanicí je umístěna membránová tlaková nádoba. Jako poslední je zařazena UV lampa sloužící k dezinfekci vody. Všechny nádrže jsou opatřeny havarijním přepadem a možností doplňování pitnou vodou do akumulací nádrže vyčištěné vody v případě nedostatku šedých vod.“ [22].

Bílou vodu můžeme v objektu využít na splachování, úklid nebo zalévání zahrady. Při takovém zacházení s recyklovanou vodou v objektu můžeme dosáhnout úspory až 50 % denní spotřeby pitné vody.

Kromě značné úspory pitné vody nabízí práce s recyklovanou šedou vodou v budově ještě jednu velkou výzvu. Tou je využití tepelné energie šedé vody v daném objektu. Velký obsah tepelné energie v šedých vodách přímo vybízí k jeho využití v systému vytápění daného objektu nebo ohřevu vody. Pro návrh systému odběru tepla z šedých vod je pro nás zásadní především průtok šedé vody a její teplota při vypouštění. Systémy pro odběr tepla z těchto vod lze rozdělit dle jejich charakteru a umístění na systémy lokální a centrální, přičemž obecně platí, že lokální systémy jsou více využívány v menších aplikacích, kde je menší průtok šedých vod (např. RD, chaty apod.). Zároveň zde lokální systém odběru tepla z šedých vod dobře reaguje na aktuální provoz daného prostoru, který je v čase značně rozdílný a také počáteční investice do systému je pro majitele příznivá. Centrální systémy odběru tepla z šedých vod jsou naproti tomu ekonomicky zajímavé především ve větších aplikacích, protože je zde možné šedou vodu akumulovat a tepelnou energii poté odebírat. Vstupní investice do tohoto systému je značně vyšší než u systému lokálního, ale ekonomická návratnost u větších systémů je obecně kratší, než je tomu u menších aplikací lokálního systému odběru tepla z šedých vod. [22] [23] [24]



Obr. 7. - Základní členění technologie čištění odpadních vod [23]



Obr. 8. - Technologické schéma čištění šedých vod [24]

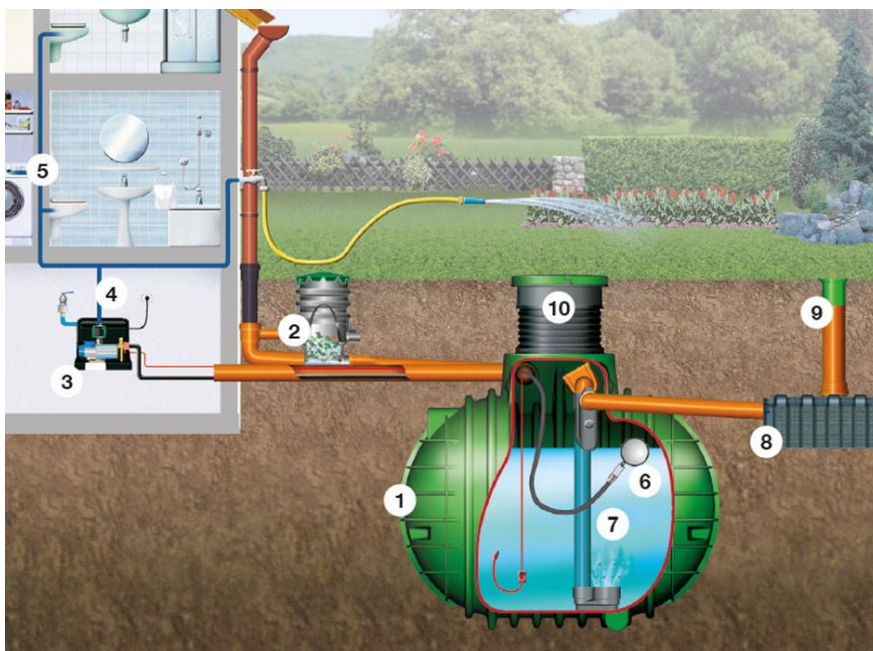
## 5.4. Využití dešťových vod

Posledním popisovaným opatřením, které zajistí snížení celkové spotřeby pitné vody, je správné nakládání s dešťovými vodami. Oproti šedým vodám má pojem srážková a dešťová voda dlouhodobější podporu v národní legislativě. Konkrétně se srážkovým a dešťovým vodám věnuje zákon č. 274/2001 Sb. – Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu (§1 odst. 3) a také zákon č. 254/2001 Sb. - Vodní zákon (§5 odst. 3). Náhled na koncepci nakládání se srážkovými a dešťovými vodami prošel v poslední době velkou změnou. Zatímco ještě v nedávné minulosti bylo naším cílem dešťovou vodu co nejdříve odvést mimo objekt, v dnešní době je naším cílem při nakládání s dešťovými vodami co nejvíce usilovat o zadržování vody a její následné využití v objektu či na pozemku. Tato změna celkového pohledu na koncepci nakládání s dešťovou vodou je úzce spjata s již zmíněnou zvyšující se cenou pitné vody a úbytkem vodních zdrojů. Nespornou výhodou dešťové vody je její složení, protože jako taková je

jen velmi málo znečištěná a při jejím využití v budově není třeba náročného čištění. Dešťová voda je ze své podstaty měkká a tedy velmi vhodná, například pro praní. Dále lze dešťovou vodu používat na závlivku zahrady, úklidové práce, splachování toalet a pisoárů apod. Takové využití dešťové vody je z hlediska úspory pitné vody nejefektivnější.

Systém pro využívání dešťové vody v objektu je složen z několika základních částí (viz. Obr.7.). Pod číslem 1 na Obr.7. je naznačena akumulční nádrž na dešťovou vodu, která je instalována do nezámrzné hloubky, díky čemuž je možné celoroční využívání takto získané dešťové vody. Číslem 2 je na stejném obrázku označena filtrační šachta, která čistí dešťovou vodu od pevných nečistot. Čísla 3,4,5 označují řídicí jednotku, tlakovou nádobu a filtr před zařizovacím předmětem při použití dešťové vody. Dále je na obrázku patrné plovoucí sání řízené řídicí jednotkou (č.6), nátok do akumulční nádrže (č.7) a vsakovací objekt (č.8). Číslo 9 označuje kontrolní závěr vsakovacího objektu a číslo 10 označuje šachtovou kopuli akumulční nádrže.

Uvedený systém je typickou sestavou společnosti Nicoll Česká republika s.r.o. pro rodinné domy. Daný systém lze pro potřeby objektu např. střední školy dále optimalizovat. [25]



Obr. 9. – Schéma systému nakládání s dešťovou vodou [25]

## 6. Příklady z praxe

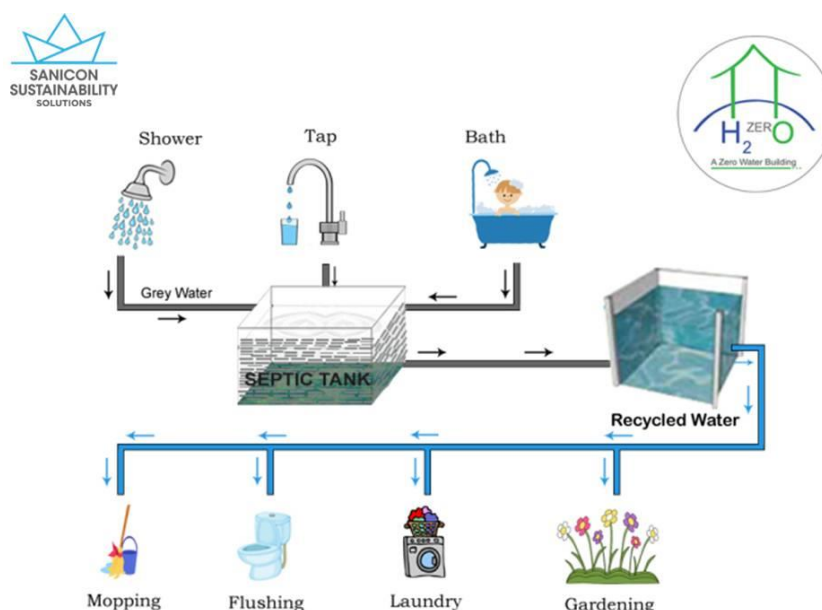
Pro lepší návaznost teoretické části mé diplomové práce na část praktickou uvádím v této kapitole tři příklady šetrného nakládání s vodou v různých školských zařízeních,

protože i já se v praktické části diplomové práce věnuji návrhu úsporných opatření v takovém typu provozu. Jedná se o objekty, které již v oblasti úspor spotřeby pitné vody fungují několik let a je tak možné vyhodnotit jejich přínos a případně porovnat očekávání s realitou. Zároveň je u těchto zvolených projektů možné popsat chyby, kterých se případně ve vlastním návrhu vyvarovat.

## 6.1. Střední školy v Madhya Pradesh, IN

Prvním takovým příkladem jsou základní a střední školy nacházející se v oblasti Madhya Pradesh v centrální části Indie. V zemi, kde téměř polovina populace nemá přístup k pitné vodě, je problematika nakládání s vodou a možnosti její úspory velkým společenským tématem. Místní vláda se proto snaží problém nedostatku pitné vody soustavně řešit. Jedním z řešení úspory spotřeby pitné vody je využívání přečištěné šedé odpadní vody. Země na základě studie hospodaření s vodou investovala v roce 2006 prostředky do stavby 412 systémů na čištění a opětovné použití šedé vody v objektu. Ze zmíněných 412 systémů jich bylo zhruba 200 instalováno ve školách v oblasti Madhya Pradesh.

Přečištěná šedá voda zde nachází využití na splachování toalet, mytí podlah a zalévání potravinářských plodin. Čištění šedé vody je zde realizováno ve třech stupních. Primární čištění je zajištěno sedimentační nádrží. Sekundární čištění je realizováno za použití filtrace šterkem o frakci 10–60 mm a pískovou filtrací. Čištění terciální zajišťuje aerace a chlorace. Dle vyhodnocení účinnosti tohoto opatření připadá na osobu ve škole v dané oblasti 40 až 50 litrů vody a z toho pouze 5 litrů připadá na stravování a pití a nelze zde tedy použít přečištěnou odpadní vodu. Po instalaci čističky šedých vod tedy došlo k úspoře v průměru 35–45 litrů pitné vody na osobu za den. [16]



Obr. 10. – Schéma systému zpětného využití šedé vody

## 6.2. Střední škola v Stebonheath Llanelli, UK

Druhým příkladem z praxe je základní škola Stebonheath ve městě Llanelli v jihozápadní části Walesu. V roce 2012 zde město začalo naplňovat program RainScape, který má za cíl snížit množství záplav v oblasti větším zadržováním vody v krajině a zároveň snížit celkovou spotřebu pitné vody díky širšímu využití dešťové vody v celé řadě činností. Záplavy jsou v této oblasti velký problém, jelikož oblast Llanelli má zhruba stejné roční množství dešťové vody jako nedaleké město Swansea, přestože má oproti Swansea třetinu obyvatel a je svou rozlohou oproti Swansea třetinové. Součástí programu RainScape v oblasti Llanelli bylo také vybudování systému nakládání s dešťovou vodou ve zdejší základní škole.

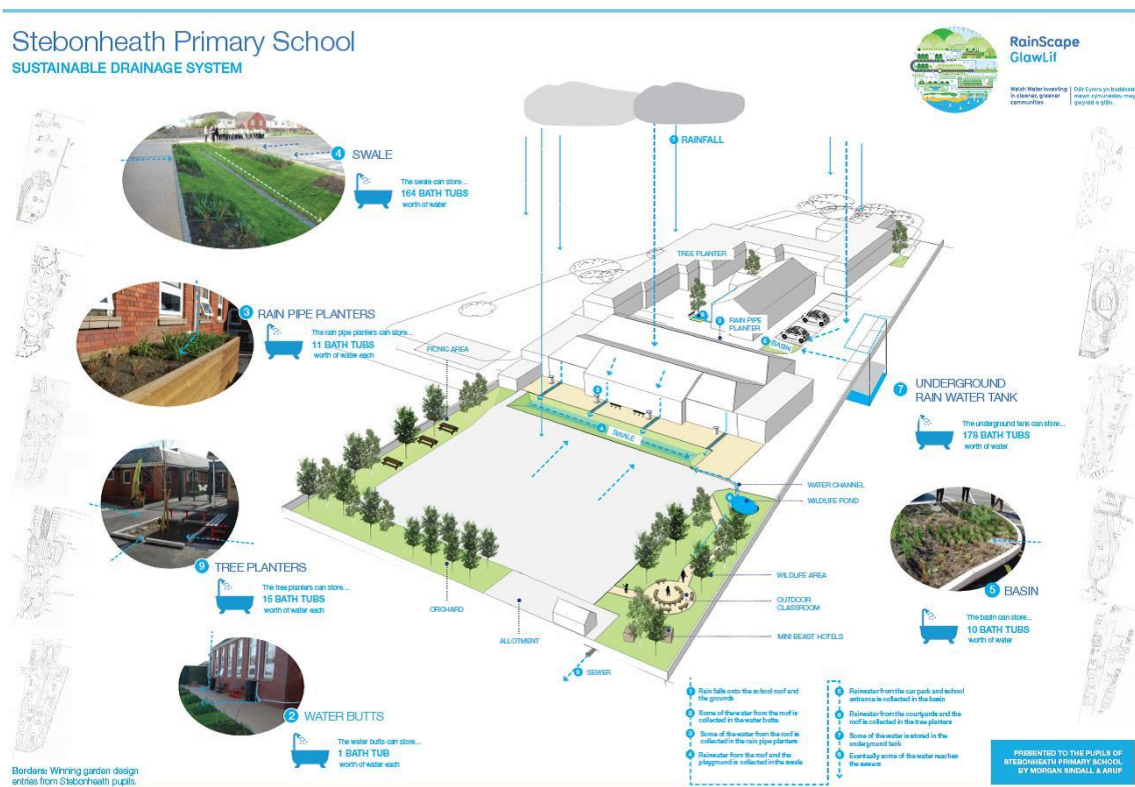
Schéma nakládání s dešťovou vodou bylo tvořeno během celého školního roku 2012/2013 a na jeho tvorbě se podíleli také žáci této základní školy, kteří se spolu s inženýry zabývali výslednou podobou hřiště a dalších společných prostor školy. Systém byl vystavěn během šesti týdnů letních prázdnin roku 2013 a oficiální otevření proběhlo v listopadu 2013.

V rámci tohoto schématu byl vytvořen 30 metrů dlouhý terénní průleh („swale“), do kterého jsou spádovány okolní zpevněné plochy a pod kterým se nachází uložisko na dešťovou vodu (viz. Obr.11). Další retenční nádrž na dešťovou vodu je umístěna pod stávajícím parkovištěm. Část stávajících dešťových svodů byla odkloněna do čtyř velkých sudů. Takto získaná voda je využívána na pozemku školy. Při velkých deštích je voda ze sudů přepadem odváděna do navazujících rýh a vsakována v ploše terénního průlehu. V jižní části pozemku školy byl vystavěn malý rybník s přepadem do terénního průlehu. Několik dešťových svodů bylo odvedeno do nově umístěných zahradních květináčů. Celkové schéma systému nakládání s dešťovými vodami v základní škole Stebonheath ve městě Llanelli je patrné z přiloženého obrázku (viz. Obr.12.).



Obr.11. - Realizovaný 30 m dlouhý terénní průleh [26]

Celková investice do tohoto systému byla zhruba 500 000 liber, přičemž systém samotný umožňuje odstranit z kanalizační sítě asi 4600 m<sup>3</sup> odpadní vody ročně a to odpovídá přibližně 11 100 000 lahví pitné vody. Výhody pocítuje také škola samotná, protože již nedochází k hromadění vody na zpevněných plochách jejího pozemku a lze tak častěji využívat venkovní prostory. Zároveň škola zařadila téma šetrného zacházení s vodou do školních osnov a žáci tak mohou v praxi vidět, jak s vodou správně zacházet a jak s ní šetřit. Projekt také vzbudil velký ohlas a během let 2013–2014 získal velké množství lokálních i národních ocenění v oblasti ekologických projektů. [26] [27]

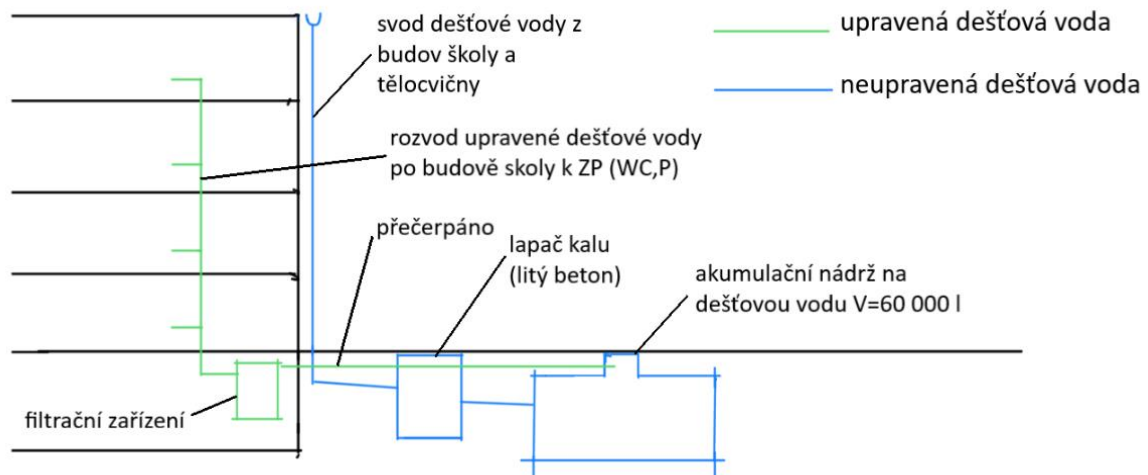


Obr.12. - Schéma nakládání s dešťovými vodami v základní škole Stebonheath [27]

### 6.3. Heiden AR, SUI

Posledním příkladem šetrného zacházení s vodou v objektu je školní budova ve švýcarském městě Heiden. V roce 1995 zde byl uveden do provozu systém na zachycení dešťových vod z ploch střech školy a blízké tělocvičny. Škola se nachází v ochranném pásmu podzemní vody a dle platné místní legislativy tak dešťové vody ze střech nemohou být zasakovány. Systém tedy nepracuje se zasakováním dešťové vody, ale ještě lépe využívá tuto vodu v objektu. Dešťová voda ze střech školy a tělocvičny je nejprve svedena do lapače kalů provedeného z litého betonu a následně přivedena do podzemní nádrže na dešťovou vodu o objemu 60 m<sup>3</sup>. Teplota vody v nádrži se pohybuje kolem hodnoty 14 °C, protože tato teplota zajišťuje, že se ve vodě nevyskytuje nebezpečná bakterie Legionella. Ta se

prudce množí v teplotním rozmezí od 20 do 50°C. Voda je z podzemní nádrže dále hnána čerpadlem k filtračnímu zařízení a pak už k jednotlivým zařizovacím předmětům. Takto získaná a přečištěná dešťová voda zásobuje celoročně 22 splachovacích záchodů a 9 pisoárů. Během každoroční údržby prováděné v období letních prázdnin dochází k vyprázdnění lapače kalu a výměně filtračního zařízení. Zajímavým faktem je, že do dnešní doby byla vždy potřeba vody na splachování pokryta z podzemní nádrže dešťové vody a pojistná vodovodní přípojka, která by měla překlenout suchá období, kdy není dostatek dešťové vody pro splachování tak ještě nikdy nebyla použita. [28]



Obr.13. – Schéma nakládání s dešťovou vodou v objektu školy Heiden, AR [28]

## 7. Popis řešeného objektu

Řešeným objektem mé diplomové práce je Střední průmyslová škola na Proseku. Škola se nachází v prostoru sídliště Prosek na Praze 9 mezi ulicemi Novoborská a Lovosická. Školské zařízení lze provozně rozdělit na tři základní části:

- budova školy (pavily: E, X, B, C, F, Y, G; atria, spojovací můstky)
- budova tělocvičny (pavilon A)
- hospodářský pavilon (pavilon H)

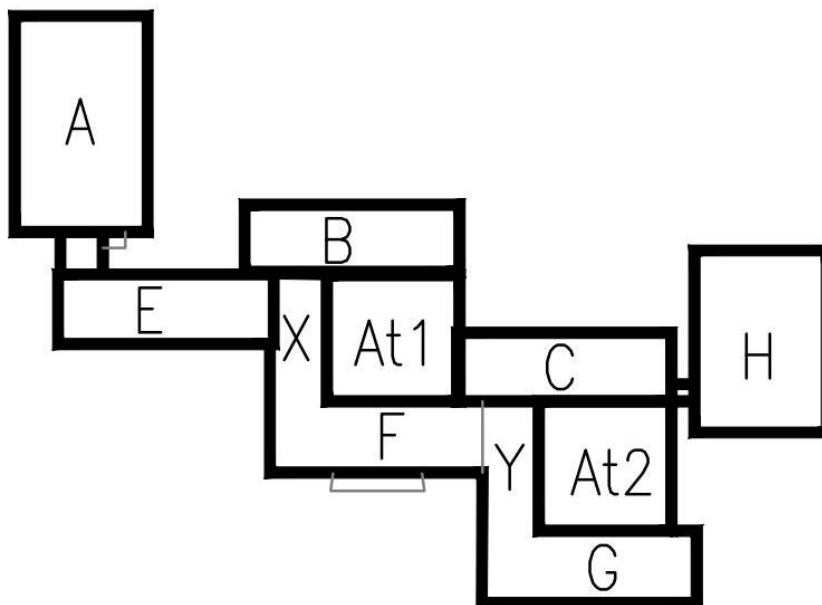




Obr.14. – Umístění stavby SPŠ na Proseku

Stavba školy byla realizována v roce 1968. Původně venkovní atria byla zastřešena a předělána na laboratoře v roce 1990. Největší rekonstrukce byla provedena v roce 2005, kdy byla vyměněna okna a došlo k zateplení stavby. Objekt má v pavilonech různou podlažnost (viz. Podlažnost jednotlivých pavilonů), je částečně podsklepen a zastřešen plochou nepochozí střechou. Zastřešení atrii je řešeno plochou nepochozí střechou s šesti obloukovými světlíky na každé atrium. Budova školy má celkem čtyři vstupy. Hlavní vstup do objektu se nachází v jižní části pavilonu F z ulice Novoborská. Vstup pro zaměstnance se nachází v severní části spojovacího můstku mezi pavilony C a H. Vedlejší vstup pro veřejnost při pronájmech tělocvičny se nachází při západní straně pavilonu E. Budova školy je zásobována z východní strany z ulice Lovosická, kde se nachází zásobovací vjezd na pozemek školy a poslední vstup do budovy školy. V podsklepené části hospodářského pavilonu jsou umístěny sklady, šatny a technické místnosti. Ve vstupním podlaží budovy školy se nachází šatny, laboratoře, učebny, školní byt, posilovna a aula. Schodišťové pavilony X a Y slouží jako hlavní vertikální komunikace v objektu a zároveň je zde situováno hygienické zázemí školy. Prostor tělocvičny je jednopodlažní víceúčelová sportovní plocha se dvěma nářadovny a malým ochozem sloužícím jako posilovna. Hospodářský pavilon se v 1NP skládá z kabinetů s hygienickým zázemím a prostoru školní kuchyně s přidruženými místnostmi. V ploše 2NP se v budově školy nacházejí kabinety, učebny a hygienické zázemí, které je situované do schodišťových pavilonů. Hospodářský pavilon je

v 2NP výhradně určen provozu školní jídelny a bufetu. Ve 3NP budovy školy se nachází učebny, kabinety a hygienické zázemí. Hospodářský pavilon je ve 3NP určen provozu vedení školy s kanceláři, ředitelnu, sborovnu, sklady a hygienickým zázemím.



Obr. 15. – Členění řešeného objektu

Podlažnost jednotlivých pavilonů (pavilony viz. Obr.11.):

- Pavilon A (tělocvična) – 1NP
- Pavilon E – 3NP
- Schodišťový pavilon X – 3NP
- Vstupní pavilon F – 3NP
- Schodišťový pavilon Y – 3NP
- Pavilon G – 3NP
- Pavilon B – 2NP
- Pavilon C – 1NP
- Hospodářský pavilon H – 1PP + 3NP
- Atrium1 (At1) – 1NP
- Atrium2 (At2) – 1NP



Obr.16. - Budova SPŠ na Proseku

Na škole se v současnosti vyučují tři studijní obory (strojírenství, elektrotechnika, informační technologie), které lze studovat v šesti směrech zaměření. Celkem má dnes škola 500 studentů a zhruba 70 zaměstnanců. Provozně je škola konstantně vytížená v období školního roku od září do června (10 měsíců). Během tohoto období je škola bez víkendů a prázdnin v provozu přibližně 196 provozních dní. Nejdelším obdobím v roce, kdy škola není využívána jsou letní prázdniny od července do začátku září, kdy je škola v podstatě prázdná. V průběhu běžného týdne se škola otevírá vždy v 7:00 a zavírá v 17:00. Po zavření školy v 17:00 se ještě v pracovním týdnu pronajímá školní tělocvična místnímu volejbalovému oddílu. Nejvytíženějšími dny v týdnu jsou vždy pondělí a středa, protože v tyto dny se koná odpolední výuka vyšších ročníků. Naopak nejméně vytíženým dnem v době pracovního týdne je pátek, kdy výuka končí všem v 13:30. V době víkendů se ve škole vyskytuje pouze školník ve školním bytě a příležitostně jednotky osob v dílnách.

Základní informace o stavbě:	
Uvažovaná obsazenost:	500 žáků + 70 zaměstnanců
Plocha pozemku školy:	15 272,4 m <sup>2</sup>
Vytápěná plocha:	5 337 m <sup>2</sup>
Vytápěná zóna:	25 741 m <sup>3</sup>
Výstavba:	1968
Provoz:	Po – Pá 8:00 - 17:00
Zřizovatel:	Hlavní město Praha

Tab.5. Základní informace o stavbě

V nezastavěných částech pozemku školy se nachází víceúčelové sportovní hřiště s atletickou dráhou a objekt školky s pekárnou. Tento objekt a jeho zpevněné plochy o celkové půdorysné

ploše 1289,99 m<sup>2</sup> nejsou součástí řešení této diplomové práce (patrné viz. Výkres Situace koordinací). Zaměstnanecký vjezd do areálu školy je situován z ulice Lovosická v těsné blízkosti autobusové zastávky Českolipská. Za tímto vjezdem se nejprve nachází parkoviště budovy školky a pekárny a poté zaměstnanecké parkoviště Střední průmyslové školy na Proseku.

### 7.1. Popis stávajícího technického zařízení a systémů budovy SPŠ na Proseku

System vytápění a příprava teplé vody – Zásobování školy teplem je řešeno dálkově skrze výměňkovou stanici ve správě společnosti Pražská teplotrenská a.s., která vlastní také technologii (protiproudý výměník viz. Obr. 14.) pro přípravu TV. Výměňková stanice i protiproudý výměník se nacházejí v technické místnosti H02 v 1PP hospodářského pavilonu. Samotná otopná soustava je dvoutrubková s nuceným oběhem. Rozvod tepla po budově je zajištěn ve dvou okruzích pro prostory dílen (v At1, At2 viz. Obr.11) a pro samotnou budovu školy a tělocvičny. Páteční rozvody jsou vedeny z technické místnosti v 1PP hospodářského pavilonu kolektorem do celé budovy školy. Kolektor o rozměrech š=1200 mm a v=1370 mm (patrný na Obr.13., Obr.17.) je veden pod chodbami 1NP v celém objektu a slouží pro vedení pátečních ležatých rozvodů vody, tepla a kanalizace objektu. Všechny vnitřní rozvody tepla jsou provedeny z měděných trubek. Tepelná izolace spolu s ochrannou fólií je umístěna pouze u pátečních ležatých rozvodů tepla v kolektoru a technické místnosti. Stoupací a připojovací potrubí ÚT izolována nejsou. Jednotlivá stoupací potrubí jsou ke stavebním konstrukcím připevněna objímkami s gumou proti šíření hluku. Páteční ležaté rozvody tepla jsou uloženy na podporách připevněných k boku a dnu kolektoru. Rozvody samotné jsou vedeny v instalačních šachtách, drážkách ve zdivu, v podlaze či pod stropem a jsou osazeny veškerými potřebnými armaturami. Ve většině místností jsou instalována původní litinová otopná tělesa. V některých místnostech (především pavilony H, B) jsou tato tělesa již nahrazena deskovými otopnými tělesy.



Obr. 17. – Okruh ÚT pro budovu



Obr. 18. – Příprava TV (protiproudý výměník)

Vzduchotechnická zařízení – Větrání většiny budovy je realizováno přirozeně okny. Místnosti sociálního zázemí jsou odvětrány nuceně podtlakově. Samostatně je řešena úprava vnitřního vzduchu v laboratořích At1 a At2, kde jsou na střeše atrií umístěny dvě vzduchotechnické jednotky (viz. Obr. 16.). Chlazení každého z atrií je realizováno 16 vnitřními jednotkami (dvě jednotky na každou dílnu). Poslední instalovanou VZT jednotkou budovy školy je jednotka VZT se ZZT pro školní jídelnu, která je umístěná v technické místnosti VZT v 1PP hospodářského pavilonu (místnosti H16a, H16b). Od poloviny roku 2020 má škola zpracovaný projekt na instalaci VZT se ZZT do prostoru tříd od společnosti BYDLEX s.r.o. Tento projekt se však dosud nerealizoval.



Obr. 19. – VZT rozvody At1



Obr. 20. – Chladicí jednotky dílen

Osvětlení – Osvětlení prošlo celkovou rekonstrukcí v roce 2009. Soustava se skládá ze zářivkových trubíc s příkonem 36 W. Lokálně jsou osazeny také trubice o příkonech 18 a 58 W.

Zdravotně technické instalace – Jednotná gravitační kanalizační přípojka se nachází při severní fasádě školy a probíhá kolem pavilonů E, B, C a H. Je provedena z PVC DN250 ve sklonu od 1-5 % dle zaměření skutečného provedení, které bylo zpracováno firmou GEOMAP v roce 2018. Odpadní vody jsou do ní gravitačně svedeny postupně po částech. Nejdříve jsou gravitačně vyvedeny odpadní vody vzniklé v pavilonech A, E a B přes RŠ2, kde se napojují na jednotnou kanalizační přípojku. Poté jsou gravitačně odvedeny odpadní vody vzniklé v pavilonech X, F, Y, G a atríích At1 a At2. Tyto odpadní vody jsou gravitačně vyvedeny přes RŠ4, kde se napojují na jednotnou kanalizační přípojku. Odpadní vody vzniklé v hospodářském pavilonu H jsou gravitačně odvedeny z objektu při východní straně tohoto pavilonu a přes RŠ6 jsou odvedeny do jednotné kanalizační přípojky a dále do veřejné kanalizace vedené v ulici Lovosická. Hlavní ležatá svody jednotné kanalizace jsou uloženy v kolektoru, odkud jsou dále vyvedeny do jednotlivých RŠ kanalizační přípojky a jsou provedeny z PVC DN125 - 150. V objektu je celkem 39 odpadů (DN70-DN125) větraných nad rovinu střechy větracími hlavicemi. Svodná, stoupací i hlavní ležatá potrubí jsou vedena v kolektoru, instalačních šachtách, pod stropem či v podlaze. Potrubí vnitřní kanalizace prošlo obměnou stejně jako potrubí vnitřního vodovodu, kdy byla stoupací a svodná potrubí provedena z PE. Ke stavebním konstrukcím jsou tyto rozvody připevněny objímkami s gumou proti šíření hluku a jsou osazeny všemi potřebnými armaturami. Izolace kanalizačních rozvodů proti rosení

nebyla v rámci kontroly na místě a dostupných podkladů zjištěna. Dešťová voda ze střech prochází celkem 14 střešními vpustmi, které se nacházejí na střechách jednotlivých pavilonů a pod stropem daného podlaží se napojují na svislá potrubí kanalizace. Malé části střech pavilonů B a G jsou vypádovány do pozinkovaných okapových svodů, které odvádí dešťovou vodu na střechy atrií (patrné na Obr. 16.) a odtud již dešťová voda vtéká do střešních vpustí.



Obr. 21. – Podhled do kolektoru

Objekt Střední průmyslové školy na Proseku je vodou zásobován z vodovodního řadu v ulici Lovosická. Vodovodní přípojka je umístěna při východní straně objektu hospodářského pavilonu pod komunikací vjezdu zásobování školy. Přípojka DN200 je původní z doby realizace budovy školy tedy z roku 1968. Vnitřní vodovod je na tuto přípojku napojen v místnosti H10 TZB v 1PP hospodářského pavilonu za hlavním uzávěrem vody (viz. Obr. 18.). Pátevní ležaté rozvody vody jsou následně vedeny v prostoru kolektoru pod chodbami 1NP odkud rozvody dále zásobují jednotlivé pavilony pitnou vodou. V části stoupacích vodovodních rozvodů došlo k výměně za nové potrubí z PE o dané dimenzi. Rozvody samotné jsou vedeny v instalačních šachtách, drážkách ve zdivu, v podlaze či pod stropem a jsou osazeny veškerými potřebnými armaturami. Ke stavebním konstrukcím jsou tyto rozvody připevněny objímkami s gumou proti šíření hluku. Doplňkovým zdrojem užitkové vody je pro budovu školy zachytávaná dešťová voda ze střechy tělocvičny. Ta je ze střechy pavilonu A svedena do akumulací nádrže při východní fasádě budovy tělocvičny. Takto získaná dešťová voda je v areálu školy využívána na závlivku zeleně a různé další venkovní účely.



Obr.22. - Hlavní uzávěr vody

## 7.2. Výsledky provedených analýz řešeného objektu

Školou mi bylo pro zpracování méj diplomové práce poskytnuto velké množství digitálních i fotografických materiálů, které byly doplněny o časté prohlídky skutečného stavu přímo na místě.

Použité podklady:

- zpracovaný návrh VZT se ZZT od firmy Bydlex s.r.o. – dwg podklad
- fotodokumentace přímo na místě – foto
- fotodokumentace původních výkresů školy ze školního archivu – foto
- poskytnuté faktury za elektřinu, teplo a vodu z posledních pěti let – excel tabulky
- výkresy z projektu zateplení fasády školy – poskytnuto k nahlédnutí SÚ MČ Praha 9
- výkresová a fotografická dokumentace z projektu Zaměření skutečného provedení kanalizační přípojky od firmy Geomap – dwg podklad

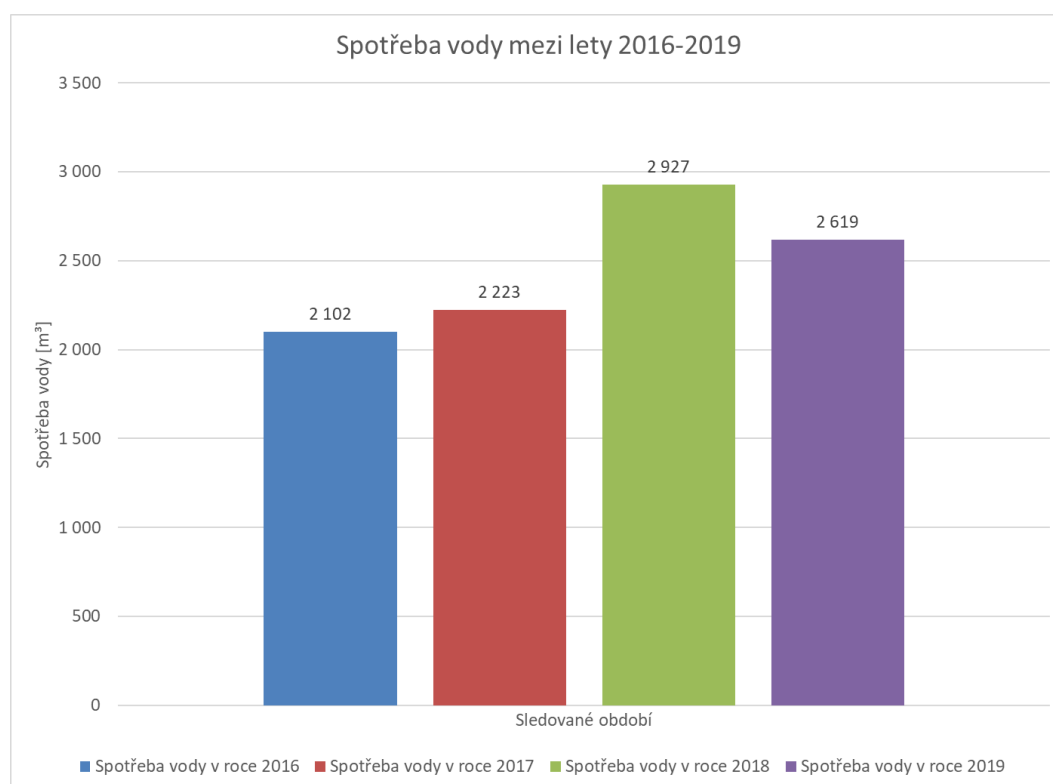
Díky hloubce poskytnutých a získaných podkladů bylo možné provést analýzu spotřeby vody v letech 2016 až 2019 na základě její skutečné spotřeby. Zároveň díky poskytnutým fakturám za vodu z těchto let bylo také možné vidět skutečné náklady, které škola vynakládá na pitnou vodu v objektu a které se každoročně zvyšují. Tato analýza mi tak ukázala, že systém úspory pitné vody, který řeším v praktické části této diplomové práce, má pro školu a jejího provozovatele jak ekologický, tak ekonomický význam.



Analýza spotřeby pitné vody v období let 2016 až 2019 ukázala průměrnou roční spotřebu zhruba 2470 m<sup>3</sup> vody ročně. Velký skokový nárůst spotřeby vody je patrný v roce 2018, kdy byla spotřeba vody 2927 m<sup>3</sup>. Ve škole byl po tomto nárůstu spotřeby vody kontrolován vodoměr i stav vnitřního vodovodu, ale žádné vady nebyly zjištěny. Data i s touto nevysvětlenou odchylkou ukazují, že ve škole se spotřeba pitné vody a s tím spojené náklady na vodné a stočné neustále zvyšují. Pro budoucí fungování školy je tak určitě výzvou snížení spotřeby pitné vody a vynaložených nákladů na ni. Spotřeby a náklady na vodu v objektu Střední průmyslové školy na Proseku jsou uvedeny níže (viz. Tab. 6., Obr.19.).

Rok	Spotřeba [m <sup>3</sup> ]	Vodné [Kč/m <sup>3</sup> ]	Stočné [Kč/m <sup>3</sup> ]	Celkové náklady na vodu [Kč]
2016	2 102 m <sup>3</sup>	40,65 Kč/m <sup>3</sup>	33,42 Kč/m <sup>3</sup>	175 956 Kč
2017	2 223 m <sup>3</sup>	40,37 Kč/m <sup>3</sup>	33,91 Kč/m <sup>3</sup>	189 893 Kč
2018	2 927 m <sup>3</sup>	42,00 Kč/m <sup>3</sup>	33,99 Kč/m <sup>3</sup>	255 786 Kč
2019	2 619 m <sup>3</sup>	42,57 Kč/m <sup>3</sup>	35,39 Kč/m <sup>3</sup>	234 804 Kč

Tab.6. Tabulka spotřeb a nákladů na vodu v objektu SPŠ na Proseku ve sledovaném období



Obr. 23. - Graf spotřeby vody v objektu SPŠ na Proseku ve sledovaném období

Pro lepší představu odběru vody během typického týdne jsem provedl ještě vlastní měření spotřeby vody v týdnu od 11.10. 2021 do 17.10.2021 a následně pro kontrolu ještě víkendové měření od 6.11.2021 do 7.11.2021. Popis obou měření a vyhodnocení jejich výsledků jsou uvedeny v Příloze A – Bilanční výpočty potřeby vody kapitola č.4 (odečtené výsledky z týdenního měření viz. Tab. 7.).

	Denní spotřeba vody [m <sup>3</sup> ]
Pondělí 11.10.2021	8,59 m <sup>3</sup>
Úterý 12.10.2021	8,22 m <sup>3</sup>
Středa 13.10.2021	8,51 m <sup>3</sup>
Čtvrtek 14.10.2021	7,92 m <sup>3</sup>
Pátek 15.10.2021	6,29 m <sup>3</sup>
Sobota 16.10.2021	0,34 m <sup>3</sup>
Neděle 17.10.2021	0,93 m <sup>3</sup>
<b>CELKEM</b>	<b>40,8 m<sup>3</sup></b>

Tab.7. Tabulka spotřeby vody ve sledovaném týdnu

## 8. Zvolená úsporná opatření

Jako úsporná opatření pro objekt Střední průmyslové školy na Prosek jsem zvolil kombinaci řešení z uváděných řešerší. Navrhují rozdělení potrubí splaškové kanalizace na část sběru dešťových vod, část sběru šedých vod a část splaškové kanalizace. Šedá voda z umyvadel, sprch, dřezů, myček a praček bude odvedena do čistírny šedých vod v technické místnosti, kde bude tato voda vyčištěna na bílou užitkovou vodu. Takto vyčištěná voda bude opětovně rozvedena do budovy školy a použije se ke splachování záchodů, pisoárů a do výlevků. Ze střech řešené budovy bude zachycena dešťová voda, která se bude akumulovat ve dvou navržených akumulačních nádržích při severní straně objektu. Z těchto navržených nádrží bude dešťová voda čerpána do technické místnosti, kde bude dopouštět nádrž na šedou vodu. V případě, že nebude na dopouštění dostatek dešťové vody, bude na dopouštění nádrže na šedou vodu využita pitná voda.

## 9. Závěr

Ve své práci jsem se zaměřil nejdříve na teoretické možnosti úspory pitné vody. Poté jsem se uvedl několik zajímavých řešení nakládání s vodou v prostorách škol ve světě a následně jsem se pokusil takový návrh v existující budově sám zpracovat.

Velmi mě potěšil vstřícný postoj a zájem o toto téma od vedení školy a věřím, že tato práce může posloužit jako dobrý podklad pro další posun v nakládání s vodou v objektu SPŠ na Proseku.

## 10. Zdroje

- [1] DANIELS, Klaus. *Technika budov: Příručka pro architekty a projektanty*. 2003 [cit. 2021-10-11]. Bratislava: Jaga, 2003. ISBN 80-88905-60-5.
- [2] Voda v přírodě. *Severomoravské vodovody a kanalizace a.s.* [online článek smvak.cz]. Ostrava: Severomoravské vodovody a kanalizace, 2018 [cit. 2021-10-11]. Dostupné z: <https://smvak.cz/voda-v-prirode>
- [3] MURTINGER, Karel. Odsolování vody: Destilace, vymražování, komprese a další. *Nazeleno.cz* [online – článek nazeleno.cz]. Praha: Narrative Media, 2010, 2010 [cit. 2021-10-11]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/technologie-1/odsolovani-vody-destilace-vymrazovani-komprese-a-dalsi.aspx>
- [4] KOCHÁNKOVÁ, Lucie. *Ekologie – Hydrosféra*. Praha, 2020 [cit. 2021-10-11]. Dostupné také z: <https://uchop.vscht.cz/ke-stazeni/materialy>. Přednáška VŠCHT – Ústav chemie a ochrany prostředí. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze.
- [5] SLAVÍČKOVÁ, Kateřina. *Havárie a životní prostředí*. Praha, 2016 [cit. 2021-10-11]. Dostupné také z: <http://kzei.fsv.cvut.cz/cs/vyuka/predmety/magisterske/hzp>. Přednáška Fsv ČVUT – Katedra zdravotního a ekologického inženýrství. České vysoké učení technické v Praze – Fakulta stavební.
- [6] LYMBERY, Philip a Isabel OAKESHOTT. *Farmagedon: skutečná cena levného masa*. 2017. Praha: Carpe Momentum, 2017 [cit. 2021-10-15]. ISBN 978-80-905334-4-8
- [7] DRABINOVÁ, Silvie. Potřeba vody: Výpočet potřeb vody pro obyvatelstvo, průmysl, zemědělství a požární účely. Nerovnoměrnost potřeby vody. *Zásobování vodou: Učební texty VŠB – TU Ostrava* [online – studijní materiály VŠB – TU Ostrava]. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2020 [cit. 2021-12-22]. Dostupné z: <http://zasobovanivodou.vsb.cz/index.php/osnova-prednasek/4-potreba-vody>
- [8] ČESKÁ REPUBLIKA. *Zákon o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů*. In: Praha: AION CS, 2000, ročník 2000, [cit. 2021-10-28] 258/2000 Sb. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-258>
- [9] ČESKÁ REPUBLIKA. *Vyhláška č. 252/2004 Sb.: Vyhláška, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody*. In: . Praha: AION CS, 2004, ročník 2004, [cit. 2021-10-28] 252/2004 Sb. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-252>

- [10] CHALOUPKA, Vladimír. Srážkové vody a zákon o vodovodech a kanalizacích. *Tzb.info* [online – článek tzb.info.cz]. Praha: tzb.info, 2006, 2006 [cit. 2021-10-28]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-voda-kanalizace/3757-srazkove-vody-a-zakon-o-vodovodech-a-kanalizacich>
- [11] ČESKÁ REPUBLIKA. *Zákon č.254/2001 Sb.: Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)*. In: . Praha: AION CS, 2001, ročník 2001, [cit. 2021-10-28] 254/2001 Sb. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254>
- [12] BERÁNKOVÁ, Martina. Odpadní voda – odpad nebo poklad? *Tzb.info* [online – článek tzb.info.cz]. Praha: tzb.info, 2017, 2017 [cit. 2021-10-29]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/16057-odpadni-voda-odpad-nebo-poklad>
- [13] ČSN 75 5409 *Vnitřní vodovody. 2013*. [cit. 2021-10-28]. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2013.
- [14] DUFKA, Jaroslav. Druhy vod podle kvality a požadavky na kvalitu vody. *ESTAV.cz* [online – článek estav.cz]. Praha: estav.cz, 2018, 2018 [cit. 2021-10-29]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/5941.druhy-vod-podle-kvality-a-pozadavky-na-kvalitu-vody>
- [15] VRÁNA. ČSN 75 5409 "Vnitřní vodovody." *Tzb.info* [online – článek tzb.info.cz]. Praha: tzb.info, 2013, 2013 [cit. 2021-10-29]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-voda-kanalizace/10177-csn-75-5409-vnitri-vodovody>
- [16] CZWA Service s.r.o., zpracovatelská skupina: BARTONÍČEK, Jan, DOLEJŠ, Petr, KABELKOVÁ, Ivana, MATĚJŮ, Ladislav, STRÁNSKÝ, David, ŠÁTKOVÁ, Barbora, *Studie problematiky šedých vod v sídlech ČR*. [online – studie zadavatele MŽP ČR]. 2021 [cit. 2021-10-30]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/prioritni\\_osa\\_6\\_seznam\\_projektu/\\$FILE/ofeu-studie\\_sede\\_vody-20210517.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/prioritni_osa_6_seznam_projektu/$FILE/ofeu-studie_sede_vody-20210517.pdf)
- [17] PLOTĚNÝ, Karel. Technika opatření pro využití šedé vody. *ASIO: Čištění a úprava vod* [online článek asio.cz]. Praha: asio.cz, 2021, 2021 [cit. 2021-10-31]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/1167.technicka-opatreni-pro-vyuziti-sede-vody>
- [18] BIELA, Renata. Kvalita šedých vod a možnost jejich využití. *Tzb.info* [online – článek tzb.info.cz]. Praha: tzb.info, 2011, 2011 [cit. 2021-10-30]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/8097-kvalita-sedych-vod-a-moznost-jejich-vyuziti>

- [19] Spotřeba vody. *Pvk.cz: Pražské vodovody a kanalizace* [online – článek pvk.cz]. Praha: pvk.cz, 2021, 2021 [cit. 2021-10-30]. Dostupné z: <https://www.pvk.cz/vse-o-vode/pitna-voda/spotreba-vody/>
- [20] 100+ Water-Saving Tip. *Wateruseitwisely.com* [online – článek wateruseitwisely.com]. Phoenix, Arizona, USA: wateruseitwisely.com, 2021, 2021 [cit. 2021-10-31]. Dostupné z: <https://wateruseitwisely.com/100-ways-to-serve-water/?view=list>
- [21] Jak a proč šetřit vodou. *Pvk.cz: Pražské vodovody a kanalizace* [online – článek pvk.cz]. Praha: pvk.cz, 2021, 2021 [cit. 2021-10-31]. Dostupné z: <https://www.pvk.cz/vse-o-vode/pitna-voda/spotreba-vody/jak-a-proc-setrit-vodou/>
- [22] Energie šedých vod. *Asio.cz* [online]. Praha: asio.cz, 2018 [cit. 2021-10-31]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/energie-sedych-vod>
- [23] POLÁŠEK, Daniel. *Anaerobní membránový bioreaktor (AnMBR) pro čištění odpadních vod potravinářského průmyslu*. Brno, 2017 [cit. 2021-10-31]. Dostupné také z: [https://www.vut.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=183737](https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=183737). Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Petr Hlavínek.
- [24] PLOTĚNÝ, Karel a Adam BARTONÍK. Čištění šedých vod a možnost využití energie z nich. *Asio.cz* [online – článek asio.cz]. Praha: asio.cz, 2012, 2012 [cit. 2021-11-04]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/153.cisteni-sedych-vod-a-moznost-vyuziti-energie-z-nich>
- [25] Nádrže na dešťovou vodu. *Nicoll.cz* [online – článek nicoll.cz]. Praha: nicoll.cz, 2017 [cit. 2021-11-05]. Dostupné z: <https://www.nicoll.cz/produkty/destova-voda/nadrze-na-destovou-vodu.html>
- [26] *Stebonheath Primary School, Llanelli* [online]. London, UK, 2013 [cit. 2021-11-15]. Dostupné z: [https://www.susdrain.org/case-studies/case\\_studies/stebonheath\\_primary\\_school\\_llanelli.html](https://www.susdrain.org/case-studies/case_studies/stebonheath_primary_school_llanelli.html)
- [27] DWR Cymru Welsh Water. *Rainscape Llanelli*. [online – článek corporate.dwrcymru.com]. Cardiff, Wales, UK, 2014 [cit. 2021-11-15]. Dostupné z: <https://corporate.dwrcymru.com/en/community/environment/our-projects/rainscape/rainscape-llanelli>
- [28] pocitamesvodou.cz. *Mapa přírodě blízkých příkladů hospodaření s dešťovou vodou*. [online – článek pocitamesvodou.cz]. Praha, 2021 [cit. 2021-11-15]. Dostupné z: <https://www.pocitamesvodou.cz/>

Pozn. Citace zdrojů vytvořeny v souladu ČSN ISO 690 (vytvořeno v citacepro.com)

## 11. Zdroje – obrázky

- Obr. 1. – Rozložení vody na Zemi – graf vytvořen autorem práce dle zdroje [4]  
Obr. 2. – Rozložení sladké vody na Zemi – graf vytvořen autorem práce dle zdroje [4]  
Obr. 3. – Rozložení sladké tekoucí vody na Zemi – graf vytvořen autorem práce dle zdroje [4]  
Obr. 4. – Mikrobiologické a biologické ukazatele pitné vody – zdroj: Vyhláška č. 252/2004 Sb. Příloha č.1 tab. A zdroj [9]  
Obr. 5. – Komplet závěsné WC s duálním splachováním – zdroj [online nabídka výrobků] dostupné na: online nabídka produktů dostupné na <https://www.siko.cz/sanitarni-keramika/c/C99803>  
Obr. 6. – Úsporný perlátor – zdroj [online nabídka výrobků] dostupné na: online nabídka produktů dostupné na <https://www.siko.cz/perlator-multi-vnejsi-zavit-chrom-sikobwsup24/p/SIKOBWSUP24>  
Obr. 7. – Základní členění technologie čištění odpadních vod – autorem upraveno dle zdroje [23]  
Obr. 8. – Technologické schéma čištění šedých vod – zdroj [24]  
Obr. 9. – Schéma systému nakládání s dešťovou vodou – zdroj [25]  
Obr. 10. – Schéma systému zpětného využití šedé vody – zdroj [online článek Why Greywater management systém is needed] dostupný na: <https://saniconenergysolutions.wordpress.com/2017/02/20/is-greywater-management-needed/>  
Obr. 11. – Realizovaný 30 m dlouhý terénní průleh – zdroj [26]  
Obr. 12. – Schéma nakládání s dešťovými vodami v základní škole Stebonheath – zdroj [26]  
Obr. 13. – Schéma nakládání s dešťovou vodou ve škole Heiden, AR – schéma vytvořeno autorem práce dle popisu dle zdroje [28]  
Obr. 14. – Umístění budovy SPŠ na Proseku – zdroj: nahlížení do katastru nemovitostí dostupný na: <https://sgi-nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&MarExtent=-990320.44597457629%20-1239836%20-346646.55402542371%20-923033&MarWindowName=Marushka>  
Obr. 15. – Členění řešeného objektu – zdroj: schéma vytvořeno autorem práce  
Obr. 16. – Budova SPŠ na Proseku – zdroj: [online článek prazsky.denik.cz] dostupné na: [https://prazsky.denik.cz/zpravy\\_region/stredoskolaci-z-chudych-pomeru-mohou-jezdit-na-vylety-prispeje-jim-mesto-20180507.html](https://prazsky.denik.cz/zpravy_region/stredoskolaci-z-chudych-pomeru-mohou-jezdit-na-vylety-prispeje-jim-mesto-20180507.html)  
Obr. 17. – Okruh ÚT pro budovu – zdroj: fotografie vytvořena autorem práce  
Obr. 18. – Příprava TV (protiproudý výměník) – zdroj: fotografie vytvořena autorem práce  
Obr. 19. – VZT rozvody v At1 – zdroj: fotografie vytvořena autorem práce

- Obr. 20. – Chladicí jednotky dílen – zdroj: fotografie vytvořena autorem práce  
Obr. 21. – Pohled do kolektoru – zdroj: fotografie vytvořena autorem práce  
Obr. 22. – Hlavní uzávěr vody – zdroj: fotografie vytvořena autorem práce  
Obr. 23. – Graf spotřeby vody v objektu SPŠ na Proseku ve sledovaném období – zdroj: graf vytvořen autorem práce

## **12.Zdroje – tabulky**

- Tab. 1. – Množství plovoucích látek v šedých vodách – vytvořeno autorem práce dle zdroje [18]  
Tab. 2. – Hodnoty chemické a biochemické spotřeby kyslíku v šedých vodách – vytvořeno autorem práce dle zdroje [18]  
Tab. 3. – Hodnoty průměrné denní spotřeby vody v Praze – vytvořeno autorem práce dle zdroje [19]  
Tab. 4. – Hodnoty průměrné denní spotřeby vody v Praze – vytvořeno autorem práce dle zdroje [21]  
Tab. 5. – Základní informace o stavbě – vytvořeno autorem práce  
Tab. 6. – Tabulka spotřeb a nákladů na vodu v objektu SPŠ na Proseku ve sledovaném období – vytvořeno autorem práce dle poskytnutých podkladů od vedení školy  
Tab. 7. – Tabulka spotřeby vody ve sledovaném týdnu – vytvořeno autorem práce

## **13.Seznam příloh**

Příloha A – Bilanční výpočty potřeby vody

Příloha B – Vodovod

Příloha C – Kanalizace