

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ**

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



**Návrh ZTI a hospodaření s vodou v domově pro
seniory**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vypracoval:

Bc. David Licek

Vedoucí práce:

Ing. Ilona Koubková, Ph.D.

2023/2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Licek	Jméno: David	Osobní číslo: 484631
Zadávací katedra: K125 - Katedra technických zařízení budov		
Studijní program: Budovy a prostředí		
Studijní obor/specializace: Technická zařízení budov		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Návrh ZTI a hospodaření s vodou v domově pro seniory	
Název diplomové práce anglicky: Plumbing system and water management in retirement home	
Pokyny pro vypracování: Praktická část 1) Zpracujte projektovou dokumentaci ZTI (vodovod a kanalizace) na úrovni rozšířené dokumentace pro stavební povolení. Zdané půdorysy, řezy a schémata zpracujte v měřítku 1:50 - 1:100. Situace 1:400 - 1:500. Zpracujte výpočty, posouzení dešťových a šedých vod a technickou zprávu. 2) Rešerše Hospodaření s dešťovou a šedou vodou a zpětné využití odpadního tepla v domově pro seniory. Seznam doporučené literatury: prof. Ing. Karel Kabele, CSc. a kol. : Energetické a ekologické systémy 1. Zdravotní technika. Vytápění Jaroslav Valášek a kol. : Zdravotnětechnická zařízení budov ČSN 75 5409. Vnitřní vodovody ČSN 75 6760. Vnitřní kanalizace	
Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Ilona Koubková, Ph.D.	
Datum zadání diplomové práce: 26.9.2023	Termín odevzdání DP v IS KOS: 8.1.2024 <small>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</small>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

26.9.2023	Podpis studenta(ky)
Datum převzetí zadání	



Čestné prohlášení

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

V Praze dne 8.1.2024

.....

podpis



Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat paní Ing. Iloně Koubkové, Ph.D. za vedení diplomové práce, rady a konzultace.

**Abstrakt:**

Cílem mé diplomové práce je návrh zdravotně technických instalací a hospodaření s vodou v domově pro seniory. Práce se skládá z teoretické a praktické části. Teoretická část se zabývá možnostmi a způsoby využívání šedé vody, dešťové vody a tepla z odpadních vod. Praktická část obsahuje návrh systému pro hospodaření s vodou ve vybraném objektu. Součástí je projektová dokumentace kanalizace a vodovodu na úrovni rozšířené dokumentace pro stavební povolení a příslušné výpočty pro návrh.

Klíčová slova:

Šedá voda, dešťová voda, vodovod, kanalizace, spotřeba vody, odpadní teplo, vsakování

Abstract:

The goal of my diploma thesis is design of plumbing system and water management in retirement home. The thesis consist of practical and theoretical part. Theoretical part is focused on options and ways of using grey water, rain water and heat from wastewater. Practical part contains design of water management system in retirement home. This part contains project documentation on the level of extended domcumentation for building permit and associated calculation.

Key words:

Greywater, rainwater, water line, sewerage system, water consumption, waste heat, soaking



Obsah

Úvod	3
1 Teoretická část - rešerše	4
1.1 Voda v ČR	4
1.2 Dělení vod	5
1.2.1 Dělení vod dle původu	5
1.3 Dělení vod dle použití.....	6
1.4 Šedé vody	7
1.4.1 Dělení šedých vod	8
1.4.2 Systém využití šedých vod.....	8
1.5 Srážkové vody.....	11
1.5.1 Systém využívání srážkových vod.....	12
1.6 Teplo z odpadních vod	12
1.6.1 Lokální rekuperace tepla.....	13
1.6.2 Centrální rekuperace.....	14
1.7 Dotace	16
2 Praktická část	17
2.1 Úvod	17
2.2 Identifikační údaje stavby	17
2.3 Popis stavby	18
2.4 Koncept TZB	19
2.5 Popis provozu.....	19
2.6 Bilance šedých vod.....	20
2.6.1 Produkce šedých vod	20
2.6.2 Potřeba vyčištěné šedé vody.....	22
2.6.3 Vyhodnocení	23
2.7 Bilance dešťové vody	23
2.7.1 Dostupný objem srážkových vod	23
2.7.2 Výpočet odtoku srážkových vod ze střechy	24
2.7.3 Potřeba srážkové vody	24
2.7.4 Vyhodnocení	25
2.8 Využití šedé vody	25
2.8.1 Princip systému	25
2.8.2 Hlavní komponenty systému.....	26



2.8.3	Návrh systému	29
2.9	Využití dešťové vody	30
2.10	Návrh vsakovacího objektu	31
2.11	Využití tepla odpadních vod.....	36
2.11.1	Výpočet tepelného výměníku, úspora energie	36
2.12	Závěr.....	39
3	Seznam obrázků	40
4	Seznam grafů.....	40
5	Seznam tabulek	41
6	Seznam použitých zdrojů	41
7	Přílohy	45



Úvod

Ve své diplomové práci se zabývám hospodařením s vodou, protože tato látka je jednou z nejdůležitějších na Zemi. Její množství zásadně ovlivňuje nejen člověka ale i přírodu. Existují velké rozdíly mezi místy kde je vody dostatek, a kde téměř není. Často se s ní podle toho zachází.

V našich podmínkách je přístup k pitné vodě téměř samozřejmostí, přestože za výrobou a dopravou stojí rozsáhlá a nákladná technologie. Tuto kvalitní vodu ale často využíváme pro účely, kde by stačila voda nepitná. Ať už se jedná o splachování, úklid, zalévání nebo jiné potřeby. Když máme možnost s touto cennou látkou hospodařit, neměli bychom se jí hned po použití zbavovat.

Dnes existuje řada technologií pro hospodaření s vodou. Měli bychom volit taková řešení, která minimalizují spotřebu pitné vody a dešťovou vodu vrací zpět do přírody.



1 Teoretická část - rešerše

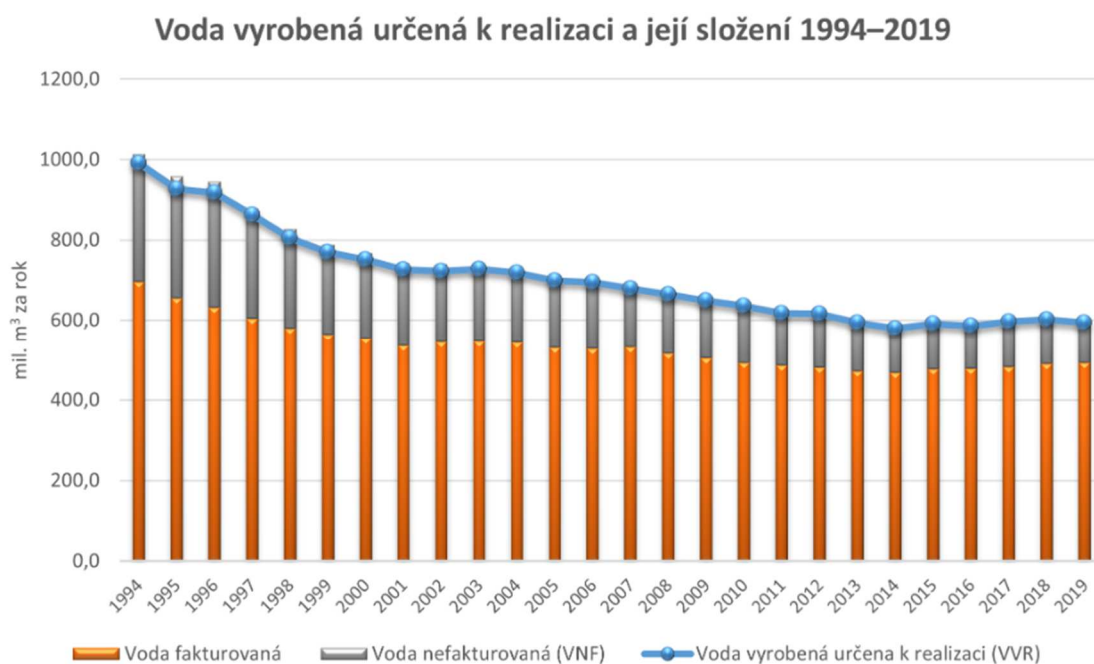
1.1 Voda v ČR

Voda nacházející se na našem území pochází pouze z dešťových srážek, které zde spadnou. Všechny větší vodní toky, které v Česku jsou, tady zároveň pramení. Nemáme tedy k dispozici žádnou mohutnou řeku přivádějící velké množství vody. Velká část srážek rychle odtéká pryč.

Objem spadlé dešťové vody se v průběhu let příliš nemění. V důsledku klimatické změny ale dochází ke změně rozložení srážek během roku. Prší méně často, ale přibýlo přivalových dešťů. Srážková voda se tak nestíhá vsakovat a z našeho území rychle odtéká bez využití. Z toho pramení současný nedostatek podzemní vody a vysychání krajiny.

V dnešní době proto existuje snaha o udržení dešťové vody v krajině. Obnovují se mokřady a rybníky. Budují se nová vodní díla a vsakovací nádrže. Voda se vrací tam, odkud byla dříve odvedena. Tím se zlepšují podmínky pro navýšení objemu podzemní vody a zmírnění sucha v krajině.

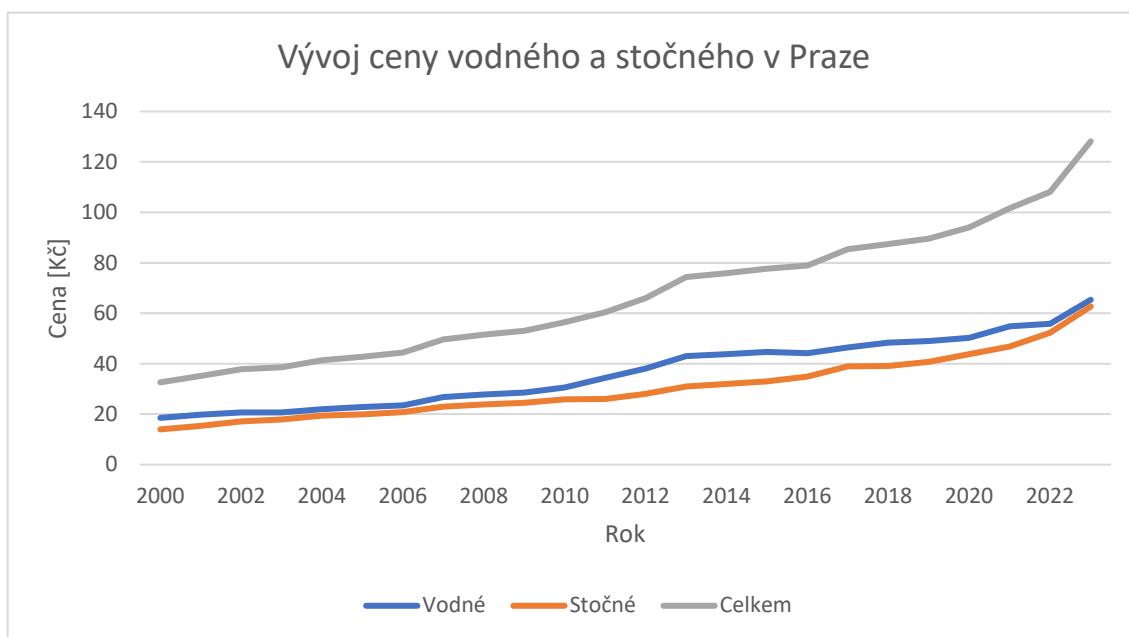
Pitná voda se získává ze studní a vrtů nebo úpravou povrchové vody z řek a přehrad. Nejlepší zdroj je podzemní voda, která nepotřebuje tak náročnou úpravu jako ta povrchová. Po procesu čištění se pitná voda akumuluje ve vodojemech a následně se dopravuje vodovodní sítí k odběratelům. [1] [2]



Graf 1 – Vývoj spotřeby vody v ČR [3]



Pozitivní zprávou je, že se v ČR v dlouhodobě daří snižovat spotřebu pitné vody. Má na to vliv menší spotřeba lidí, používání technologií pro šetření s pitnou vodou a také nižší ztráty ve vodovodní síti. Na druhou stranu se ale stále zvyšuje vodné a stočné. V grafu 1 je uveden vývoj spotřeby vody v ČR. Graf zobrazuje celkové množství vyrobené vody (VVR), tato hodnota je rozdělena na vodu fakturovanou dodanou spotřebitelům a vodu nefakturovanou tvořenou z velké části ztrátami v trubní síti. Graf 2 zobrazuje vývoj ceny vodného a stočného v Praze. [3]



Graf 2 - Vývoje ceny vodného a stočného [4] (Vlastní tvorba)

1.2 Dělení vod

Vodu můžeme dělit podle jejího původu nebo účelu používání. Dle původu ji rozdělujeme na atmosférickou, povrchovou a podpovrchovou.

1.2.1 Dělení vod dle původu

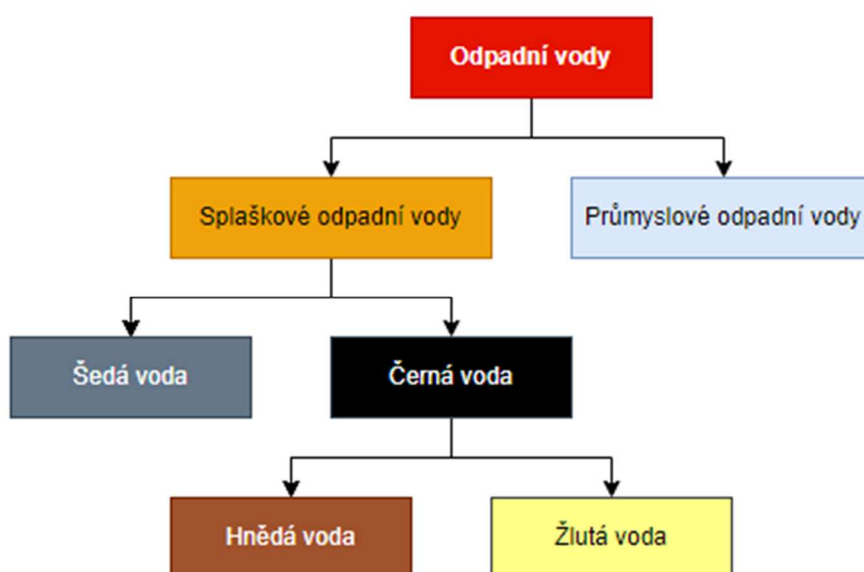
Atmosférická (srážková voda) vzniká v ovzduší kondenzací vodní páry. Může se vyskytovat v kapalném skupenství ve formě deště nebo rosy, jako aerosol v podobě mlhy nebo v pevném skupenství jako sníh a led. Srážková voda spadá na povrch se vyjadřuje v mm, což odpovídá počtu litrů na m² vodorovné plochy. Složení atmosférické vody závisí na složení atmosféry a její míře znečištění přírodními emisemi nebo emisemi způsobenými činností člověka.

Povrchová voda obsahuje vodu všech povrchových zdrojů sladké a slané vody. Patří sem oceány, moře, řeky a jezera. Dále se dělí na vodu kontinentální a mořskou a dle pohybu na tekoucí a stojatou. Povrchová voda je zdrojem pitné a užitkové vody, zároveň v ní ale končí většina odpadní vody. Její kvalitu tak značně ovlivňuje působení člověka.

Podpovrchová voda se vyskytuje pod zemským povrchem, a to ve všech skupenstvích. Její složení určuje půda a horniny se kterými přichází do styku. Zpravidla má větší obsah uhlíku a menší obsah kyslíku než povrchová voda. Podzemní voda se často využívá jako zdroj kvalitní pitné vody, který vyžaduje mešní úpravu než povrchová voda. [5] [6]

1.3 Dělení vod dle použití

Podle použití v budovách se voda dělí na pitnou, užitkovou, odpadní a srážkovou. Tyto druhy vod mají rozdílná složení a míru znečištění. Způsob, jakým s použitou vodu zacházíme pak přímo ovlivňuje kvalitu a množství pitné vody. Všechny tyto druhy spolu souvisí a vzájemně se ovlivňují. Rozdělení vod zobrazuje obrázek 1.



Obrázek 1 - Dělení vod [8] (Vlastní tvorba)

Pitná voda je do budov nejčastěji dopravena z vodovodního řadu nebo vlastního zdroje. Je nutná pro pití, vaření, mytí nádobí a mytí osob. Podléhá požadavkům na kvalitu a složení. Slouží k nejrůznějším účelům v domácnostech i průmyslu. Přestože je pitná, často se využívá i pro činnosti, kde by vyhovovala i voda o nižší kvalitě.

Užitková, provozní nebo bílá voda nemá kvalitu pitné vody a nesmí se používat k pití a přípravě potravin. Její jakost odpovídá příslušnému způsobu využití. Jedná se o dešťové a recyklované vody, které nejsou dodávány z vodovodů pro veřejnou potřebu. Rozvody užitkové a pitné vody musí být bezpečně odděleny.

Se srážkovými vodami je nyní u novostaveb povinné hospodařit. V závislosti na podmínkách daného pozemku existují tři možnosti odvodu dešťových vod. V případě vhodné půdy se volí vsakování ve vsakovacím objektu. Při horších vlastnostech půdy je možné



kombinovat však s regulovaným odtokem. Pokud vsakování není možné, tak se provede řešení s regulovaným odtokem. Dešťovou vodu je také možné využívat jako užitkovou.

Odpadními vodami se označují vody změněné použitím a všechny vody odvedené do systému vnitřní kanalizace. Můžeme je dělit na dvě skupiny:

- splaškové odpadní vody: odpadní vody z kuchyní, prádelen, koupelen, záchodů a podobných prostorů,
- průmyslové odpadní vody: odpadní vody změněné a znečištěné použitím v průmyslu nebo v drobných provozech, včetně chladících vod.

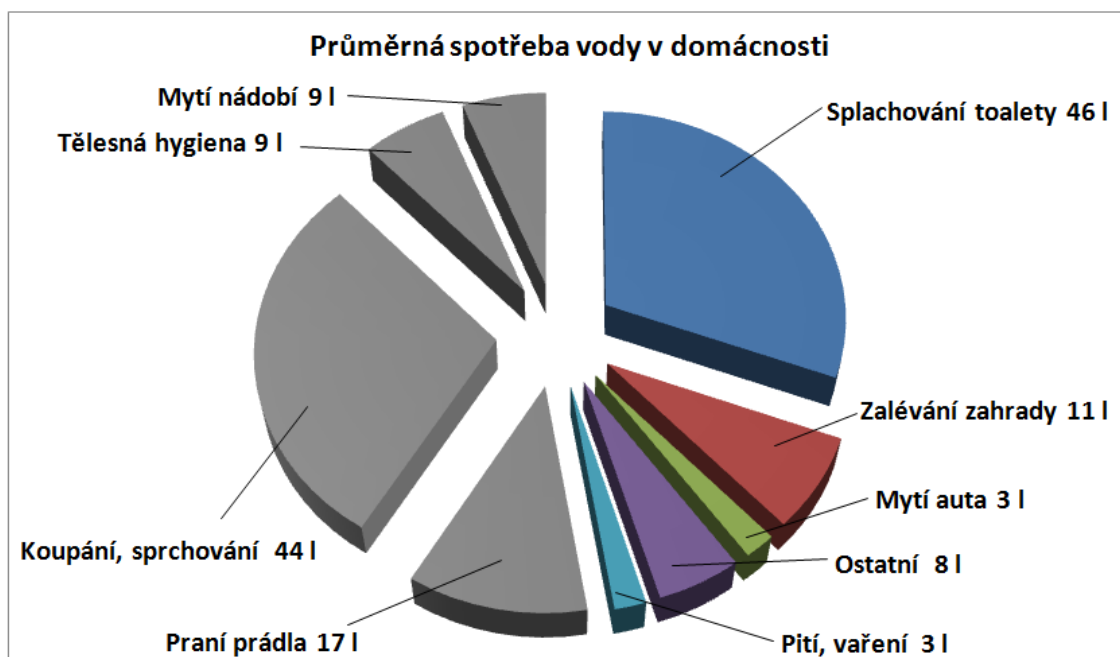
Dle svého obsahu se rozdělují splaškové odpadní vody na celkem čtyři kategorie:

- žluté vody: obsahují pouze moč (např. pisoáry),
- hnědé vody: obsahují pouze fekálie,
- černé vody: obsahují fekálie a moč,
- šedé vody: splaškové odpadní vody, kromě odpadních vod z WC a pisoárů.

Odpadní vody lze dále čistit a používat je jako vody užitkové. [7] [8]

1.4 Šedé vody

Od roku 2021 je v platnosti norma ČSN 75 6780 Využití šedých a srážkových vod v budovách a na přilehlých pozemcích. Tato norma definuje šedé vody a popisuje jejich úpravu a využívání. Jedná se o odpadní vodu pocházející z koupelen (umyvadla, sprchy, vany a pračky) a kuchyní (dřezy a myčky), která nepřichází do kontaktu s černou vodou. Šedé vody lze čistit a akumulovat pro následné využití a tím šetřit spotřebu pitné vody. Jako nejvhodnější šedá voda k recyklaci se jeví ta z koupelen. Vzhledem k většímu znečištění (tuky) a menší produkci (5-10% celkové spotřeby v domácnostech) se šedá voda z kuchyní většinou nedoporučuje k recyklaci. Šedá voda v obytných budovách činí asi 50% celkové produkce odpadních vod. Podíl spotřeby vody v závislosti na činnosti zobrazuje graf 3. Šedá část grafu zároveň představuje produkci šedé vody. [9] [10] [11] [12]



Graf 3 - Průměrná spotřeba vody v domácnosti [10]

1.4.1 Dělení šedých vod

Šedé vody dělíme podle původu a složení na tyto kategorie:

- neseparované šedé vody,
- šedé vody z kuchyní a myček (největším znečištěním jsou tuky),
- šedé vody z praček,
- šedé vody z umyvadel, sprch a van (lehká šedá voda). [10] [11]

1.4.2 Systém využití šedých vod

Šedé vody se po úpravě nazývají jako bílé vody (vyčištěné šedé vody). S touto vodou lze nakládat jako s užitkovou a používat ji pro aplikace, kde primárně nedochází k přímému kontaktu s člověkem. To znamená splachování WC, zalévání a úklid. Využívání bílé vody tak vede ke snížení produkce odpadních a zároveň ke snížení spotřeby pitné vody.

Hlavním stupně technologie systému využívání šedých vod představují:

a) Rozvody vody a kanalizace

Technické řešení spočívá v provedení zdvojených rozvodů vodovodu a kanalizace v budově. Černé vody jsou odváděny do jednotné či oddílné kanalizace, případně do domovních ČOV. Šedé vody směřují do nádrží, kde dochází k úpravě a akumulaci. Rozvody pitné vody musí být bezpečně odděleny od rozvodů bílé vody. Výtokové armatury a rozvody nepitné vody musí být příslušně označeny. [13] [14] [15]

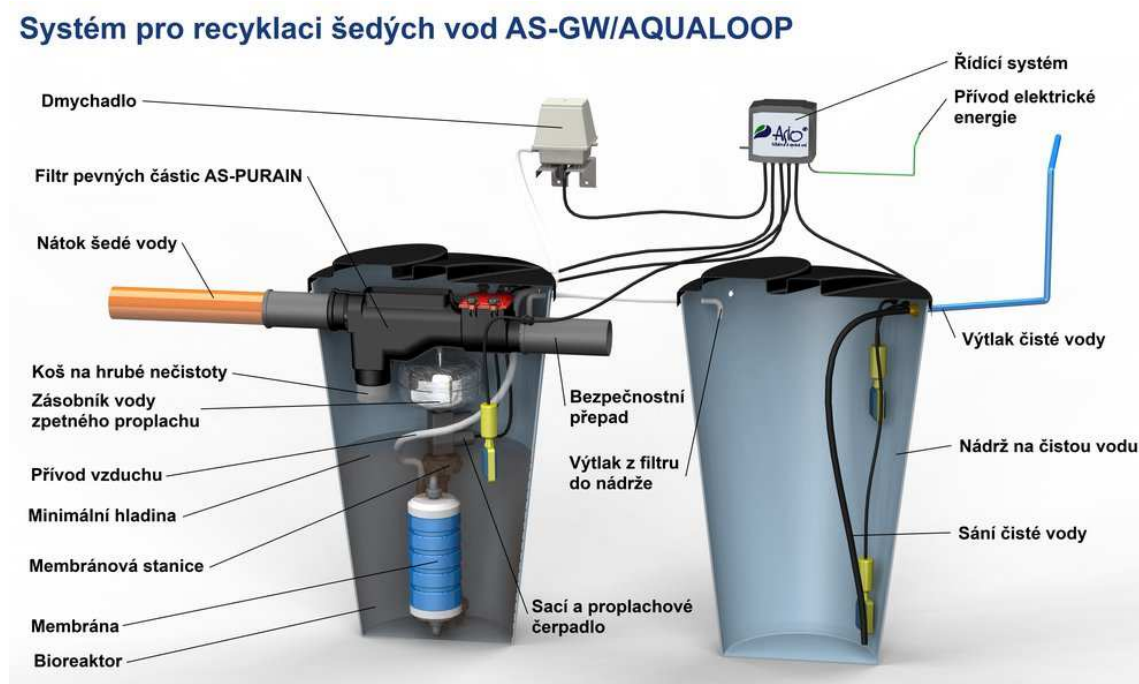
b) Akumulace šedé vody

Šedá voda vyprodukovaná v budově se odvádí vnitřní kanalizací do nádrží. Před nimi se umísťují filtry hrubých nečistot, aby nedocházelo k jejich zanášení a voda byla připravena pro následné upravování. Nádrže slouží pouze jako akumulční a vyrovnávací, nebo jako reakční nádrž s technologií pro čištění šedé vody. Mohou být umístěny nad úroveň podlahy v suterénu, pod úroveň podlahy u nepodsklepených budov nebo mimo budovu pod zemí. V případě umístění v exteriéru se musí nádrže chránit před vnějšími vlivy. Umístění pod zemí je tak ideální z hlediska udržování stálé teploty. [9] [14] [15]

c) Technologie úpravy

Technologie úpravy šedé vody lze rozdělit na dva nejčastější proudy. Membránové bioreaktory a kořenové čistírny.

Membránové bioreaktory jsou velmi vyspělou technologií, kterou se dosahuje vysoké kvality upravené vody. Jedná se o čištění pomocí aktivních bakterií, kde dochází k biologické oxidaci organických látek a amoniakálního dusíku. Následně se voda filtruje přes speciální membrány, které dokáží odstranit viry, bakterie a ostatní patogenní mikroorganismy. Zachyceny jsou také nerozpuštěné látky a zbylé nečistoty. Tato technologie se nachází v reakční nádrži (bioreaktoru), kam šedá voda natéká z vyrovnávací nádrže, nebo přímo z kanalizace šedé vody. Tuto technologii ukazuje obrázek 2. [9] [12] [14]



Obrázek 2 - Systém pro recyklaci šedé vody (Membránový bioreaktor) [15]



Kořenové čistírny jsou umístěny v exteriéru a zpravidla zabírají více místa a mají menší efektivitu. Na druhou stranu ale ke svému provozu nepotřebují žádnou elektřinu. Předčištěná odpadní voda pomocí septiku či hrubých filtrů odtéká do kořenového filtru. V něm dochází k denitrifikaci a čištění vody pomocí bakterií na kořenech rostlin a samotném filtru. U tohoto systému je pro využití v budově nutná desinfekce vyčištěné vody. Tato technologie může existovat v podobě fasádní kořenové čističky (obrázek 3) nebo kořenové čističky na střeše. I tento systém tak může plnit estetickou funkci. [16]



Obrázek 3 - Fasádní kořenová čistička [16]

d) Akumulace bílé vody

Bílá voda se pro další potřebu shromažďuje v akumulární nádrži. Ta se nachází vedle reakční nádrže, ze které je přečerpávána bílá voda pomocí čerpadla. Opět tedy existují nadzemní a podzemní varianty. Objem akumulární nádrže se volí tak, aby se zde voda zdržela maximálně jeden den. Díky tomu nedochází ke snižování kvality a např. růstu nežádoucích mikroorganismů. Je proto vhodné umístění v chladném prostředí. Na všech uvedených nádržích musí být označení s textem, jaký druh vody se v nich nachází. [9] [14] [15]

e) Doplnění vody

Pokud je z nějakého důvodu nedostatek bílé vody, musí se doplňovat voda z jiného zdroje. Může se jednat o pitnou vodu z vodovodního řadu nebo o dešťovou vodu. V případě pitné vody probíhá doplňování pomocí automatické čerpací jednotky v interiéru budovy, která dokáže přepínat mezi zdroji vody. Když není bílé vody dostatek, jednotka automaticky začne čerpat pitnou vodu do rozvodů bílé vody. Druhou možností doplňování pitné vody představuje její dopouštění přímo do akumulární nádrže bílé vody pomocí potrubí s volným výtokem. V případě doplňování dešťové vody se volí varianta přívodu přímo do bioreaktoru, kde se smísí s šedou



vodou a je upravována uvedenou technologií. Neupravená dešťová voda by jinak negativně ovlivňovala kvalitu akumulované bílé vody.

Ve správně navrženém systému by ale k doplňování nemělo za normálních podmínek docházet. Produkce šedé vody v obytných budovách převyšuje její potřebu. [9] [14] [15]

f) Dezinfekce bílé vody

Pro zajištění vyhovující kvality bílé vody se přistupuje k její dezinfekci. První možností je chlorace v akumulační nádrži bílé vody. Druhá představuje použití UV lampy osazené před rozvodem bílé vody. [9] [12] [15]

g) Čerpání bílé vody

Pokud chceme bílou vodu využívat, musíme ji nejdříve dostat do rozvodů. K tomu slouží čerpadla. Existují dvě běžně používané varianty. Jedná se o automatickou čerpací stanici umístěnou v interiéru budovy. Ta se stará o čerpání bílé vody z akumulační nádrže a případně o přepnutí na zdroj pitné vody. Druhou možností je ponorná vodárna osazená v akumulační nádrži. Tato varianta se kombinuje s doplňováním přímo do akumulační nádrže. Čerpadla musí zajistit požadovaný průtok a tlak na výtokových armaturách.[9] [14] [15]

h) Řídicí systém

Pro automatický a správný chod systému je vhodné použít řídicí jednotky, které řídí a monitorují kompletní systém úpravy, přečerpávání a doplňování. Provoz technologie je pak plně automatický a případné poruchy a zhoršení kvality vody hlásí obsluze. Jednotka se může propojit s řídicím systémem celé budovy. Tyto jednotky se většinou umísťují v interiéru budovy. [9] [14] [15]

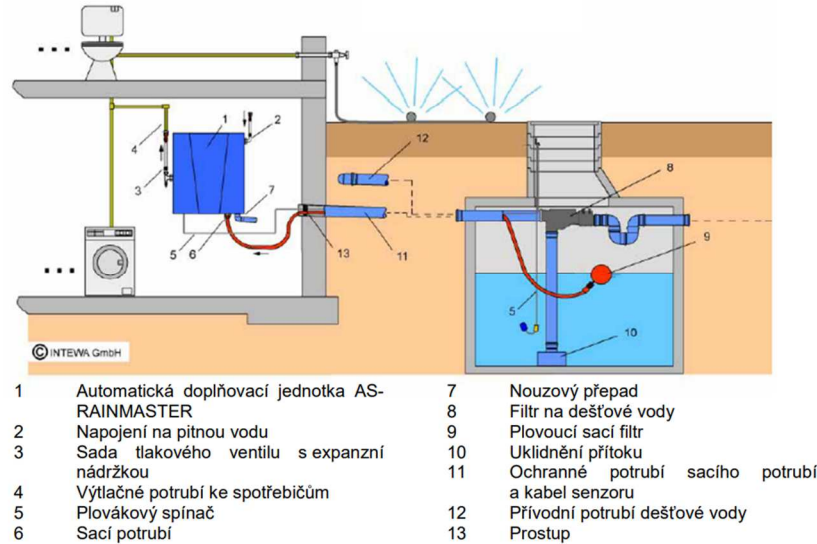
1.5 Srážkové vody

Jedná se o vodu z atmosférických srážek. Jak již bylo zmíněno, tak dle zákona mají majitelé novostaveb povinnost hospodařit se srážkovou vodou na pozemku. V tom případě se nabízí dešťovou vodu i využívat a pouze ji neodvádět předepsaným způsobem. Pro využívání se přednostně doporučují srážkové povrchové vody ze střech. Srážkové povrchové vody představují dešťové vody, které se nevsáknou do podloží a jsou přímo z povrchu terénu nebo budov odváděny do odvodňovacího systému.

Dešťovou vodu lze využívat v budově jako užitkovou např. pro splachování a uklizení a mimo budovu pro zalévání zahrad. Preferovanou variantou je použití v exteriéru, aby voda zůstávala v krajině. Naopak uvnitř budovy je vhodné využití recyklované šedé vody, které je dostatek a šetří se tak pitnou vodou. [17] [18] [19]

1.5.1 Systém využívání srážkových vod

Dešťové vody odváděné ze střech mají zpravidla nízké znečištění a poměrně dobrou kvalitu. Proto je jejich úprava rychlejší a jednodušší než u šedých vod. Jde hlavně o znečištění vlivem atmosféry a nečistoty na odvodňovaném povrchu. Nemůžeme se ale spoléhat na stálý přítok, srážky bývají nepravidelné a mají různou intenzitu.



Obrázek 4 - Systém využívání dešťových vod [19]

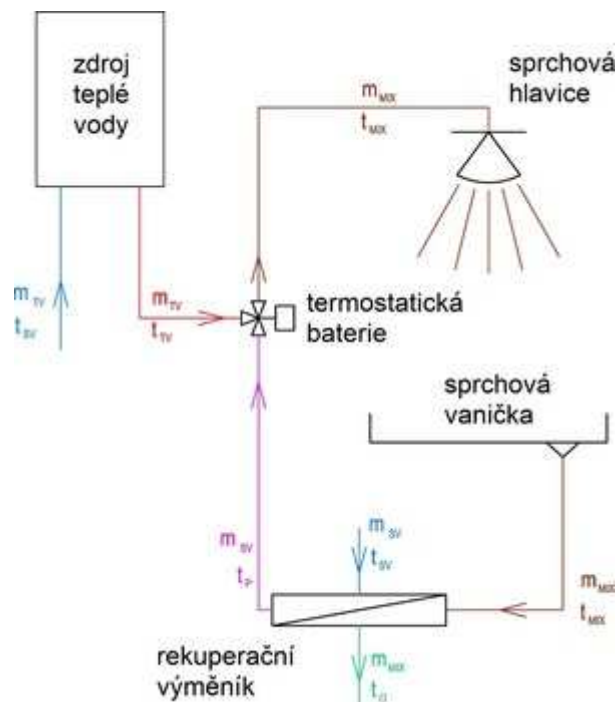
Pro využívání dešťových vod obecně stačí zajištění mechanické filtrace a následné akumulace v nádrži požadované velikosti. Ta se volí dle potřeby vody za určitou periodu. Dále se musí počítat s délkou období mezi dešti pro kterou je potřeba vytvořit zásobu. Tato doba se v našich podmínkách volí kolem 20 dní. V případě využívání uvnitř budov je mimo filtraci nutná ještě dezinfekce dešťové vody. Systém rozvodů, doplňování pitné vody a čerpání se pak velmi podobá již uvedenému systému bílé vody. Systém pro využívání dešťové vody představuje obrázek 4. [17] [18] [19]

1.6 Teplo z odpadních vod

Dalším důvodem pro hospodaření s odpadními vodami je jejich tepelný potenciál. Zhruba 30 % tepelných ztrát objektu odchází kanalizačním potrubím. Produkce odpadní vody a její teplota závisí na druhu budovy. Dle toho se volí vhodný druh technologie, kterých existuje více. Zařízení jsou schopna zrekuperovat až 40 % energie z odpadní vody. Teplo se využívá na předehřátí studené vody nebo pro zvýšení teploty vody vyráběné pomocí tepelných čerpadel. Obecně se dělí na lokální a centrální. [20] [21]

1.6.1 Lokální rekuperace tepla

Jedná se o kompaktní zařízení, která se umísťují v místě vzniku teplé šedé odpadní vody. Nejčastěji u sprch a podobných zařizovacích předmětů, kde dochází zároveň k produkci a spotřebě teplé vody. Tato lokální technologie rychle reaguje na aktuální potřebu a má vysokou účinnost. Vzhledem k umístění dochází pouze k malým tepelným ztrátám odpadní vody. Technologie pracuje na principu tepelného výměníku. Teplo z odpadní vody je předáváno studené vodě, která se po predehřátí dostává do mísící armatury nebo do zařízení pro přípravu teplé vody. V tomto případě se pak doporučuje osazení termostatické vodovodní baterie udržující stálou teplotu vody. Možné schéma zapojení zobrazuje obrázek 5. Mezi nejčastější typy lokálních zařízení patří výměníky v podobě odtokových žlabů nebo trubkových výměníků pod zařizovacími předměty. Nejčastěji se umísťují v menších obytných budovách s menší produkcí odpadní vody. [20] [21]



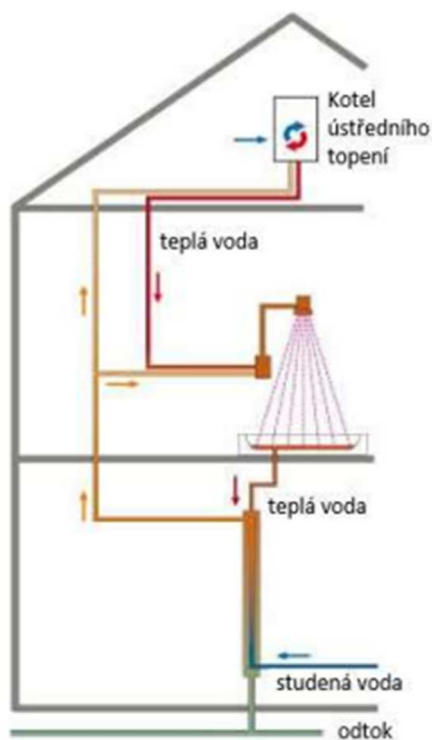
Obrázek 5 - Schéma lokální rekuperace tepla [22]

Sprchové tepelné výměníky plní funkci odtokových žlabů a zároveň tepelných výměníků. Jsou tedy instalovány podobně jako klasické žlaby. Nevyžadují více místa a jednoduše se instalují. Musí být připojeny na přívod studené vody a na vodovodní baterii. Příklad výrobku s deskovým výměníkem je uveden na obrázku 6. Existují i varianty s trubkovým výměníkem. [20] [22]



Obrázek 6 - Sprchový výměník [23]

Systémy ve formě dvojitého potrubí pracují na protiproudém principu předávání tepla. Vnější částí potrubí odtéká gravitačně odpadní voda a vnitřní částí protéká opačným směrem studená voda. Toto zařízení vyžaduje dostatek místa pod zařizovacím předmětem. Princip fungování zobrazuje obrázek 7. [20] [23]



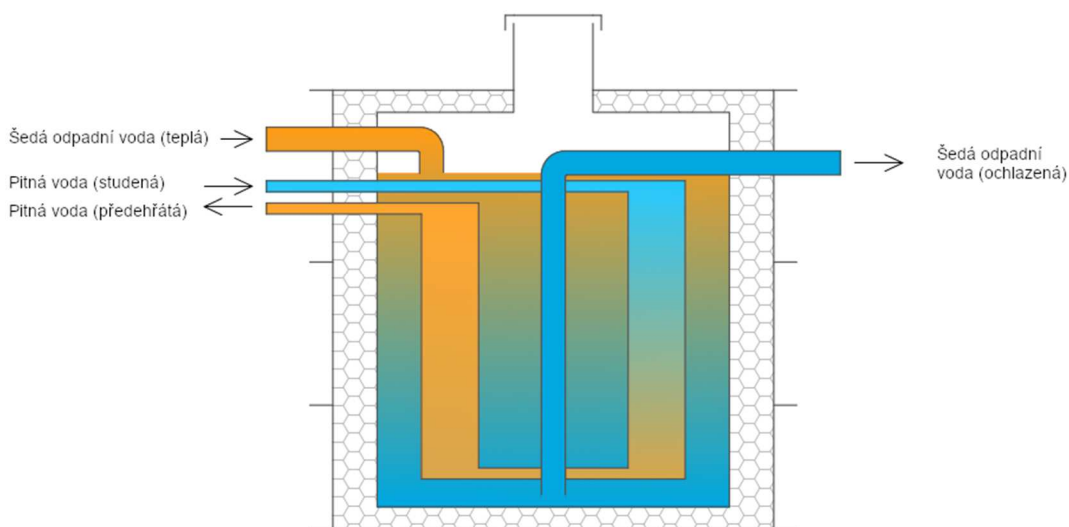
Obrázek 7 - Schéma zapojení trubkového výměníku [24]

1.6.2 Centrální rekuperace

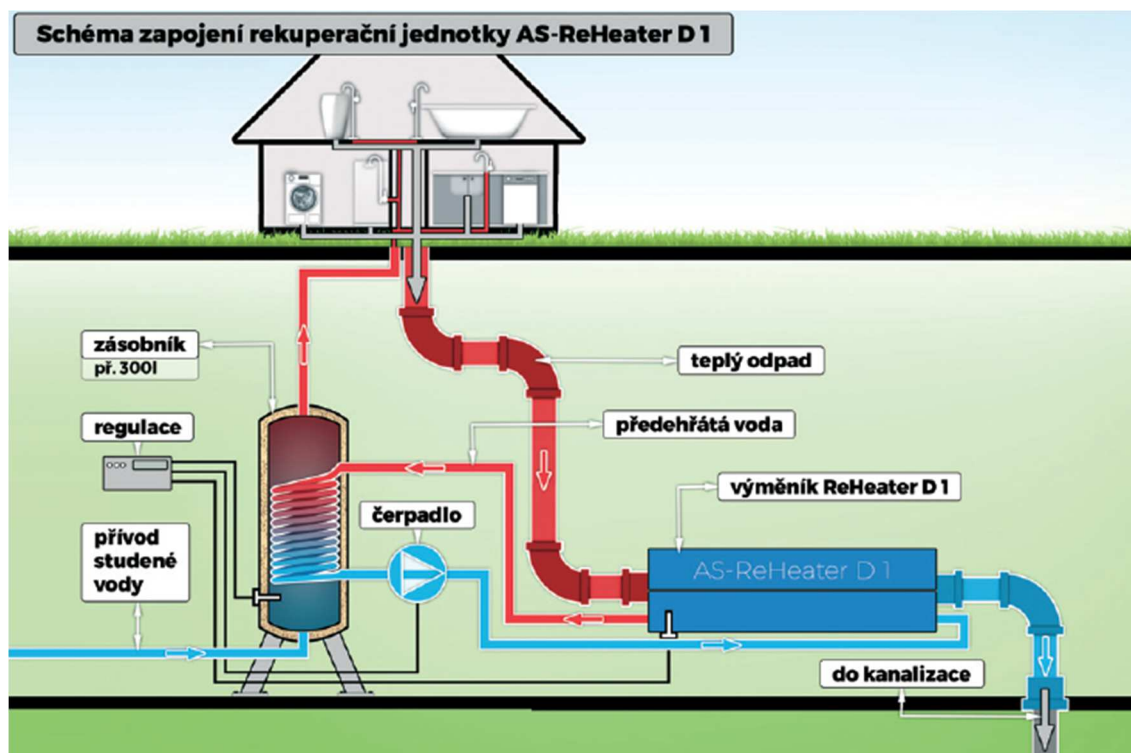
Centrální zařízení jsou vhodná pro objekty s velkou a stálou produkcí teplé odpadní vody, jako hotely, bazény, nemocnice a lázně. Současné systémy dovolují využívat veškerou splaškovou odpadní vodu a technologickou odpadní vodu. V závislosti na množství a druhu vody se vybírá vhodné řešení.

Teplu z odpadní vody se používá pro předehřátí studené vody z řadu, která se následně dopravuje přímo k zařizovacím předmětům na studenou stranu směšovací armatury nebo do

zařízení pro přípravu teplé vody. Zjednodušené schéma pro využití tepla z šedé vody se zásobníkem je uvedeno na obrázku 8. Technologii s deskovým výměníkem zobrazuje obrázek 9. [20]



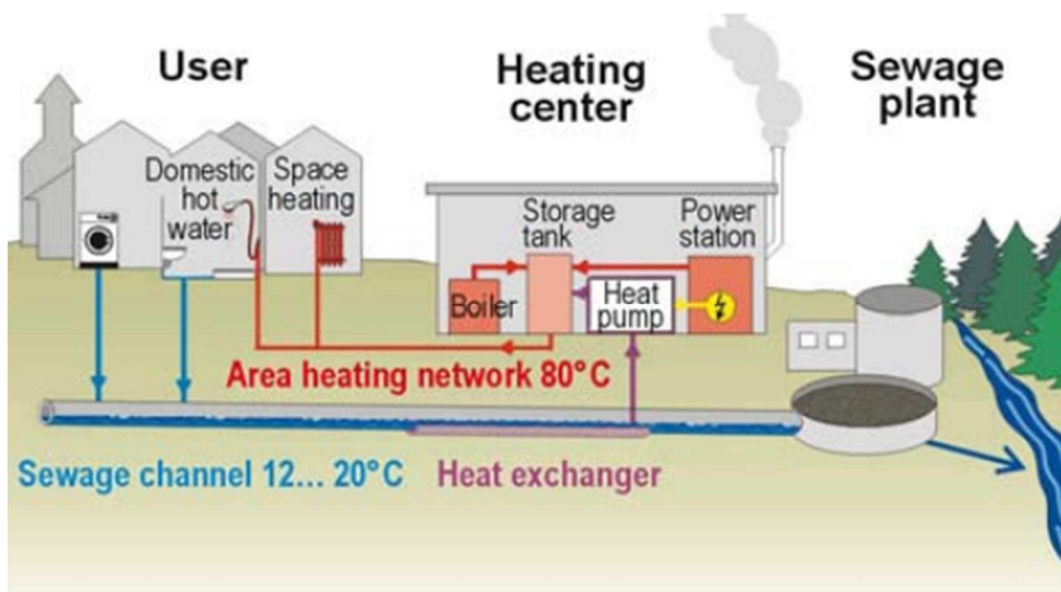
Obrázek 8 – Centrální rekuperace, akumulační nádrž [25]



Obrázek 9 - Schéma zapojení deskového výměníku [26]

Další možností využití tepla odpadní vody jsou tepelná čerpadla. Výměník tepla primárního okruhu čerpadla může přímo odebírat teplo z odpadní vody. Vybrané typy čerpadel dokáží pracovat s teplotou vody až 50 °C a vyrábět teplou vodu o teplotě přes 60 °C. Tato technologie je vhodná v provozech se stálou produkcí odpadní vody a potřebou teplé vody o vyšší teplotě. Běžná domovní tepelná čerpadla nejsou pro danou instalaci vhodná. Příklad

aplikace využití odpadního tepla z kanalizace tepelným čerpadlem v rámci města ukazuje obrázek 10. [20]



Obrázek 10 - Schéma systému využití tepla tepelným čerpadlem [27]

1.7 Dotace

Dotační program Nová zelená úsporám umožňuje získání finančních prostředků pro realizaci technologií na hospodaření s vodou v soukromých i veřejných budovách. V současné době jsou podporovány tyto systémy:

- systém pro využití akumulované dešťové vody pro zálivku,
- systém pro využití akumulované dešťové vody jako vody užitkové, případně též pro zálivku,
- systém se dvěma akumuláčními nádržemi pro využití vyčištěné a dočištěné odpadní vody a dešťové vody jako vody užitkové, případně též pro zálivku,
- systémy pro využití tepla z odpadní vody. [28]



2 Praktická část

2.1 Úvod

Praktická část se zaměřuje na hospodaření s vodou ve vybraném objektu domova pro seniory. Jedná se o zpracování návrhu systému pro využívání šedé a dešťové vody a zpětného využití tepla z odpadních vod. Součástí návrhu je dimenzování vnitřní kanalizace, dešťové kanalizace a vodovodu. Cílem práce je návrh takového řešení, které šetří pitnou vodu a zároveň zachází s dešťovou vodou tak, aby zůstala v krajině.

Šedá voda z umyvadel a sprch bude čištěna a akumulována a následně spotřebována pro splachování WC, praní, úklid a zalévání. Dešťová voda bude primárně určena k závlaze zahrady a přebytečný objem se odvede do vsakovacího objektu na hranici objektu u lesa. Vzhledem k suchu v letních měsících a snižujícím se zásobám podzemní vody považuji za přínosnější vsakování dešťové vody než její využití v budově a následné vypuštění do kanalizace. Proto je zvoleno používání vyčištěné šedé vody v budově a dešťové vody na zahradě.

Předpokladem je, že objem dostupné šedé a dešťové vody bude převyšovat jejich potřebu.

2.2 Identifikační údaje stavby

Účel stavby: Domov pro seniory

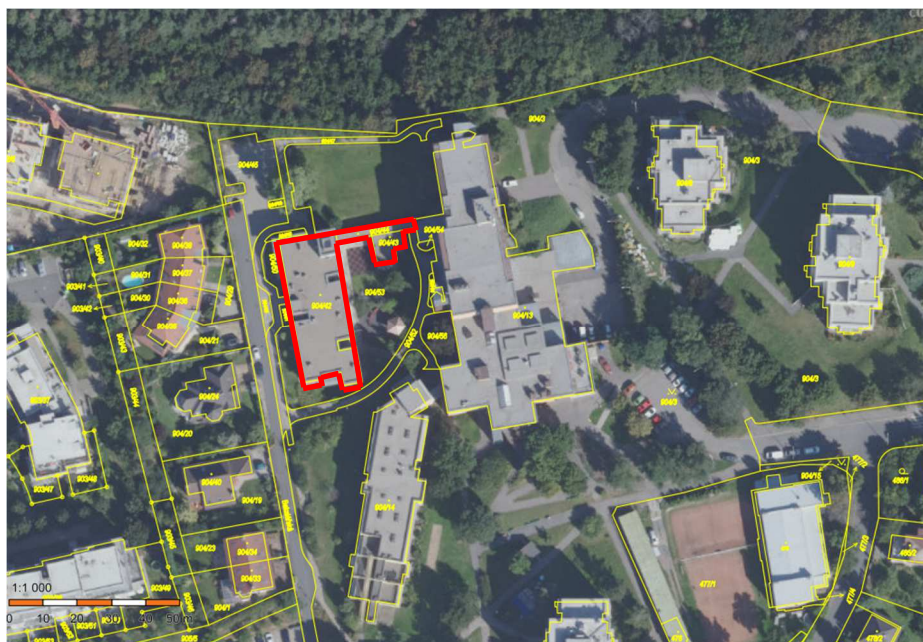
Název stavby: Domov pro seniory Malešice

Místo stavby: Rektorská 577/5, Praha 10

Číslo parcely: 904/3, 904/13

Výměra pozemku: 3500 m²

Zastavěná plocha: 811 m²



Obrázek 11 – Situace [29]



2.3 Popis stavby

Řešeným objektem je novostavba domova pro seniory s třemi podlažími. Střecha je plochá s atikou. Stavba je navržena jako samostatně stojící nepodsklepený pavilon, propojený krčkem se stávající stavbou a který je polohově a funkčně zakomponován do stávajícího areálu domova pro seniory. Objekt sousedí z jižní a východní strany se stávajícími objekty areálu, ze severní strany s nezastavěnou plochou a lesním prostorem a ze západní strany s výstavnou rodinných domů. Zastavěná plocha činí 811 m² a obestavěný prostor 7911 m³. Výška budovy je 14,15 m. Pozemek je převážně rovinatý.

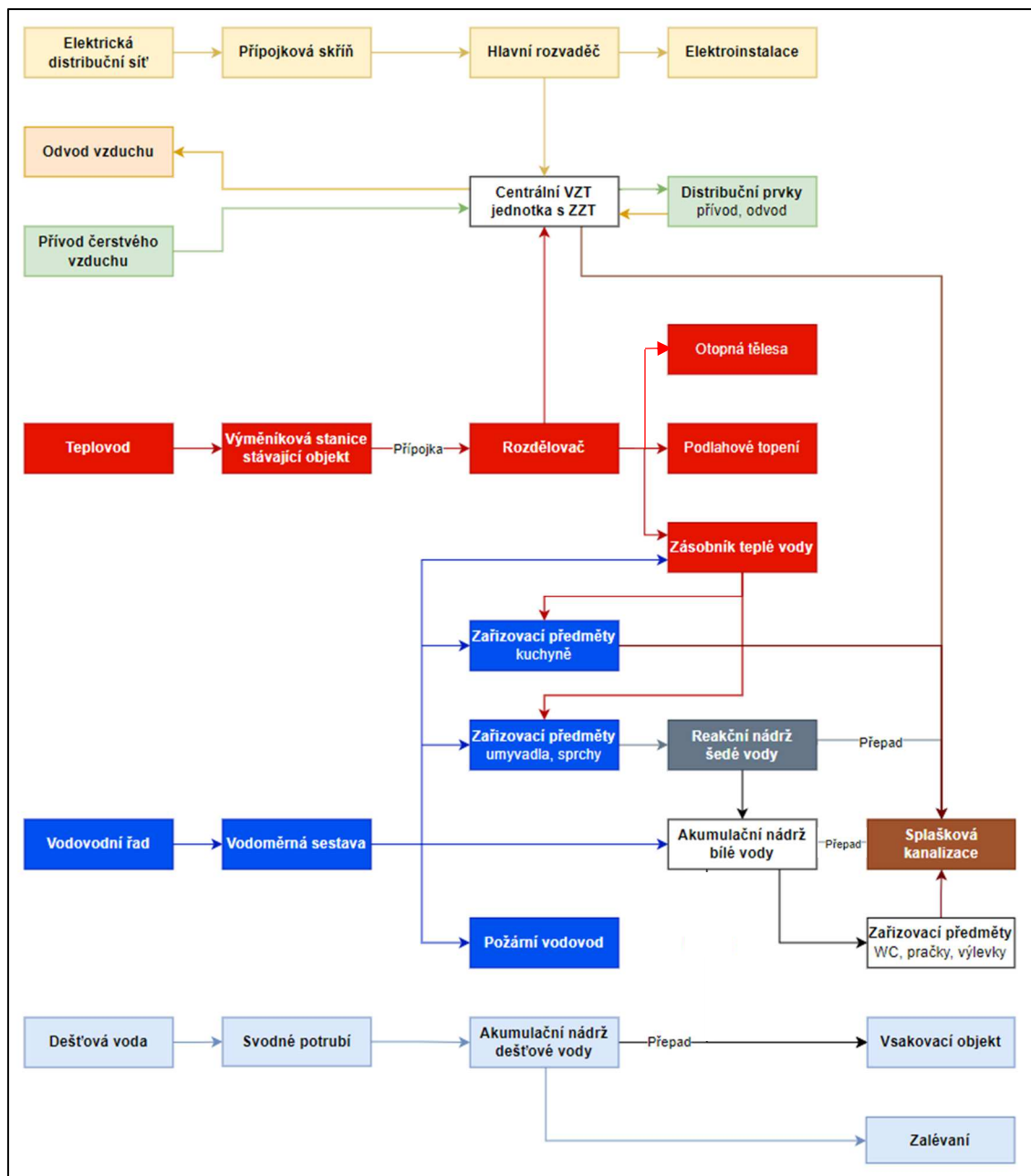
Objekt obsahuje jednolůžkové až třílůžkové pokoje s vlastní koupelnou nebo sdílenou koupelnou pro dva pokoje. Dále se zde nachází zázemí pro personál (WC, sprchy), společné kuchyně, společenské prostory, dílna a technické zázemí. Pozemek objektu slouží jako zahrada a místo pro venkovní aktivity. Na obrázku 12 se nachází vizualizace objektu, pohled z ulice.



Obrázek 12 – Vizualizace (Poskytnuto autorem návrhu)

2.4 Koncept TZB

V grafu 4 je zobrazen koncept TZB řešeného objektu.



Graf 4 - Koncept TZB (Vlastní tvorba)

2.5 Popis provozu

Domov pro seniory má celoroční provoz a je určen pro osoby vyššího věku se sníženou soběstačností. Poskytuje komplexní ošetrovatelskou a zdravotní péči. Příprava jídla a praní prádla je zajišťována především sousedním pavilonem v areálu. Řešený objekt tyto potřeby zajišťuje jen částečně.



2.6 Bilance šedých vod

V této kapitole bude vypočteno množství vyprodukovaných šedých vod a porovnáno s potřebou vyčištěné šedé vody. Na základě porovnání a vyhodnocení výsledků bude navržen systém pro zpětné využití těchto vod v řešeném objektu.

2.6.1 Produkce šedých vod

Produkce šedé vody bude stanovena dle ČSN 75 6780 a dle ČSN EN 16941-2 (zjednodušená a podrobná metoda). Tyto hodnoty se porovnají a bude určena výsledná hodnota produkce šedých vod. Bude využívána pouze lehká šedá voda z umyvadel a sprch, které mají úsporné baterie. Počítá se s 32 klienty a 12 stálými zaměstnanci. Celkem 44 osob.

a) Produkce šedých vod dle ČSN 75 6780

Výpočet denní produkce šedé vody v obytných budovách.

$$Y_G = n \cdot Y_{p,d} \text{ [l/den]}$$

n počet osob = 44

$Y_{p,d}$ součet denních produkcí šedé vody souvisejících s osobami [l/os*den], příloha A (40 l/os*den)

$$Y_G = 44 \cdot 40 = \underline{1760 \text{ l/den}}$$

b) Produkce šedých vod dle ČSN 16941-2

Zjednodušená metoda výpočtu produkce šedé vody.

$$Y_G = n \cdot Y_{p,d} \text{ [l/den]}$$

n počet osob = 44

$Y_{p,d}$ součet denních produkcí šedé vody souvisejících s osobami [l/os*den], příloha A (60 l/os*den)

$$Y_G = 44 \cdot 60 = \underline{2640 \text{ l/den}}$$

c) Produkce šedých vod dle ČSN EN 16941-2

Podrobná metoda výpočtu produkce šedé vody. (Šedá voda z umyvadel a sprch)

$$Y_G = n \cdot (Q_S \cdot t_S \cdot u_S + Q_{HWB} \cdot t_{HWB} \cdot u_{HWB})$$

n počet osob

Q_S průtok vody od sprchy v litrech za minutu [l/min]

t_S doba používání sprchy v minutách [min]

u_S počet využití sprchy na osobu a den [1/(os*den)]

Q_{HWB} průtok vody od umyvadla v litrech za minutu [l/min]

t_{HWB} doba používání umyvadla v minutách [min]

u_{HWB} počet využití umyvadla na osobu a den [1/(os*den)]



Používání vody	Jednotka	Rozmezí
Průtok vody od sprchy (Q_S)	l/min	5 až 15
Objem vody při použití vany v litrech (V_{ST})	l	70 až 200
Objem vody na jeden cyklus praní v pračce (V_{WM})	l/cyklus	30 až 60
Průtok vody od kuchyňského dřezu (Q_{KS})	l/min	5 až 15
Objem vody na jeden cyklus mytí nádobí v myčce (V_{DW})	l	10 až 20

Tabulka 1 – Produkce šedé vody [31]

Podrobný výpočet, využití šedé vody z umyvadel a sprch. Rozděleno na produkci šedé vody klienty a zaměstnanci a následně sečteno. Hodnoty doby a četnosti zvoleny na základě denního režimu v řešeném domově pro seniory.

$$Y_{G, \text{klient}} = n \cdot (Q_S \cdot t_S \cdot u_S + Q_{HWB} \cdot t_{HWB} \cdot u_{HWB}) \text{ [l/den]}$$

$$n = 32 \text{ osob}$$

$$Q_S = 9 \text{ l/min}$$

$$t_S = 5 \text{ min}$$

$$u_S = 0,75 \text{ 1/os*den}$$

$$Q_{HWB} = 5 \text{ l/min}$$

$$t_{HWB} = 0,25 \text{ min}$$

$$u_{HWB} = 10 \text{ 1/os*den}$$

$$Y_{G, \text{klient}} = \underline{1480 \text{ l/den}}$$

$$Y_{G, \text{zaměstnanec}} = n \cdot (Q_S \cdot t_S \cdot u_S + Q_{HWB} \cdot t_{HWB} \cdot u_{HWB}) \text{ [l/den]}$$

$$n = 12 \text{ osob}$$

$$Q_S = 9 \text{ l/min}$$

$$t_S = 4 \text{ min}$$

$$u_S = 0,15 \text{ 1/os*den}$$

$$Q_{HWB} = 5 \text{ l/min}$$

$$t_{HWB} = 0,25 \text{ min}$$

$$u_{HWB} = 15 \text{ 1/os*den}$$

$$Y_{G, \text{zaměstnanec}} = \underline{290 \text{ l/den}}$$

$$Y_G = Y_{G, \text{klient}} + Y_{G, \text{zaměstnanec}} = 1480 + 290 = \underline{1770 \text{ l/den}}$$

**Výsledné hodnoty produkce šedých vod**

- a) $Y_G = 1760$ l/den
- b) $Y_G = 2640$ l/den
- c) $Y_G = 1770$ l/den

Při použití podrobného výpočtu by se mělo dosáhnout nejpřesnějšího výsledku. Hodnota produkce šedé vody se příliš neliší od průměrné produkce dle ČSN 75 6780. Z těchto důvodů uvažují hodnotu c) za nejrelevantnější. Při postupu b) vyšla výrazně vyšší hodnota, což odpovídá poznámce v dané normě, že uvedená průměrná hodnota produkce šedé vody je nadhodnocená. Pro další výpočty bude uvažováno $Y_G = 1770$ l/den [30] [31]

2.6.2 Potřeba vyčištěné šedé vody

Potřeba vyčištěné šedé vody bude vypočtena dle ČSN 75 6780. Tato voda se bude využívat pro splachování WC, praní, úklid a případně zalévání rostlin uvnitř budovy.

Denní potřeba vyčištěné šedé vody D_G

$$D_G = n \cdot \Sigma D_{p,d} + D_{s,d} \cdot S + D_{f,d,misc}$$

n počet osob v budově

$\Sigma D_{p,d}$ součet denních potřeb nepitné vody souvisejících s osobami v litrech na osobu a den [l/(os*den)]

$D_{s,d}$ potřeba nepitné vody pro jedno zalévání nebo kropení v litrech na metr čtvereční, pokud se zalévá nebo kropí jednou za den [l/m²]

S plocha, která se zalévá nebo kropí v čtverečních metrech [m²]

$D_{f,d,misc}$ denní potřeba nepitné vody nesouvisející s osobami pro jiné účely, než zalévání nebo kropení (např. pro úklid, pokud se nepitná voda využívá k úklidu každý den) v litrech za den [l/den]

Činnost	objem vody	počet osob	četnost za den	Σ činnost [l/den]
Spláchnutí WC (efekt. objem)	4 l/spláchnutí	44	7	1232
Praní	40 l/cyklus	-	2	80
Úklid v interiéru/exteriéru ¹⁾	0,1 l/m ² plochy	-	1	200
Zalévání pokojových rostlin	50 l/týden	-	-	7
Σ				1519

1) jen studená provozní voda (pro úklid se zároveň používá také teplá pitná voda), plocha 2000 m²

Tabulka 2 – Výpočet potřeby šedé vody

Denní potřeba vyčištěné šedé vody při uvažování hodnot v tabulce $D_G = 1519$ l/den. Pro další výpočty bude uvažována vyšší hodnota (např. kvůli častějšímu použití WC, než je uvedeno) $D_G = 1550$ l/den [30]

2.6.3 Vyhodnocení

Výsledná hodnota produkce šedé vody je $Y_G = 1770$ l/den a potřeba vyčištěné šedé vody $D_G = 1550$ l/den. Z těchto výsledků vyplývá, že je splněna podmínka pro posouzení využití šedé vody dle ČSN 75 6780: $Y_G \geq D_G$ (1770 l/den $>$ 1550 l/den). Denní produkce tedy vychází o 220 l větší než denní potřeba. Zbýlý objem vody tak může být využit např. pro další úklid nebo závlahu v blízkosti objektu. Jde tak předpokládat, že většina přečištěné vody bude spotřebována během jednoho dne.

2.7 Bilance dešťové vody

V této kapitole bude stanoven dostupný objem a potřeba srážkové vody. Na základě výsledků dojde k návrhu systém pro zpětné využití dešťových vod. Počítá se s používáním srážkové vody na zalévání zahrady a případně čištění venkovních ploch. Vzhledem k dostatečnému množství vyčištěné šedé vody není potřeba dešťové vody v interiéru budovy. Srážkové vody budou zachycovány ze střechy objektu (povrch střechy-asfaltový pás). Pro výpočet se uvažuje dlouhodobý měsíční srážkový normál pro Prahu uvedený na webu chmi.cz.

2.7.1 Dostupný objem srážkových vod

Stanovení dostupného objemu srážkových vod dle ČSN EN 16941-1. Zvolen časový úsek 1 rok.

$$Y_R = \Sigma A \cdot h \cdot e \cdot \eta$$

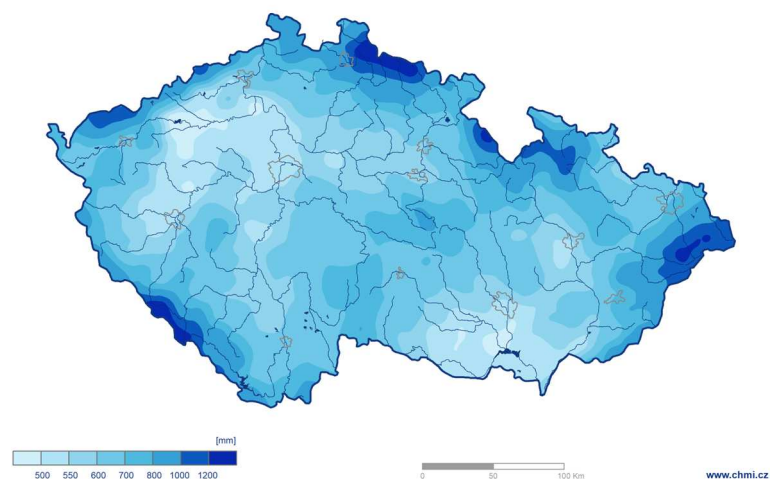
Y_R nátok srážkových vod v časovém úseku t , vyjádřený v litrech [l]

A půdorysný průmět sběrné (odvodňované) plochy, vyjádřený v metrech čtverečných [m^2]

h úhrn srážek v časovém úseku t , vyjádřený v milimetrech [mm]

e součinitel výtěžnosti sběrné plochy

η hydraulická účinnost



Obrázek 13 - Průměrný roční úhrn srážek za období 1991-2020 [33]



Měsíc	Dlouhodobý měsíční úhrn srážek [mm]
leden	33
únor	28
březen	38
duben	31
květen	64
červen	77
červenec	79
srpen	72
září	48
říjen	41
listopad	36
prosinec	36

Tabulka 3 – Dlouhodobý měsíční srážkový normál pro Prahu [33]

A = 820 m²

h = 583 mm srážek

e = 0,8 (plochá střecha bez štěrku)

η = 0,9

$Y_R = 820 \cdot 583 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = \underline{344\ 203\ \text{l/rok}}$ [32]

2.7.2 Výpočet odtoku srážkových vod ze střechy

$Q_r = i \cdot A \cdot C$ [l/s]

Q_r odtok srážkových vod [l/s]

i intenzita deště = 0,03 l/(s · m²)

A půdorysný průmět střechy = 820 m²

C součinitel odtoku srážkových vod = 1

$Q_r = 0,03 \cdot 820 \cdot 1 = \underline{24,6\ \text{l/s}}$

2.7.3 Potřeba srážkové vody

Jak již bylo zmíněno, dešťová voda se bude využívat především pro závlahu zahrady, případně čištění venkovních ploch. Roční a denní potřeba srážkové vody bude stanovena dvěma způsoby dle ČSN 75 6780. (Předpokládá se používání od dubna do října)

a) $D_G = D_{s,a} \cdot S$

$D_{s,a}$ Směrné číslo roční potřeby vody na zalévání: 16 m³/100 m²*rok (160 l /m²*rok)

S plocha, která se zalévá = 1000 m²



$$D_G = 160 \cdot 1000 = \underline{160\,000 \text{ l/rok}} \text{ (750 l/den)}$$

$$\text{b) } D_G = D_{s,b} \cdot S$$

$D_{s,a}$ Potřeba vody na zalévání, pokud se zalévá jednou za den: 1 l/m²

S plocha, která se zalévá = 1000 m²

$$D_G = 1 \cdot 1000 = 1000 \text{ l/den (zalévání od dubna do října, 214 dní)}$$

$$D_G = 1000 \cdot 214 = \underline{214\,000 \text{ l/rok}} \text{ (1000 l/den)}$$

Způsob použití	Potřeba nepitné vody pro jedno zalévání nebo kropení $D_{s,d}$ (l/m ²)	Roční potřeba nepitné vody pro zalévání nebo kropení $D_{s,d}$ (l/m ²)
Zalévání zahrady	1 ¹⁾	Může se použít směrné číslo roční potřeby vody podle právního předpisu
Kropení hřišť	1,2	
Kropení zeleně	1	
1) Na plochu celé zahrady, i když se zalévá jen její část		

Tabulka 4 – Potřeba nepitné vody pro zalévání nebo kropení [30]

Podle varianty a) vyšla roční potřeba 160 000 l a denní 750 l. Dle varianty b) odpovídá roční spotřeba 214 000 l a denní 1000 l. [30]

2.7.4 Vyhodnocení

Objem dostupné srážkové vody činí 344 203 l/rok, což je větší objem než potřeba srážkové vody v obou variantách. Objem dostupné dešťové vody tak s rezervou pokryje potřebu.

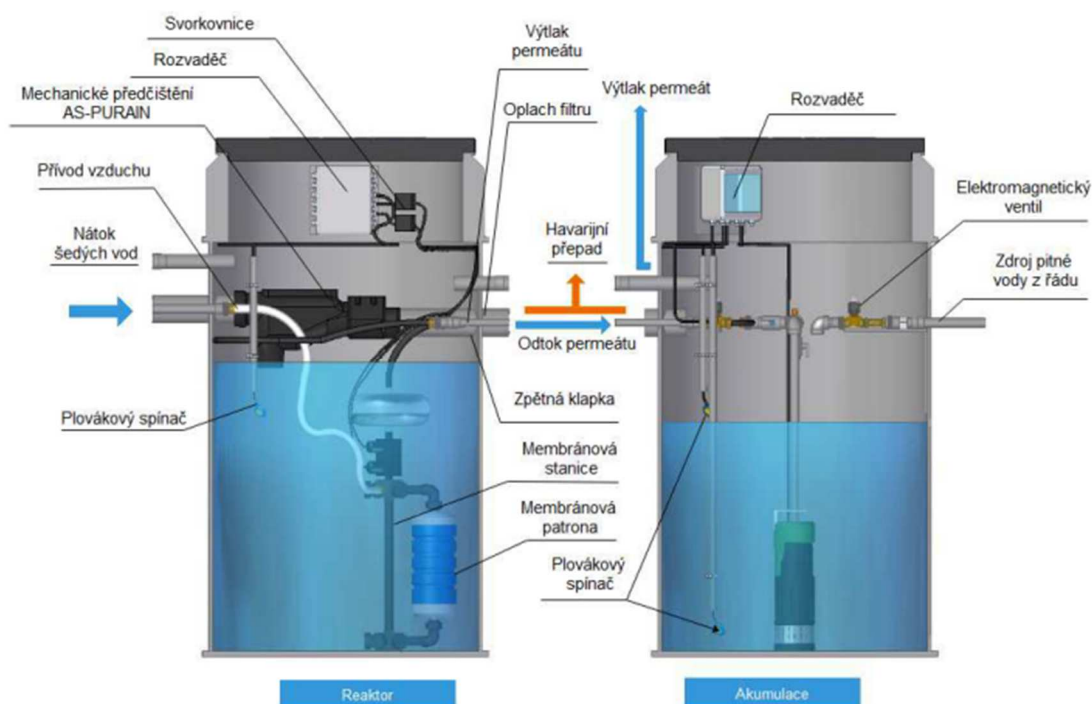
2.8 Využití šedé vody

Tato kapitola se zaměřuje na návrh systém pro využívání šedé vody. V projektu bude navrženo zařízení pro využití šedé vody od společnosti ASIO. Jedná o systém AS-AQUALOOP, který obsahuje všechny komponenty potřebné pro recyklaci a čištění šedé vody.

2.8.1 Princip systému

Šedá voda z umyvadel a sprch (lehká šedá voda) je odváděna separátně od ostatních odpadních vod z objektu. Šedá voda následně natéká přes mechanický filtr do reakční nádrže (Bioreaktor). Tato nádrž obsahuje bezpečnostní přepad napojený na kanalizaci. V bioreaktoru dochází nejprve k biologickému čištění pomocí aktivních bakterií usazených na nosičích biomasy. Pro biologické čištění je podstatná aerace, kterou zajišťuje dmychadlo spojené potrubím se spodní stranou membránové stanice. Po biologickém čištění následuje filtrace ve zmíněné membránové stanici. Ta obsahuje membránové patrony se speciálními organickými vlákny, které z vody odstraňují bakterie, viry a nežádoucí látky. Membrány jsou automaticky čištěny pomocí provzdušňování a pravidelným zpětným proplachem vody ze zásobní nádrže na horní straně stanice. Stanice dále obsahuje čerpadlo permeátu (vyčištěné šedé vody), které

odvádí vodu přes membrány do akumulární nádrže vyčištěné šedé vody. Odtud se následně čerpá do systému rozvodů bílé vody pomocí ponorného čerpadla. K zastavení filtrace dojde, pokud je dosaženo minimální hladiny šedé vody v reakční nádrži nebo maximální hladiny vyčištěné šedé vody v akumulární nádrži. Hladinu sledují plovákové spínače. Provoz čistírny je plně automatický díky řídicí stanici. Při nedostatku vyčištěné vody dojde automaticky k otevření elektromagnetického ventilu a doplnění pitné vody z vodovodního řadu přímo do akumulární nádrže volným výtokem. Na obrázku 14 můžeme vidět sestavu pro využívání šedé vody v podzemním provedení. [34] [35]



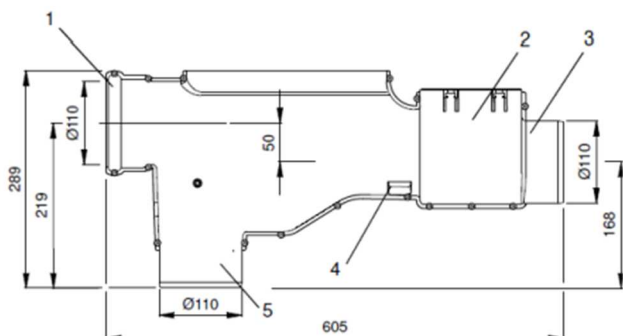
Obrázek 14 – Schéma technologie AS-AQUALOOP [35]

2.8.2 Hlavní komponenty systému

Zařízení AS-PURAIN:

- předčištění přitékající vody na filtru,
- bezpečnostní přepad přes skimmer a zpětnou klapku do kanalizace,
- možnost napojení kalového čerpadla pro odtah kalu do kanalizace. [35] [36]

1 – Nátok šedých vod	4 – Skimmer
2 – Zpětná klapka	5 – Sítový filtr
3 – Bezpečnostní přepad	

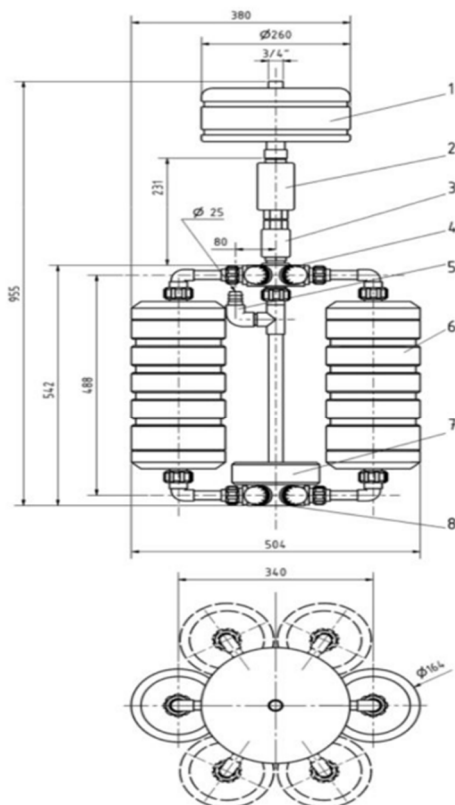


Obrázek 15 – AS-PURAIN [35]



Membránová stanice:

- místo pro osazení membránových patron,
- odtah permeátu čerpadlem do akumulční nádrže,
- automatické čištění membránových patron,
- napojení potrubí z dmychadla, čištění membrán a provzdušňování bioreaktoru. [35] [36]



Obrázek 16 – Schéma membránové stanice [36]



Obrázek 17 – Model membránové stanice [35]

1 – Zásobní nádrž poplachové vody	5 – Připojení tlakového vzduchu
2 – Čerpadlo proplachu	6 – Membránové patrony
3 – Čerpadlo permeátu	7 – Závaží
4 – Sběrný port permeátu	8 – Rozdělovací port provzdušňování

**Membránová patrona:**

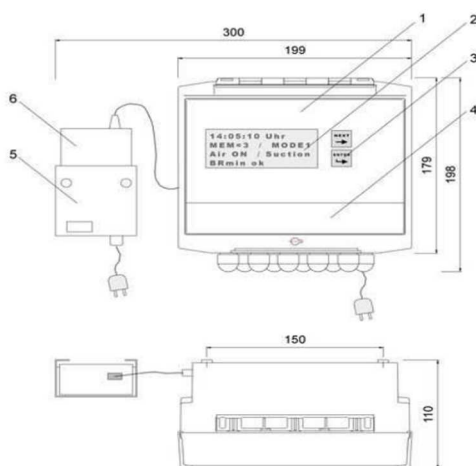
- uložení membrán z dutého vlákna, patentovaná technologie C-MEM,
- odstranění virů, bakterií, nerozpuštěných látek,
- membrána odolná proti kyselinám, zásadám a chloru,
- filtrační plocha jedné membrány 6 m². [35] [36]



Obrázek 18 – Membránová patrona [35]

Řídicí jednotka:

- automatické řízení provozu,
- vestavěná regulace čerpadel v závislosti na počtu použitých membránových patron,
- inteligentní regulátor nastavuje požadované čerpané množství pro úsporu energie,
- automatický proplachovací mód,
- automatická likvidace kalu,
- režim doplňování pitné vody z řadu do akumulární nádrže,
- více režimů provozu,
- automatický režim pro dovolenou/odstávku,
- možnost propojení s řídicím systémem řízení budov,
- automatické zobrazení režimu údržby,
- možnost zapojení snímače tlaků,
- možnost přídatného napájení domácích vodních děl, jezírek atd. [35] [36]



Obrázek 19 – Schéma řídicí jednotky [36]



Obrázek 20 – Model řídicí jednotky [35]

1 – Skříň	4 – Montážní sada
2 – LCD display	5 – Redukce
3 – Tlačítka řízení	6 – Zdroj

**Ostatní technologie:**

- plovákový spínač v obou nádržích,
- nosiče biomasy,
- bioreaktor,
- akumulční nádrž,
- instalační materiál (hadice, kabely). [35] [36]

2.8.3 Návrh systému

Výpočet a návrh bude proveden dle ČSN 75 6780 a projekčních podkladů poskytnutých společností ASIO. Parametry pro zvolení nádrží a ostatní technologie jsou uvedeny v tabulkách 5 a 6. Na základě výpočtů v kapitole 2.6 se denní potřeba bílé vody pohybuje kolem 1550 litrů na den a je menší než produkce šedé vody. V tomto případě lze dimenzovat systém podle potřeby bílé vody.

AS-Aqualoop	6	12	18	24	36
Orientační počet EO	6	12	18	24	36
Denní průtok (l/den)*	300	600	900	1200	1800
Objem bioreaktor (L)**	150-300	300-600	450-900	600-1200	900-1800
Objem akumulace provozní vody [L]	300	600	900	1200	1800
Mem. stanice (ks)	1	1	1	1	1
Filtr. membrána (ks)	1	2	3	4	6
Před-filtr	100	100	100	100	100
Dmychadlo	ALBL100	ALBL100	ALBL120	ALBL120	ALBL200

Tabulka 5 – Návrhové parametry AS-AQUALOOP [35]

Typ ČOV	Počet EO	Rozměry Ø/H [mm] 2 nádrže	Maximální denní nátok [L/den]	Objem akumulace šedé vody [L]	Objem akumulace provozní vody [L]	Hmotnost v kg
AS-GW/AQUALOOP 6 P	6	1 000/1 500	300	300	300	150
AS-GW/AQUALOOP 12 P	12	1 200/1 500	600	600	600	180
AS-GW/AQUALOOP 18 P	18	1 400/1 500	900	900	900	240
AS-GW/AQUALOOP 24 P	24	1 600/1 500	1 200	1 200	1 200	270
AS-GW/AQUALOOP 36 P	36	1 500/2 000	1 800	1 800	1 800	360

Tabulka 6 – Velikost AS-AQUALOOP P – podzemní varianta [35]

Dle návrhových parametrů v tabulkách 5 a 6 navrhuji typ AS-AQUALOOP 36 P s následujícími komponenty:

- reakční nádrž o objemu 1800 l,
- akumulční nádrž o objemu 1800 l,



- membránová stanice s šesti membránovými patronami (plně obsazená stanice s celkovou filtrační schopností 1800 l/ den),
- před-filtr AS-PURAIN PR 100,
- dmychadlo ALBL 200 s průtokem vzduchu 110 – 280 l/min.,
- ostatní komponenty viz předešlá kapitola.

Z hygienických důvodů je doporučena maximální doba akumulace jeden den, proto není zvolen větší objem nádrže. Všechna technologie kromě řídicí jednotky a dmychadla bude umístěna v podzemních nádržích. Jednotka a dmychadlo se umístí uvnitř budovy. Rozvody bílé vody, umístění nádrží v exteriéru a technologie v interiéru viz výkresová dokumentace. K navrženému typu systému s podzemní nádrží je dodávána ponorná automatická vodárna s integrovanou zpětnou klapkou. V akumulační nádrži bude probíhat chlorace bílé vody pro udržení požadované kvality. Další informace o technologii pro využití šedé vody jsou uvedeny v příloze 3 - technické listy. [30] [35]

Výpočet rozvodů bílé vody byl proveden v softwaru CADKON 2023. Všechny výkresy jsou uvedeny ve výkresové dokumentaci.

2.9 Využití dešťové vody

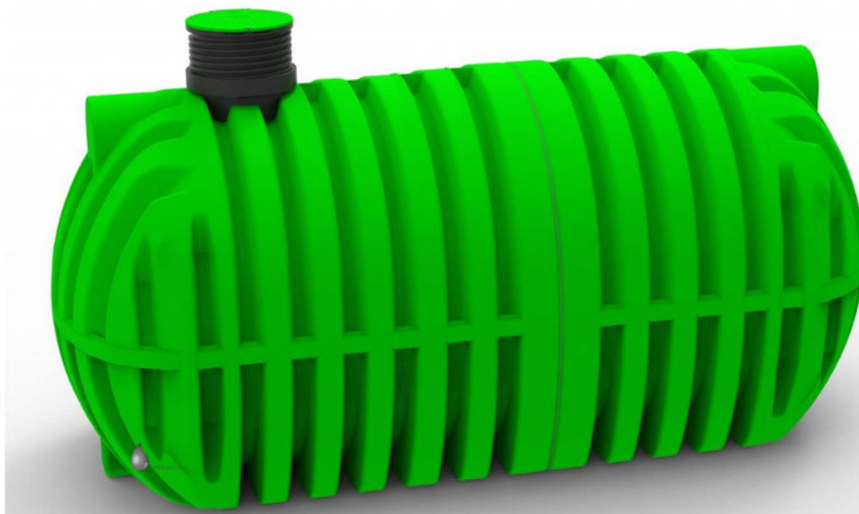
Objem nádrže na dešťovou vodu bude zvolen tak, aby pokryl potřebu na zalévání během období bez deště. Samotný výpočet proběhne dle ČSN EN 16941-1. Zvolená délka suchého období d_d činí 20 dnů. Denní potřeba srážkové vody odpovídá maximální denní potřebě $D_{f,d}$ pro zalévání vypočtené v kapitole 2.7. $D_{N,d} = D_{f,d} = 1000$ l/den.

Objem akumulačního zařízení se pak určí dle následujícího vzorce.

$$V = D_{N,d} \cdot d_d$$

$$V = 1000 \cdot 20 = 20\,000 \text{ l} = \underline{20 \text{ m}^3}$$

Navrhuji plastovou podzemní akumulační nádrž na dešťové vody RoTerra o objemu 25 m³ (Obrázek 21). Byl zvolen vyšší objem akumulace pro případné další využití dešťové vody na pozemku (čištění venkovních ploch). Na dešťovou kanalizaci před akumulační nádrž bude umístěna šachta s filtrem a usazovacím prostorem pro odstranění nečistot. Pro čerpání vody bude použita ponorná automatická vodárna s integrovanou zpětnou klapkou. Vedle nádrže se umístí rozdělovač pro následné napojení zahradních hadic nebo systému zavlažování. Umístění nádrže viz výkresová dokumentace. [32] [37]



Obrázek 21 – Akumulační nádrž [37]

2.10 Návrh vsakovacího objektu

Objekt bude navržen pomocí návrhového softwaru (Dimenzování vsaků verze SW 5.0) společnosti Pipelife dostupného na webu pipelife.cz. Program vychází z ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod. Druh půdy byl určen na základě geologické sondy, ze které se následně odvodil koeficient vsaku. Protokol z programu je uveden v tabulce 7. Obrázek 22 představuje navrhovaný typ vsakovací galerie z bloků.



Obrázek 22 - Vsakovací zařízení [40]

**Výpočet optimální velikosti vsakovacího zařízení dle ČSN 75 9010**

08.12.2023

Projekt:

Domov pro seniory Malešice

Místo / lokalita:

Praha

Odvodňované plochy:

typ plochy	velikost (m ²)	sklon (°)	ψ	půdorysný průmět (m ²)	redukováná plocha (m ²)
Střechy s nepropustnou horní vrstvou	812	2	1	811,51	811,51
Plochy celkem:	812			811,51	811,51

Srážková data:

Nejbližší srážkoměrná stanice:

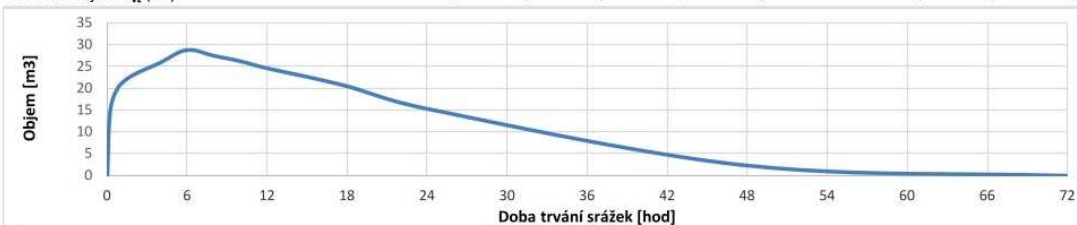
12-Praha-Hostivař

Periodicita srážek:

0,2 rok⁻¹

Návrhové úhrny srážek pro zadanou oblast podle ČSN 75 9010

Doba trvání srážek t_c (min):	5	10	15	20	30	40	60	120
Retenční objem V_{ve} (m ³):	9,09	13,23	15,59	16,81	18,35	19,41	20,88	22,93
Doba trvání srážek t_c (hod):	4	6	8	10	12	18	24	48 72
Retenční objem V_{vr} (m ³):	25,90	28,79	27,46	26,05	24,72	20,56	15,27	2,22 -17,64

**Údaje pro vsak:**Koeficient vsaku k_v :

1,00E-05 m/s

Součinitel bezpečnosti vsaku f :

2

Povolený odtok:

0 l/s

Externí přítok:

0 l/s

Výpočet podle ČSN 75 9010:Návrhová vsakovací plocha A_{vsak} 52,75 m²Vsakovaný odtok Q_{vsak} :

0,264 l/s

Čistý objem:

28,792 m³Doba trvání srážek t_c :

6 hod

360 min

Doba vyprázdnění T_{pr} :

30,32 hod

Návrh vsakovací galerie z bloků STORMBOX II:

Celkový navržený objem galerie:

31,104 m³

Vsakovací plocha galerie:

54,720 m²

Objemové využití galerie:

93 %

Rozměr galerie ($d \times \xi \times v$):

9,6 x 5,4 x 0,6 m

Počet jednotek Stormbox II:

8 x 9 x 1 ks

Celkový počet jednotek Stormbox II:

72 ks

Počet podkladových desek:

72 ks

Počet bočních panelů:

50 ks

Plocha geotextilie:

158,18 m²**Doplňující informace**

Doporučený rozměr přítoku:

200 mm

Min. objem výkopu / obsypového materiálu

58 / 26,896 m³

Doporučení programu platí pouze pro zadané hodnoty. Koeficient vsaku musí být stanoven hydrologem dle ČSN 75 9010.



Níže bude uveden postup výpočtu dle ČSN 75 9010 a zároveň kontrola výpočtu programu.

Výpočet odvodňované plochy:

Redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy A_{red} .

$$A_{red} = \Sigma A \cdot \psi$$

A půdorysný průmět odvodňované plochy = 820

ψ součinitel odtoku srážkových povrchových vod = 1 (střecha s nepropustnou vrstvou)

$$A_{red} = 820 \cdot 1 = \underline{820 \text{ m}^2}$$

Výpočet vsakovací plochy A_{vsak} :

$$A_{vsak} = L \cdot \left(\frac{h_{vz}}{2} + b \right)$$

L délka podzemního prostoru = 9,6 m

b šířka podzemního prostoru = 5,4 m

h_{vz} výška propustných stěn = 0,6 m

$$A_{vsak} = 9,6 \cdot \left(\frac{0,6}{2} + 5,4 \right) = \underline{54,72 \text{ m}^2}$$

Stanovení retenčního objemu V_{vz} vsakovacího zařízení:

Výpočet se provede pro všechny návrhové úhrny s dobou trvání od 5 minut do 72 hodin.

Z výsledků v tabulce 8 se vybere největší retenční objem.

$$V_{vz} = \frac{h_d}{1000} \cdot A_{red} - \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{vsak} \cdot t_c \cdot 60$$

h_d návrhový úhrn srážek

A_{red} redukováný půdorysný průmět odvodňované plochy = 820 m²

f součinitel bezpečnosti vsaku = 2

k_v koeficient vsaku = 1 · 10⁻⁵ m/s (půda hlinito-jílovitá)

A_{vsak} vsakovací plocha vsakovacího zařízení = 54,72 m²

t_c doba trvání srážek podle tabulek A.1 a A.2 ČSN 75 9010 (periodicita p = 0,2 · rok⁻¹)

$$V_{vz} = \underline{28,94 \text{ m}^3}$$



Doba trvání srážek t_c	Návrhové úhrny srážek h_d	Retenční objem V_r
[min]	[mm]	[m ³]
5	11,3	9,18
10	16,5	13,37
15	19,5	15,74
20	21,1	16,97
30	23,2	18,53
40	24,7	19,60
60	26,9	21,07
120	30,6	23,12
240	36,6	26,07
360	42,5	28,94
480	43,2	27,54
600	43,8	26,07
720	44,5	24,67
1080	46,4	20,32
1440	46,9	14,82
2880	58,9	1,02
4320	62,5	-19,67

Tabulka 8 – Výpočet retenčního objemu

Celkový objem W vsakovacího zařízení:

$$W = V_{vz}/m$$

$$V_{vz} \quad \text{retenční objem} = 28,94 \text{ m}^3$$

$$m \quad \text{retenční schopnost vsakovacího zařízení} = 0,93$$

$$W = 28,94/0,93 = \underline{31,12 \text{ m}^3}$$

Vsakovaný odtok Q_{vsak} :

$$Q_{vsak} = \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{vsak}$$

$$f \quad \text{součinitel bezpečnosti vsaku} = 2$$

$$k_v \quad \text{koeficient vsaku} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

$$A_{vsak} \quad \text{vsakovací plocha} = 54,72 \text{ m}^2$$

$$Q_{vsak} = \frac{1}{2} \cdot 0,00001 \cdot 54,72 = \underline{0,000274 \text{ m}^3/\text{s}} \text{ (0,274 l/s)}$$

Doba prázdnění vsakovacího zařízení $T_{pr}:d$

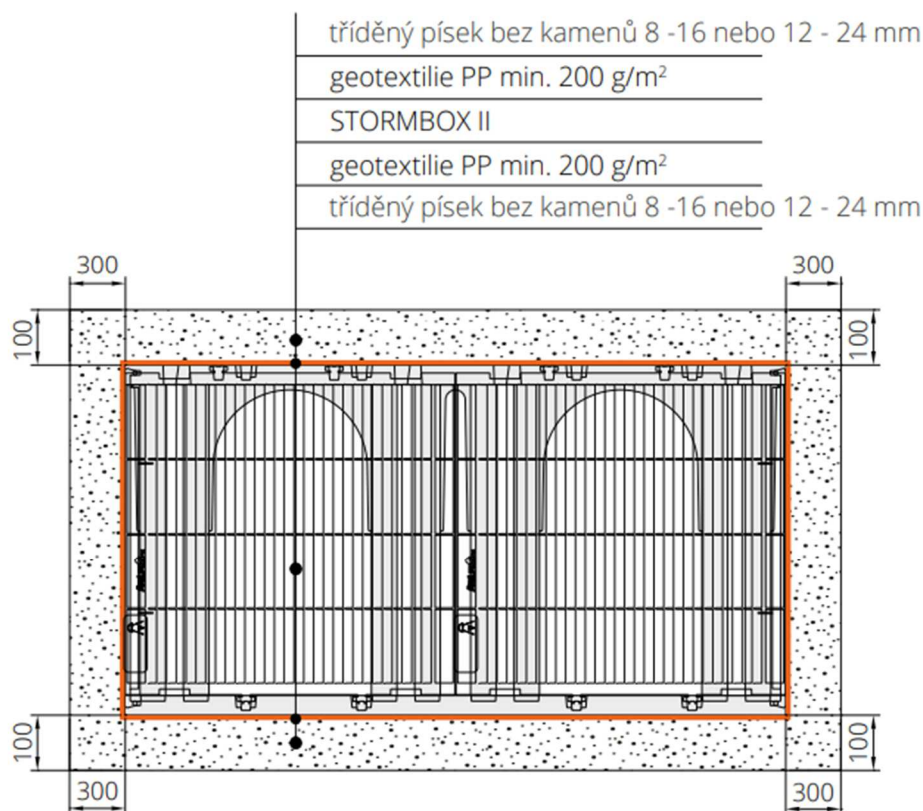
$$T_{pr} = \frac{V_{vz}}{Q_{vsak}}$$

$$V_{vz} \quad \text{retenční objem} = 28,94 \text{ m}^3$$

$$Q_{vsak} \quad \text{vsakování odtok} = 0,000274 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (0,274 l/s)}$$

$$T_{pr} = \frac{28,94}{0,000274} = 105\,620 \text{ s} = \underline{29,34 \text{ h}} \quad (29,34 \text{ h} < 72 \text{ h})$$

Výsledky uvedené programem a výsledky vypočtené ručním výpočtem se téměř shodují. Doba prázdnění je menší než 72 hodin a odpovídá tak příslušné normě. Na základě programu navrhuji vsakovací galerii z bloků Pipelife STORMBOX II (Obrázek 23). Rozměry jednoho bloku jsou 1200 x 600 x 600 mm (DxŠxV). Celkem je navrženo 72 bloků o celkovém objemu 31,1 m³. Celkové rozměry činí 9,6 x 5,4 x 0,6 m (DxŠxV). Vsakovací galerie bude založena v hloubce 2,57 m pod upraveným terénem a horní hrana bude 1,97 m pod upraveným terénem. Umístěna bude u severní hranice pozemku sousedící s lesem. Šachta pro čištění dešťové vody se bude nacházet před akumulací nádrží dešťové vody. Z té bude přebytečná voda odtékat do vsakovacího objektu. Dále se objekt opatří odvětrávacím potrubím a revizní šachtou. Umístění vsakovací galerie viz výkresová dokumentace. Další informace jsou uvedeny v příloze 3 - technické listy. [38] [39] [40]



Obrázek 23 – Instalační schéma [40]

2.11 Využití tepla odpadních vod

V rámci šetření energie na přípravu teplé vody bude navrženo řešení pro využití tepla odpadních vod.

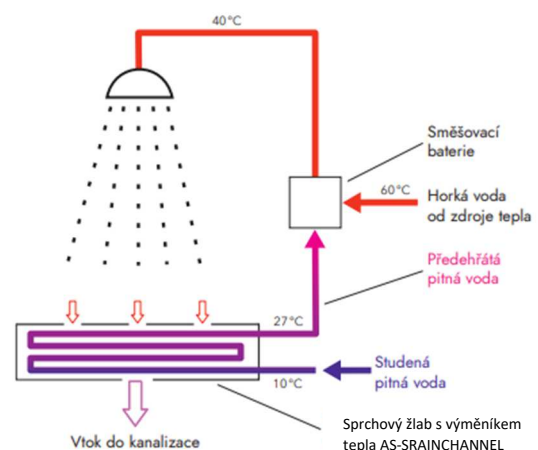
Při běžném provozu objektu se nepředpokládá kontinuální produkce teplé odpadní vody. Jejím hlavním zdrojem bude sprcha s průtokem 9 l/minutu a teplotou cca. 40 °C. Na základě provozu a vlastností odpadní vody bylo po analýze možných systémů a konzultaci se společností ASIO vybráno jako vhodné řešení použití lokálních výměníků. Jedná se o odtokové žlaby s výměníkem pro sprchy AS-DRAINCHANNEL X2.2 (Obrázek 24). Při průtoku odpadní vody 9,2 l/min odpovídá účinnost rekuperace na základě měření výrobce 57 %. Toto řešení má vysokou účinnost, dlouhou životnost, jednoduchou údržbu a reaguje na aktuální spotřebu teplé vody. Zařízení bude instalováno ve všech bezbariérových sprchách v objektu.

Zařízení se instaluje podobně jako klasický žlab, ale navíc se připojí k potrubí studené vody a dále napojí na studenou stranu směšovací armatury. Pro správnou funkci se instaluje společně s termostatickou baterií, která udržuje nastavenou teplotu vody během sprchování.

Teplu je předáváno přes stěnu měděného potrubí uvnitř žlabu, ve kterém proudí přiváděná studená voda. Předehřátá studená voda dále směřuje do směšovací armatury a snižuje tak průtok teplé vody ze zásobníku. Schéma systému ukazuje obrázek 25. Tím se šetří energie na přípravu teplé vody. [22] [41]



Obrázek 24 – Výměník tepla AS-DRAINCHANNEL [41]



Obrázek 25 – Schéma zapojení výměníku tepla [41]

2.11.1 Výpočet tepelného výměníku, úspora energie

Pro hodnocení rekuperačního výměníku je hlavním kritériem jeho účinnost. Nejpresnější metodou získání této hodnoty je experimentální měření. Výrobce udává na základě měření u



výrobku AS-DRAINCHANNEL X2.2 účinnost 57 %. Tato hodnota bude použita jako výchozí známá hodnota pro výpočty. V daném případě účinnost závisí na poměru rozdílu teplot vody přitékající a odtékající ze směšovací armatury. Výpočty budou provedeny pro konkrétní případ řešeného objektu. [22] [41]

Účinnost výměníku:

$$\eta = \frac{(t_p - t_{sv})}{(t_{MIX} - t_{sv})}$$

$$\eta \quad \text{účinnost výměníku} = 57,3\%$$

$$t_{sv} \quad \text{teplota studené vody} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_p \quad \text{teplota přehřáté studené vody}$$

$$t_{MIX} \quad \text{teplota odpadní vody (za směšovací armaturou)} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_p = \eta \cdot (t_{MIX} - t_{sv}) + t_{sv}$$

$$t_p = 0,573 \cdot (40 - 10) + 10 = \underline{27,2 \text{ }^\circ\text{C}}$$

Teplota přehřáté vody je 27,2 °C, to odpovídá hodnotě uváděné výrobcem.

Objemový průtok teplé vody V_{TV} při účinnosti 0 % (bez výměníku):

$$V_{TV1} = V_{MIX} \cdot \left(\frac{t_{MIX} - t_{sv} - \eta \cdot (t_{MIX} - t_{sv})}{t_{TV} - t_{sv} - \eta \cdot (t_{MIX} - t_{sv})} \right)$$

$$V_{MIX} \quad \text{požadovaný objemový průtok ze směšovací armatury} = 0,00015 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (9 l/min)}$$

$$T_{TV} \quad \text{teplota teplé vody ze zdroje} = 55 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$V_{TV1} = 0,00015 \cdot \left(\frac{40 - 10 - 0 \cdot (40 - 10)}{55 - 10 - 0 \cdot (40 - 10)} \right) = \underline{1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}} \text{ (6 l/min)}$$

Objemový průtok TV bez výměníku odpovídá $1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$

Objemový průtok teplé vody V_{TV} při účinnosti 57,3 %:

$$V_{TV2} = V_{MIX} \cdot \left(\frac{t_{MIX} - t_{sv} - \eta \cdot (t_{MIX} - t_{sv})}{t_{TV} - t_{sv} - \eta \cdot (t_{MIX} - t_{sv})} \right)$$

$$V_{MIX} \quad \text{požadovaný objemový průtok ze směšovací armatury} = 0,00015 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (9 l/min)}$$

$$T_{TV} \quad \text{teplota teplé vody ze zdroje} = 55 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$V_{TV2} = 0,00015 \cdot \left(\frac{40 - 10 - 0,573 \cdot (40 - 10)}{55 - 10 - 0,573 \cdot (40 - 10)} \right) = \underline{6,91 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}} \text{ (4,15 l/min)}$$

Objemový průtok TV s výměníkem odpovídá $6,91 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$

Poměrná úspora teplé vody Θ_{ZT} :

$$\Theta_{ZT} = 1 - \frac{V_{TV2}}{V_{TV1}}$$

$$\Theta_{ZT} = 1 - \frac{6,91 \cdot 10^{-5}}{1 \cdot 10^{-4}} = \underline{0,31} \text{ (31 \%)}$$



Poměrná úspora odběru teplé vody je 31 %. Tato hodnota odpovídá úspoře tepla.

Celková účinnost rekuperace:

Odpadní voda se ve skutečnosti před stykem s výměníkem ochladí a reálná úspora a účinnost rekuperace tak bude menší. Dle naměřených hodnot na podobné sprše odhaduji ochlazení odpadní vody o 4°C.

$$\eta_c = \eta \cdot \left(1 - \frac{\Delta t}{(t_{MIX} - t_{SV})}\right)$$

η účinnost výměníku tepla = 57,3 %

Δt rozdíl mezi teplotou vody vytékající z armatury a teploty odpadní vody na výměníku

$$\eta_c = 0,573 \cdot \left(1 - \frac{4}{(40-10)}\right) = \underline{50 \%}$$

Reálná celková účinnost vychází 50 %. Po dosazení této hodnoty do předchozích rovnic tak poměrná úspora tepla při zachování ostatních hodnot odpovídá 25 %. Umístění výměníků viz výkresová dokumentace. Další informace jsou uvedeny v příloze 3 - technické listy. [22] [41]



2.12 Závěr

V praktické části byl potvrzen předpoklad, že dostupné množství šedých a dešťových vod bude stačit na pokrytí potřeby v dané budově. Dle výpočtů vychází úspora pitné vody uvnitř objektu minimálně na 1550 litrů za den. Díky navrženému systému pak pro všechny potřeby na pozemku bude postačovat dešťová voda. Použité sprchové výměníky umožní 25 % úsporu energie při sprchování. Všechna navržená zařízení jsou navržena tak, aby pracovala automaticky a potřebovala minimální obsluhu a servis.

Závěrem bych uvedl, že hospodaření s vodou nemusí představovat vysoké náklady ani snížení komfortu. Správným hospodařením s vodou je možné šetřit nejen peníze, ale i přírodu.



3 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Dělení vod (Vlastní tvorba) [8].....	6
Obrázek 2 - Systém pro recyklaci šedé vody (Membránový bioreaktor) [15]	9
Obrázek 3 - Fasádní kořenová čistička [16].....	10
Obrázek 4 - Systém využívání dešťových vod [19]	12
Obrázek 5 - Schéma lokální rekuperace tepla [22]	13
Obrázek 6 - Sprchový výměník [23].....	14
Obrázek 7 - Schéma zapojení trubkového výměníku [24]	14
Obrázek 8 – Centrální rekuperace, akumulární nádrž [25].....	15
Obrázek 9 - Schéma zapojení deskového výměníku [26].....	15
Obrázek 10 - Schéma systému využití tepla tepelným čerpadlem [27].....	16
Obrázek 11 – Situace [29]	17
Obrázek 12 – Vizualizace (Poskytnuto autorem návrhu).....	18
Obrázek 13 - Průměrný roční úhrn srážek za období 1991-2020 [33]	23
Obrázek 14 – Schéma technologie AS-AQUALOOP [35]	26
Obrázek 15 – AS-PURAIN [35]	27
Obrázek 16 – Schéma membránové stanice [36]	27
Obrázek 17 – Model membránové stanice [35].....	27
Obrázek 18 – Membránová patrona [35]	28
Obrázek 19 – Schéma řídicí jednotky [36]	28
Obrázek 20 – Model řídicí jednotky [35].....	28
Obrázek 21 – Akumulační nádrž [37]	31
Obrázek 22 - Vsakovací zařízení [40].....	31
Obrázek 23 – Instalační schéma [40]	35
Obrázek 24 – Výměník tepla AS-DRAINCHANNEL [41]	36
Obrázek 25 – Schéma zapojení výměníku tepla [41]	36

4 Seznam grafů

Graf 1 – Vývoj spotřeby vody v ČR [3].....	4
Graf 2 - Vývoje ceny vodného a stočného (Vlastní tvorba) [4]	5
Graf 3 - Průměrná spotřeba vody v domácnosti [10]	8
Graf 4 - Koncept TZB (Vlastní tvorba).....	19



5 Seznam tabulek

Tabulka 1- Produkce šedé vody [31]	21
Tabulka 2- Výpočet potřeby šedé vody	22
Tabulka 3- Dlouhodobý měsíční srážkový normál pro Prahu [33]	24
Tabulka 4 – Potřeba nepitné vody pro zalévání nebo ropení [30].....	25
Tabulka 5 – Návrhové parametry AS-AQUALOOP [35]	29
Tabulka 6 – Velikost AS-AQUALOOP P – podzemní varianta [35].....	29
Tabulka 7 – Výstup ze softwaru Dimenzování vsaků verze SW 5.0	32
Tabulka 8 -Výpočet retenčního objemu	34

6 Seznam použitých zdrojů

- [1] Zdroje pitné vody. In: Cevak.cz [Online]. ČEVAK. [cit. 2023-10-02]. Dostupné z: <https://www.cevak.cz/cs/vodovody/nejcastejsi-dotazy-a-tipy/zdroje-pitne-vody>
- [2] Zdroje pitné vody v ČR. In: Pravdaovode.cz [Online]. Nadační fond PRAVDA O VODĚ. [cit. 2023-10-02]. Dostupné z: <https://pravdaovode.cz/zasoby-pitne-vody/>
- [3] Ztráty vody v České republice. In: Sovak.cz [Online]. SOVAK. [cit. 2023-10-03]. Dostupné z: <https://www.sovak.cz/cs/clanek/ztraty-vody-v-ceske-republice>
- [4] Cena vodného a stočného. In: PVK.cz [Online]. Pražské vodovody a kanalizace. [cit. 2023-10-03]. Dostupné z: <https://www.pvk.cz/zakaznici/cena/>
- [5] Druhy vody. In: Poradme.se [Online]. [cit. 2023-10-04]. Dostupné z: https://poradme.se/index.php?title=Druhy_vod
- [6] Voda v přírodě. In: Smvak.cz [Online]. SmVaK. [cit. 2023-10-04]. Dostupné z: <https://smvak.cz/voda-v-prirode>
- [7] Frolík, S. Systémy hospodaření s vodou. In: tzb-info.cz [Online]. tzbinfo, 18.12.2017. [cit. 2023-10-04]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/16729-systemy-hospodareni-s-vodou>
- [8] Plotěný, K. Jednotlivé druhy vod v domě a hospodaření s nimi. In: Asio.cz [Online]. ASIO, 8.5.2013. [cit. 2023-10-04]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/news/jednotlive-druhy-vod-v-dome-a-hospodareni-s-nimi.171>



- [9] Bartáček, J., P. Dolejš, I. Kabelková, L. Matějů, D. Stránský, B. Šátková. Studie problematiky recyklace šedých vod v ČR. PDF. In: mzp.cz [Online]. Ministerstvo životního prostředí ČR. [cit. 2023-10-12]. 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)
- [10] Recyklace šedých vod a jejich využití. In: Asio.cz [Online]. ASIO, 22.7.2019. [cit. 2023-10-12]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/news/recyklace-sedych-vod-a-jejich-vyuziti.962>
- [11] Kraus, M. Co je šedá voda? A jak ji využít? In: Zakra.cz [Online]. Zakra, 6.12.2022. [cit. 2023-10-12]. Dostupné z: <https://www.zakra.cz/blog/seda-voda-a-vyuziti-sede-vody>
- [12] Oteng-Peprah, M., Agbesi Acheampong, N. K. deVries. In: ncbi.nlm.nih.gov. [Online]. National Library of Medicine, 16.7.2018. [cit. 2023-10-12]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6133124/>
- [13] Šedé vody. In: Asio.cz [Online]. Asio. [cit. 2023-10-14]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/sede-vody>
- [14] Plotěný, K. Využití šedých a dešťových vod v budovách. In: tzb-info.cz [Online]. tzbinfo, 8.7.2013. [cit. 2023-10-14]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/10121-vyuziti-sedych-a-destovych-vod-v-budovach>
- [15] Plotěný, K. Technická opatření pro využití šedé srážkové vody. In: Asio.cz [Online]. Asio, 5.2.2021 [cit. 2023-10-14]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/news/technicka-opatreni-pro-vyuziti-sede-vody.1129>
- [16] Kraus, M. Co je a jak funguje kořenová čistička. In: Zakra.cz [Online]. Zakra, 27.12.2022. [cit. 2023-10-14]. Dostupné z: <https://www.zakra.cz/blog/co-je-korenova-cisticka-a-jak-funguje>
- [17] Innovative Regenwassernutzung. In: ecotechnic.at/de [Online]. Schluselbauer Ecotechnic. [cit. 2023-10-20]. Dostupné z: <https://www.ecotechnic.at/de/umwelttechnologie/regenwassernutzung/anwendung/>
- [18] Bartáček, J., D. Stránský. Metodický postup problematiky recyklace šedých vod v sídlech ČR. PDF. In: opzp.cz [Online]. Ministerstvo životního prostředí ČR. [cit. 2023-10-20]. Dostupné z: <https://opzp.cz/files/documents/storage/2023/02/01/>



1675238135_Metodicky_postup_problematiky_recyklace_sedych_vod_v_sidlech_CR.pdf

- [19] AS-RAINMASTER FAVORIT návod k instalaci a použití zařízení. PDF. In: Asio.cz [Online]. ASIO. [cit. 2023-10-20]. Dostupné z: https://www.asio.cz/download/_/materialy-as-rainmaster/rainmaster-favorit_2016-03-23.pdf
- [20] Plotěný, K. Využití tepla z šedých vod k ohřevu TUV. In: Asio.cz [Online]. ASIO, 30.12.2016. [cit. 2023-10-22]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/news/vyuziti-tepla-z-sedych-vod-k-ohrevu-tuv.601>
- [21] Leveraging wastewater heat. In: reflowproject.eu [Online]. REFLOW. [cit. 2023-10-22]. Dostupné z: <https://reflowproject.eu/blog/wastewater-heat-berlin/>
- [22] Matuška, T., R. Vavříčka. Účinnost rekuperačního výměníku odpadních vod není rovná úspoře tepla. In: tzb-ifo.cz [Online]. tzbinfo, 25.4.2016. [cit. 2023-10-22]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/uspory-voda-kanalizace/14105-ucinnost-rekuperacniho-vymeniku-odpadni-vody-neni-rovna-uspore-tepla>
- [23] Sprchový výměník NELA. In: Destovka.eu [Online]. Dešťovka.eu. [cit. 2023-10-24]. Dostupné z: <https://eshop.destovka.eu/sprchovy-vymenik-nela/>
- [24] AS SHOWERPIPE VX 1700/2100 technický list/návod k instalaci. PDF. In: Asio.cz [Online]. ASIO. [cit. 2023-10-25]. Dostupné z: https://www.asio.cz/download/_/materialy-as-ecoshower-pipe/navod-as-shower-pipe_cz_2023_02_20.pdf
- [25] Rekuperační výměníky AKIRETHERM. In: dek.cz [Online]. DEK, 25.4.2023. [cit. 2023-10-25]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/akce/detail/728-rekuperacni-vymeniky-akiretherm>
- [26] Výměníky AS-ReHeater In: Asio.cz [Online]. ASIO. [cit. 2023-10-27]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/p/79.vymeniky-as-reheater>
- [27] Waste water as heat source of heat pump. PDF. In: rehva.eu [Online]. REHVA, October 2012. [cit. 2023-10-28]. Dostupné z: https://www.rehva.eu/fileadmin/hvac-dictio/05-2012/p63_ochsner.pdf
- [28] Dotace pro bytové domy. In: novazelenausporam.cz [Online]. Státní fond životního prostředí ČR. [cit. 2023-10-28]. Dostupné z: <https://novazelenausporam.cz/bytove-domy/>



- [29] Nahlížení do katastru nemovitostí. In: nahlizenidokn.cuzk.cz [Online]. Český úřad zeměměřický a katastrální. [cit. 2023-11-01]. Dostupné z: <https://nahlizenidokn.cuzk.cz/>
- [30] ČSN 75 6780. Využití šedých a srážkových vod v budovách a na přilehlých pozemcích. ČAS, 1.9.2021
- [31] ČSN EN 16941-2. Zařízení pro využití nepitné vody na místě – Část 2: Zařízení pro využití čištěné šedé vody. ČAS, 1.8.2021
- [32] ČSN EN 16941-1. Zařízení pro využití nepitné vody na místě – Část 1: Zařízení pro využití srážkových vod. ČAS, 1.12.2018
- [33] Územní srážky. In: chmi.cz [Online]. Český hydrometeorologický ústav. [cit. 2023-11-12]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky>
- [34] Čistírny šedých vod AS-AQUALOOP. In: Asio.cz [Online]. ASIO. [cit. 2023-11-15]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/p/142.cistirny-sedych-vod-as-gw-aqualoop>
- [35] AS-AQUALOOP. ASIO, 2021. Projekční podklady 25.3.2021
- [36] AS-GW/AQUALOOP projekční a instalační podklady. PDF. In: Asio.cz [Online]. ASIO. [cit. 2023-11-20]. Dostupné z: https://www.asio.cz/download/_/materialy-as-gw-aqualoop/as-gw_aqualoop_pip.pdf
- [37] Nádrž na vodu RoTerra 25.000L. In: Destovka.eu [Online]. Dešťovka.eu. [cit. 2023-11-22]. Dostupné z: <https://eshop.destovka.eu/nadrz-na-vodu-roterra-25-000l/>
- [38] Vsakování a jímání dešťových vod. In: Pipelife.cz [Online]. Pipelife Czech s.r.o. [cit. 2023-11-27]. Dostupné z: www.pipelife.cz/Budovy/Destova_voda_a_odvodneni/Vsakovani_a_jimani_destovych_vod.html
- [39] ČSN 75 9010. Vsakovací zařízení srážkových vod. Praha: ÚNMZ, 1.2.2012
- [40] Technický list STORMBOX II. In: Pipelife.cz [Online]. Pipelife Czech s.r.o. [cit. 2023-12-02]. Dostupné z: https://www.pipelife.cz/content/dam/pipelife/czech-republic/ke-stazen%C3%AD/katalogy/ekosystemy/PIPELIFE_TECHNICKY_LIST_STORMBOX_II.pdf
- [41] Výměník do koupelny AS-DRAINCHANNEL. In: Asio.cz [Online]. ASIO. [cit. 2023-12-08]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/p/77.vyminenik-do-koupelny-as-drainchannel>



7 Přílohy

Příloha 3: Technické listy