

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE
FAKULTA**

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



**HOSPODAŘENÍ S VODOU
V PRŮMYSLOVÉ HALE**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

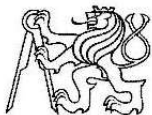
Vypracovala:

Jana Kyselová

Vedoucí práce:

prof. Ing. Karel Kabele, CSc.

2019



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE



Fakulta stavební
Tháškurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

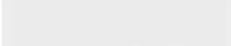

Příjmení: <u>Kyselová</u>	Jméno: <u>Jana</u>	Osobní číslo: <u>458714</u>
Zadávající katedra: <u>K 11125</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Konstrukce pozemních staveb</u>		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Hospodaření s vodou v průmyslové hale</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Water management in industrial hall</u>	
Pokyny pro vypracování: Vypracujte studii na téma hospodaření s vodou v průmyslových halách se zaměřením na využití dešťové vody a zpětné získávání tepla z odpadních vod. Poznatky studie aplikujte na projekt vodovodu a kanalizace konkrétního objektu, zpracovaný v úrovni rozšířené dokumentace pro vydání stavebního povolení dle vyhlášky 499/2006 Sb.	
Seznam doporučené literatury: Kabele a kol. : Energetické a ekologické systémy budov I ČVUT (2010) Valášek a kol: Zdravotně-technické instalace Jaga 2001	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>prof. Ing. Karel Kabele, CSc.</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>19.2.2019</u>	Termín odevzdání bakalářské práce: <u>26.5.2019</u> <small>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</small>
 Podpis vedoucího práce	 Podpis vědouceho katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

 Datum převzetí zadání	 Podpis studenta(ky)
--	--

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Praze, dne 24.5.2019

.....

Jana Kyselová

Poděkování

Mé velké díky patří mému vedoucímu práce, panu prof. Ing. Karlu Kabelemu, CSc., za výborné vedení a jeho cenné rady při vypracování bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat společnosti RotaGroup s.r.o. za poskytnutí podkladů pro vypracování této práce. Velké díky patří také mé rodině za podporu po celou dobu studia.

Obsah

1	Úvod.....	8
1.1	Člověk a voda.....	8
1.2	Voda na zemi.....	8
1.3	Současná situace.....	9
2	Odpadní vody.....	10
2.1	Odpadní vody podle původu	10
2.1.1	Splaškové vody	10
2.1.2	Dešťové vody	11
2.1.3	Infekční vody	12
2.1.4	Průmyslové vody.....	12
2.1.5	Podzemní vody.....	12
2.2	Odpadní vody podle jakosti.....	12
3	Možnosti likvidace odpadních vod.....	14
3.1	Čistírna odpadních vod.....	14
3.2	Domovní čistírna odpadních vod	15
3.3	Žumpa.....	16
3.4	Septik.....	16
3.5	Kořenová čistírna odpadních vod.....	16
3.6	Vsakování dešťových vod	17
4	Zpětné využití odpadních vod.....	19
4.1	Dešťové vody	20
4.1.1	System pro akumulaci.....	20
4.1.2	Oblasti využití dešťové vody	22
4.2	Šedé vody	23
4.2.1	Technologie čistírny šedých vod.....	24
5	Odpadní teplo šedých vod.....	25
5.1	Centrální systém ZZT	26
5.2	Lokální systém ZZT	26
5.2.1	Lokální systém pro okamžitou spotřebu	26
5.2.2	Lokální systém se zásobníkem TUV	27
6	Řešení pro průmyslové objekty	28
6.1	Dešťové vody	28

6.2	Zpětné získávání tepla	28
7	Aplikace v projektu.....	29
7.1	Aplikace v oblasti dešťových vod	29
7.2	Aplikace v oblasti šedých vod.....	30
8	Závěr	31
9	Seznam použitých zdrojů.....	32
10	Seznam použitých obrázků	35

Anotace



Obsahem této práce je projektová dokumentace v rozsahu rozšířené dokumentace pro stavební povolení, řešící zdravotně technické systémy v průmyslové hale. Práce je zaměřena na využití dešťové vody zachycované ze střechy haly, obsahuje dokumentaci vnitřního vodovodu a kanalizace, včetně technických zpráv a výpočtů. Součástí je i studie na téma možnosti využívání odpadních vod.

Klíčová slova

Odpadní vody, zpětné využití odpadních vod, zdravotně technické instalace, vnitřní kanalizace, vnitřní vodovod

Annotation



The content of this bachelor thesis is project documentation in the scope of extended documentation for building permission, solving sanitary systems in warehouses. This thesis is focused on the use of rainwater captured on the roofs of warehouses. Contained herein is documentation of internal water distribution systems and internal sewage systems, including the technical reports and calculations. Part of this thesis is also the study of a possibility of wastewater re-use.

Key words

Wastewater, re-use of waste water, sanitary systems, internal sewerage, internal water distribution

1 Úvod

Voda je hlavním symbolem modré planety Země. Jako jediná planeta v naší galaxii Země poskytuje podmínky vhodné k životu. Jednou z nich je právě voda, která je pro všechny živé organizmy nezbytná.

1.1 Člověk a voda

Voda tvoří asi 55-60 % hmotnosti lidského těla. Zdravý člověk vydrží bez vody 2-3 dny. Dostatečný příjem tekutin je důležitý pro správné fungování lidského těla, proto se u dospělé osoby doporučuje vypít 2-3 litry denně. [1]

Z celkové spotřeby však tvoří voda určená k pití pouze nepatrnou část. Největší množství spotřebované vody připadá na lidské potřeby, jako je osobní hygiena, splachování WC, praní prádla, mytí nádobí apod.

1.2 Voda na zemi

Povrch Země je přibližně 510 mil. km². Z této plochy zaujímá zhruba 70,8 % (tj. asi 361 mil. km²) vodní plocha. Mohlo by se tedy zdát, že vody je na Zemi dostatek, ale opak je pravdou.



Obr. 1. – Voda na zemi [2]

Ve světovém oceánu je soustředěno asi 1 338 mil. km³ vody. Pevninské zásoby jsou výrazně menší, odhadují se asi na 47,9 mil. km³, z čehož je asi

35 mil. km³ sladké vody. Z obr. 1 je zřejmé, že z celkového objemu vody na Zemi lze pro lidskou společnost přímo využívat pouze nepatrnou část. [2]

Slaná voda lze využívat nepřímo, tedy procesem odsolování, při kterém se ze slané vody získá voda sladká. To je ale velmi nákladné, a proto se tato metoda využívá jen v ojedinělých případech.

Hlavními důvody nedostatku vody jsou nárůst populace a klimatické změny. Globální oteplování způsobuje úbytek zásob vody, dochází k vysychání vodních zdrojů a stále více zemí se potýká se suchem.

S výše popsanými faktory souvisí i spotřeba vody. Ta se výrazně liší v různých oblastech v závislosti na vodních zdrojích. Obecně platí, že dostatek vody znamená vysokou spotřebu. Například běžný Čech spotřebuje denně zhruba 120 litrů vody. Západoevropské země spotřebují denně 150-200 litrů na osobu a v USA dokonce 300 litrů vody na osobu. Naopak země třetího světa živoří s pouhými 10 litry na den a osobu. [3]

1.3 Současná situace

Moderní člověk si stále více uvědomuje, že zásoby vody nejsou nevyčerpatelné. Důkazem toho je i fakt, že v Čechách klesla od roku 1965 spotřeba vody na osobu z 300 litrů na 120 litrů. [3]

V současné době uvědomělejšího chování k přírodě dochází k rozvoji recyklovatelných materiálů. Za takovýto materiál lze brát i vodu. Dříve byly odpadní vody považovány pouze za odpad, ale dnes už na ně nahlížíme i jako na surovinu. Některé vody odváděné z budov nejsou znečištěny natolik, aby nemohly být znovu využity, a zároveň nesou množství energie.

Návrh zpětného využití odpadních vod není v České republice zcela doceněn, ale to, že na WC splachujeme kvalitní pitnou vodou, přináší otázku k zamyšlení. Pokud budeme zpětně využívat šedé a dešťové vody, můžeme snížit spotřebu kvalitní pitné vody, které není všude dostatek. Zároveň můžeme odlehčit kanalizační sítě a snížit náklady na čištění odpadních vod.

Z tohoto důvodu se tato bakalářská práce zaměřuje na recyklaci odpadních vod a možnosti zpětného využití.

2 Odpadní vody

Abychom mohli řešit možnosti nakládání s odpadními vodami, je nejprve nutné vymezit, co je vlastně odpadní voda. Jedná se o takovou vodu, jejíž fyzikální, chemické a biologické vlastnosti byly změněny. U těchto vod je tedy omezeno nebo zcela znemožněno jejich další užití.

Odpadní vody dělíme podle původu na vody splaškové, dešťové, průmyslové, infekční, podzemní a ostatní. Další možnost, jak dělit odpadní vody, je podle jejich jakosti. [4] V závislosti na těchto charakteristikách můžeme určit, jakým způsobem s odpadní vodou nakládat.

2.1 Odpadní vody podle původu

2.1.1 Splaškové vody

Splaškové vody obsahují splašky odváděné z koupelen, kuchyní, prádelen apod. Jedná se především o vody z bytů a rodinných domů, ale i z objektů městské vybavenosti, jako jsou např. školy, hotely, administrativní budovy. Odpadní vody jsou děleny na vody šedé a černé. Černé vody jsou dále děleny na vody žluté a hnědé.

2.1.1.1 Šedé vody

Vody neobsahující fekálie a moč, tedy takové vody, které odtékají z dřezů, van, umyvadel, sprchových koutů, praček apod.

Přečištěním šedé vody lze získat tzv. bílou vodu, která je využitelná jako provozní voda, tzn. na splachování WC nebo závlahu pozemku. Pro takovéto účely je vhodná především voda z van, sprch a umyvadel. Využití vody z kuchyňských dřezů, myček a praček se nedoporučuje kvůli vysokému obsahu tuků a škodlivin z čistících prostředků. [5]

2.1.1.2 Černé vody

Černé odpadní vody jsou vody z toalet, které obsahují fekálie, moč, vodu ze splachování a toaletní papír. Černé vody nejsou běžně zpětně využívány, a proto jsou většinou odváděny přímo do kanalizace. V případě, že jsou černé

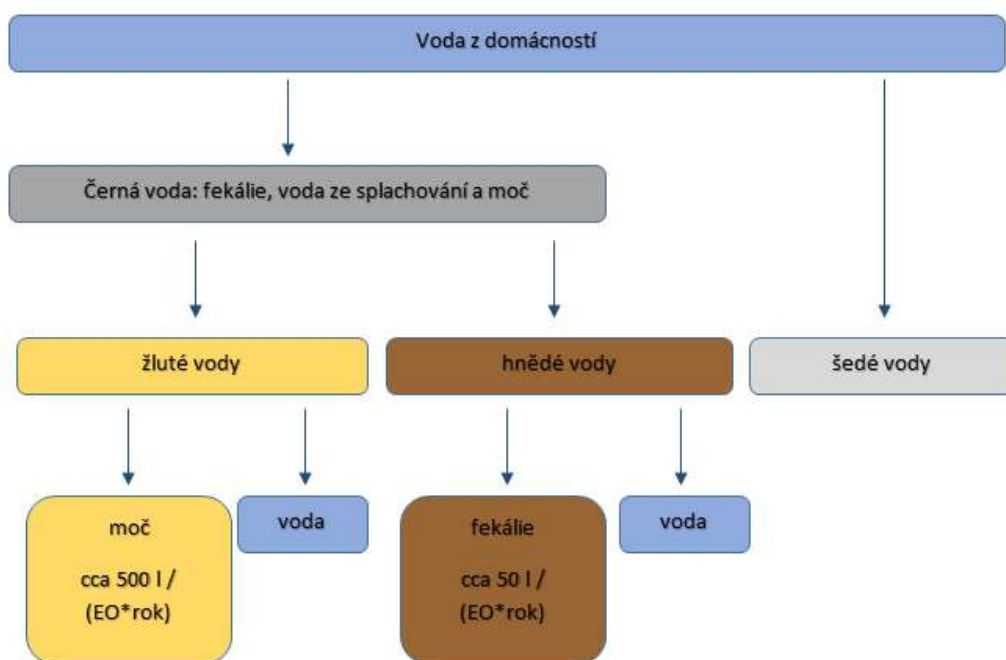
vody odděleny od ostatních vod, a tudíž málo zředěné, dají se za použití správné technologie přeměnit na přírodní hnojivo a dále využívat. [6]

- **Hnědé vody**

Jako hnědé vody se rozumějí fekálie obsahující především uhlík, dusík a draslík. Pro oddělení hnědých vod od žlutých se užívají speciální separační toalety. Jeden člověk vyprodukuje ročně kolem 50 l fekálií. [5]

- **Žluté vody**

Voda z pisoárů a toalet, která neobsahuje fekálie. Její hlavní složkou je močovina, ale obsahuje rozpuštěné soli a další organické látky. Jeden člověk vyprodukuje v průměru ročně 500 litrů moči. [5]



Obr. 2. – Dělení odpadních vod [6]

2.1.2 Dešťové vody

Dešťová voda, často označována jako povrchová, zahrnuje všechny typy srážek včetně tání sněhu.

„Jelikož dešťové mraky vznikají odpařováním, mohla by být dešťová voda vlastně vodou destilovanou, tedy čistou bez rozpuštěných látek.“ [7] Avšak kvalita je ovlivněna již v atmosféře, kde dochází ke kontaktu s různými

chemickými látkami. K dalšímu znečištění dochází při dopadu dešťové vody na střechu, na jejímž povrchu se vyskytuje pyl, prach, ptačí trus a další látky.

Podle dosavadních zkušeností je znečištění natolik malé, že při zodpovědném užívání dešťové vody nedojde k ohrožení lidského zdraví. Dešťová voda je tedy společně s vodou šedou nejvhodnější pro přečištění a zpětné využití.

2.1.3 Infekční vody

Jedná se o vody, které pocházejí z provozů, kde dochází ke znečištění choroboplodnými zárodky. U těchto typů vod je tedy nutné provést zvláštní opatření, než jsou vypuštěny do stokové sítě. Jedná se především o vody z nemocnic, mikrobiologických laboratoří a podobných zařízení. [8]

2.1.4 Průmyslové vody

Průmyslové vody pocházejí z technologických procesů, jsou tedy znečištěné zemědělstvím, výrobou apod. Podle obsahu znečišťujících látek rozeznáváme vodu organicky znečištěnou, anorganicky znečištěnou nebo přechodový typ s výraznějším zastoupením jedné z látek. Většina odpadních vod obsahuje směs látek různé rozložitelnosti a toxicity, proto je nutné posuzovat vodu podle převažující látky. [4]

2.1.5 Podzemní vody

Podzemní vody se nachází pod zemským povrchem, zejména v pórech mezi částicemi půdy a v místech, kde je narušena kontinuita hornin.

2.2 Odpadní vody podle jakosti

Podle jakosti dělíme vody do pěti kategorií. [4]

- **Čerstvá voda**

Voda, ve které nedochází k žádným anaerobním procesům.

- **Nahnilá voda**

Voda, ve které začaly probíhat anaerobní procesy.

- **Infekční voda**

Výše zmíněná voda, která obsahuje choroboplodné zárodky a podle toho je nutné s ní nakládat.

- **Toxická voda**

Voda, která obsahuje toxické látky již v malých koncentracích.

- **Radioaktivní voda**

Voda, která je znečištěná radioaktivními látkami.

3 Možnosti likvidace odpadních vod

O systému hospodaření s vodou v budovách je nutné uvažovat jako o celku, tedy kromě využití vody pitné, je potřeba také zodpovědným způsobem přistupovat k likvidaci vody znehodnocené. Způsoby likvidace odpadních vod se liší podle možností dané oblasti.

3.1 Čistírna odpadních vod

Nachází-li se stavba v oblasti, kde je možné připojení na veřejnou kanalizaci, dochází k čištění odpadních vod centrálním způsobem v čistírně odpadních vod (ČOV).

V čistírně dochází k mechanickému, biologickému a chemickému čištění. Samotná čistírna funguje jako předčištění. Dočištění probíhá přirozenými přírodními procesy po vypuštění vody do recipientu.



Obr. 3. – Ústřední čistírna odpadních vod v Praze [9]

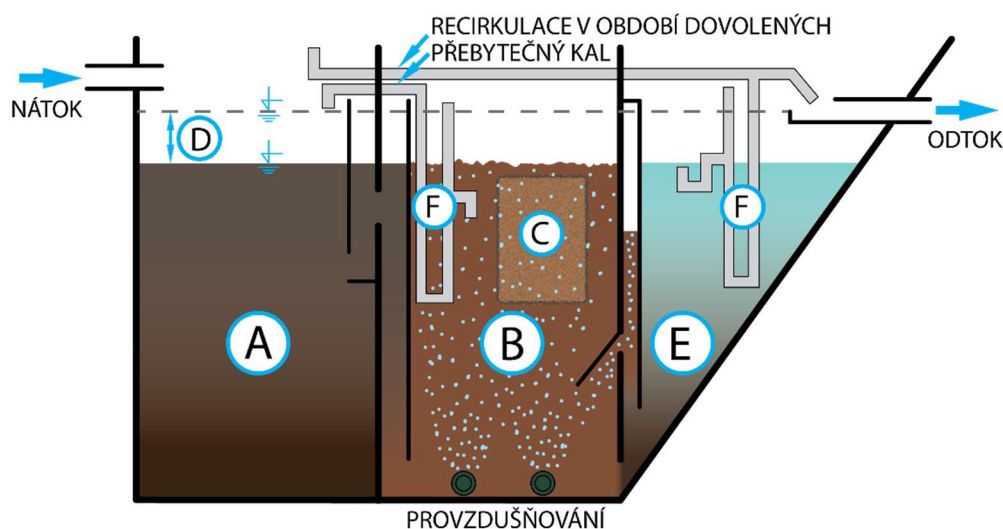
První fází čištění je čištění mechanické. Voda ze stokové sítě přichází do tzv. ochranné části ČOV, do které patří lapák štěrků, česle, lapák písku a případně lapák tuků. Následuje usazovací nádrž, kde dochází k usazování jemných nerozpuštěných látek a stírání plovoucích nečistot z povrchu. Další fází je čištění biologické, jehož podstatou jsou biochemické procesy. Během těchto procesů se ve vodě rozmnožují mikroorganismy, které jsou nazývány také jako aktivovaný kal. Vzniklé mikroorganismy na sebe vážou nečistoty a následně jsou od vody odděleny v dosazovací nádrži. Aktivovaný kal je možné využívat v kalovém hospodářství. Poslední fází je dočištění, kdy se odstraňují

anorganické ionty, komplexní syntetické organické sloučeniny a někdy je do terciálního čištění zahrnováno i odstraňování dusíku a fosforu.

Dříve byly budovány systémy jednotné kanalizace. Tyto systémy stále existují ve starších zástavbách a odvádí splaškovou a dešťovou vodu společně do čistírny odpadních vod. V posledních letech dochází k rozvoji systémů oddílné kanalizace, kde jsou dešťové a splaškové vody vedeny separovaně. Splašková odpadní voda je odváděna do čistírny, zatímco voda dešťová je odváděna přímo do recipientu, a tedy nezatěžuje čistírnu odpadních vod.

3.2 Domovní čistírna odpadních vod

V oblastech, kde není možné využívat centrální ČOV, je jedním z možných řešení využití domovní ČOV. Jedná se o zařízení vhodná především pro rodinné domy, rekreační objekty a chaty. Stavby musí mít odpovídající velikost (maximální kapacita odpadních vod je 100 m³) [8] a zároveň musí být trvale obydleny, protože biologické čisticí procesy vyžadují trvalý přísun odpadních vod.



Obr. 4. – Domovní čistírna odpadních vod [10]

A – usazovací a kalový prostor, B – aktivace, C – nosič biomasy, D – akumulace prostor, E – dosazovací prostor, F – mamutka [10]

Na obrázku č. 4 je zobrazeno schéma fungování domovní čistírky. Princip čištění je obdobný jako u centrální ČOV, jen je zmenšen pro domácí využití do kompaktnějších rozměrů.

Vyprodukovaná odpadní voda přitéká do usazovacího prostoru, kde se oddělí a odstraní mechanické plovoucí a usaditelné látky. Z usazovacího prostoru voda přetéká přes přeпад do aktivačního prostoru, kde je podrobena biologickému čištění. Ve spodní části aktivačního prostoru se nachází provzdušňovací systém. Přiváděný kyslík je spotřebováván mikroorganismy při čištění. Případně je v této části umístěn také nosič biomasy, který zajišťuje stabilitu procesu. Z aktivačního prostoru předčištěná voda vtéká do dosazovací nádrže, odkud je odčerpávána mamutkou do odtokového žlabu. Vyčištěnou vodu je možné odvádět do recipientu nebo využívat např. na závlahu. Před vypuštěním je nutné zkontrolovat kvalitu vody.

3.3 Žumpa

Další možností nakládání s odpadními vodami v oblastech, kde chybí kanalizační systém, je využití žumpy. Jedná se o vodotěsnou, bezodtokovou nádrž z plastu nebo betonu, která je určena k zachycení odpadních vod. Nádrž musí být odvětrávaná a se svahovaným dnem alespoň 2 %. [8] Obsah žumpy je nutné pravidelně kontrolovat a vyvážet fekálním vozem do ČOV, kde je zařazen do procesu čištění.

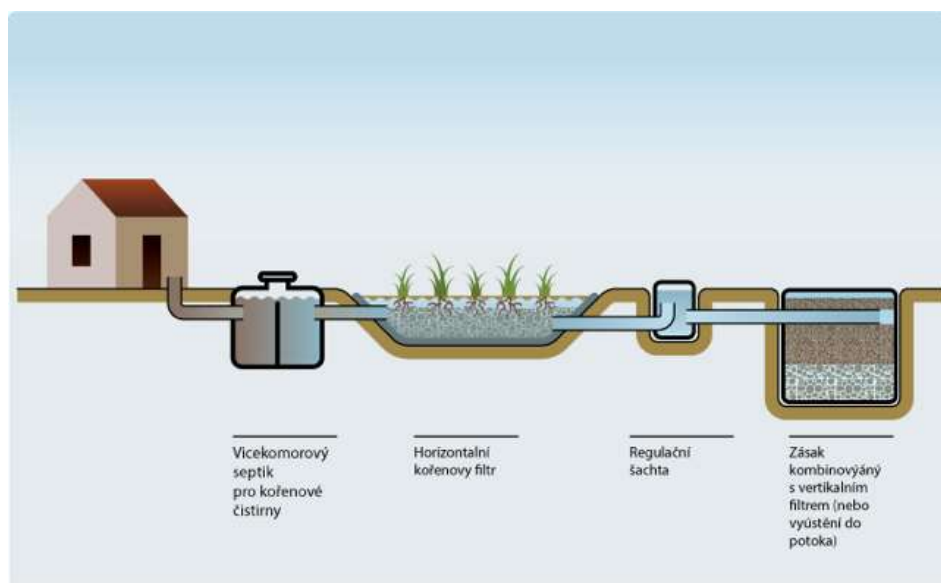
3.4 Septik

Jedná se o průtočnou jímku se sérií usazovacích komor, kde probíhají mechanické i biologické procesy čištění. V jednotlivých komorách dochází k pozdržení vody a tím k jejímu přečištění. Účinnost čištění je asi 20 % při zadržení na 5 dní, což je důvod, proč není v současné době povoleno vypouštění odpadní vody ze septiku. Aby bylo možné vodu vypouštět, je nutné osadit obdobné komponenty jako má domovní ČOV. Náklady na čištění mohou být pak až dvojnásobné oproti domovní ČOV. Levnější alternativou je vyvážení septiku jako v případě žumpy. [11]

3.5 Kořenová čistírna odpadních vod

Likvidace odpadních vod pomocí kořenové čistírny se stává v posledních letech čím dál populárnější. Kořenové čistírny odpadních vod fungují stejně jako přirozené mokřady. Jejich základem je kořenový filtr, který je naplněn jemnými kamínky, na jejichž povrchu sídlí bakterie zajišťující čisticí proces.

Rostliny vysázené na kořenovém filtru částečně odsávají živiny a dodávají kyslík, navíc na jejich kořenech také sídlí bakterie. Rostliny v zimě působí jako tepelná izolace.



Obr. 5. – Princip kořenové čistírny [13]

Na obrázku č. 5 je znázorněn princip fungování základní kořenové čistírny. V první fázi dojde k předčištění splaškových vod ve výše zmíněném vícekomorovém septiku, kde dojde k oddělení kalu a mechanických nečistot. Voda je ze septiku vedena do kořenového filtru, kde se zdrží přibližně deset dnů. Během této doby ve vodě probíhají přirozené čistící procesy. Vyčištěná voda je pomocí drenážního systému vsakována do země, nebo může být akumulována v nádrži a využívána na zavlažování.

3.6 Vsakování dešťových vod

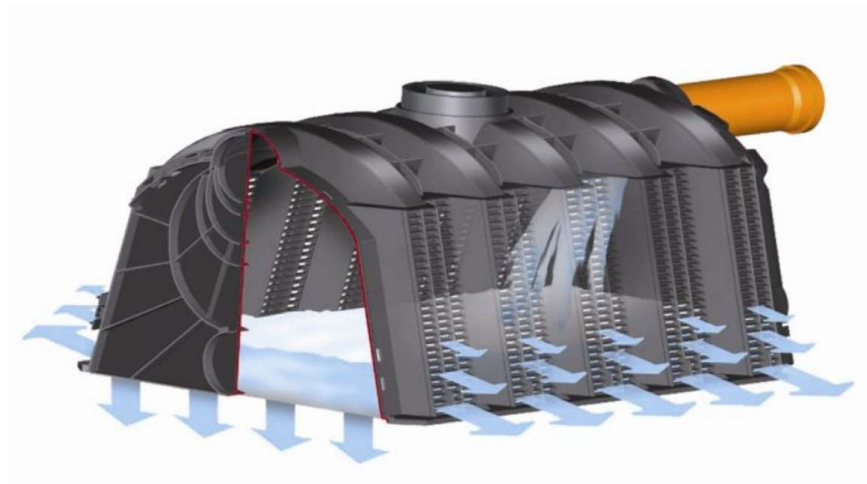
V současné době je stále více kladen důraz na minimalizaci vypouštění dešťové vody do jednotné kanalizace. Jak bylo zmíněno v kap. 3.1, v případě jednotné kanalizace je dešťová voda smísená s vodou splaškovou a odvedena do ČOV. Kromě výše uvedené oddílné kanalizace, kdy je dešťová voda vedena odděleně přímo do recipientu, lze využít ještě možnosti vsakování.

V přírodě dochází k vsakování přirozeně, případně lze realizovat uměle připravené poldry nebo průlehy. Do nich se dešťová voda sama svede a postupem času přirozeně vsákne.

V případě zástavby je situace složitější. Vzhledem k tomu, že stále přibývá zpevněných ploch, dochází k omezení přirozeného vsakování, a tím ke snížení hladiny podzemní vody.

V současné době se nejčastěji využívají plastové vsakovací tunely. Dešťová voda před vsakováním nemusí být nijak čištěna, stačí pouze osadit filtr mechanických nečistot, aby nedocházelo k zanášení potrubí a tunelu. Uvnitř tunelu je voda akumulována a následně vsakována do podloží.

Hlavní výhodou tunelů je jejich kapacita, která je téměř 100 %. Ve srovnání s prostorem zasypaným štěrkem proto představuje úsporu až 2/3 objemu nutných výkopů. [14]

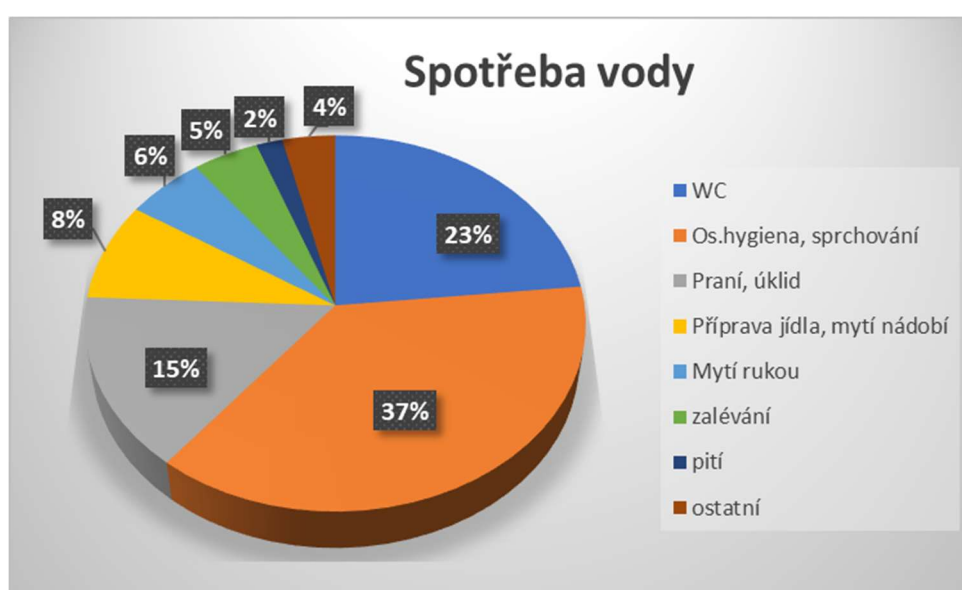


Obr. 6. – Vsakovací tunel [15]

4 Zpětné využití odpadních vod

Jak už bylo řečeno dříve, ne všechny typy vod vznikající v objektech je nutné přímo likvidovat. Některé typy odpadních vod mají velký potenciál pro další využití. Pro recyklaci se hodí především dešťová a šedá voda. Vody hnědé, žluté, černé, průmyslové a infekční se obvykle nevyužívají, neboť by jejich čištění bylo příliš nákladné.

Průměrná denní spotřeba vody na obyvatele Prahy byla v roce 2018 107 litrů (v ostatních oblastech je spotřeba vody na osobu nižší). [16]



Obr. 7. – Spotřeba vody [16]

Z obrázku 7 je zřejmé, že 23 % spotřebované vody je voda na splachování WC, 15 % voda na úklid a 5 % voda na zalévání. Přitom pro tyto účely není nutné využívat vodu pitnou, tu lze nahradit vodou dešťovou nebo v některých případech přečištěnou šedou vodou, tedy bílou vodou.

Dále je možné vidět, že převážné množství vody je spotřebováno na osobní hygienu (37 %), praní a úklid (15 %), přípravu jídla, mytí nádobí (8 %) a mytí rukou (6 %). Celkem je tedy 64 % spotřebovaných vod přeměněno na výše zmíněnou šedou vodou.

4.1 Dešťové vody

Akumulaci dešťových vod zná člověk od nepaměti. U chat a chalup je stále běžnou praktikou schraňování dešťové vody v sudu či plastové nádrži umístěné přímo pod okapem. Takto akumulovaná voda slouží pouze k zalévání.

V posledních letech ale dochází k stále většímu rozvoji využívání dešťových vod i uvnitř objektu. To souvisí s rozvojem technologií pro akumulaci.

V České republice v posledních letech funguje dotační program „Dešťovka“, který je určen pro vlastníky a stavebníky rodinných a bytových domů (fyzické i právnické osoby), které chtějí přispět k udržitelnému hospodaření s vodou. [20]

Od prosince 2018 platí v ČR norma ČSN EN 16941-1, která specifikuje požadavky a uvádí doporučení pro navrhování, dimenzování, instalaci, označování, uvádění do provozu a údržbu zařízení pro využití srážkových vod na místě.

4.1.1 Systém pro akumulaci

Voda sváděná ze střech je nejprve podrobena filtraci. K té dochází pomocí filtračních zařízení, která jsou dvojího typu. Externí filtrační zařízení tzv. filtrační šachty jsou usazeny mezi dešťovým svodem a akumulací nádrží. Druhým typem jsou interní zařízení, která jsou umístována přímo do nádrže.

V další fázi dochází k sedimentaci drobných částic buď na dně akumulací nádrže nebo v usazovací nádrži, která je předsazena před akumulací.

Nádrže pro akumulaci dešťových vod mohou být nadzemní i podzemní. Vhodnějším řešením je nádrž umístěná v zemi, protože nedochází k přímému vystavení slunci a vysokému kolísání teplot jako u nádrže nadzemní. Akumulací nádrže jsou vyráběny převážně z plastu a betonu, ale mohou být i sklolaminátové a ocelové.

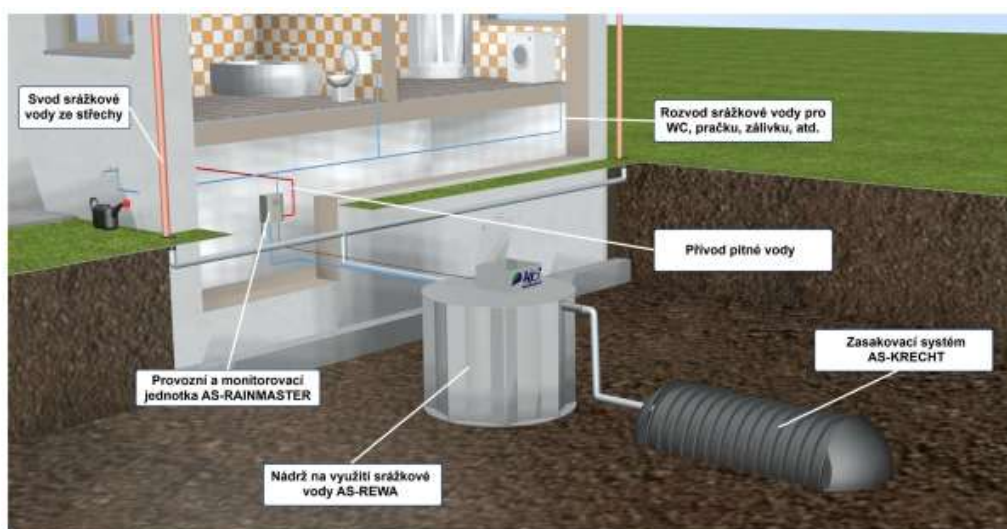
Betonové zásobníky, budované jako studny z jednotlivých dílců, mají nevýhodu, že časem přestanou těsnit. Tomu se lze vyhnout užíváním nádrží

monolitických. V betonových nádržích dochází k přirozené neutralizaci dešťových vod. Další výhodou je, že dokážou odolávat velkým vnějším tlakům. Proto je možné jejich osazování i pod pojížděné plochy. Plastové nádrže jsou odolné proti korozi, mají malou hmotnost a velkou tvarovou variabilitu.

Aby zásobník správně fungoval, je potřeba přítok opatřit uklidňujícím prvkem, který usměrňuje proud vody přitékající ode dna zásobníku. Částečky nezachycené filtrem tak zůstanou usazeny na dně a nedojde k jejich rozšíření. Odsávacím zařízením se voda odebírá asi 150 mm pod horní hladinou, aby nedocházelo k nasávání plovoucích nečistot. Nádrž by měla alespoň několikrát do roka přetéci, aby se zaručilo odplavení nečistot z hladiny.

K rozvodu užitkové vody dochází pomocí čerpadla. To může být dvojího typu – ponorné nebo sací. Čerpadlo je možné ovládat buď ručně, nebo pomocí tlakové jednotky, která čerpadlo vypne při zastavení odběru vody.

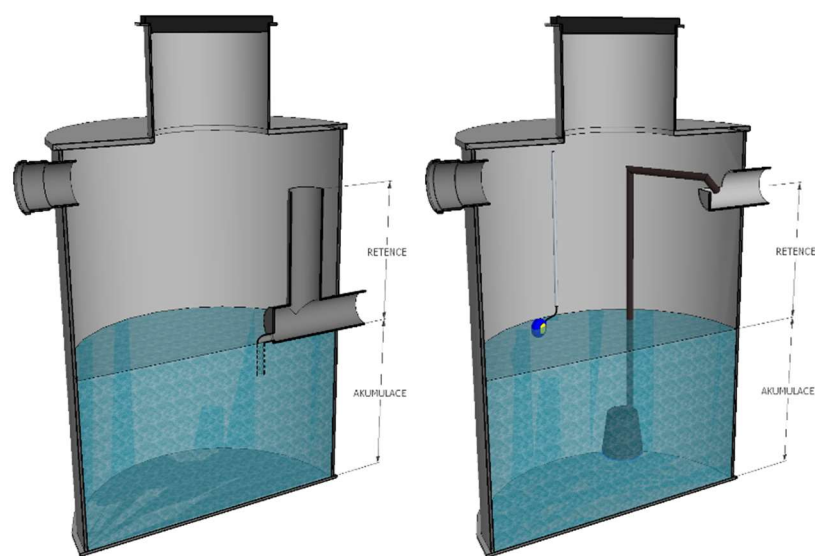
Nedílnou součástí je i řídicí doplňující jednotka. Ta má za úkol zajistit doplnění pitné vody do systému v případě sucha. Doplňování pitné vody může být jednoduše do akumulární nádrže, nebo přímo do výtlačného potrubí, přičemž dochází k menší spotřebě pitné vody. Pokud jednotka zajišťuje přívod vody přímo do výtlačného potrubí, je nutné zamezit úniku užitkové vody do vody pitné.



Obr. 8. - Systém hospodaření s dešťovou vodou v rodinném domě [17]

V některých případech mohou dešťové zásobníky sloužit k retenci a zároveň ke zmenšení spotřeby pitné vody, z toho ale vyplývají rozdílné

provozní cíle. K využívání dešťových vod by měly být zásobníky pokud možno plné a k retenci naopak prázdné. Jako řešení se naskýtají zásobníky se zpožděným odtokem části nashromážděného množství. Část objemu nádrže slouží pro akumulaci a zbytek na zdržení přívalového deště a ochranu stokové sítě proti přetížení. Regulace odtoku z retence může být provedena škrťacím otvorem nebo čerpáním pro případ, že výškové poměry nedovolí gravitační napojení na dešťovou kanalizaci. Velikost akumulačního objemu se navrhuje s ohledem na předpokládanou potřebu srážkové vody, retenční objem pak s ohledem na lokalitu. [18]



Obr. 9. - Využití akumulační nádrže jako retence [19]

4.1.2 Oblasti využití dešťové vody

- **Zavlažování**

Dešťová voda neobsahuje chlór ani soli, takže nedochází k zasolování půdy. Některé rostliny navíc pitnou vodu nesnáší. Kromě toho je pitná voda příliš cenná na to, abychom s ní zalévali.

- **Praní**

Existují oblasti, kde je pitná voda příliš tvrdá nebo obsahuje vysoký podíl železa a manganu. Zejména pro tyto oblasti je vhodné využití dešťové vody na praní, protože nedochází k vzniku vodního kamene v částech pračky. Navíc se v měkčí vodě lépe rozpouští prací prášek, a proto je jeho spotřeba nižší. Kvalita

dešťové vody může být různá, ale z výzkumů vyplývá, že počet bakteriálních zárodků v prádle vypraném v dešťové vodě byl srovnatelný s výsledky u prádla vypraného v pitné vodě. Množství bakteriálních zárodků není totiž tolik závislé na kvalitě vody, ale spíše na míře znečištění špinavého prádla. [17] V současné době jsou vyráběny i pračky, které mají oddělené přípojky na pitnou a dešťovou vodu. Pračka sama řídí proces praní a to tak, že při předpírce, hlavním praní a prvním máchání využívá právě dešťovou vodu, teprve až při posledním máchání pak vodu pitnou. [18]

- **Splachování WC**

Pro splachování WC je dešťová voda také výhodná, protože nezanáší potrubí. Navíc společně se sprchováním tvoří největší spotřebu vody v domácnosti. Požadavky na kvalitu nejsou nijak vysoké, a proto je využívání pitné vody zbytečným plýtváním.

- **Úklid, údržba**

Pro mytí aut, úklid a čištění je zapotřebí velké množství vody. V případech, kdy není potřeba pitná voda, je dešťová voda ideální z ekologického i ekonomického hlediska.

4.2 Šedé vody

V české republice zatím neexistuje norma na využívání šedých vod, ale i tak dochází k jejich využívání stále častěji. Nejvhodnějšími kandidáty pro využití šedých vod jsou budovy s vysokou produkcí jako například hotely, wellness centra a trvale obydlené budovy.

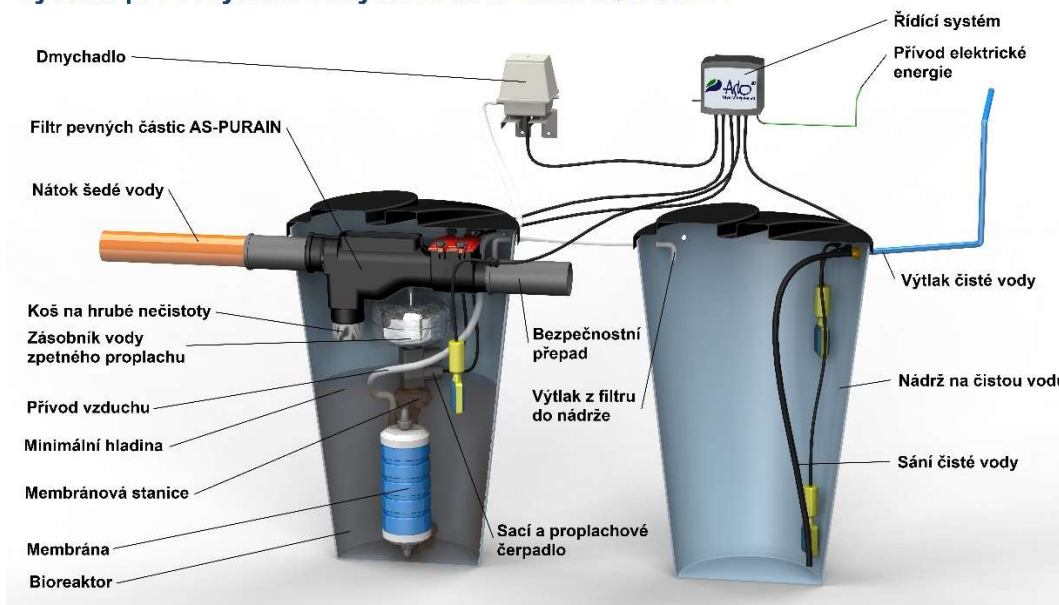
Šedá voda může být vyčištěna tak, aby byla vyhovující pro různé možnosti využití jako např. zavlažování a splachování WC. Podle zatížení je možné dělit šedé vody na vhodné (z umyvadel, van a sprch) a podmíněně vhodné (z kuchyňských dřezů a myček nádobí).

Stejně jako u dešťové vody je možné využití bez čištění. To ale není příliš vhodné, protože se ve vodě rychle množí bakterie. [21]

4.2.1 Technologie čistírny šedých vod

Existuje mnoho způsobů čištění šedé vody. Zvolený způsob závisí na množství šedé vody a na požadavcích na kvalitu. Pro příklad byla vybrána čistírna AS-GW/AQUALOOP, která je vyráběna společností ASIO s. r. o.

Systém pro recyklaci šedých vod AS-GW/AQUALOOP



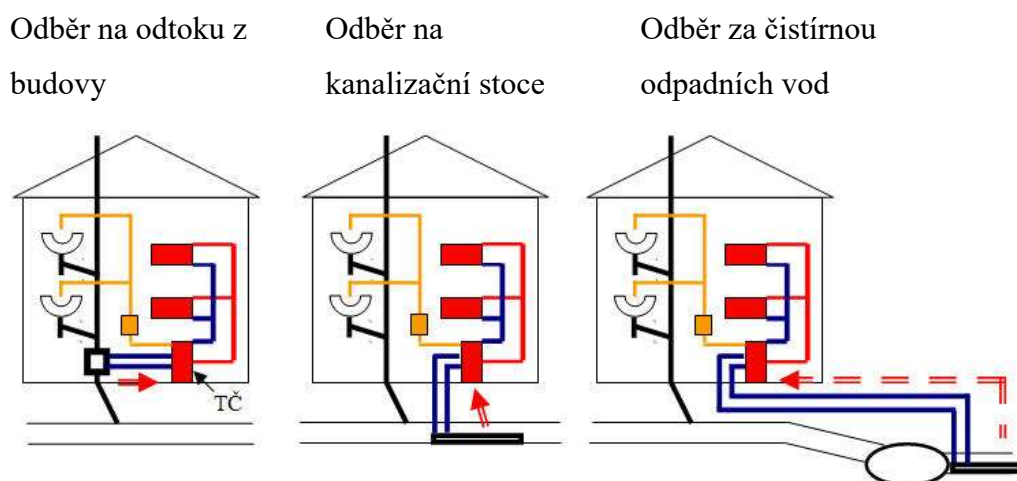
Obr. 10. – Čistírna AS-GW/AQUALOOP [22]

Odpadní voda natéká přes filtr do reakční nádrže, kde dochází k biologickému čištění. V reakční nádrži je osazen membránový modul, který má ve spodní části aerační systém pro přivádění vzduchu. Nad membránovým modulem je umístěno čerpadlo, které pod tlakem odsává vodu skrz membrány a odvádí vyčištěnou vodu do akumulární nádrže. Z nádrže je voda čerpána do rozvodu provozní vody. Reakční nádrž musí být opatřena bezpečnostním přepadem pro případ, že by množství vyprodukované šedé vody převýšilo množství spotřebované vyčištěné vody. V opačném případě může být při nedostatku šedé vody dopouštěna voda pitná.

5 Odpadní teplo šedých vod

Kromě toho, že jsou šedé vody znovu využitelné, nesou s sebou i velké množství energie. Obnova tepla ze šedých vod je způsob, jak snížit spotřebu tepla na ohřev teplé užitkové vody, popřípadě na vytápění objektu. Spotřeba energie na ohřev TUV tvoří dnes 25–75 % veškeré spotřebované energie v objektech (přesné procento závisí na typu objektu a jeho tepelně technických vlastnostech). Z této spotřeby reálně využijeme pouhých 10 %. [23]

Teplo odpadních vod lze odebírat buď centrálně (voda je shromažďována z větších celků – na kanalizační stoce nebo před/za čistírnou odpadních vod), nebo lokálně přímo v místě odběru. Každé z míst má své specifické podmínky a omezení.



Obr. 11. - Místa s možností odběru tepelné energie z odpadních vod [23]

Centrální systémy jsou vhodné pro velké objekty, zatímco lokální systémy jsou lépe využitelné pro rodinné domy, kde je menší průtok vody.

Energetické zisky rostou spolu se spotřebou teplé vody. Lze proto říct, že nejnvhodnějšími kandidáty pro využívání energií odpadních vod jsou objekty s větším množstvím ekvivalentních obyvatel (např. aquaparky, lázně a wellness zařízení, hotely, penziony, nemocnice, prádelny a další objekty). [24]

5.1 Centrální systém ZZT

Se získáváním odpadního tepla z odpadní vody na kanalizační trase nebo na/za ČOV zatím není v ČR moc zkušeností. [23] Oproti tomu centrální systém ZZT v budově je v posledních letech ve stavbách realizován.

Centrální systémy uvnitř budov předpokládají svedení odpadních vod do jednoho místa, odkud je jejich teplo využíváno buď pomocí výměníků nebo tepelného čerpadla.

U tepelných výměníků jsou nejčastěji využívány dva typy. Mohou být deskové, kde voda protéká přes desky s teplosměnnou plochou a tím předá své teplo, nebo spirálové, kde je teplosměnná plocha spirálovitě svinutá. [24]

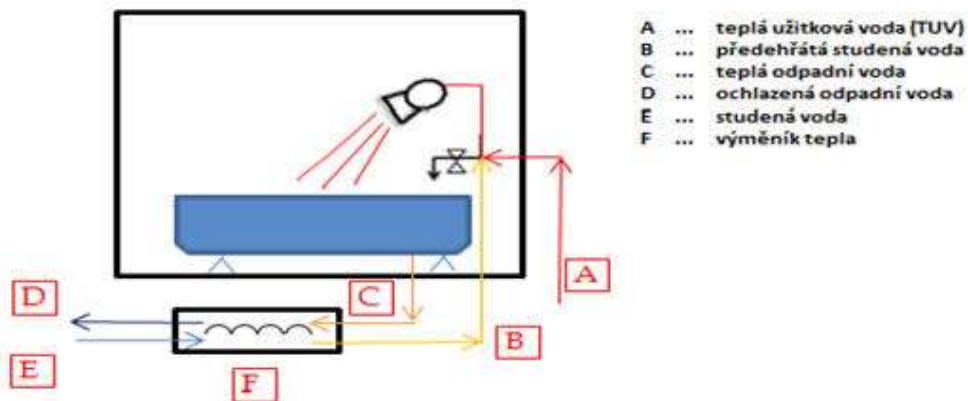
V případě použití tepelného čerpadla se odpadní voda shromažďuje v akumulární jímce, která slouží jako primární okruh.

5.2 Lokální systém ZZT

Lokální systémy fungují na principu odběru tepla z odtékající vody, která předehřívá vodu studenou pro využití např. ve sprchách. Lokální systémy pro ZZT jsou vhodné pro rodinné domy a menší provozy.

5.2.1 Lokální systém pro okamžitou spotřebu

Speciální tepelný výměník, který je možné zapojit do okruhu sprch nebo umyvadel. Výhodou tohoto systému je, že je voda předehřívána v době spotřeby. Časová prodleva, od které je předehřátá voda k dispozici, závisí na délce potrubí a umístění výměníku. Výměník je schopen předehřát vodu až na 20 °C. Takto předehřátá voda je přivedena do směšovací baterie, ve které se smíchá s menším množstvím TUV. Systém pro okamžitou spotřebu má větší účinnost než předehřátí vody do zásobníku TUV, protože je umístěn blíže směšovací baterii a nedochází ke ztrátám.



Obr. 12. - Schéma odběru tepla z odpadní vody pomocí výměníku [23]

Příkladem výměníku je AS – SPRCHA od ASIO spol. s r. o. Studená voda mívá teplotu kolem 10 °C. Od odpadní vody, která má teplotu asi 35 °C, odebere 12-14 °C. Tuto vlažnou vodu přivedeme do směšovací baterie, spotřeba teplé vody tím může klesnout až o 45 % [25].



Obr. 13. – AS – SPRCHA [25]

5.2.2 Lokální systém se zásobníkem TUV

Další možností je odvod přehřáté vody do zásobníku, kde dojde k jejímu dohřátí na požadovanou teplotu. Nevýhodou tohoto systému jsou tepelné ztráty vznikající při dopravě TUV do zásobníku.

6 Řešení pro průmyslové objekty

6.1 Dešťové vody

Průmyslové objekty disponují velkou plochou střech. Díky tomu dochází k zachycování velkého množství srážek. Nakládání s takto vzniklou vodou je ovlivněno ekologickými i ekonomickými aspekty.

Prvním možným řešením je akumulace dešťových vod. Ta je vhodná v případech, kde je reálné její využití ať už pro technologické procesy, splachování WC nebo závlahu pozemku. Díky akumulaci odpadá povinnost placení poplatků za odvod dešťových vod do kanalizace.

Další možností je vsakování dešťových vod, které je nejen ekonomické ale i ekologické, jelikož dochází k navrácení vody do systému. Podmínkou pro vsakování jsou vhodné hydrogeologické podmínky, tj. dostatečná propustnost podloží s hladinou podzemní vody min. 1 m pod plánovanou úrovní dna vsakovacího objektu.

V případě, že není proveditelná ani jedna z předchozích variant, je možné zavést retenci s regulovaným odtokem. Retenční nádrž zachytí přívalové srážky a zajistí jejich postupné řízené vypouštění do kanalizace nebo recipientu. Zde je zapotřebí souhlasu příslušného správce kanalizace nebo vodního toku.

6.2 Zpětné získávání tepla

V průmyslových objektech, které mají nepřetržitý provoz a produkují větší množství odpadních vod, je vhodné získávání tepla na odtoku z objektu. U některých průmyslových objektů tak lze dosáhnout návratnosti již za dva roky. [24]

V případě, že v objektu nevznikají vhodné odpadní vody nebo je provoz přerušovaný, je možnost přistoupit k lokálnímu systému ZZT. Průmyslové objekty mají velké množství sprch pro zaměstnance, kde lze využít sprchových výměníků a ušetřit tak na ohřevu TUV.

7 Aplikace v projektu

Předmětem řešení je výstavba haly označené jako SO. 01. Jedná se o halu pro skladování v průmyslové zóně Jihovýchod v blízkosti obce Úherce.

Nová jednopodlažní hala je obdélníkového tvaru s rozměry 208,87 x 156,87 m s vnitřním odskokem v severovýchodní části o rozměrech 40 x 60 m. Výška atiky haly je 12,4 m.

Založení objektu je provedeno na pilotách. Nosnou konstrukci haly tvoří železobetonový montovaný skelet tvořený sloupy, vazníky, vaznicemi a ztužidly. Jedná se o velkorozponový systém s osovými vzdálenostmi podpor (12,0 x 24,0) m. Minimální světlost haly pod vazníky je 10,0 m. Hala bude určena pro skladování.

V severovýchodní části budou situovány administrativní vestavby A1 a A2, které budou provedeny jako patrové do skladové haly a budou obsahovat administrativní a sociální zázemí. Vestavby A1 a A2 jsou dispozičně identické a jsou přibližně velikosti 36,9 x 12,6 m.

7.1 Aplikace v oblasti dešťových vod

Vzhledem k tomu, že objekt disponuje plochou střechou o ploše cca 30 400 m², bylo využití dešťové vody jasnou volbou. Jelikož se jedná o areál, ve kterém není řešena závlaha pozemku, bude dešťová voda využívána pouze na splachování WC a pisoárů.

Na severozápadní a jihovýchodní straně objektu budou osazeny akumulční nádrže každá o objemu 220 m³. Dešťová voda bude sváděna ze střech, podrobena filtraci a následně akumulována. Z nádrže bude užitková voda přiváděna do provozní a monitorovací jednotky a dále vedena do vestavby k jednotlivým zařizovacím předmětům (WC a pisoáry). V případě nedostatku dešťové vody jednotka doplní pitnou vodu přímo do výtlačného potrubí. Tím bude zajištěn přísun vody na splachování a zároveň bude ušetřena pitná voda, oproti systému s dopouštěním přímo do nádrže. Při doplňování pitné vody bude zabráněno zpětnému toku, aby nedošlo ke kontaminaci vody pitné.

7.2 Aplikace v oblasti šedých vod

V objektu se nachází velké množství umyvadel a sprch, ze kterých by bylo možné využívat šedou vodu, ale vzhledem k nutnosti realizace dvojí kanalizace bylo od této možnosti ustoupeno.

Bylo tedy přistoupeno alespoň k recyklaci odpadního tepla šedých vod. Vzhledem k tomu, že se nejedná o trvalý provoz a teplé odpadní vody nejsou stále k dispozici, bylo ustoupeno od návrhu centrálního získávání tepla.

Ve sprchách pro zaměstnance budou instalovány lokální výměníky AS – SPRCHA společnosti ASIO spol. s r. o., které budou rekuperovat teplo z odpadních vod. Pro úspory na množství rozvodů i s ohledem na tepelné ztráty bude předehřátá voda vedena rovnou do směšovací baterie a použita k okamžitému odběru.

8 Závěr

Tato bakalářská práce se zabývá novostavbou haly pro skladování v průmyslové zóně Jihovýchod v blízkosti obce Úherce. Práce obsahuje projekt vnitřní kanalizace a vodovodu, zpracovaný v úrovni rozšířené dokumentace pro vydání stavebního povolení. Součástí práce je studie hospodaření s vodou. Tato studie slouží jako doplňující dokument k samotné projektové dokumentaci a objasňuje teoretickou stránku této problematiky.

V dnešní době, kdy dochází ke globálnímu oteplování a zásobování pitnou vodou je v mnohých oblastech světa stále problémovější, je nutné přistupovat k využívání pitné vody zodpovědně. Hlavním krokem je nahrazení pitné vody, všude tam kde není potřebná, vodou užitkovou. To sice problém nedostatku vody na světě nevyřeší, ale může zamezit zhoršování situace.

V současných letech dochází v ČR k rozvoji již výše zmíněného dotačního programu „Dešťovka“ a také byla v nedávnu vydána norma ČSN EN 16941-1. Tato podpora by mohla v budoucnu zajistit rozvoj zpětného využívání odpadních vod, a tím částečné snížení závislosti na zdrojích kvalitní pitné vody.

Vzhledem k velké ploše střechy, je v projektu vhodný návrh akumulární nádrže na dešťovou vodu a její následné využití pro splachování WC a pisoárů. Dále se v objektu nachází větší množství sprch, pro které je vhodné využití lokálních tepelných výměníků.

9 Seznam použitých zdrojů

- [1] Hydratace a voda v lidském těle - InBody. *Tělesná diagnostika - InBody* [online]. Dostupné z: <https://www.inbody.cz/blog/844-hydratace-a-voda-v-lidskem-tele>
- [2] Voda na Zemi | Klimatologie a hydrogeografie pro učitele | Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity. *Informační systém* [online]. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/ps14/fyz_geogr/web/pages/07-voda.html
- [3] Světový den vody | AquaManie.cz. *AquaInfo.cz - nejlepší koupání v ČR | AquaManie.cz* [online]. Copyright © RAIN.cz [cit. 03.04.2019]. Dostupné z: <http://www.aquainfo.cz/aqua-united/svetovy-den-vody/>
- [4] VALÁŠEK, Jaroslav. *Zdravotnětechnická zařízení a instalace*. 2. dopl. vyd. Bratislava: Jaga, 2006. ISBN 80-8076-038-1.
- [5] BERÁNKOVÁ, Martina. *Odpadní voda – odpad nebo poklad?* TZB-info [online]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/16057-odpadni-voda-odpad-nebo-poklad>
- [6] PLOTNĚNÝ, Karel. *Decentrál, stále nechtěné dítě* TZB-info [online]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/16151-decentral-stale-nechtene-dite>
- [7] DVOŘÁKOVÁ, Denisa. *Využívání dešťové vody (I) - kvalita a čištění* TZB-info [online]. 2007 [cit. 25.04.2019] Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cisteni>
- [8] KABELE, Karel. *Energetické a ekologické systémy I: zdravotní technika, vytápění*. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03327-9.
- [9] Čistírny odpadních vod - Pražské vodovody a kanalizace, a.s.. *Pražské vodovody a kanalizace, a.s. - Pražské vodovody a kanalizace, a.s.* [online]. Copyright © 2019 [cit. 25.04.2019]. Dostupné z: <https://www.pvk.cz/o-spolecnosti/technicka-a-vyrobní-data/zakladni-informace/cistirny-odpadnich-vod/>
- [10] Čistírny odpadních vod AS VARIACOMP K | ASIO.cz. *Čistírny odpadních vod (ČOV), úprava vody a čištění vzduchu* | ASIO.cz [online]. Copyright © 2011 [cit. 25.04.2019]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/as-variocomp-k>

- [11] TOPOL, Jan. Volba likvidace odpadních vod. TZB-info [online]. 2005 [cit. 25.04.2019]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2469-volba-likvidace-odpadnich-vod>
- [12] Kořenové čističky odpadních vod. *Kořenové čističky odpadních vod* [online]. Dostupné z: <http://www.korenova-cisticka.cz/o-korenovkach/fungovani/Korenova-cisticka%E2%80%93korenova-cistirna%E2%80%93funkce.html>
- [13] i-staveniště - Kořenové čističky odpadních vod. *i-staveniště - úvodní stránka* [online]. Copyright © [cit. 25.04.2019]. Dostupné z: <https://i-staveniste.cz/index.php/clanky/stavime/54-korenove-cisticky-odpadnich-vod>
- [14] Zasakování dešťových vod moderními způsoby | VodavDomě.cz. *Úsporně s dešťovou a odpadní vodou | VodavDomě.cz* [online]. Dostupné z: <http://www.vodavdome.cz/zasakovani-destovych-vod-modernimi-zpusoby/>
- [15] vsakovací tunel - GUTTA. *GUTTA - Original Store* [online]. Copyright © 2015 Gutta ČR [cit. 26.04.2019]. Dostupné z: <https://www.guttashop.cz/vsakovaci-tunel-graf-7888/>
- [16] Spotřeba vody - Pražské vodovody a kanalizace, a.s. *Pražské vodovody a kanalizace, a.s. - Pražské vodovody a kanalizace, a.s.* [online]. Copyright © 2019 [cit. 07.05.2019]. Dostupné z: <https://www.pvk.cz/vse-o-vode/pitna-voda/spotreba-vody/>
- [17] Využití dešťové vody na zahradě a v domě | VodavDomě.cz. *Úsporně s dešťovou a odpadní vodou | VodavDomě.cz* [online]. Dostupné z: <https://www.vodavdome.cz/vyuziti-destove-vody-na-zahrade-a-v-dome/>
- [18] DVOŘÁKOVÁ, Denisa. *Využívání dešťové vody (II) - možnosti použití dešťové vody a části zařízení*. TZB-info [online]. 2007 [cit. 09.05.2019]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3962-vyuzivani-destove-vody-ii-moznosti-pouziti-destove-vody-a-casti-zarizeni>
- [19] Nádrže na dešťovou vodu AS-REWA | ASIO.cz. *Čistírny odpadních vod (ČOV), úprava vody a čištění vzduchu | ASIO.cz* [online]. Copyright © 2011 [cit. 09.05.2019]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/as-rewa>

- [20] Dotační program Dešťovka 2019 | Praha, Česko | Dešťovka.eu. *Dotační program Dešťovka 2019 | Praha, Česko | Dešťovka.eu* [online]. Copyright © 2019 [cit. 09.05.2019]. Dostupné z: https://www.destovka.eu/?gclid=Cj0KCQjwn8_mBRCLARIsAKxi0GK4UYokBG-YuGMJ-gvn_8Hj7mXVl5hhHRjOQQUNeuVF3AY2xXT2GyYaAtGzEALw_wcB
- [21] Recyklace šedé vody – nevyužitý zdroj uvnitř budovy | VodavDomě.cz. *Úsporně s dešťovou a odpadní vodou | VodavDomě.cz* [online]. Dostupné z: <https://www.vodavdome.cz/recyklace-sede-vody-nevyuzity-zdroj-uvnitř-budovy/>
- [22] Čistírna šedých vod pro domácnosti a bytové domy | ASIO.cz. *Čistírny odpadních vod (ČOV), úprava vody a čištění vzduchu | ASIO.cz* [online]. Copyright © 2011 [cit. 19.05.2019]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/as-gw-aqualoop>
- [23] Využití energie z odpadních vod - EnviWeb.cz. *EnviWeb.cz - zpravodajství o životním prostředí, profesní ekologie, odborné akce* [online]. Copyright © 1999 [cit. 20.05.2019]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/92148>
- [24] Využití tepla z šedých vod k ohřevu TUV: ASIO, spol. s r.o.. *Čistírny odpadních vod (ČOV), úprava vody a čištění vzduchu | ASIO.cz* [online]. Copyright © 2011 [cit. 20.05.2019]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/630.vyuziti-tepla-z-sedych-vod-k-ohrevu-tuv>
- [25] Výměník do koupelny AS-SPRCHA : ASIO, spol. s r.o.. *Čistírny odpadních vod (ČOV), úprava vody a čištění vzduchu | ASIO.cz* [online]. Copyright © 2011 [cit. 20.05.2019]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/vymenik-do-koupelny-as-sprcha>

10 Seznam použitých obrázků

Obr. 1. – Voda na zemi [2]

Obr. 2. – Dělení odpadních vod [6]

Obr. 3. – Ústřední čistírna odpadních vod v Praze [9]

Obr. 4. – Domovní čistírna odpadních vod [10]

Obr. 5. – Princip kořenové čistírny [13]

Obr. 6. – Vsakovací tunel [15]

Obr. 7. – Spotřeba vody [16]

Obr. 8. – Systém hospodaření s dešťovou vodou v rodinném domě [17]

Obr. 9. – Využití akumulární nádrže jako retence [19]

Obr. 10. – Čistírna AS-GW/AQUALOOP [22]

Obr. 11. – Místa s možností odběru tepelné energie z odpadních vod [23]

Obr. 12. – Schéma odběru tepla z odpadní vody pomocí výměníku [23]

Obr. 13. – AS-SPRCHA [25]