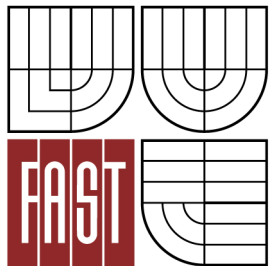


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

HOSPODAŘENÍ S VODOU NA PLAVECKÉM STADIONU LUŽÁNKY

WATER MANAGEMENT IN THE SWIMMING POOL „LUŽÁNKY“

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

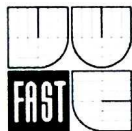
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. PETRA MAKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. RENATA BIELA, Ph.D.

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant Bc. Petra Maková

Název Hospodaření s vodou na plaveckém stadionu Lužánky

Vedoucí diplomové práce Ing. Renata Biela, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce 31. 3. 2012

Datum odevzdání diplomové práce 11. 1. 2013

V Brně dne 31. 3. 2012

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu



prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

- [1] KRIŠ, J. Bazény a kúpaliská. 1. vydání. Bratislava: Jaga group, 2000. 199 s. ISBN 80-88905-30-3.
- [2] BIELA, R.; BERÁNEK, J. Úprava vody a balneotechnika. 1. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. 164 s. ISBN 80-214-2563-6.
- [3] ŠŤASTNÝ, B. Stavba a provoz bazénů. 1. vydání. Praha: ABF, a.s. - Nakladatelství ARCH, 2003. 137 s. ISBN 80-86165-56-6.
- [4] RACLAVSKÝ, J.; HLUŠTÍK, P.; BIELA, R.; RAČEK, J.; BARTONÍK, A. Hospodaření s šedou a dešťovou vodou v budovách. In Vodní hospodářství, 2012, roč. 62, č. 2, s. 65 – 68. ISSN 1211 – 0760.
- [5] BIELA, Renata. Šedé vody, jejich kvalita a možnost využití. In SOVAK, 2012, roč. 21., č. 2, s. 11-13. ISSN 1210-3039.
- [6] DERRIEN, Francois. Zpětné využití šedé vody v budovách. In TZB-info [online]. 1. vydání. 2009 [cit. 2009-03-23]. Dostupné z WWW: voda.tzb-info.cz
- [7] Získávání odborných podkladů na plaveckém stadionu Lužánky

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Diplomantka v první části práce provede krátkou rešerši k problematice hospodaření s vodou plaveckých areálů se zaměřením na možnosti šetření, v druhé části práce provede bilanci potřeb vody plaveckého areálu Lužánky a navrhne úsporná opatření (např. využití šedých vod).

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



Ing. Renata Biela, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKTY A KLÍČOVÁ SLOVA

Abstrakt

Šedá voda je odpadní voda ze sprch, van, umyvadel, praček, kuchyňských dřezu a myček nádobí. Tato voda je čistitelná na tzv. vodu bílou, kterou je možné použít k závlaze, splachování záchodu, mytí aut a pro úklid.

Diplomová práce pojednává o možnostech hospodaření s vodou. V první části je vypracovaná rešerše zabývající se možnostmi šetření pitné vody, jako nejúčinnější úspora vody se jeví právě využití šedých vod. V další polovině je zpracován návrh technologické linky pro čištění šedých vod a spočítaná úspora vody a návratnost investic pro konkrétní objekt.

Klíčová slova

Šedá voda, bílá voda, čištění šedých vod, kanalizační potrubí, vodovodní potrubí.

Absract

Grey water is sewage water from bath, bathtub, sinks, washing machines and washers. This water can be cleaned to white water usefull for irrigation, flashing toilets, cleaning cars and for cleaning.

This master's thesis deals with management of water and their possibilities. First part contains description about possibilities of saving drinking water and their the most effective saving. Next part consists study of technological link for grey water cleaning and calculation of saving water with rate of return.

Keywords

Grey water, white water, grey water cleaning, sewage system, water system.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MAKOVÁ, Petra. *Hospodaření s vodou na plaveckém stadionu Lužánky*. Brno, 2013. 126 s., 7 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Renata Biela, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a, že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně 11. ledna 2013

.....

podpis autora

Petra Maková

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala za vedení a odborné rady Ing. Renatě Bielé, Ph.D. během mé práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Jakubu Vránovi, Ph.D. za rady při návrhu kanalizačního potrubí a vodovodního potrubí. Za pomoc při výpočtu návratnosti investic bych chtěla poděkovat doc. Ing. Vítu Hromádkovi, Ph.D. Děkuji firmě Asio s.r.o za spolupráci ohledně návrhu a rozpočtu technologické linky pro čištění šedých vod. Dále děkuji Ing. Richardu Ellederovi za poskytnutí informací a podkladů potřebných vypracování návrhu využití šedých vod pro plavecký areál za Lužánkami.

OBSAH

1	ÚVOD	4
2	VODY BAZÉNOVÝCH AREÁLŮ	5
2.1	Potřeba vody v bazénovém areálu	5
2.1.1	Potřeba bazénové vody	5
2.1.2	Potřeba pitné vody	5
2.1.3	Potřeba užitkové vody	5
2.1.4	Potřeba požární vody	6
2.2	Odpadní vody z bazénových areálů	7
2.2.1	Splaškové vody	7
2.2.2	Šedé vody	7
2.2.3	Ředící vody a vypouštěcí vody	8
2.3	Rozdělení odpadní vody dle jejího zbarvení	8
3	MOŽNOSTI ÚSPORY VODY	10
3.1	Nakládání s pitnou vodou	10
3.1.1	Úsporné sprchové hlavice	10
3.1.2	Baterie omezující dobu čerpání	11
3.1.3	Šetřící splachovací zařízení.....	11
3.1.4	Koncept W+W Roca záchodu.....	12
3.1.5	Záchody no-mix	13
3.1.6	Suchý pisoár.....	13
4	VYUŽITÍ ŠEDÝCH VOD	14
4.1	Šedé vody jako úspora energie	14
4.1.1	Lokální systémy rekuperace	14
4.1.2	Centrální systémy rekuperace	18
4.2	Šedé vody jako úspora pitné vody	20
4.2.1	Vlastností šedých vod	22
4.2.2	Účinky bílé vody na rostliny	26
5	ČIŠTĚNÍ ŠEDÝCH VOD	28
5.1	Druhy systémů pro čištění šedých vod	28
5.2	Kořenové čistírny odpadních vod	29
5.3	Technologie čištění šedých vod	30
5.3.1	Hrubá filtrace.....	30
5.3.2	Mechanicky jemná filtrace.....	30
5.3.3	Desinfekce	33
5.3.4	Akumulace, vyrovnávací nádrž	33
5.4	Technologie čištění šedých vod na trhu	34
5.4.1	Čištění šedých vod systémem AS-GW/AQUALOOP	34
5.4.2	Čištění šedých vod v zahraničí	35

5.5	Kvalita vody, odběr vzorků.....	37
5.6	Údržba	37
5.7	Uvedení do provozu	39
6	REALIZOVANÉ PROJEKTY TECHNOLOGIÍ NA ČISTĚNÍ ŠEDÝCH VOD....	40
6.1	Rodinný dům ve Francii.....	40
6.1.1	Technologie čištění šedé vody a instalace	40
6.1.2	Výsledky experimentu	42
6.2	Hotel Am Kurpark.....	43
6.2.1	Příprava projektu	44
6.2.2	Realizace projektu.....	45
6.3	Hotel Mosaic house	46
6.3.1	Technologie čištění odpadní šedé vody	47
7	PLAVECKÝ BAZÉN ZA LUŽÁNKAMI	50
7.1	Popis areálu plaveckého bazénu za Lužánkami	51
7.1.1	První podzemní patro.....	52
7.1.2	První nadzemní patro	54
7.1.3	Druhé nadzemní patro.....	58
7.1.4	Třetí nadzemní patro.....	58
8	NÁVRH NA ŘEŠENÍ SOUČASNÉHO STAVU	59
8.1	Stanovení spotřeby vody pro areál.....	59
8.2	Stanovení produkce šedé vody	61
8.3	Stanovení potřeby provozní vody	62
8.3.1	Výpočet potřeby provozní vody.....	62
8.4	Posouzení využití šedé vody	65
8.5	Návrh svodného potrubí.....	66
8.6	Návrh vodovodního potrubí.....	68
8.7	Rozbor šedé vody	69
8.7.1	Chemický rozbor šedé vody.....	70
8.7.2	Mikrobiologický rozbor šedé vody.....	70
8.7.3	Posouzení kvality šedé vody	71
8.8	Návrh technologické linky.....	72
8.8.1	Filtr k zachycení mechanických nečistot	72
8.8.2	Ponorné čerpadlo z vyrovnávací nádrže	73
8.8.3	Vyrovnávací a akumuláční nádrž.....	74
8.8.4	Reakční nádrž	75
8.8.5	Membránový modul.....	77
8.8.6	Dmychadlo.....	78
8.8.7	Čerpadlo permeátu	80
8.8.8	Ponorné čerpadlo	80
8.8.9	Membránová tlaková nádoba.....	81

8.8.10	Tlakový spínač.....	82
8.8.11	UV lampa.....	82
8.8.12	Zařízení sloužící k hlídání hladiny.....	83
8.8.13	Průtokoměr	84
8.8.14	Solenoidový ventil	84
8.9	Specifikace použitého materiálu	86
8.9.1	Vodovodní potrubí.....	86
8.9.2	Kanalizační potrubí.....	89
8.9.3	Odvětrávání místnosti	92
8.9.4	Technologická linka.....	93
8.9.5	Souhrn investic	94
8.10	Provozní náklady	95
8.10.1	Vývoj ceny vody v městě Brně.....	95
8.10.2	Vývoj ceny elektřiny.....	97
8.10.3	Další provozní náklady	98
8.10.4	Srovnání cen za pitnou vodu s využitím a bez využití úpravy šedých vod.....	100
8.11	Výpočet návratnosti investic.....	102
8.12	Kritické hodnocení dané problematiky	103
9	ZÁVĚR.....	104
10	POUŽITÁ LITERATURA.....	105

1 ÚVOD

Vzhledem ke snížené kvalitě a celkového množství povrchových a podzemních vod, se stále více začíná projevovat nedostatek pitné vody. Proto má otázka hospodaření s vodou stále větší význam. Vydátost zdrojů České republiky v uplynulých letech postačuje na rozdíl od jiných zemí, kde poptávka převyšuje nabídku. Jedná se o země jako například Japonsko, Austrálie a jiné. Přes skutečnost, že se Země skládá z 70% vody, a pouze 2,5% z ní je voda sladkovodní a pouze 0,3% z této vody jsou snadno dostupná. Předpokládá se, že do roku 2050, každý čtvrtý obyvatel naší planety bude žít v zemi, kde bude nedostatek sladké vody. Tento nedostatek bude spojený s navyšováním cen vodného a stočného. [35]

Komerční objekty vypouští velké množství odpadních vod z umyvadel, van, sprch, praček a myček do kanalizace. Tyto vody se nazývají vody šedé, jsou jen mírně znečištěné a lze je vyčistit na vodu užitkovou, použitelnou k závlaze zeleně, splachování záchodů a pro úklid. Užívání pitné vody k jejím primárním účelům vede k úspoře jak po stránce ekologické tak i ekonomické. Využití vyčištěných vod se stává stále častější alternativou šetření pitné vody.

Cílem práce bylo poukázat na možnosti šetření pitné vody a to buď úspornými sprchovými hlavicemi, bateriemi omezující dobu čerpání, šetřícími splachovací zařízení a kohouty s možností regulace splachovací vody nebo možnosti využitelnosti šedých vod. Jako nejúspornější alternativa šetření pitné vody se jeví právě recyklace šedých vod a její opětovné využití.

Pro studii znovuvyužitelnosti šedých vod byl zadán objekt plaveckého bazénu za Lužánkami. Bazénové provozovny, mají vysokou spotřebu pitné vody a produkují velké množství odpadní vody, v těchto odpadních vodách je vypouštěno do kanalizace i velké množství šedých vod. Šedé vody lze snadno vyčistit, a po úpravě je použít jako vody provozní. Pro plavecký areál bude navržena technologická linka pro čištění šedých, navrženy rozvody vyčištění vody a přírodní potrubí šedých vod do technologické linky. Budou vypočítány potřebné investice na konstrukci technologické linky a rozvody a svody vody, v poslední části bude spočtena návratnost těchto investic.

V České republice jsou z hlediska hospodaření s vodou nejvíce používané zejména úsporné sprchové hlavice, baterie omezující dobu čerpání, šetřící splachovací zařízení a kohouty s možností regulace splachovací vody. Koncepce znovu využití šedých vod v budovách je teprve v počátcích, i když první realizace již byla provedena v jednom hotelu v Praze.

2 VODY BAZÉNOVÝCH AREÁLŮ

2.1 POTŘEBA VODY V BAZÉNOVÉM AREÁLU

Pro objasnění pojmů, potřeby vody pro bazénové zařízení lze rozdělit dle jejich využití na vody bazénové, pitné, užitkové a požární. [1]

2.1.1 Potřeba bazénové vody

Průměrná potřeba bazénové vody odpovídá vodě ředicí, která je v relaci k návštěvnosti průměrná, v porovnání s vodou potřebnou pro praní.

Denní maximum lze vyčíslit z požadované doby napouštění na začátku sezóny. Tuto hodnotu je třeba porovnat s vodou ředicí, vyčíslenou pro maximální návštěvnost.

Hodinové maximum lze vyčíslit z požadavku nárazového dopouštění ředicí vody pro max. návštěvnost - např. po dobu 4 hodin v noci. [1]

2.1.2 Potřeba pitné vody

Slouží pro potřeby pohostinství v areálu bazénů, popřípadě k doplnění píték. Pitná voda musí mít takové fyzikálně-chemické vlastnosti, které nepředstavují ohrožení veřejného zdraví. Pitná nesmí obsahovat mikroorganismy, parazity a látky jakéhokoliv druhu v počtu nebo koncentraci, které by mohly ohrozit veřejné zdraví. Ukazatele jakosti pitné vody a jejich hygienické limity jsou uvedeny v příloze č. 1, 2, 3. MZ č.252/04 Sbírky. [16]

2.1.3 Potřeba užitkové vody

Podle uvedených účelů je možno klást na užitkovou vodu odlišné kvalitativní požadavky, od nejvyšších, při očištění sprchování, až po splachování záchodů a zálivce venkovních ploch. K tomu je možno přihlídnout při vyhledávání zdrojů. Pouze teplá voda, je po stránce jakosti, blíže specifikována dle Českých standardů pro užitkovou vodu - ve vyhlášce MZ č.252/04 Sb., ve znění 178/05Sb. V příloze 2 je uvedena tabulka s limity jako mezními hodnotami, platící pro zdravotnická a ubytovací zařízení, sprchy u veřejných bazénů a koupališť.[1] [16]

V případě, že je použita technologie na čištění šedých vod a výstup z této technologie nespĺňuje kvalitu pitné vody, ale vody užitkové (nepitné), je možno tuto vodu použít pro:

- potřebu vody pro WC, tradiční záchody mají spotřebu 6-12 l / 1 spláchnutí, předpokládá se tedy, že spotřeba vody je 6-12 l na jednoho návštěvníka na 1 WC, u pisoáru je spotřeba vody uvažována 3 l / 1 spláchnutí na jednoho muže.
- dopouštění brodítek. Často se používá kombinace s "nuceným" sprchováním. Sprchy nad brodítky u otevřených bazénů slouží k tzv. nucenému sprchování před vstupem do bazénů. Zatímco u sprch, sloužících k očištění po koupání, je jedním z požadavků snížit koncentraci produktů chloru na povrchu těla, u nuceného sprchování tomu tak není. Vyhláška č.238/2011 sb. říká, že lze použít upravenou bazénovou vodu po

nadávkování dezinfekčního prostředku. Tato voda by se měla vyměňovat nejméně jednou za hodinu, [1]

- úklid šaten, sprch, a jiných. Šatny i sprchy musí být z hladkého a dobře čistitelného materiálu, v koupelnách navíc z protiskluzového materiálu. V době koupací sezony se musí alespoň jednou denně omýt podlahy šaten, umýváren a záchodů včetně sedátka. Na úklid 1m² se počítá s 0,3 l vody,
- zalévání zeleně. Doporučené množství je 1 l na metr čtverečný. Vhodné je k odběrnému místu, určenému pouze k zálivce zeleně (hlavně v případě pitné vody) umístit vodoměr. V tomto případě je možné ušetřit za stočné.
- očistné sprchy. Předpokládá se z hlediska spotřeby vody 40-150 l x počet sprch. Množství se odvíjí od doby strávené ve sprše. Vydatnost tradiční sprchy je 0,18l/s, počet odpovídá:

u krytých bazénů připadá na 15 návštěvníků 1 sprcha,

u otevřených bazénů připadá na 100 návštěvníků 1 sprcha. [1] [8] [15]



Obr.1.1 Označení užitkové vody [4]

Při přípravě užitkové vody z šedých vod je nezbytné, aby čistící procesy byly natolik účinné, aby voda nepředstavovala žádné riziko pro zdraví. Je nutné definovat, k jakému účelu bude voda použita a podle toho posoudit možná rizika, jak zdravotní tak i hygienické, která definují požadavky na kvalitu a účinnost čistírny. V současnosti u nás neexistují žádné požadavky na kvalitu vody bílé jako vody užitkové. Norma British standart tyto požadavky určila.

Mělo by se dbát na hygienické požadavky v každém případě. Nesmí docházet k ohrožení zdraví jakýmikoliv způsobem. V roce 2007 ve státě Victoria v Austrálii došlo k menší epidemii vdechnutím aerosolu, který se vytvořil při mytí aut. Lidé, kteří vdechli aerosol z recyklované vody, měli těžký zápal plic. Bakterie způsobující tyto problémy jsou nazývány Legionella pneumophila a v české vyhlášce Ministerstva zdravotnictví č.252/04 Sb. jsou limitovány. [3] [16] [17]

2.1.4 Potřeba požární vody

Tuto potřebu vyčísluje požární technik. Je nutno zvážit, zda bazény lze považovat za stálou zásobu požární vody a jaký stav požárního ohrožení by mohl nastat při jejich vypuštění. Je nutno dále prokázat, jakým způsobem se požární jednotka při zásahu může k vodě dostat. Místo odběru vody nesmí být v zóně požárního ohrožení objektů. [1] Použití bílé vody není

vhodné, kvůli možnému nedostatku zásoby a dodržení potřebného tlaku na hydrantu. Pro navrhování hydrantu slouží norma ČSN 73 0873.

2.2 ODPADNÍ VODY Z BAZÉNOVÝCH AREÁLŮ

Odpadní vody z plaveckých areálů jsou:

- splaškové,
- šedé,
- ředící a vypouštěcí vody. [1]

2.2.1 Splaškové vody

Jedná se o vody odpadní (WC, sprchy, umyvadla atd.), které jsou biologicky čistitelné např. čistírnou odpadních vod. Kanalizační potrubí pro šedé vody je konstruuje stejně jako potrubí pro splaškové vody. Normy pro návrh odpadního potrubí:

- Základní evropská norma, která platí pro gravitační systémy kanalizace uvnitř budov včetně potrubí vedených po fasádě, je ČSN EN 12056-1 až 5 (75 6760): 2001 Vnitřní kanalizace - Gravitační systémy.
- Základní zbytková norma pro vnitřní kanalizaci, která platí pro navrhování, provádění, zkoušení a provoz gravitačních systémů vnitřní kanalizace, je v souladu s ČSN EN 12056 a ČSN 75 6760: 2003 Vnitřní kanalizace atd. [18]

2.2.2 Šedé vody

Jde o vody s nižším organickým znečištěním, např. vody ze sprch, umyvadel a z praní filtrů.

Tyto splašky je možno ekonomicky využít a jednodušeji čistit technologií šedých vod. Odvod šedých vod za účelem čištění by měl být oddělen a odtékat nejlépe gravitačně. Pokud to není možné, např. v jednopodlažním domě nebo v jakémkoliv jiném případě, kdy je odpadní potrubí položeno níže, je třeba vzít v úvahu přečerpávání. Provádí se nejčastěji dvěma způsoby. Zaústěním do svodné jímky, ze které je přečerpáno čerpadlem. Dalším způsobem je přímé napojení od zařizovacích předmětů ke kompaktnímu přečerpávacímu zařízení např. Sigmabox. Pokud je v bazénovém areálu restaurace, či jiné pohostinství, je třeba k umyvadlům v kuchyni umístit lapač tuku, popřípadě tuto vodu neuvažovat jako vodu šedou. Je-li to možné, je vhodné použití lapáku vlasů a filtrů k minimalizaci znečišťujících látek vstupujících do systému šedých vod. Technologická linka musí mít odtok, který by umožnil bezpečné odvedení splaškové vody do kanalizace, pro případ údržby, zablokování, nebo odstavení systému. [17] [19]

2.2.3 Ředící vody a vypouštěcí vody

Vody vypouštěcí jsou vody, které vznikají při vypuštění bazénu.

Ředící voda se používá k obměně a doplňování vody v bazénu, nebo systému bazénů. Bývá často měřena vodoměrem. Po skončení bazénového provozu, je možno vybilancovat z denní návštěvy potřebný objem ředící vody po vyprání filtrů. Další objem se případně vypustí a poté přes noc ředící vodu dopustíme. Protože veškerá napouštěná a připouštěná voda musí jít přes úpravnu, bývá obvykle vyrovnávací nádrž místem, kam se připouští ředící voda. Při průběžném dopouštění ředící vody je třeba dbát na to, aby se nevytvořilo zkratové proudění mezi přítokem ředící vody a bezpečnostním přepadem, kterým nádrž musí být vybavena (např. je možno chladnější vodu zdroje svádět nornou přepážkou ke dnu vyrovnávací nádrže). Výškové řešení vyrovnávací nádrže ovlivňuje energetickou náročnost provozu – geodetická dopravní výška čerpadel je tvořena rozdílem hladin v bazénu a ve vyrovnávací nádrži. Z tohoto hlediska jsou mělké nádrže vhodnější, zabírají však větší půdorysnou plochu. [8] [1]

2.3 ROZDĚLENÍ ODPADNÍ VODY DLE JEJÍHO ZBARVENÍ

Odpadní vody je nožné rozdělit podle jejich zbarvení, některé jsou rozlišitelné na první pohled a jiné barvu jen připomínají. Jedná se o vody:

- šedé vody – vody z praní, koupání, mytí nádobí,
- bílé vody – vyčištěné šedé vody,
- žluté vody – je moč sbíraná odděleně,
- hnědé vody – jedná se pouze o fekálie,
- černé vody – vody z WC, pisoárů. [6]

Šedé vody jsou tvořeny odpadními vodami z koupelen, sprch, umyvadel, praček, myček, prádelen a kuchyňských umyvadel (vyjímaje vody z toalet). Nejvýznamnější znečištění šedých vod je zabezpečeno díky detergentům z pracích prášků, které obsahují vysoké koncentrace solí a v mnohých případech obsahují fosfor a jsou alkalické.

Bílé vody jsou vody vyčištěné chemicky, biomechanicky, biologicky, fyzikálně-chemicky atd., a dále používané jako vody užitkové.

Žluté vody jsou tvořeny odpadními vodami z toalet (moč). Člověk vylučuje denně 0,6 až 2,0 litru moči, průměrně asi 1,5 litru o sušině 60g, což je o něco menší množství než každý jedinec vypije.

Tab.2.1 Složení žluté odpadní vody [7]

Složka	Produkce (g/d)
Na	5,00
K	2,20
Ca	0,20
P	1,20
N(NH ₃ +NH ₄ ⁺)	0,58

Hnědé vody jsou tvořeny odpadními vodami z toalet (fekálie). Procentuelní zastoupení nutrientů v hnědé vodě je přibližně 16% dusíku, 36% fosforu a 17% draslíku.

Černé vody vznikají oddělováním hnědých a žlutých vod. Pokud dokážeme černé vody zadržovat oddělené od ostatních (budou tedy velice málo zředěné), můžeme je přeměnit na přírodní hnojivo, kterým nahradíme syntetické produkty. [7]

3 MOŽNOSTI ÚSPORY VODY

Nejefektivnější způsob úspory vody je omezení vypouštění splaškových vod do kanalizace a její opětovné využití (tato problematika bude probrána níže).

Využitím úsporných splachovadel, časových spínačů sprch apod., je sice úspora vody méně efektivní než použití technologie šedých vod, ale přesto ekonomicky zajímavá.

3.1 NAKLÁDÁNÍ S PITNOU VODOU

Nakládání s vodou se zakládá na třech principech užívání.

Používáním pitné vody jen k účelům nezbytným. Hospodaření závisí na chování a přístupu každého z nás. Plýtvání s pitnou vodou se odráží nejen v peněžence každého provozovatele komerčních objektu, ale i ekonomice státu. Plýtvání s vodou přispívá ke stále zvyšující se ceně vodného a stočného.

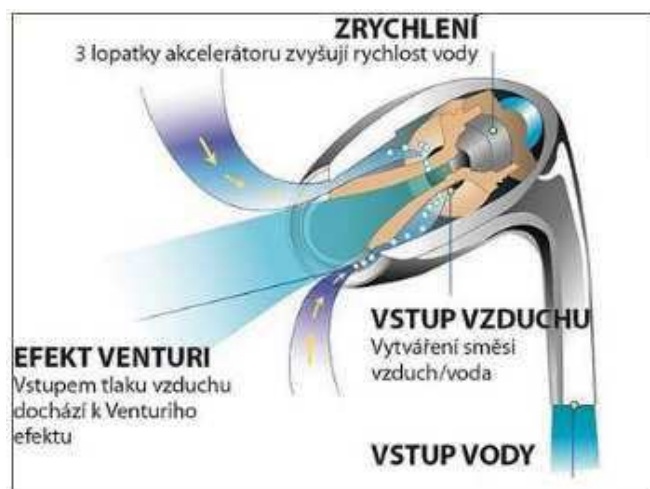
Používáním vody nepitné (provozní), v případech kdy není třeba užívat vodu pitnou.

Použití kvalitnějších a úspornějších baterií a ventilů bránícím únikům vody a vylučujícím plýtvání vodou. Používají se:

- šetřiče vody pro snížení množství vody (sprchové hlavice),
- baterie omezující dobu čerpání (samovypínací kohoutky, bezdotykové baterie),
- šetřící splachovací zařízení nebo kohouty s možností regulace splachovací vody. [9]

3.1.1 Úsporné sprchové hlavice

Jedná se o hlavice, které jsou běžné měnitelné a výrobci udávají úsporu až 75% oproti běžným sprchovým hlavícím. Průtok vody je možno regulovat od 14 l/min až po neúspornější průtok 6,5-6 l/min podle zvoleného výrobce.



Obr.3.1 Sprchová hlavice EcoXygen [10]

Například sprchové hlavice EcoXygen pracují dle Venturiho principu pomocí 16 otvorů, které hlavici dovolují nasávat okolní vzduch. Tento vzduch se následně mísí s vodou a vzniká tak osvěžující sprcha, která spotřebuje daleko méně vody. Úsporný průtok uvádí 6,5 l/min. [10]

Firma Dezinfex s.r.o. předvádí patentované německé sprchové hlavice BUBBLE-RAIN, kdy vestavěná technologie víru aktivuje vodu nasáváním vzduchu, tím sníží spotřebu vody a usazování vodního kamene. Tato hlavice má úsporný průtok uvádí 6 l/min. Sortiment společnosti nabízí sprchové hlavice ruční a hlavice v provedení na zeď, které se často využívá ve společných sprchách např. u bazénů. [11]



Obr.3.2 Srovnání běžné sprchové hlavice a BUBBLE-RAIN při průtoku 6 l/min [11]

3.1.2 Baterie omezující dobu čerpání

Baterie omezující dobu čerpání jsou šetrné a úsporné:

- bezdotykové baterie, které s časovým zpožděním vypnou přívod vody, jakmile dojde k vyndání rukou z proudu vody například při mytí rukou mýdlem,
- samovypínací kohouty využívaných u dámských a pánských sprch ve fitness centrech, bazénech a dalších.

Dalším způsobem úspory jsou tzv. perlátory, které lze namontovat i na stávající vodovodní baterie. Perlátory jsou instalovány na konec výtokové baterie, která směšuje proud vody se vzduchem, a tím mu dodává na objemu. Díky menším otvorům pro průtok kapaliny se zvyšuje rychlost vody – dodává jí na síle. Klasické perlátory lze za nízkou cenu našroubovat na takřka jakoukoliv baterii. [31]

Úspora vody u jednotlivých výrobců se pohybuje v rozmezí 20% - 50%, průtok je nastavitelný od 4 l/min do 14 l/min.

3.1.3 Šetřící splachovací zařízení

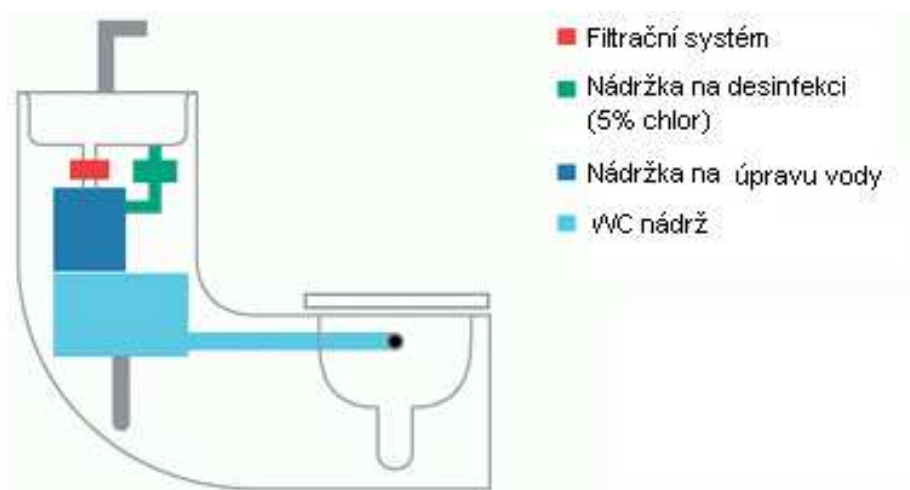
Ke splachování se často používá pitná voda, což je neekologické a neekonomické. Je rozumné tuto potřebu snížit nebo úplně eliminovat. Zvolením úsporného splachovače je možné ušetřit až 50% nákladů na pitnou vodu. Tradiční záchody spotřebují 6-12 l vody na jedno spláchnutí. Úsporné splachovače uvádí spotřebu 3-4,5 l a 6-9 l dle zvoleného spláchnutí malé/velké potřeby.

System Hi-tech používaný pro veřejné budovy pracuje s takzvaným UPpowerflush systémem, který využívá při splachování stlačený vzduch. Při napouštění vody do splachovací nádržky dochází v její horní části ke kompresi vzduchu. Voda se přestane napouštět ve chvíli, když tlak vzduchu dosáhne určité nastavené hodnoty. Při splachování je pak voda vystříknuta do mísy pod velkým tlakem. Splachování i menším množstvím vody je tedy velmi účinné. [14]

3.1.4 Koncept W+W Roca záchodu

System vyvinutý InnovationLab, ve spolupráci s designéry Gabrielem & Oscarem Buratti, je nejen spojením ekologie a designu, ale jde i o úsporu vody a místa.

Jde o spojení záchodové mísy a umyvadla. Koncept W+W filtruje vodu z umyvadla do splachovací nádržky toalety a opět k novému použití splachování přímo v místě spotřeby. Opakované použití vody z umyvadla pro splachování vede k úspoře 25% vody. Uživatel se může rozhodnout, zda odpadní vodu pustí do kanalizace nebo do nádrže pro splachování přes recyklaci. Jestliže je zvolena možnost recyklace vody, odtok šedé vody je akumulován v nádrži, přičemž je využito automatického systému dvojitého filtru pro odstranění bakterií a zápachu. Tento systém filtrace odstraní nečistoty a odpadní vodu před akumulací v nádrže splachovače chemicky ošetří. Přefiltrovaná a desinfikovaná voda je shromažďována v nádrže na splachování s objemem 4 l a s přepadem do kanalizace. Pokud není nádrž na splachování naplněna vodou z umyvadla, je doplněna vodou z vodovodu.



Obr.3.3 Schéma Roca záchodu [32]

Zařizovací předmět je poněkud dražší řešení úspory vody. Ovšem ve srovnání investic na nové rozvody a technologii při využití šedé či dešťové vody je cena adekvátní v případech osazení zařizovacího předmětu v malých městských domech. [32]

3.1.5 Záchody no-mix

Je založený na dvou dobře oddělených komorách, jeden na zadní straně pro stolici a přední pohárek pro moč. Obě komory mají vlastní nezávislý splachovač, který umožňuje využít minimální množství k spláchnutí přední komory.

Na trhu je k dispozici WC-dubletten, jde o švédský vynález s technologií low-flush, kdy je moč přesměrována k ekologické recyklaci. Uvádí se úspora vody 80-90% oproti běžným WC.

Nádrž s močí vyprázdí 0,2- 0,5 l vody, a nádrž se stolicí asi 4 l vody. Závisí na použitém druhu toalety. Nádrž může být napojena na stávající kanalizaci, díky oddělení a skladování moči a tím bude mít splašková voda nižší obsah dusíku.

Žluté vody separované po 14 dnech můžeme využít jako organické hnojivo. Nejvýhodnější použití je u administrativních budov. [12] [13]



Obr.3.4 No-mix toalety a) Roediger, b) Swiss toilet, c) Roevac vacuum toilet [7]

3.1.6 Suchý pisoár

Použitím suchých pisoárů jsou náklady na vodu nulové, jelikož pracuje bez použití vody na splachování.



Obr.3.5 Suchý pisoár a) Flickr, b) Kohler Steward c) princip (EcoTrap) [7]

4 VYUŽITÍ ŠEDÝCH VOD

Alternativ pro využití odpadních vod je celá škála. Odpadní vody je možné upravovat jednoduchými, rozměrově přijatelnými, domovními zařízeními, jako jsou domovní čistírny odpadních vod, septiky, přírodní čistírny odpadních vod, využití odpadních vod jako vod šedých atd. Všechny tyto způsoby přispívají k zlepšování ekologických podmínek země. Odpadní vody lze využít jako zdroj energie nebo jako úsporu pitné vody, je to další způsob úspor financí.

4.1 ŠEDÉ VODY JAKO ÚSPORA ENERGIE

Další zajímavý způsob využití odpadních vod, šedých vod, je jako zdroj tepelné energie. Tento způsob popisuje směrnice DWA-M 114 Energie z odpadních vod – teplo a potenční energie, vydána v červnu 2009.

Směrnice obsahuje v první části možnosti získávání energie z odpadní vody pomocí výměníků. Výměníky ve spojení s tepelnými čerpadly nabízí možnosti využití vyrobené energie v oblasti vytápění budov či ohřevu teplé vody. Tyto kroky mohou být jednou z částí energetické optimalizace systémů odkanalizování ve smyslu DIN EN 752: „Pomocí projektování a provozu odvodňovacích zařízení musí být celý systém po celou dobu užívání energeticky optimalizován, pokud je to prakticky možné.“ Energii je možné získat z odtoku z budovy, výměníkem v kanalizační stoce a odtoku z ČOV. Každé místo má své specifické omezení a podmínky.

Šedé vody tvoří více jak 50% vody z celkové spotřeby, spotřeba tepla na ohřev teplé vody je u většiny případů asi 25%. Jelikož se jedná o vody ze sprch, umyvadel a praček, jsou tyto vody teplé a jejich využití jako zdroje tepla je adekvátní. Teplota splaškových přehřátých vod se pohybuje 18-25°C. [6]

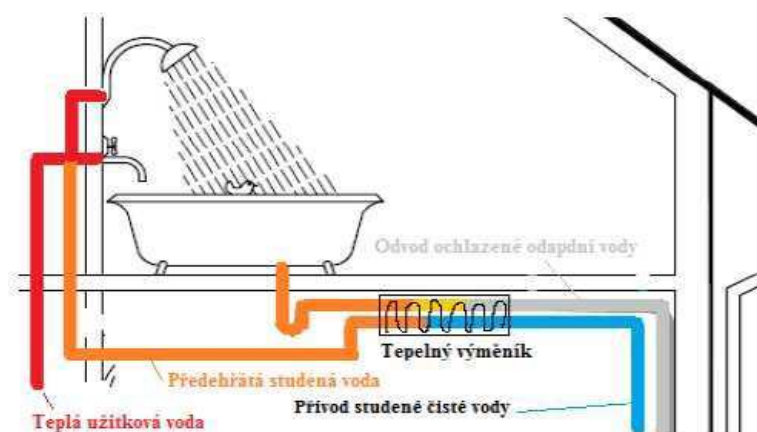
Koncepce využití tepla z šedých vod lze rozdělit do dvou systémů na lokální a centrální.

4.1.1 Lokální systémy rekuperace

Lokální systémy rekuperace tepla, kdy teplo je odebírané přímo u jednotlivých spotřebičů nebo na svodném potrubí. Lokální systémy se používají pro menší průtoky. Výhodami je jednoduchá instalace, návratnost v řádech roků a malé ztráty tepla v samotném systému.

Lokální systémy rekuperace tepla u jednotlivých spotřebičů

Pro lokální systémy rekuperace tepla u jednotlivých spotřebičů se počítá s malou časovou prodlevou. Výhody rekuperace tepla u jednotlivých spotřebičů spočívají v nižších pořizovacích nákladech a vyšší účinnosti než v případech centrálních systémů. [6]



Obr.4.1 Schéma lokálního systému rekuperace tepla u spotřebičů [6]

Výměník je umístěn na potrubí pod každou sprchou či vanou. Princip je založen na průtoku odpadní vody ze sprchy a teplo je předáváno ve výměníku studené vody, která nejdříve prochází tímto výměníkem a až poté do samotné směšovací sprchové baterie. Systém se stává aktivní již po 10s sprchování a garantovaný předehřev je z 10°C na 20°C. Speciální výměník tepla v odpadním systému dokáže tyto značné ztráty energie zpětně využít a ušetřit tak kolem 40% nákladů na ohřev vody pro sprchování. [20] [21]



Obr.4.2 Koupelnový výměník Sakal [21]

Koupelnový výměník firmy Sakal tvoří ploché měděné profily, po jejichž povrchu volně stéká teplá odpadová voda. Uvnitř pak proudí čistá studená voda z vodovodního řadu, která odebírá teplo odpadní vodě a ohřeje se na asi 22-25°C. Takto vložná se přivede do směšovací baterie na její studenou stranu. Z odpadní vody jsme tak zpětně získali 12-15°C. Ve směšovací baterii se pak pro sprchování směšuje teplá voda (ohřátá klasicky) s vložnou, předehřátou ve

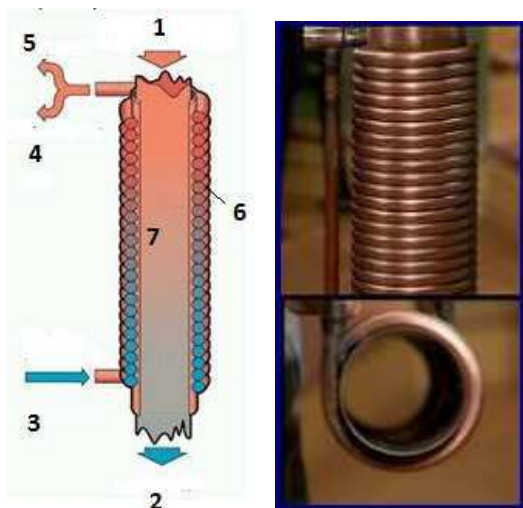
výměníku. Množství klasicky ohřáté vody klesá. Optimální míchání pro stále stejnou teplotu pak ideálně zajistí termostatická směšovací baterie. Instalace by se měla řešit v případě rekonstrukce koupelen, protože je třeba přístup k odpadům. Výměník v provozu není potřeba nijak zvláště čistit a udržovat. Běžných povlaků, které se tvoří v odpadovém potrubí a tedy i ve výměníku se zbavíme při průběžném čištění sifonu sprchové vaničky. [21]

Lokální systémy rekuperace tepla na svodném potrubí

Principem je získání tepla ze svodného potrubí odpadní šedé vody. Na společné odpadní potrubí ze sprch, umyvadel, dřezů, myček a praček se umístí výměník tepla, do kterého vstupuje studená voda z řádu o teplotě cca 10°C. Šedá voda, která má teplotu cca 30°C předá své teplo na vnitřním povrchu této vodě.

Systémy zapojení jsou různé. V některých případech je tato přehřátá voda propojena s okruhem studené vody do sprch a umyvadel přes trojcestné ventily – ve směšovací baterii tak smícháváme menší poměr teplé vody ku studené. Druhá varianta je založena na principu přehřátí studené vody před samotným zásobníkem teplé vody. Tato varianta je však pravděpodobně méně účinná, protože nedochází k předání tepla z šedé vody do studené. [20]

Rekuperací výměník tepla „DFX pipe“ lze umístit na každou ze svislých stoupaček šedé vody nebo v přízemí objektu svést všechny svody do jednoho a umístit DFX na stoupací či ležaté potrubí. Výměník pro rekuperaci tepla se skládá z měděného plátu kolem odpadního potrubí s vysokým přenosem tepla. Část odpadní trubky je nahrazena za měděnou a díky kontaktu mědi na měď je docíleno vysokého přenosu tepla, kdy se opět ohřívá studená voda o teplo z odpadního potrubí šedé vody. Výhodou je dlouhá životnost a návratnost do pěti let. [22]



Obr.4.3 Lokální systémy rekuperace tepla na svodném potrubí firmy Path [22]

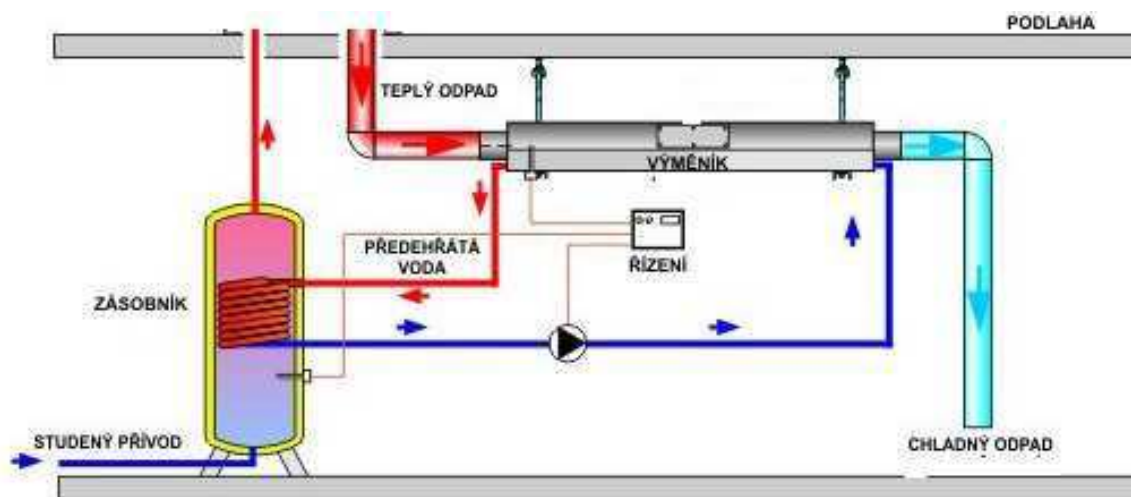
Šedá odpadní voda o teplotě cca 30°C je svedena společným odpadním potrubím -1 do měděného výměníku tepla DFX -7, studená pitná -3 voda je ohřívána přes měděné spirálové potrubí -6 dále je vedena k spotřební armatuře -5 nebo do akumulace tepla potrubím -4.



- 1- teplá voda určená k použití v objektu, 2- vstupní studená pitná voda, 3- těsnící komponenty mezi vstupem a výstupem z výměníku, 4- připojení studené vody od výměníku, 5- výstup odpadního potrubí

Obr.4.4 Umístění lokálního systému rekuperace tepla na svodném potrubí [20]

Výměníky firmy Sakal jsou konstruovány tak, aby je bylo možno bezproblémově vsadit i do již existujícího odpadního potrubí.



Obr.4.5 Lokální systémy rekuperace tepla na svodném potrubí firmy Sakal [21]

Teplá odpadní voda proudí přes plochou absorbční desku výměníku. Protiproudý princip je založen na plochých trubkách, které jsou pevně spojeny s absorpční deskou a voda je

ohřívána cirkulací mezi nimi. Takto získaná energie je cirkulačním okruhem předána do zásobníku přehřáté vody. [21]

Závěr

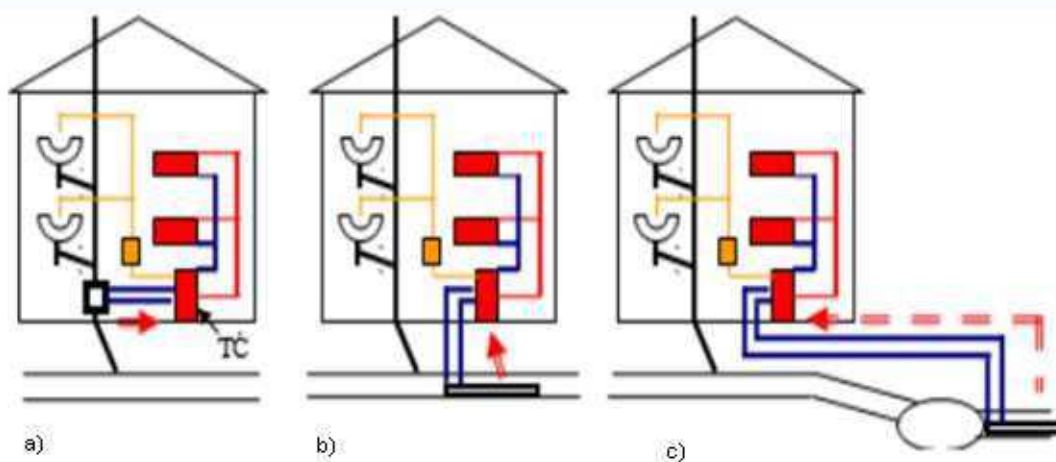
Lokální systémy rekuperace tepla z šedé odpadní vody jsou vhodnější pro rodinné domy. Jsou zde menší průtoky a také menší investiční náklady než u centralizované rekuperace tepla. Nejvhodnější úvaha použití tohoto systému je pro novostavbu nebo rekonstrukci.

4.1.2 Centrální systémy rekuperace

Centrální systémy rekuperace tepla se používají pro větší budovy, které produkují větší množství šedých vod, jako jsou hotely, prádelny, wellness centra, bazény, nemocnice a podobně. Výhodou toho systému je jednoduchá údržba, malé provozní náklady a návratnost v řádech roků. Nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady. [6]

Lokalizace míst pro centrální odběr tepla z šedých vod je znázorněna na obrázku, kde možný způsob využití je tepelným čerpadlem. Jedná se odběr tepla z:

- odtoku z budovy, kdy je výměník umístěn ve vyrovnávací nádrži -a,
- kanalizační stoky, kdy je výměník osazen přímo ve stoce -b,
- odtoku z čistírny odpadních vod -c.



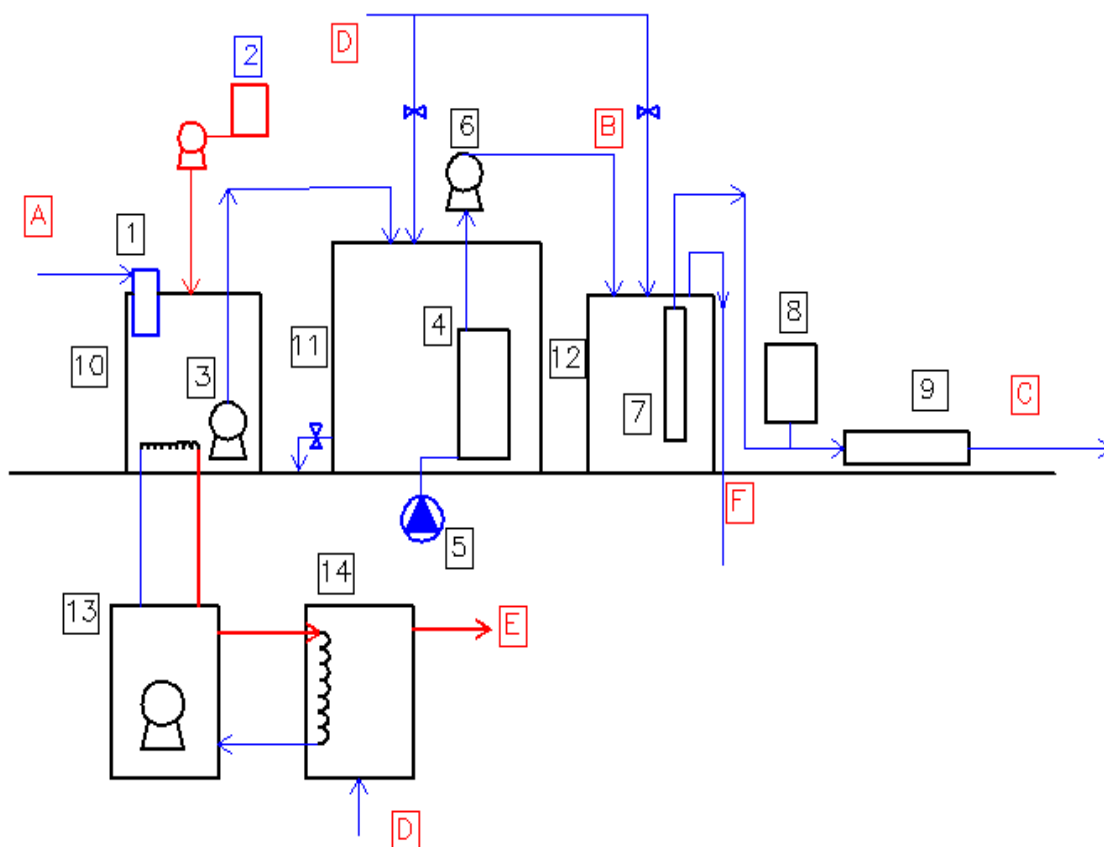
a) odtok z budovy, b) kanalizační stoka, c) odtok z ČOV

Obr.4.6 Centrální systémy rekuperace [27]

Odběr tepla z vyrovnávací nádrže technologické linky šedých vod

Jednou z možností, jak získat teplo z odpadní vody, je umístění výměníku tepla do vyrovnávací nádrže a tím získání potřebného tepla, buď pro přímý přehřev teplé užitkové vody, nebo pomocí tepelného čerpadla.

Tepelné čerpadla pracují na topném faktoru až 65°C. Ohřev na ještě vyšší teploty je z hlediska topného faktoru tepelného čerpadla neekonomický. Teplá užitková voda se pohybuje na teplotě cca 55°C. Jedním z úskalí tohoto opatření je, že nemůžeme splaškovou vodu ochladit pod bod mrazu. Pokud bychom nechali tepelnému čerpadlu odebírat teplo z „šedé“ vody bez kontroly teploty, tak se může stát, že jímka zamrzne. Teplo z jímky se tedy odebírá jen při požadovaném průtoku a při požadované „cílové“ teplotě. Při překročení limitní teploty musíme tepelnému čerpadlu umožnit odebírat teplo z jiného zdroje, například z vrtu. Popřípadě kombinovat tepelné čerpadlo s jiným zdrojem tepla. [20] [23]



- 1- jenné síto, 2- dávkování NaOH, 3- kalové čerpadlo k přečerpávání šedé vody do reaktoru,
 4- membránový modul, 5- dmychadlo, 6- čerpadlo bílé vody, 7- ponorné čerpadlo, 8-
 membránová tlaková nádoba, 9- desinfekce UV lampa, 10- vyrovnávací nádrž šedých vod,
 11- reakční nádrž, 12- akumulace vyčištěné vody, 13- tepelné čerpadlo, 14- zásobník TUV,
 A- šedá voda, B- permem, C- vyčištěná šedá voda, D- pitná voda, E- teplá užitková voda, F-
 bezpečnostní přepad

Obr.4.7 Schéma připojení centrálního systému rekuperace s tepelným čerpadlem [23]

Odběr tepla z kanalizační sítě nebo z čistírny odpadních vod

Se získáváním tepla z kanalizační sítě v české republice zatím není moc zkušeností. Každé z míst má své specifické podmínky a omezení.

Odběr tepla z kanalizační stoky se řeší buďto přímo v trase potrubí nebo na vedlejším proudě. Výměník nesmí zbytečně zmenšovat průřez cesty či způsobit místní ukládání nerozpuštěných látek. Řešit je nutno přístup pro kontrolu a údržbu. Vestavbou nesmí být poškozena stávající kanalizace.

Odběr energie z odpadní vody na nebo za čistírnou odpadních vod je z většiny případů bezproblémový ve vztahu k přítoku. Teplota na přítoku je chladnější cca 1K je to způsobeno ochlazením během trasy odpadní vody. Odběr tepla na čistírně odpadních vod lze umístit do hlavní trasy nebo bypassu. První nejjednodušší aplikací by mohlo být nasazení technologie právě za tímto účelem v kombinaci s přípravou teplé vody.

V české republice byla provedena realizace odběru tepla z přítoku na čistírnu odpadních vod Letonice, kde byl výměník umístěn na přítoku a odtoku. [27]

Závěr

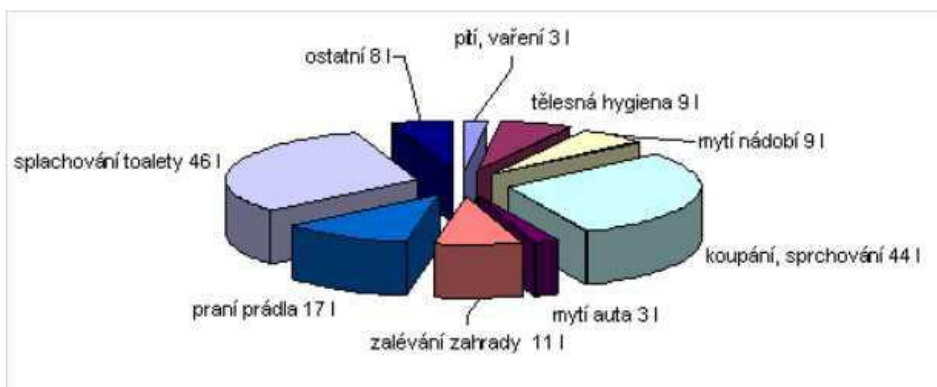
Centrální systémy jsou investičně náročnější. Teploty, které lze dosáhnout, jsou však daleko vyšší a hodí se i pro provozní aplikace, jako jsou prádely, bazény atd. První návrhy proběhly pro hotely ve Španělsku a Bulharsku. S rostoucí cenou energie a zvyšováním životní úrovně. Hlavně u hotelů, bazénů, ale i u výrobních kapacit, se stává rekuperace tepla z šedých vod velmi zajímavou aplikací, která je schopna uspořit až 70% nákladů na ohřev teplé užitkové vody. [23]

4.2 ŠEDÉ VODY JAKO ÚSPORA PITNÉ VODY

Využití šedých vod má své uplatnění hlavně v komerčních budovách, kde produkce šedých vod je mnohonásobně vyšší než například u rodinných domů. Přesto úspora pitné vody je důležitá a to u jakéhokoliv objektu. Komerční objekty mají nejen vysokou spotřebu pitné vody, ale také vysokou produkci vody splaškové. Využití této technologie má své opodstatnění.

Z každé domácnosti za rok odtéká velké množství šedé vody do kanalizace. Pitná, pečlivě filtrovaná a chemicky upravovaná voda z přírodních zdrojů sladké vody, proteče přes úpravnu a kilometry potrubí až k našemu kohoutku, kde se jen letmo dotkne našich rukou, talíře nebo zeleniny, kterou pod ní myjeme, a téměř čistá jako odpadní voda odtéká do kanalizace. Pro dopravu vody do umyvadel, praček a sprch je zapotřebí spousta energie věnované její úpravě pro naše využití. Tuto vodu není třeba vypouštět do kanalizace a drahými složitými způsoby ji čistit. Voda z umyvadel, sprch a praček (tzn. šedá voda) je méně znečištěná a poměrně lehce čistitelná. Vyčištěnou vodu (provozní vodu) lze použít k závlaze, splachování záchodu či mytí aut. [35]

Z grafu je zřejmé, že šedá voda tvoří více než 50% splaškové vody z objektů, je tomu tak u domácností a násobně i u komerčních budov. [24]



Obr.4.8 Graf spotřeby vody domácnosti při průměrné spotřebě vody 100-150l na osobu a den [24]

Jak už bylo řečeno, jedná se o vody odpadní, pojmenované podle nezaměnitelného zbarvení do šeda, tedy o šedé vody:

- z kuchyní dřezů a myček,
- z praček
- z umyvadel, sprch, a van. [28]

Vody z kuchyní se pro opětovné využívání nedoporučují, jelikož obsahují velké množství biologického odpadu, tuků a látek z čistících prostředků. [6]

Pokud chceme šedou vodu využívat, je třeba omezit používání nevhodných chemických látek (tzn. bělidla, čistící prostředky, barvy), dále silně znečištěné nebo krvavé oblečení, plenky atd. Jestliže bílou vodu využíváme na závlahu, mohly by tyto látky negativně ovlivnit růst rostlin. Vhodné je v tomto případě používat prací a čistící prostředky šetrné k životnímu prostředí tzn. prostředky, které neobsahují fosfáty, ideálně eko prací prostředky, běžně k dostání i na českém trhu ve specializovaných prodejnách. [24]

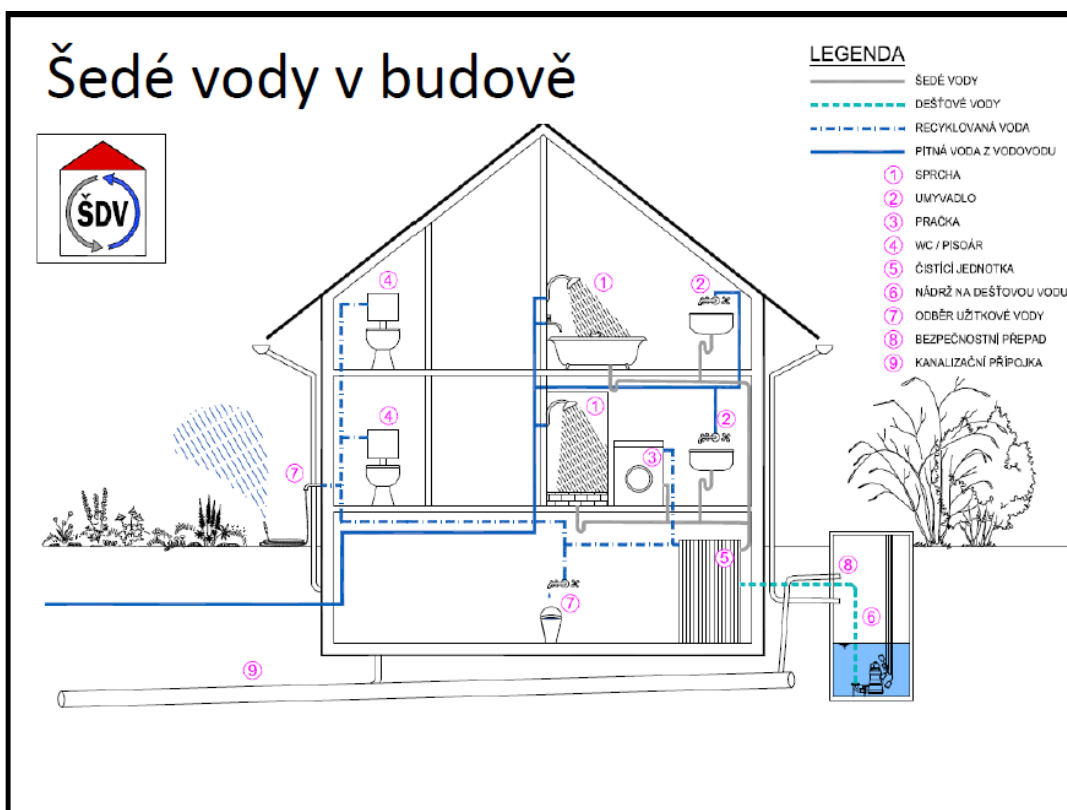
Vyčištěné tzv. bílé vody je možné použít pro:

- splachování záchodů a pisoárů,
- závlahu,
- úklid.

Pro opětovné využití lze šedé vody kombinovat s dešťovými ze zpevněných ploch a střech.

U komerčních objektů s velkou potřebou vody je po stránce ekologické i ekonomické vhodnější využít systému k čištění šedých vod nebo v kombinaci s dešťovými vodami. Dešťové vody nejsou totiž tolik znečištěny jako vody šedé. Využití dešťové vody je závislé na klimatických podmínkách a velikosti akumulční nádrže. Dále je zajímavé řešení akumulace dešťových vod a jejich opětovné využití stejně jako u šedých vod.

Koncepce řešení opětovného využívání šedých a dešťových vod je stále více aktuální. Důvodem je snížená kvalita a vydatnost zdrojů povrchových a podzemních. Hlavně podzemních zdrojů v současné době ubývá. Do nedávna byly dešťové vody převážně vypouštěny spolu s odpadními vodami, což působilo potíže nejen u zahlcení čistírny odpadních vod při vydatných deštích, ale také úbytek podzemní vody.[5]



Obr.4.9 Kombinace systému pro šedé a dešťové vody [6]

Na obrázku 4.9 je znázorněné jednoduché schéma rozvodu takzvané bílé vody, použité ke splachování, praní, zalévání zahrady a úklidu. Dešťová voda je akumulována - 6 a dále přečerpána do čističí jednotky – 5. Voda šedá je svedena rovnou do čističí jednotky. Při naplnění akumulární nádrže bude voda odvedena přepadem do kanalizace. V tomto případě je přebytečnou dešťovou vodu možné odvést do kanalizace, jelikož je splněna podmínka nakládání s dešťovou vodou (akumulace). V případě, kdy akumulace nebude osazena, bylo by třeba dešťovou vodu, pokud by to bylo možné, zasakovat. [6]

4.2.1 Vlastností šedých vod

Složení šedých vod lze definovat z chemicko-fyzikálních parametrů a mikrobiologických parametrů, kam řadíme pH, teplotu, zákal, barvu, BSK, CHSK, plovoucí látky a další znárodněné v tabulce 4.2. a mikrobiologických, kde patří fekální koliformy, E.coli, streptokoky, pseudomonas aeruginosa zobrazeny v tabulce 4.1[4]

Tab.4.1 Mikrobiologické parametry [4]

Mikrobiologické parametry [KT/100ml]	Pračky	Vany, sprchy, umyvadla	Kuchyně a myčky	Neseparovaná šedá voda
Fekální koliformy	10^1-10^4	10^1-10^6	-	10^2-10^6
E.coli	10^1-10^6	10^1-10^7	10^5-10^8	10^1-10^2
Streptokoky	10^1-10^7	10^1-10^6	10^3-10^8	10^2
Pseudomonas aeruginosa	-	n.n.- 10^3	-	10^2-10^5

Tab.4.2 Fyzikálně-chemické vlastnosti vody [4]

Fyzikálně-chemické parametry	Jednotka	Pračky	Vany, sprchy, umyvadla	Kuchyně a myčky	Neseparovaná šedá voda
pH	[-]	9,3-10	5-8,6	6,3-7,4	6,1-8,4
Teplota	[°C]	28-32	18-38	-	-
Barva	[Pt/C]	50-70	60-100	-	-
Zákal	[NTU]	14-296	20-370	-	-
Plovoucí látky	[mg/l]	79-280	7-120	134-1300	-
Rozpuštěné látky	[mg/l]	-	126-599	-	-
Tvrdost (jako CaCO ₃)	[mg/l]		18-52	-	-
BSK ₆	[mg/l]	48/682	19-200	669-756	41-194
CHSK	[mg/l]	375	64-8 000	26-1 600	495-623
Oleje a tuky	[mg/l]	8,0-35	37-97	-	-

pH

U vod odpadních se pH pohybuje v rozmezí 7-8. U šedých vod se rozmezí pH liší dle místa z kterého je svedena. Jestliže se jedná o šedé vody z:

- praní je pH 9,3-10,
- koupelen a kuchyní 5-8,6.

Jestliže se jedná o vody neseparované hodnota pH se pohybuje v kyselém, mírně zásaditém prostředí stejně jako vody z koupelen a kuchyní. [3]

Teplota

Vyšší teplota vody způsobuje zvýšený rozvoj mikroorganismů. Teplota se liší dle místa vzniku. Voda ze sprch, van a umyvadel má větší teplotní rozmezí, neboť k očištění je třeba vyšší teploty vody. [3]

Zákal, barva

Čistá voda absorbuje z viditelné oblasti spektra záření s vlnovou délkou červeného světla, proto je voda v silnější vrstvě namodralá. Přírodním vodám mohou dodávat barvu žlutohnědé zbarvené huminové látky, které vykazují maximální absorpci světla při 254 nm. Proto se hodnotí absorbance tohoto záření při této vlnové délce. Zbarvení huminovými látkami je shodné se zbarvením roztoku hexachloroplatičitanu draselného K_2PtCl_6 , který se využívá ke stanovení barvy, proto jednotka barvy je $mg.l^{-1}$ Pt.

Zákal se měří rovněž fotometrickým porovnáním s koloidním roztokem formalinu a vyjadřuje se v tzv. formazinových jednotkách (ZF). [36]

Nejvyšší hodnoty zákalu vykazují vody z koupelen. Jsou to o něco menší hodnoty než u vod z praček. [3]

Plovoucí nečistoty

Šedé vody z praček vykazují vyšší znečištění než vody z umyvadel, sprch a van, jelikož obsahují zbytky vláken z oděvů.

Odpadní vody z dřezů a myček obsahují nejvyšší množství zákalu, protože sebou nesou i zbytky jídla a olejů. Jak bylo řečeno, tyto vody se nedoporučuje používat pro recyklaci šedých vod, ale jejich použití k recyklaci není výjimečná záležitost.

Koloidní a plovoucí látky jsou častými příčinami poruch úpraven šedých vod. [3]

Chemická a biologická spotřeba kyslíku

Chemická spotřeba kyslíku se značí CHSK. Stanovení chemické spotřeby kyslíku (CHSK) u vzorku vody se provádí oxidací látek v ní obsažených. Tedy působením oxidujících sloučenin –manganistanu draselného ($KMnO_4$) nebo dichromanu draselného ($K_2Cr_2O_7$). Reakce probíhají v prostředí zředěné kyseliny sírové za teploty bodu varu roztoku a dalších standardních podmínek.

Biologická spotřeba kyslíku se označuje BSK₅. Stanovení BSK₅ je metoda, spočívající ve vyhodnocení úbytku rozpuštěného kyslíku ve vzorku za 5 dní při teplotě 20°C. Vzorek se dle potřeby ředí tzv. zředovací vodou, což je destilovaná voda s přísadkami solí a živin, nasycená vzduchem. Inkubace se provádí v lahvích zcela naplněných naředěnou zkoušenou vodou za nepřístupu vzduchu (bakterie mají k dispozici jen O₂ obsažený ve vodě) a ve tmě, aby se zabránilo nežádoucímu rozvoji řas. Pro zabránění mikrobiální oxidace amoniaku se přidává vhodný inhibitor tohoto procesu, obvykle allylthiomocovina. Spotřeba kyslíku ve vzorku za standardních podmínek je mírou obsahu organických, biologicky rozložitelných látek a částečně i některých anorganických sloučenin a nazývá se biochemická spotřeba kyslíku – BSK. [36]

Poměr mezi CHSK a BSK₅ je zpravidla 4 : 1, což ukazuje na vyšší podíl obtížněji rozložitelných organických látek. Ve splaškových odpadních vodách se poměr pohybuje obvykle 2 : 1.

Pseudomonas aeruginosa

Je to bakterie vyvolávající řadu onemocnění jako je zánět močových cest, středního ucha či hnisání popálenin. Je odolná vůči antibiotikům, ale léčitelná je. [71]

Nejčastěji se vyskytuje v odpadních vodách, na rostlinách a v půdě. Jde o velmi nenáročnou bakterii, která dobře roste ve vyšších teplotních podmínkách. [72]

Escherichia coli

Jedná se o bakterie, často psány jako E.coli, pohybující se pomocí bičíků. E. coli patří ke střevní mikroflóře teplokrevných živočichů, včetně člověka. Z tohoto důvodu je její přítomnost v pitné vodě indikátorem fekálního znečištění. Člověku je jako součást přirozené mikroflory prospěšná, jelikož produkuje řadu látek, které brání rozšíření patogenních bakterií a podílí se i na tvorbě některých vitamínů (např. vitamín K). Bakterie dosahuje délky 2–3 μm a šířky 0,6 μm. E. coli je schopná růst za teploty 8 °C–48 °C, avšak optimální teplota je 37 °C. Rozsah pH pro růst je pH6–pH8.

E.coli mohou způsobit onemocnění močových cest, infekci ran a jejich hnisání a průjmy. Onemocnění je léčitelné antibiotiky. [73]

Koliformní bakterie

Jde bakterie stejné čeledi jako E.coli. Koliformní bakterie a fekální koliformní bakterie byly tradičně používány jako indikátory fekálního znečištění. Bylo však zjištěno, že se mezi těmito skupinami (zejména mezi koliformními bakteriemi) vyskytuje řada druhů, které nemusejí mít fekální původ. V pitné vodě určené pro hromadné zásobování obyvatelstva nesmějí být koliformní ani fekální koliformní bakterie zjištěny ve 100 ml vzorku. V pitné vodě pro individuální zásobování nesmí být pozitivní nález v 10 ml vzorku. [75]

Streptokoky

Bakterie tohoto rodu jsou součástí běžné mikroflóry člověka a zvířat. Charakterizují se řetízkovitým uspořádáním. Některé druhy jsou významnými patogeny, jiné se zase používají v potravinářském průmyslu. Streptokoky jsou původci častého onemocnění kůže, sliznic břišního tyfusu a salmonelózy. Jak u mužů, tak u žen se nachází streptokoky v ústech, hrtanu, kůži a respiračním systému. Onemocnění je léčitelné antibiotiky. Bakterie jsou vylučovány močí a stolicí. [74] [76]

Enterokoky

Způsobují onemocnění jako je infekce močových cest, infekce žlučových cest a infekce ran. Enterokoky jsou fakultativně anaerobní, resistantní vůči vysokému pH, rostou v hypertonickém roztoku NaCl (6,5%), přežívají půlhodinové zahřátí na 60°C, rostou i za přítomnosti 40% žluči, rostou na půdě s přidavkem teluritu a v koagulujícím mléku. [77]

Patří do velké skupiny streptokoků a považují se za ukazatele čerstvého fekálního znečištění vody a zároveň za indikátor nežádoucích hygienických závad pitné vody. Vyskytnou-li se enterokoky v pitné vodě, signalizují tím její nedostatečnou dezinfekci chlorem. A naopak jejich nepřítomnost dává na vědomost i pravděpodobnou nepřítomnost patogenních (choroboplodných) bakterií. [78]

Anionaktivní tenzidy

Anionaktivní tenzidy disociují ve vodě za vzniku iontů – kationtů bez pracího účinku a anionů, jejichž molekuly obsahují už dříve zmíněné hydrofilní a hydrofobní části. Příkladem anionaktivního tenzidu je dodecylsulfát sodný. Tento tenzid vyniká zejména svou šetrností k pokožce a účinností při nízkých teplotách. Proto se používají jako prací prostředky pro jemné prádlo a vlnu, tělové a vlasové šampony, tekutá mýdla, ruční mycí prostředky na nádobí a přísady do koupelových pěn. [79]

4.2.2 Účinky bílé vody na rostliny

Jestliže se rozhodneme šedou vodu recyklovat a používat ji pro zavlažování zahrady, je třeba vybírat domácí a čistící prostředky. Například mýdla bez chemikálií s ohledem k životnímu prostředí.

Účinky závisí na tom, odkud jsou šedé vody svedeny. Šedá voda z praček obsahuje fosfor a může poškodit půdu. Tuky z mytí nádobí se hromadí v půdě a brání absorbování vody. [37]

Při použití bílé vody k zavlažování, se doporučuje vodu aplikovat přímo ke kořenům. Nemělo by dojít ke kontaktu s nadzemní částí rostliny. U kořenových plodin, které se konzumují nevařené, se závlaha bílou vodou nedoporučuje.

Jestliže se závlaha vyčištěnou šedou vodou používá delší dobu, je vhodné půdu propláchnout čas od času čerstvou vodou, aby nedocházelo k nahromadění sodných solí. Je důležité si uvědomit, že závlaha je sezónní záležitost a v zimním období je třeba najít jinou alternativu pro využití bílé vody, je například možné jí použít ke splachování záchodů. [38]



Obr.4.10 Závlaha bílou vodou [39]

5 ČIŠTĚNÍ ŠEDÝCH VOD

V dnešní době je otázka čištění odpadních vod stále více aktuální. Vyvíjí se stále nové technologie čištění odpadních šedých vod. V minulosti se často používaly k čištění šedých vod kořenové čistírny.

5.1 DRUHY SYSTÉMŮ PRO ČIŠTĚNÍ ŠEDÝCH VOD

Systémy čištění šedých vod se značně liší dle jejich složitosti, velikosti, typu filtrace a způsobu čištění. Dělí se následovně:

- systémy opakovaného použití,
- systémy s krátkou dobou zdržení,
- základní systémy fyzikální/chemické,
- biologické systémy,
- biochemické systémy,
- hybridní systémy.

Systémy opakovaného použití, slouží ke sběru šedých vod a jejich opakovanému použití bez úpravy a s minimální dobou zdržení. Používají se k povrchovému zavlažování bez použití postřiku.

Systémy s krátkou dobou zdržení používají jednoduchou filtraci nebo úpravu. V těchto systémech se nečistoty usazují na dně nebo jsou stírány z povrchu. Vyčištěné vody by se neměly dlouho skladovat, vznikl by pak zápach nebo by se mohla zhoršit kvalita vyčištěné vody.

Základní systémy fyzikální/chemické, využívají k odstranění nečistot filtry ještě před akumulací. Chemické desinfekční přípravky, například brom nebo chlor, jsou používány k zastavení růstu bakterií v akumulaci.

U biologických systémů se jedná o čištění šedých vod pomocí aerobních nebo anaerobních bakterií, které konzumují nežádoucí organický materiál za určitou dobu zdržení. U aerobního systému mohou být použity dmyhadla nebo vodní rostliny. Do toho systému čištění mohou být zařazeny kořenové čistírny odpadních vod.

Biochemické systémy kombinují biologické a fyzikální procesy čištění. Organické hmoty jsou odstraněny mikrobiálními kulturami za pomoci kyslíku a pevné částice jsou usazovány.

Hybridní systémy jsou kombinací předchozích zmíněných systémů. [17]

5.2 KOŘENOVÉ ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD

K čištění šedých vod se dříve používali kořenové čistírny odpadních vod. Kořenové čistírny odpadních vod představují ekologický, ekonomický i estetický způsob likvidace splaškových vod. Neobsahují totiž žádná elektrická ani mechanická zařízení, nešíří žádný hluk ani zápach. Jedná se o mělký rybníček, vyplněný oblázky a šterkem, pokrytý mulčem nebo půdou a osázený bahenními a vodními rostlinami. [40]

Rostliny u kořenových čistíren tvoří důležitou funkci jako například:

- poskytují zázemí pro přisedlé mikroorganismy,
- přivádí kyslík do kořenové zóny,
- zateplují povrch filtračního pole v zimním období. [41]

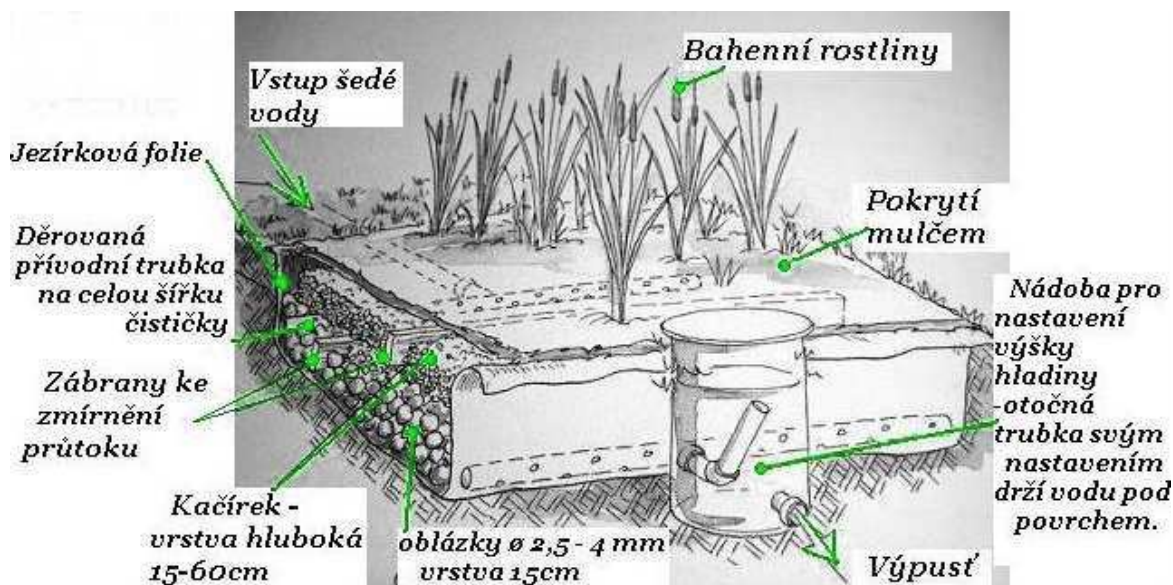
Rostliny kořenové čistírny odpadních vod dodávají kyslík, což umožňuje život bakteriím a řasám, které vodu čistí. Mikroorganismy rozkládají částice odpadu ve vodě na živiny, které jsou spotřebovávány bahenními rostlinami. Kyslík přiváděný kořeny do vody je důležitý pro odbourávání organického uhlíku a organického dusíku. Rostliny v nadzemní části by se měly jednou ročně zkompostovat nebo sklídit.[40]

Rostliny používané u kořenových čistíren:

- orobince,
- chrastice rákosovitá,
- křípinec jezerní,
- kosatec žlutý,
- rákos obecný. [40]

Nejčastěji se používá rákos obecný, především pro svou schopnost tolerovat značnou míru znečištění. Často se kombinuje s chrasticí rákosovou, která roste rychleji než rákos a během prvního vegetačního období tvoří kompaktní porost. [41]

Svodné potrubí šedé vody by mělo ústít do kořenové čistírny odpadních vod a také by mělo být zaústěno do kanalizace, kvůli možnému odstavení v zimním období. [40]



Obr.5.1 Schéma kořenové čistírny odpadních vod [40]

5.3 TECHNOLOGIE ČIŠTĚNÍ ŠEDÝCH VOD

Technologie čištění šedých vod spočívá ve fyzikálních, fyzikálně chemických a biologických procesech.

Technologická linka může zahrnovat jeden a více úrovní jako je:

- hrubá filtrace,
- mechanicky jemná filtrace,
- desinfekce,
- akumulace. [42]

5.3.1 Hrubá filtrace

Jedná se o první stupeň čištění. Hrubou filtrací jsou odstraněny hrubé nečistoty jako vlasy a vlákna, které jsou odvedeny do kanalizace. [42]

5.3.2 Mechanicky jemná filtrace

Do této úrovně čištění lze zařadit membránovou filtraci nebo biologické čištění provzdušněním.

Fáze biologického čištění, které může probíhat aerobně či anaerobně, v biologických reaktorech či půdních filtrech. Aerobní čištění je vhodné jestli se jedná o vodu ze sprch, umyvadel a praní.

Biologické odstraňování nutrietů a shromažďování fosforu probíhá pomocí membránových modulů umístěných v bioreaktoru. [43]

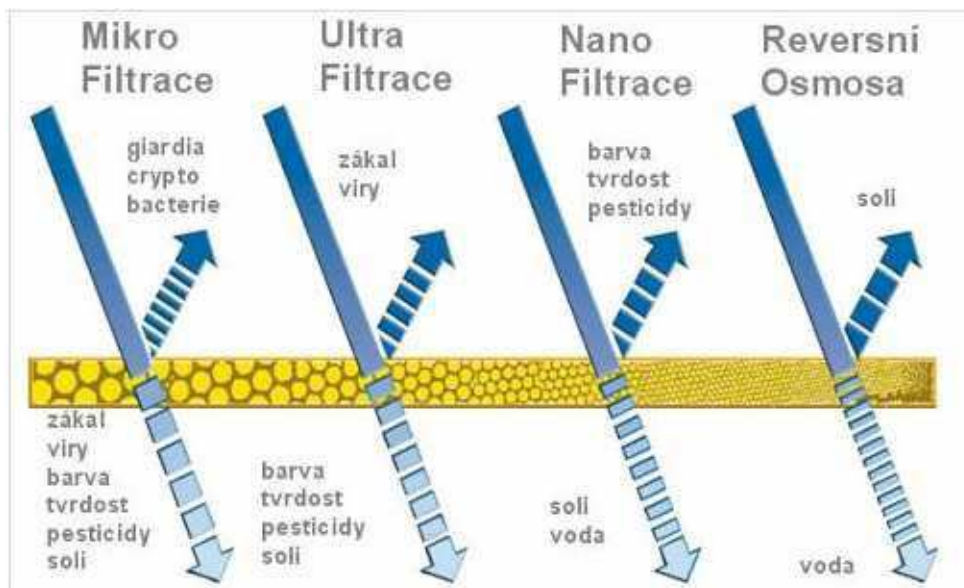
Na trhu je celá škála výrobců membrán použitelných pro možnost čištění šedých vod jako například Bibus, Martin systém, Kubota, Zeron, Water solution a další.

Membránová filtrace

Membránová filtrace je fyzikální proces, při němž se využívá polopropustné membrány k separaci a odstranění rozpustných částic, organických koloidních látek, virů a bakterií z vody. Jde o zavedený způsob oddělování velmi malých částic. Membránová filtrace lze rozdělit do čtyř základních kategorií podle velikosti částic k filtraci.

Jedná se o tyto kategorie:

- Reverzní osmóza, používá nejvíce uzavřenou membránu ze všech metod separace kapalin. V podstatě je voda jedinou látkou, která může touto membránou procházet. Veškeré ostatní látky jako soli, cukry atd. membránou neprocházejí.
- Nanofiltrace, nejedná se o tak jemný separační proces jako reverzní osmóza. Používá membrány, které jsou mírně otevřenější. Nanofiltrace dovoluje, aby membránou procházely malé ionty, zatímco větší ionty a většina organických sloučenin jsou zadržovány.
- Ultrafiltrace, pracuje s membránami, u kterých jsou póry větší a pracovní tlaky jsou poměrně nízké. Soly, cukry, organické kyseliny a menší peptidy membrána propouští, zatímco bílkoviny, tuky a polysacharidy ne.
- Mikrofiltrace, když jsou nerozpuštěné látky, bakterie a kapičky tuku obvykle jedinými substancemi, které membránou neprojdou. [44]



Obr.5.2 Srovnání filtrace membránových technologií [49]

V Korei byl proveden laboratorní pokus čištění šedých odpadních vod přes mikrofiltraci. Voda po vyčištění měla být použita k zalévání rostlin, splachování záchodů a mytí automobilu. Sledovala se účinnost odstranění barvy, zákalu, CHSK, nerozpuštěných látek, E. coli, bakterie salmonely a stafylokoku. Výsledku odstranění každého faktoru byly následující:

- barva 98%,
- zákal 99%,
- nerozpuštěné látky 99%,
- E. coli, bakterie salmonely a stafylokoku 30%.

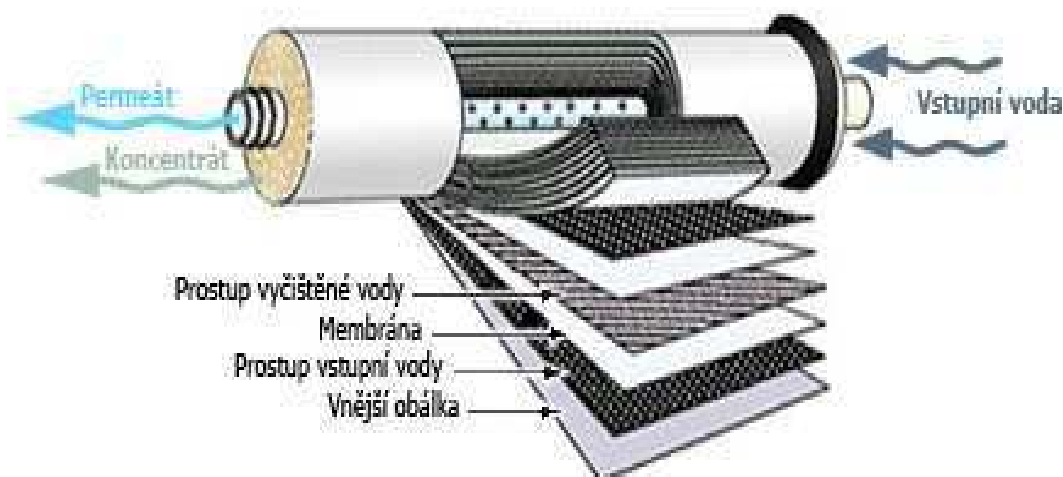
Při přiřazení oxidačních procesů bylo odstranění bakterií salmonely a stafylokoku, barvy a E. coli dosaženo 100%. [45]

První membránová filtrační zařízení na čištění vody byly nainstalovány v Japonsku v dubnu 1991. První městská čistíčka používající membrány byla vybudována v říjnu 1991. Od té doby bylo instalováno několik set membránových čističek po celém světě. Všechny vykazují výborné výsledky spolehlivosti. [67]

Materiál, ucpání membrán

Membrány mohou být polymerní, kovové nebo keramické. Polymerické hustotní membrány dosahují separace díky fyzikálně chemickým integracím mezi postupující částicí a materiálem membrány. Keramické membrány mají mnohem větší odpor, s velmi nízkou tendencí ucpání.

Co se týče geometrie, jsou membrány rozděleny na rovinné a válcové moduly.



Obr.5.3 Válcový modul membrány [49]



Obr.5.4 Rovinná membrána [46]

K ucpání membrán může dojít:

- prakticky, kdy jsou nečistoty zavrtány, nezavrtány nebo je ucpání nenapravitelné,
- mechanicky, zde se jedná o ucpání pórů, absorpci atd.,
- materiálem.

Znovu průchodnost membrán se zajistí chemickým čištěním, jestliže se jedná ucpání, kdy jsou nečistoty zavrtány, či fyzikálním čištěním pro ucpání, kdy jsou nečistoty nezavrtány. [47] Čištění membrán se provádí jednou za půl roku, kdy se membrány ostříkají wapkou a jednou ročně autorizovaným technikem.

5.3.3 Desinfekce

Účelem desinfekce je hygienické zabezpečení vody a usmrcení choroboplodných zárodků.

V případě čištění šedých vod se často provádí desinfekce ultrafialovým zářením. Životnost UV lampy je kolem 12tisíc hodin. Při této desinfekci nevznikají žádné vedlejší produkty. Účinnost proti virům je vysoká. Nevýhodou této metody je vyšší nárok na energii. [48] V zahraničí se desinfekce bílé vody provádí mimo UV lampy, jodem nebo bromem.

5.3.4 Akumulace, vyrovnávací nádrž

Šedá a vyčištěná šedá voda musí mít prostor, kde se může zdržovat a čekat na potřebné využití. Akumulace se umísťuje nad nebo pod úroveň terénu. Vodu je nutné uchovávat tak, aby nedocházelo k růstu mikroorganismů. Nejlepší varianta umístění zásobníku je v zemi, kde je nízká teplota a málo světla, případně v suterénu domu. [43]

Při návrhu je třeba brát v úvahu:

- maximální průtok,
- potřebná sladovací teplota,
- maximální doba zdržení. [17]

Vhodným materiálem pro akumulaci může být beton, sklolaminát, polyetylen, polypropylen popřípadě ocel. V případě oceli je nutno povrch potáhnout nekorodujícím materiálem.

Nadzemní nádrže

Nádrže by měly být izolovány a potaženy neprůhledným materiálem, pro zamezení problému se zamrzáním a oteplováním systému. Jsou vhodné z hlediska nákladů a rekonstrukce. [17]

Podzemní nádrže

Při tomto typu umístění by se měla zajistit dostatečná tuhost nádrže, aby nedocházelo k deformaci zemínou. Podzemní nádrže mohou poskytnout ochranu proti zamrzání v zimním období a oteplováním v letních dnech. [17]

5.4 TECHNOLOGIE ČIŠTĚNÍ ŠEDÝCH VOD NA TRHU

Myšlenka opětovného využití šedých vod nabírá ve světě stále většího významu. Na zahraničním trhu je škála těchto čistících jednotek značná. V České republice se nyní objevila technologie přímo určená k čištění šedých vod od firmy Asio.

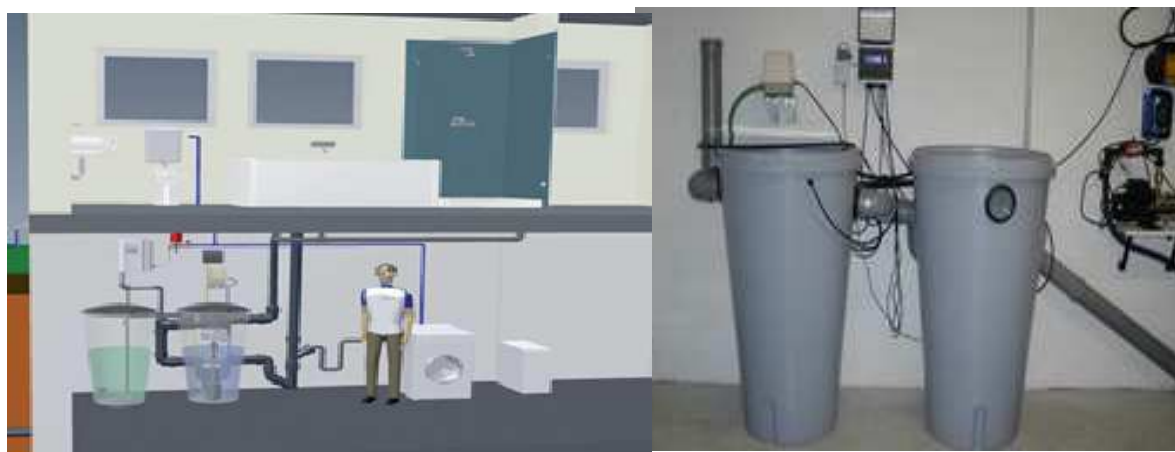
5.4.1 Čištění šedých vod systémem AS-GW/AQUALOOP

Jedná se produkt České firmy Asio. Tato technologie kombinuje biologické čištění a ultrafiltraci produkující vysoce kvalitní, hygienicky zabezpečenou procesní vodu pro další využití. Technologie je nenáročná na spotřebu energie a nezávislá na klimatických podmínkách. Čistící jednotku je možné použít k čištění šedých vod rodinných domů a bytových jednotek. Velikost čistírny je od 4 do 144EO. Odpadní voda natéká přes filtr mechanických nečistot reakční nádrže, kde se voda biologicky čistí. V reakční nádrži je osazen membránový modul a ve spodní části je aerační systém. Nad membránovým modulem je umístěno čerpadlo, které podtlakem odsává vodu přes membrány a odvádí již vyčištěnou vodu do akumulární nádrže vyčištěné vody. Voda z akumulární nádrže je čerpána do systému rozvodu provozní vody. Reakční nádrž je opatřena havarijním přepadem. Systém je možno doplňovat pitnou vodou. [68]

Velikosti a návrhové parametry jsou zobrazeny v tabulce 5.1.

Tab.5.1 Parametry technologie AS-GW/AQUALOOP [68]

Typ ČOV	Počet EO	Maximální denní nátok [L/den]	Objem akumulace šedé vody [L]	Objem akumulace provozní vody [L]
AS-GW/AQUALOOP 6	6	300	300	300
AS-GW/AQUALOOP 12	12	600	600	600
AS-GW/AQUALOOP 18	18	900	900	900
AS-GW/AQUALOOP 24	24	1200	1200	1200
AS-GW/AQUALOOP 30	30	1500	1500	1500
AS-GW/AQUALOOP 36	36	1800	1800	1800
AS-GW/AQUALOOP 48	48	2400	2400	2400



Obr.5.5 Čistiřna šedých vod AS-GW/AQUALOOP [68]

5.4.2 Čištění šedých vod v zahraničí

V zahraničí, jako je třeba Austrálie, je velká škála používaných technologií k čištění šedých vod. Já zde uvádím jen některé zajímavé produkty.

Příklady realizovaných projektů čištění šedých vod u nás i ve světě, jsou uvedeny v další kapitole.

Čištění šedých vod systémem Wheelie Bin

Jedná se koncept čištění, využívaný v Austrálii, takzvaným skladovacím košem. Kdy se akumuluje voda z praní prádla a je užívána k zálivce zeleně. Systém sbírá vodu z pračky, filtruje ji a čerpá pro zavlažování. [69]



Obr.5.6 Čistírna šedých vod Wheelie Bin [69]

Čištění šedých vod systémem Gator

Systém Gator je používán opět v Austrálii. Je určen pro čištění odpadních vod z umyvadel, praček, sprch a van, u objektů s větší produkcí šedých vod. Osazení jednotky je předepsáno jako podzemní. Výrobce uvádí, že se jedná o nízkonákladovou údržbu, avšak čištění filtrů je zapotřebí alespoň jednou do roka. [70]



Obr.5.7. Čistírna šedých vod Gator [70]

5.5 KVALITA VODY, ODBĚR VZORKŮ

Je nezbytné navrhnout systém čištění vody tak, aby voda nepředstavovala žádné zdravotní riziko. Kvalita bílé vody by se měla blížit požadavkům na kvalitu vody užitkové, v České republice kvalitě vody ke koupání.

Odběr vzorku se provádí pro mikrobiologické, chemické a fyzikální vzorky při údržbě. Při odběru vzorku by měly být brány v úvahu následující faktory:

- druh a povaha problému,
- počet míst odběru,
- místo a čas odběru vzorku,
- způsob odběru vzorku.

Vzorky by měly být odebíraný z míst, která nejlépe reprezentují stav celého systému, tj. místo nejdále od nádrže. [17]

5.6 ÚDRŽBA

Pro zajištění bezpečného a spolehlivého provozu je nezbytné provádět údržbu zařízení v souladu s doporučenými postupy stanovené výrobcem. [17]

Tab.5.2 Údržba [17]

Součást systému	Provoz	Poznámky	Četnost
Filtry, membrány, biologické podporovaná média a filtry	Kontrola/údržba	Zkontrolovat stav filtru(y), atd. a vyčistit nebo v případě potřeby vyměnit	Ročně
Biocid, dezinfekční nebo jiné chemické prostředky	Kontrola/údržba	Zkontrolovat, zda dávkovací jednotka pracuje správně a doplnit zásobu chemikálií v případě potřeby	Měsíčně
UV lampy (jsou-li k dispozici)	Kontrola/údržba	Vyčistit a vyměnit v případě potřeby	Každých 6 měsíců
Zásobník/ cisterny	Kontrola	Zkontrolovat, zda nedochází k únikům, že nedochází k nahromadění nečistot a že všechny nádrže jsou stabilní a poklopy jsou správně namontovány	Ročně
	Údržba	Vyústit a vyčistit nádrž	Každých 10 let
Čerpadla a ovládání čerpadel	Kontrola/údržba	Zkontrolovat, zda nedochází k únikům, a že nedošlo k žádné korozi; provést zkušební provoz, zkontrolovat plnění plynem	Ročně
Záložní zásobování vodou	Kontrola	Zkontrolovat, zda záložní zásobování vodou funguje správně a že vzduchové mezery jsou zachovány	Ročně
Řídící jednotka	Kontrola/údržba	Zkontrolovat, zda jednotka funguje správně, včetně funkcí alarmu v případě potřeby	Ročně
Měření hladiny vody (jsou-li k dispozici)	Kontrola	Zkontrolovat, zda všechny údaje měřidla odpovídají správné hladině vody v nádrži	Ročně
Elektroinstalace	Kontrola	Vizuální kontrola, že vodiče jsou elektricky bezpečné	Ročně
Potrubí	Kontrola	Kontrolovat, zda nejsou: žádné úniky, potrubí je vodotěsné a případné prosakování je jasné. Jedná se o sběr a úpravu šedých vod, veškeré zásobování promáchnutí a zálohování dodávek vody.	Ročně
Označení	Kontrola	Zkontrolovat, zda je upozornění na potrubí, identifikace na ventilech jsou správné, viditelné a na místě	Ročně
Podpora a upevnění	Kontrola/údržba	Nastavit a utáhnout v případě potřeby	Ročně

5.7 UVEDENÍ DO PROVOZU

Celý systém by měl být uveden do provozu v souladu s pokyny daných výrobcem. Před konečným předáním, by měl být proveden test vzduchem potrubí z domovního systému odpadních vod. Tím zjišťujeme, že nedochází k úniku mezi napojením k sběrnému potrubí šedých vod. Dále by mělo být rozvodné potrubí šedé vody propláchnuto a následně testováno vzduchem nebo barvivem k zjištění, že jsou potrubí a nádrže vodotěsné a neexistuje nežádoucí napojení jakýmkoliv zásobováním pitné vody. [17]

Všechny armatury, čerpadla, filtry a jiná zařízení musí být snadno dostupná a vyjímatelná, aby byla zajištěna snadná údržba, oprava či výměna těchto zařízení. To platí, zejména pokud jsou šedé vody využívány i od zařízení, které produkují tuk. [42]

6 REALIZOVANÉ PROJEKTY TECHNOLOGIÍ NA ČISTĚNÍ ŠEDÝCH VOD

V České republice je využita technologie šedých vod v Praze, jedná se o hotel Mosaic house. Do rekonstruovaného objektu v památkové zóně Prahy 2 se podařilo implementovat všechny požadované technologie. Kromě řady ekologických prvků zde byl podruhé na světě použit systém recyklace a zároveň rekuperace šedé vody.

Další realizované projekty byly Německu hotel Am Kupark a rodinný dům ve Francii.

6.1 RODINNÝ DŮM VE FRANCII

Ve Francii opětovné využití vody není populární, kvůli přísným zdravotním úřadům. Po prvním experimentu v administrativní budově, následoval experiment instalace technologické linky v rodinném domě.

Rodinný dům o celkovém počtu šesti pokojů a podlahové ploše 125m², obsahoval:

- dvě koupelny (sprcha, vana a dvě umyvadla),
- dvě toalety (jedno umyvadlo, dva záchody),
- kuchyni (výlevka, dřez, myčka nádobí),
- prádelnu (pračka, vana na praní).

Recyklovaná voda byla využita k praní prádla ve vaně, v pračce a pro zavlažování zahrady.

Šedá voda byla do zařízení přivedena potrubím z PVC, voda pitná přiváděna do akumulace zajišťovala dostatek vody v akumulaci pro případ výpadku proudu či nefunkčnosti zařízení. Potrubí přiváděcí tuto vodu bylo z mědi stejně jako rozvody bílé vody. [30]

6.1.1 Technologie čištění šedé vody a instalace

Technologická linka čištění je zhotovena ze tří komor k čištění. Na vstupu je umístěn filtr, který zachycuje hrubé nečistoty. První komora je určena k čištění vody. Obsahuje substrát, na kterém rostou mikroorganismy v aerobních podmínkách. Druhá komora funguje stejně jako první a tvoří druhou úroveň čištění. Mezi druhou a třetí komorou je nainstalována desinfekce v podobě UV lampy. Třetí komora slouží k akumulaci bílé vody.

Zařízení bylo instalováno v suterénu, jelikož je náročné na prostor a těžko se instaluje do úzkých prostorů. [30]



a) schéma technologické linky

b) skutečné osazení technologické linky

Obr.6.1 Technologická linka čištění šedých vod [30]

Rozvody šedé vody byly provedeny v mědi a potrubí přivádějící šedou vodu musí být opatřeno nápisem užitková voda. V tomto experimentu bylo potrubí natřeno na zeleno. Na obrázku 6.2 je znázorněna možnost připojení bílé vody novým rozvodem a zvláštní vodovodní baterii.



Obr.6.2 Možnost přívodu bílé vody zvláštní vodovodní baterii [30]

V objektu byly nainstalovány dva vodoměry jeden na pitnou vodu a jeden na bílou vodu. Porovnáním hodnot z vodoměrů získáme informaci o nevyhnutelné potřebě pitné vody v domácnosti. [30]

6.1.2 Výsledky experimentu

Rozbor vody byl během prvního měsíce prováděn v týdenních intervalech, později v měsíčních intervalech až do 1. března roku 2007. Výsledky rozboru upravené vody odpovídají normě kvality vody pro osobní hygienu.

Tab.6.1 Výsledky rozboru upravené vody [30]

Datum	4.12.2006	11.12.2006	18.12.2006	8.1.2007	15.2.2007	1.3.2007
pH	7,8	7,2	7,4	7,8		
Teplota [°C]	16,2	14	12,5	14		
Zakalenost [NTU]	4,22	2,49	2,13	4,17		2,52
Koliformní bakterie celkem [n/100ml]	<100	<100	0	0		0
Enterokoky [n/100ml]	<2					0
Pseudomona Aeruginosa [n/100ml]	6200				Neměřitelné	100
Legionella [UFC/l]	Neměřené <500					Neměřené <500
Legionella Pneumophila [UFC/l]	Neměřené <500					Neměřené <500
Fenoly [mg/l]	<0,01					<0,01
Ortofosforečnan [PO ₄] [mg P/l]	<2,5					2
Salmonela	Absencia					Absencia

Tab.6.2Výsledky rozboru šedé vody [30]

Datum	4.12.2006	11.12.2006	18.12.2006	8.1.2007	15.2.2007	1.3.2007
pH	7,4	Neuskutečně né měření	7,7	7,7		
Teplota [°C]	14		13	15		
Zakalenost [NTU]	7,58	18,00	85,5	146		42.2
Koliformní bakterie celkem [n/100ml]	1 900 000	>100 000	3 600 000	370 000		114 000
Enterokoky [n/100ml]	20					<10
Pseudomona Aeruginosa [n/100ml]					114	

Kromě rozboru vody bylo provedeno i teplotní měření. Teplota voda v obou komorách se pohybovala přibližně na 15°C, ale tato teplota není příznivá pro rozmnožování patogenních organismů a pro dobré fungování procesu úpravy vody.

Tento pokus byl první ve Francii v rodinném domě. Výstupem pokusu byly dobré výsledky upravené vody.[30]

6.2 HOTEL AM KURPARK

Jedná se o čtyřhvězdičkový konferenční hotel v Německu, vybudovaný v roce 1981, který se nachází přímo v zeleném srdci města Kurpark. Má 94 moderních pokojů a 13 zasedacích místností pro 350 osob. Restaurace má 100 míst k sezení a hotel disponuje s 24 zaměstnanci. [29]

Hotel byl rekonstruován všemi dostupnými technologiemi na trhu, jak s novými úspornými zařízovacími předměty, tak i se zařízením na úpravu šedé vody. Byla použita voda ze sprch, van a umývadel a následně čištěna. V projektu byly demonstrovány možné úspory vody. Rekonstrukce byla provedena při provozu hotelu, jelikož nebylo možné objekt zcela uzavřít.

Projekt byl společným projektem RWTH Aachen a Vojenské university Mnichov. V projektu se dále účastnila inženýrská kancelář ECON, dodavatel potrubí Hobart a spolek hotelů DEHOGA. [28]

6.2.1 Příprava projektu

Prvé řadě bylo třeba provést analýzu sprchových vod. K posouzení vlastností vod byly provedeny obvyklé analýzy, včetně analýz na nutrienty a tenzidy. Mikrobiologické analýzy byly zvoleny podle zvyklostí při posuzování vod na koupání a pitné vody.

Byly zjištěny E.coli, celkové koliformní bakterie, enterokoky a celkové počty kolonií při 22°C a 36°C. Výsledný poměr CHSK:BSK₅ byl 2,6:1 a byl tedy blízký klasickým komunálním vodám. Množství fosforu se pohybovalo kolem 1,3 mg/l a celkové množství dusíku kolem 20 mg/l.

Tab.6.3 Srovnání naměřených hodnot na ČOV v Euchenu a uváděných temní literatuře [28]

Parametr	Jednotka	Hodnota v temní literatuře		Vody ze sprch	
		minimum	maximum	minimum	maximum
pH	-	5	8,6	6,8	8,7
vodivost	μS/cm	82	22	186	532
zákal	NTU	20	370	24	81
BSK ₅	mg/l	19	200	13	86
CHSK	mg/l	64	8	39	180
N _{celkem}	mg/l	0,6	46,4	2,3	97
P _{celkem}	mg/l	0,1	2,2	0,2	6,8
CHSK(BSK ₅)	-	2	4	1,3	3,6
E. coli	n/100ml	101	106	0	1*10 ⁵
Celkové koliformní b.	n/100ml	101	109	4*10 ³	2*10 ⁸
Enterokoky	n/100ml	-	-	4*10 ²	4*10 ⁴

Během odběru vzorku byly zjištěny koncentrace nutrietů a amoniak byl značně cítit, což bylo způsobeno používáním pisoárů i přes zákaz používání během pokusu. Koncentrace amoniaku dosahovala až 50 mg/l a poměr uhlíku:dusíku:fosforu byl C:N:P= 26:13:1. Vody z domácností tento poměr mají obvykle 20:4:1. Látkové zatížení bylo kolísavé a pH bylo po dobu měření konstantní. Koncentrace tenzidů byly díky velkému naředění minimální. Výsledné hodnoty anionických tenzidů se pohybovaly rozmezí 0,46 – 0,83 mg/l, neionogenní byly v rozmezí 1,4 -1,7 mg/l a kationaktivní byly na hranici stanovitelnosti tj. do 0,05 mg/l. [28]

Spotřeba vody ze sprch byla po naměření překvapivě dvounásobně vyšší než co uvádí tamní literatura. Zjištěné množství spotřeby vody se pohybovalo mezi 45 a 160 l/(EO.den). Vedlo několik důvodů. Např. holení se při sprchování nebo zjištění, že se do zařízení chodí sprchovat ještě další osoby, které zde nejsou zaměstnány.

Spotřeba vody byla měřená v období, kdy byl hotel zatížen 80% hosty a restaurace 50%. Těmto hodnotám byl připočten počet zaměstnanců.

Tab.6.4 Bilance spotřeby vody v hotelu Am Kurpark [28]

	Specifická potřeba	Spotřeba vody	
		Bez recyklace	S recyklací
Potřeba pitné vody	[l/(host.d)]	[l/d]	[l/d]
Vany, sprchy a umývadla	120	8.640	8.640
Splachování toalet (hosté) ¹	40	2.880	-
Splachování toalet (restaurace) ²	30	1.500	-
Pračky ³	10	1.220	610 ⁴⁾
Myčky na nádobí ³	10	1.220	610 ⁴⁾
Kuchyně ³	6	732	732
Další použití	5	610	610
Suma		16.802	11.202
Potřeba bílé vody	[l/(host.d)]	[l/d]	[l/d]
Splachování toalet (hosté) ¹	40	-	2.880
Splachování toalet (restaurace) ²	30	-	1.500
Pračky ³	5 ⁴⁾	-	610
Myčky ³	5 ⁴⁾	-	610
Suma		-	5.710
1)10l/použití, 3x použití 1x čištění	2) 10l/použití, 3x použití 1x čištění		
3)190 hostů – 64% vytižení	4) 190 hostů – 64% vytižení		

Z tabulky je zřejmé, že při recyklaci odpadní vody je ušetřeno 33% pitné vody. [28]

6.2.2 Realizace projektu

Podmínkou bylo nepřerušování provozu hotelu, proto realizace probíhala v krocích. Byla použita šedá voda jen z konferenční části hotelu a zařízení na recyklaci šedé vody bylo umístěno ve sklepě hlavní budovy. Bylo třeba zrealizovat nové rozvody bílé vody a svěst vodu z umyvadel a sprch.

Náklady na potrubí se zvýšily změnou konceptu projektu, kde bylo třeba svěst vodu z konferenční části hotelu do sklepa hlavní budovy hotelu. Náklady na nové obklady byly minimální, protože nové rozvody byly zasekány do země pod sprchové kouty a odvětrávání kanalizace šedých vod bylo připojeno na stávající kanalizaci. Realizace nových rozvodů trvala 10dní.

Technologická linka k čištění šedých vod byla osazena v suterénu hlavní budovy hotelu a skládala se z:

- mechanického předčištění, jemného síta s otvory 3mm,
- vyrovnávací akumulární nádrže o objemu 2,7m³,
- reakční nádrže o objemu 1,4m³ s membránami o ploše 28m²,
- zásobní nádrže o objemu 2,7m³,
- desinfekce UV.

Nejlepších výsledků bylo dosaženo u reverzní osmózy, ale i parametry dosažené použitím membrán a nanofiltrací vykazují dostatečnou účinnost z hlediska použití na splachování WC a praní.

Na tomto projektu bylo demonstrováno, že použití bílých vod v hotelích a restauracích je možné. [28]

6.3 HOTEL MOSAIC HOUSE

Mosaic house vznikl rekonstrukcí a změnou užívání budovy z 30. let. Jde o 4hvězdičkový hotel v Praze, který nabízí služby hostelu s vysokým standardem ubytování a s příznivými cenami. Svým konceptem otevřeného přízemí s barem a sálem pro koncerty a klubové akce otevřené nejen klientům hotelu, ale i veřejnosti, chce umožnit setkávání lidí různých kultur z celého světa. Hotel nabízí ubytování v 94 pokojích, kde 64 pokojů je ve čtyř hvězdičkovém standardu se 136 lůžky. Zbýlých 30 lůžek je typu hostelu, kde si klient kupuje pouze lůžko. Pokoje hostelového typu jsou umístěny naproti schodiště. [25]



Obr.6.3 Pohledy na hotel Mosaic house v Praze[24]

V lokalitě u Karlova náměstí k tomu má všechny předpoklady. Fakt, že během čtvrtletního zkušebního provozu měl hotel obsazenost 95 % naznačuje, že je tento koncept atraktivní.

V hotelu je instalován dvojitý systém vodovodních a kanalizačních trubek, kde je šedá voda oddělena. Tato relativně čistá voda se odvádí do speciálního zařízení, které ji filtruje a čistí. Vyčištěná voda je následně použita znovu při splachování WC a v úklidových komorách. Toto zařízení zajišťuje efektivní nakládání s vodou a jedná se o první komplexní instalaci v ČR. Ušetří se až 8 % s potřeby pitné vody, což je při provozu hotelu zhruba 6–8 m³ denně. Úplnou technologickou novinkou je zpětné získávání tepla z odpadní šedé vody. Teplá odpadní voda ze sprch a umyvadel předehřívá vstupní studenou vodu. Jde o druhou instalaci na světě po prototypu vyrobeném v Německu.[24]



Obr.6.4 Koupelna v hotelu Mosaic house [26]

6.3.1 Technologie čištění odpadní šedé vody

System Aquacycle od Pontos, který zpracovává šedou vodu k opětovnému použití v hotelu, využívá čtyřfázového procesu čištění šedých vod. [33]

Úprava vody probíhá ve čtyřech krocích:

- Prvním krokem čištění je filtrace hrubých nečistot, která slouží k zachycení všech pevných látek jako vlasy a vláken odfiltrovaným z šedé vody.



Obr. 6.5 Filtrace k zachycení hrubých nečistot [33]

- V druhém kroku voda vstupuje do čtyř tanků s molitanovou drtí. Ve spojeném prvním a druhém tanku pracují bakterie, které za přítomnosti kyslíku a teploty (pohybující se od 5°C do 40°C) vodu čistí. Do systému se přidávají bakterie ESO-HOME, jedná se o koncentrovaný bioenzymatický přípravek distribuovaný v balení po 10 litrech. Přebytké množství šedé vody přepadá do kanalizace. Dále je voda čerpána do třetího a čtvrtého tanku odkud je proveden rozvod bílé vody. Do akumulace bílé vody je zaveden přívod pitné vody pro případ poruchy technologické linky.



Obr.6.6 Desinfekce [33]

- Ve třetím kroku je provedena desinfekce vody UV lampou. Ultra fialové světlo zabíjí všechny zbývající bakterie, které zůstali ve vodě po procesu čištění.
- Čtvrtým krokem je už samotné čerpání vyčištěné vody k určeným zařizovacím předmětům. [33]

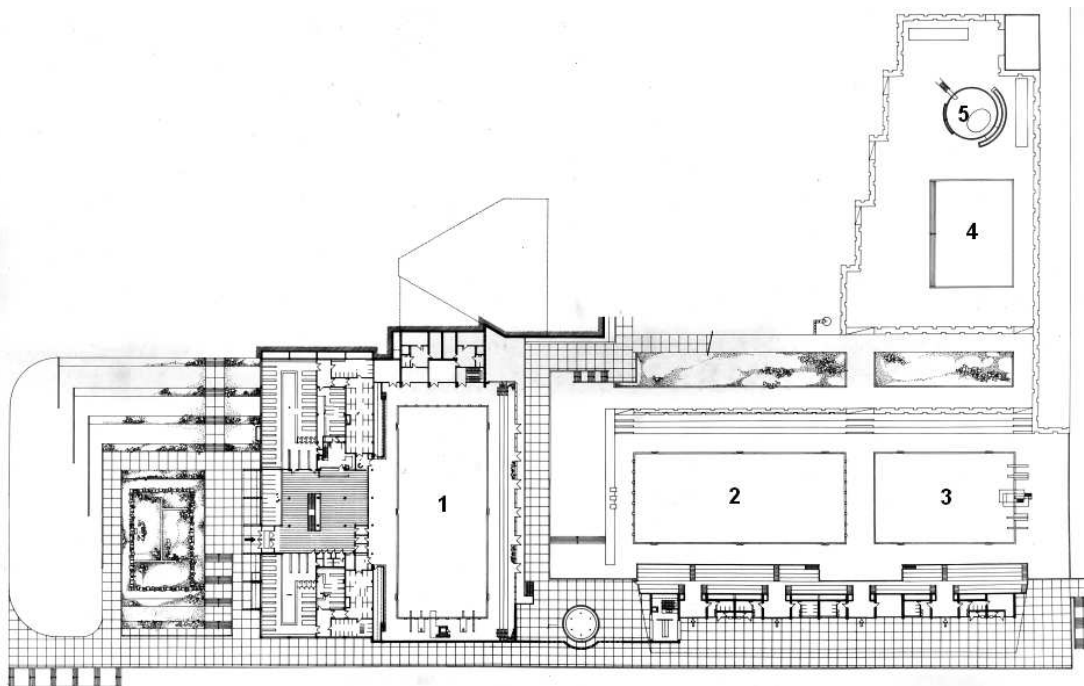


Obr.6.6 Čerpání vyčištěné vody [33]

Použitý systém AquaCycle je systém upravující šedou vodu na vodu užitkovou, i když systém není schopen zpracovat vodu z kuchyňského dřezu nebo z myček nádobí. Úspora nákladů, z úpravy šedé vody a jejího opětovného využití na toaletách, nebo v úklidových místnostech, dělá výrobek velmi atraktivní pro spotřebitele. Systém je nejen ekonomicky proveditelný, ale také pomáhá chránit životní prostředí. Hotel Mosaic house v Praze je tohomo zdárným příkladem. [34]

7 PLAVECKÝ BAZÉN ZA LUŽÁNKAMI

Historie plaveckého bazénu za Lužánkami sahá až do roku 1967, v tomto roce v červenci bylo vydáno stavební povolení ke stavbě. Stavba trvala jedenáct let, od roku 1978 a byla jeden rok ve zkušebním provozu. Veřejnost do areálu mohla zavítat 8. listopadu 1980. Stavba byla určena pro sportovní plavání, základní plavecký výcvik, výcvik ve sportovní gymnastice a i pro rekreaci. Plánovaná výstavba měla být rozdělena do dvou funkčních celků na krytý bazén s celoročním provozem a letní plovárnu. Venkovní část areálu nebyla realizována, avšak byla připravena technologie (filtry) a budova pro úpravu venkovní bazénové vody.



Obr.7.1 Původní stavební plány plaveckého bazénu za Lužánkami [52]

Na obrázku je znázorněn původní plán výstavby plaveckého bazénu za Lužánkami. Z původních plánů byl realizován pouze krytý bazén -1, venkovní části jako bazén pro neplavce- 4, dětské brodítko -5, plavecký bazén -2, skokanský bazén- 3 realizovaný nebyly. [52]

Plavecký stadion nyní spravuje společnost STAREZ SPORT, a. s. od dubna 2010. V říjnu roku 2010 započala nutná rekonstrukce, kterou kompletně zajišťovalo a financovalo město Brno. Během rekonstrukce byla vyměněna okna, opravena střecha budovy a zrekonstruována část šaten a sprch. V roce 2011 proběhla další nutná revitalizace bazénu, která spočívala v rekonstrukci pánských sprch a toalet. Od září 2011 se návštěvníkům otevřel zcela nový Aquabar s přístupem ze suché i mokré části, který nabízí mimo jiné i unikátní výhled prosklenou stěnou na bazén.

V roce 2012 pokračovalo město Brno v dalších rekonstrukcích. Proběhla kompletní výměna vstupního systému, dokončena byla rekonstrukce šaten i sociálního zázemí. Navíc byla

vyměněna další sada oken na severní stěně bazénu. Společnost STAREZ SPORT v roce 2012 zrekonstruovala zázemí pro dětské návštěvníky, tedy dětský koutek a sociální zařízení.



Obr.7.2 Plavecký bazén za Lužánkami [53]

Krytý plavecký stadion za Lužánkami s padesátimetrovými závodními drahami a dalším zázemím, patří z 98% městu Brnu. Jeho koupi za 19 milionů korun schválili 26. ledna 2009 brněnští zastupitelé. Prodej kryté plavecké padesátky s příslušenstvím nabídl městu Brnu insolvenční správce společnosti, která bazén vlastnila a pro finanční problémy se ocitla na základě rozhodnutí soudu v konkursu. Po zápisu vlastnických změn do katastru nemovitostí spravuje v současnosti plavecký stadion společnost STAREZ SPORT, a. s. [51]

7.1 POPIS AREÁLU PLAVECKÉHO BAZÉNU ZA LUŽÁNKAMI

Plavecký bazén za Lužánkami prošel mnoha rekonstrukcemi. V době, kdy vlastnila areál Kometa PS, a.s. (1989-2009) byla provedena rekonstrukce a zhotovena nová projekční dokumentace Ing. Arch Petrem Ryšavým. Dokumentace byla zhotovena ručně a dostupnost těchto materiálů byla pouze ve formě pdf. Změny jako úpravy příček a zrušení některých toalet nebyly zaznamenány v původní dokumentaci.

Objekt se skládá ze čtyř pater, dle výkresů značených jako:

- první podzemní patro,
- první nadzemní patro,
- druhé nadzemní patro,
- třetí nadzemní patro.

7.1.1 První podzemní patro

V podzemním patře plaveckého bazénu za Lužánkami se nachází kanceláře, obchod s hračkami, strojovna, kotelna, místnost s úpravnou vody, zázemí pro chemické hospodářství a jiné. Pod bazénem v mělké části je dutý prostor, který byl připraven jako zásobárna vody pro žakovský bazén v podzemním patře. K realizaci této zásobárny nedošlo.



Obr.7.3 Prostor pro umístění technologie čištění šedých vod

Tento prostor bude nyní sloužit pro umístění technologické linky čištění šedých vod a bude odvětráván, jakmile dojde k osazení technologické linky popsané v mém návrhu. Rozvody bílé vody jsou plánovány z prostoru pod bazénem a voda bude rozvedena k pěti záchodovým splachovačům v tomto patře.

Dále se v tomto patře nachází prostor pro úpravu bazénové vody. Voda putuje do akumulací nádrže. Před akumulací se do vody přidávají chemikálie jako:

- plynný chlor, který slouží k desinfekci vody
- síran hlinitý k vytvoření vloček,
- skalice modrá pro odstranění řas.

Z akumulace voda pokračuje přes oběhové čerpadlo do cyklonu, kde dochází k míchání chemikálií s vodou. Poté se voda filtruje přes čtyři pískové filtry a přehřívá přes výměník pokračuje do bazénu.



Obr.7.4 Dávkování chemikálii

Na obrázku 7.4 je znázorněno místo pro dávkování plynného chloru (vpravo) a místo pro dávkování skalice modré a síranu hlinitého (vlevo).



Obr.7.5 Akumulace



Obr.7.6 Písková filtrace

7.1.2 První nadzemní patro

V tomto patře se nachází plavecký bazén o osmi dráhách a rozměrech 50x21 m (hloubka 1,8m - 5 m). Bazén má skokanskou věž a skokanské prkny pro veřejnost i vrcholové sportovce.

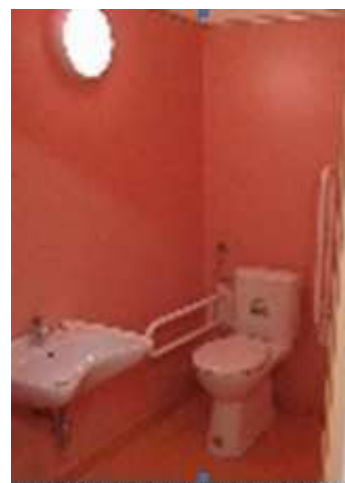


Obr.7.7 Plavecký bazén [53]

U plaveckého bazénu je sociální zařízení, umyvadla a sprchy pro ženy a muže. Spouštění sprchy je pomocí bezdotykového čidla na zdi. Sprchové hlavice „Rado“ jsou umístěny na zdi, zalité v epoxidu. Pro dvě sprchy je jedno odpadní potrubí. Splachování toalet je pomocí nádržkového splachovače. Pisoáry jsou splachovány bezdotykově.



Obr.7.8 Veřejné sprchy



Obr.7.9 Pisoáry a toaleta pro veřejnost

Dále je zde relaxační bazén (dětský bazén) o hloubce 0,8 m a ploše 40 m² s teplotou vody až 33 °C. K relaxačnímu bazénu náleží také zázemí „Dětského vodního světa“, kde je k dispozici prostor s vlastními umývárkami, sociálním zařízením, sprchami a umyvadly, vedle kterých je dostatečný prostor pro odkládání nezbytností či přebalení dětí. [51]



Obr.7.10 Relaxační bazén



Obr.7.11 Sprchy a umyvadla v relaxační části

U ochozu bazénu jsou tři hadice na úklid, které jsou napojeny na pračkový ventil. Ve věřených sprchách jsou tytéž hadice na úklid. Na obrázku 7.12 jsou hadice pro úklid u ochozu bazénu (vpravo) a pro úklid veřejné části (vlevo). Součástí projektu je rozvod bílé vody pro úklid.



Obr.7.11 Místo odběru vody pro úklid u ochozu bazénu



Obr.7.12 Odběrná místa pro úklid

Dále je v prvním nadzemním podlaží vstupní hala, sociální zařízení, výdej klíčů, místnost pro plavčíka a některé prostory jsou pronajaty.

7.1.3 Druhé nadzemní patro

V tomto patře se nachází terasa, sociální zařízení a prodejna potápěčích potřeb. Patro není využíváno jinak než k pronájmu.

7.1.4 Třetí nadzemní patro

Zde je pouze malá podlahová plocha užívaná jako strojovna vzduchotechniky a sklad.

8 NÁVRH NA ŘEŠENÍ SOUČASNÉHO STAVU

Při řešení alternativ úspory vody pro plavecký bazén za Lužánkami, jsme zhodnotila jako nejlepší variantu návrh technologie pro opětovné využití šedých vod. Při výpočtech jsem vycházela ze získaných informací od pana Ing. Richarda Elledera. V plaveckém areálu se odčítají stavy na vodoměrech, které jsou umístěny na vodovodní přípojce do areálu a na přívodu vody do akumulace tzv. vody ředící. Z těchto hodnot jsem vypočítala průměrnou týdenní spotřebu vody pro areál.

Dále jsme získala odečet vodoměrů pro očištné sprchy u bazénu. Dle stanového množství vody pro 1 spláchnutí jsem vypočítala potřebu bílé vody pro záchody. Množství vody pro úklid jsem stanovila dle získaných údajů na základě vlastní analýzy. (jak často je úklid prováděn).

8.1 STANOVÉNÍ SPOTŘEBY VODY PRO AREÁL

Byly mi poskytnuty hodnoty z odečtu vodoměrů na přívodu pitné vody a vody ředící a to pro září – říjen, z nichž jsem stanovila týdenní spotřebu, a poté průměrnou týdenní spotřebu.

Tab.8.1a) Odečet množství vody pro měsíc září

den	datum	vodoměr na přívodu (voda celkem)	voda ředící	spotřeba pro areál (bez ředící vody)	týdenní spotřeba
		[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³ /týden]
ČT	20.IX	71	67	4	
PÁ	21.IX	51	36	15	
SO	22.IX	71	66	5	
NE	23.IX	55	53	2	
PO	24.IX	36	32	4	
ÚT	25.IX	59	44	15	
ST	26.IX	56	45	11	56
ČT	27.IX	63	50	13	
PÁ	28.IX	58	47	11	
SO	29.IX	48	37	11	
NE	30.IX	67	52	15	

Tab.8.1b) Odečet množství vody pro měsíc říjen

den	datum	vodoměr na přívodu (voda celkem)	voda ředící	spotřeba pro areál (bez ředící vody)	týdenní spotřeba
		[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³ /týden]
PO	1.X	26	0	26	
ÚT	2.X	58	48	10	
ST	3.X	78	57	21	107
ČT	4.X	52	41	11	
PÁ	5.X	82	71	11	
SO	6.X	82	71	11	
NE	7.X	45	26	19	
PO	8.X	51	23	28	
ÚT	9.X	71	46	25	
ST	10.X	68	55	13	118

Pozn. Ostatní hodnoty do výpočtu zahrnuty nebyly. Jelikož se jednalo o nadprůměrné týdenní hodnoty. Zvýšené množství bylo způsobeno špatným nadávkováním skalice modré, kdy bylo nutné nadměrné množství zredukovat, a to vyšším množstvím vody ředící.

Průměrná spotřeba vody na vodovodní přípojce:	59 m ³ /den=	416 m ³ /týden
Průměrná spotřeba vody ředící:	46 m ³ /den=	322 m ³ /týden
ztráty vody výparem:	10,0 %	
celková spotřeba vody výparem:	32,2 m ³ /týden	
celková spotřeba vody pro zařizovací předměty:	93,7 m ³ /týden	

Návštěvnost za období 14.11.-21.11	4529 os
celková spotřeba vody za týden pro zařizovací předměty:	93,7 m ³ /týden
celková spotřeba vody za den pro zařizovací předměty:	13,4 m ³ /den
průměrná denní návštěvnost za den:	566 os
množství vody na 1 návštěvníka za týden:	0,165 m ³ /týden
množství vody na 1 návštěvníka za den:	23,6 l/den

8.2 STANOVENÍ PRODUKCE ŠEDÉ VODY

Sprchy pro veřejnost v prvním nadzemním podlaží mají vlastní vodoměry označené jako:

- vodoměr č. 1,
- vodoměr č. 2.

Vodoměry měří oddělené pánské a dámské sprchy. Hodnoty odečtu vodoměrů jsem dostala od pana Ing. Elledera. Spotřeba vody ze sprch je uvažovaná jako produkce šedé vody. Jelikož je logické, že co přiteče, také odeče.

Tab.8.2 Produkce šedé vody

den	datum	vodoměr č. 1		vodoměr č. 2		celkem	týdenní spotřeba
		stav vodoměru ke dni	spotřeba	stav vodoměru ke dni	spotřeba		
		[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³ /týden]
ST	14.XI	800	Ø	1141	Ø	Ø	
ČT	15.XI	803	3	1145	4	7	
PÁ	16.XI	805	2	1149	4	6	
SO	17.XI	807	2	1151	2	4	
NE	18.XI	808	1	1153	2	3	
PO	19.XI	810	2	1156	3	5	
ÚT	20.XI	812	2	1159	3	5	
ST	21.XI	815	3	1163	4	7	37

Počet měřených sprch:

Sprchy ženy: 15 ks
Sprchy muži: 15 ks

Průměrné množství vody na 1 sprchu:

Počet měřených sprch celkem: 30 ks
Týdenní spotřeba pro 1 sprchu: 1,2 m³/týden.ks
Denní spotřeba pro 1 sprchu: 176 l/den.ks

Produkce šedé vody	5285,7 l/den
--------------------	--------------

Pro stanovení celkové produkce šedé vody jsem zahrнула pouze sprchy v prvním nadzemním podlaží, sloužící k očištění u plaveckého bazénu. Umyvadla a sprchy, které nejsou měřeny, jsem nezahrнула.

Produkce šedé vody ze sprch pro veřejnost dostačuje potřebě vody provozní. Svedení vody z neměřených umyvadel a sprch by bylo zbytečné a nákladné.

Zdůvodnění rozhodnutí pro svedení šedé vody pouze ze sprch veřejných:

- nízké náklady na rekonstrukci svodného potrubí,
- dostačující produkce šedé vody.

Sprchy pro veřejnost nemají výhody jen v tom, že je spotřeba vody měřena, ale svodné potrubí je konstruováno tak, že sbírá splaškovou vodu pouze z nich. Tudiž náklady na rekonstrukci budou nižší.

8.3 STANOVENÍ POTŘEBY PROVOZNÍ VODY

Vstupními hodnotami pro výpočet mi byly stavební dokumentace a informace získané od Ing. Richarda Elledera (provozovatele bazénu).

Plavecký bazén za Lužánkami nedávno prošel řadou rekonstrukcí, kde byly mimo jiné osazeny nové záchody s novým úsporným splachováním. Úsporné splachovače mají dvě nádržky, pro splachování malé a velké potřeby. Rozdíl je v množství vody pro vyprázdnění záchodů. Časté uváděné množství pro:

- malé spláchnutí 3 l,
- velké spláchnutí 6 l.

Splachovadla s možností volby jsou osazeny na nových záchodech, ale časem přestaly fungovat. Při své návštěvě areálu jsem si tento fakt ověřila. Po konzultaci s provozovatelem jsem na jedno spláchnutí záchodu počítala s 5 litry vody. Pro spláchnutí pisoárové mísy jsem uvažovala 3 litry na jedno spláchnutí.

Návštěvnost za období od 14. listopadu do 21. listopadu byla 4529 osob. Z této hodnoty jsem stanovila:

denní návštěvnost:	566 osob,
uvažovaný počet žen je 1/2 z denní návštěvnosti:	283 žen,
uvažovaný počet mužů je 1/2 z denní návštěvnosti:	283 mužů.

8.3.1 Výpočet potřeby provozní vody

Postup výpočtu potřeby provozní vody jsem stanovila dle plánované normy ČSN 756780 „Využití šedých a dešťových vod“ a konzultací s Ing. Jakubem Vránou.

Denní potřeba provozní vody byla stanovena dle vztahu:

$$Q_{24} = q_{wc} \cdot n + q_{pis} \cdot n + q_{úkl} \cdot n, \quad (1.1)$$

kde q_{wc} ... potřeba vody pro splachování záchodových mís [l/(osoba.den)],

q_{pis} ... potřeba vody pro splachování pisoárů [l/(osoba.den)],

$q_{úkl}$... potřeba vody pro úklid [l/(m².den)],

n ... počet měřených jednotek [počet osob, obyvatel, lůžek, m²],

Q_{24} ... denní potřeba provozní vody [l/den].

Stanovení potřeby provozní vody pro WC a pisoáry

V tabulce je zahrnut výpočet provozní vody pro zařizovací předměty dle výpočtového vztahu (1.1).

Tab.8.3 Potřeba provozní vody pro WC a pisoáry

patro	WC			Pisoáry			celkem
	počet WC (nepočítaná položka)	spotřeba vody	počet osob/počet použití den	počet pisoárů (nepočítaná položka)	spotřeba vody	počet osob/počet použití den	
		q_{wc}	n		q_{pis}	n	
ks	l/os.den	os/den	ks	l/os.den	os/den	l/zařízení.den	
Patro 1PP jedná se o zařizovací předměty pro kanceláře a zaměstnance strojovny							
1PP	5	5	6	-	-	-	60
Patro 1NP jedná se o zařizovací předměty ve vstupní hale a v první pomoci							
1NP	4	5	3	-	-	-	15
1NP	-	-	-	1	3	3	9
Patro 1NP jedná se o zařizovací předměty u části relaxace (dětského bazénku)							
1NP	1	5	20	-	-	-	100
Patro 1NP jedná se o zařizovací předměty pro veřejnost u bazénu							
1NP	4	5	94	-	-	-	472
1NP	-	-	-	4	3	283	849
1NP	5	5	283	-	-	-	1415
Patro 2NP jedná se o zařizovací předměty pro prodejnu potápěcích potřeb							
2NP	6	5	2	-	-	-	20,0

muži
muži
ženy

Poznámka:

1PP – Zde jsem uvažovala, že každý zaměstnanec na záchod půjde dvakrát za směnu.

1NP Veřejná část areálu – předpokládala jsem, že:

- každá žena půjde alespoň jednou na záchod,
- každý muž půjde alespoň jednou na pisoár a 1/3 z nich na záchod.

2NP – Rozvody pro tyto záchody nebudou plánovány, z důvodu nákladů a malému počtu osob pohybující se v tomto patře.

WC:

Potřeba provozní vody pro zařizovací předměty: 2062 l/den

Pisoáry

Potřeba provozní vody pro zařizovací předměty: 858 l/den

Potřeba provozní vody na den pro WC, pisoary: 2920 l/den

Stanovení potřeby provozní vody pro úklid

Množství vody pro úklid 1m² jsem převzala z plánované normy ČSN 756780 „Využití šedých a dešťových vod“ a počet úklidů jsem konzultovala s provozovatelem bazénu.

Tab.8.4 Potřeba provozní vody pro úklid

patro	počet výlevek (nepočítaná položka)	potřeba vody	podlahová plocha	počet úklidů za den	celkem na úklid
		q _{úkl}	n		l/den
	ks	l/m ²	m ²		
Patro 1PP jedná se o podlahovou plochu toalet pro zaměstnance a společných chodeb					
1PP	-	0,3	406,90	1	122,07
Patro 1NP jedná se o podlahovou plochu pro vstupní halu, první pomoci, bufet, výdej klíčů atd. umývány 2krát denně					
1NP	1	0,3	521,59	2	312,95
Patro 1NP jedná se o podlahovou plochu pro veřejné šatny, sprchy a WC, dětského sprchy a WC umývány 7krát denně					
1NP	3	0,3	599,36	7	1258,66
Patro 1NP jedná se o podlahovou plochu ochozu bazénu umývaného 2krát denně					
1NP	3	0,3	713,90	2	428,34
Patro 2NP jedná se o podlahovou plochu pro prodejnu potápěčích potřeb					
2NP	-	0,3	99,30	1	29,79

Poznámka: 1NP Ochoz bazénu – přívod provozní vody bude plánován jen pro dvě odběrná místa pro úklid. Jedno odběrné místo je umístěno mimo plánovaný rozvod provozní a napojení by bylo neekonomické.

Potřeba provozní vody pro úklid: 2152 l/den

Celková produkce provozní vody

Jakmile jsou stanoveny dílčí výpočty potřeby vody, je možné vypočítat denní potřebu provozní vody podle vztahu (1.1).

Potřeba provozní vody pro úklid:	2152 l/den
Potřeba provozní vody na den pro WC, pisoáry:	2920 l/den
Celková potřeba provozní vody:	5072 l/den

8.4 POSOUZENÍ VYUŽITÍ ŠEDÉ VODY

V předchozích výpočtech byla stanovena produkce šedých vody a potřeba vody provozní.

Souhrn závěrečné hodnoty výpočtu:

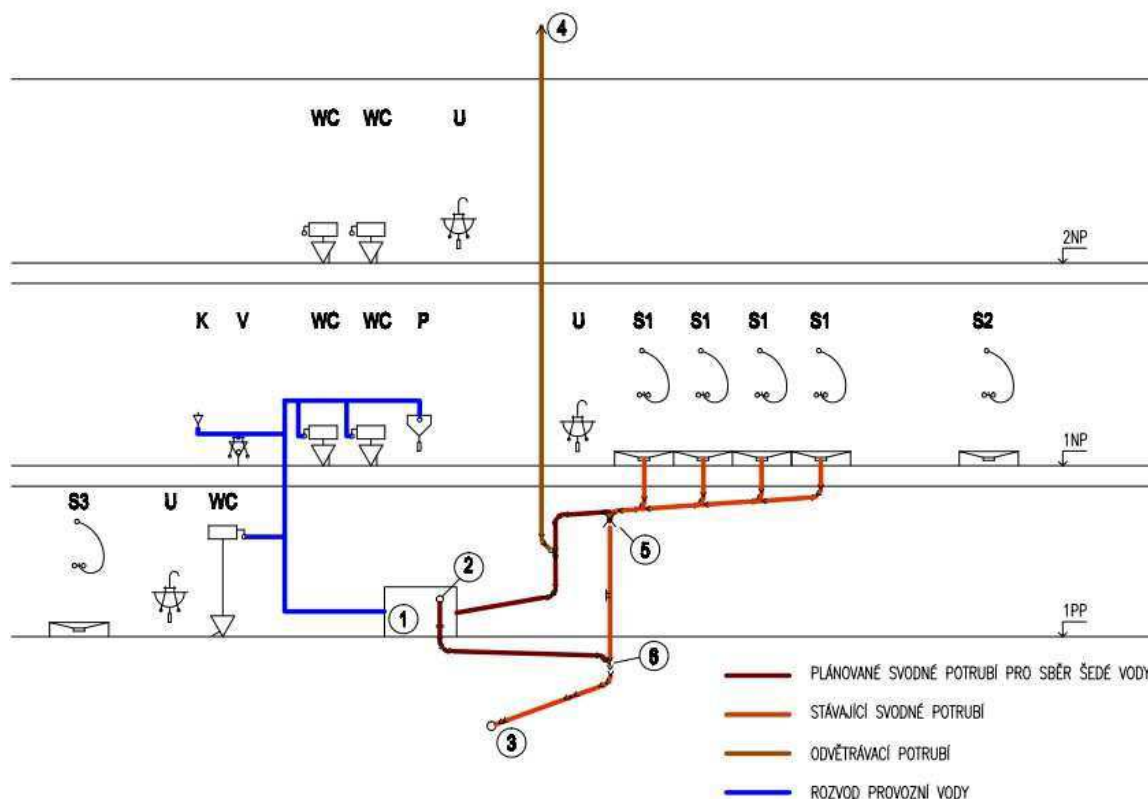
Celková potřeba provozní vody:	$Q_{24} =$	5072 l/den
Produkce šedé vody:	$Q_{prod} =$	5286 l/den

Ideální je pokud platí vztah dle ČSN 756780:

$$Q_{24} \leq Q_{prod} \quad (1.2)$$

kde Q_{prod} ... denní objem vyprodukované šedé vody [l/den],
 Q_{24} ... denní potřeba provozní vody [l/den].

Produkce šedé vody je o něco vyšší než celková potřeba provozní vody, ale vzhledem k tomu, že stávající svodné potrubí svádí pouze veřejné sprchy, produkci bych nesnižovala, zvýšily by se tím náklady. Nevyužitá šedá voda bude přepadat bezpečnostním přepadem do kanalizace. Rozvody provozní vody tzv. bílé vody jsou plánovány ke všem pisoárům, záchodům a odběrným místům pro úklid v IPP a INP.



Obr.8.1 Schéma recyklace vody v budově

Na obrázku 8.1 je znárodněno schéma rozvodu provozní vody a sběru šedé vody. Šedá voda bude svedena stávajícím potrubím. Ve společném svodném místě ze všech sprch pro veřejnost (S1) bude potrubí přerušeno -5, osazeno novou tvarovkou a připojeno na nové svodné potrubí. Dále bude šedá voda pokračovat do čisticí jednotky -1. Při nedostatečném odběru provozní vody nebo při poruše zařízení bude voda přepadat bezpečnostním přepadem -2 do stávajícího kanalizačního potrubí -6 a poté do uliční stoky -3. Kvůli vznikajícím zápachajícím plynům musí být přívodní potrubí odvětrávané – 4. Voda z umyvadel (U), ani voda z ostatních sprch (S2, S3) nebude pro recyklaci použita, protože produkce sprch S1 bohatě dostačuje. Bílá voda bude rozvedena novým vodovodním potrubím k potřebě splachování (záchodů –WC, pisoárů –P) a pro úklid (K- pračkový kohout s hadicí, V- výlevka). Zařizovací předměty v druhém nadzemním podlaží napojeny nebudou z důvodu jejich vzdáleného umístění od čisticí jednotky a malého počtu zaměstnanců (2osoby).

8.5 NÁVRH SVODNÉHO POTRUBÍ

Návrh svodného potrubí jsem provedla dle skript zdravotnické, kde je popsán postup výpočtu průtoku splaškových vod podle ČSN EN 12056. Výpočet jsem konzultovala s Ing. Jakubem Vránou Ph.D..

Výpočet průtoku splaškových vod [52]:

$$Q_{ww} = K \cdot \sqrt{\sum DU} , \quad (1.3)$$

kde K ... součinitel odtoku [$l^{0,5} \cdot s^{-0,5}$],
 ΣDU ... součinitel výpočtových odtoků [$l \cdot s^{-1}$],
 Q_{ww} ... průtok splaškových vod [$l \cdot s^{-1}$].

Součinitel odtoku K byl zvolen podle způsobu odběru vody, a to pro skupinové zařizovací předměty s nárazovým odběrem vody jako například hromadné umyvárny a sprchy.

Jelikož bude využito stávající potrubí, počítat budu pouze hlavní svodné potrubí uložené pod stropem.

Počet napojených sprch: 30 ks
 Součinitel odtoku K : 1 $l^{0,5}/s^{0,5}$
 Výpočtová odtok pro sprchu: 0,6 l/s

$$Q_{ww} = 1 \cdot \sqrt{30 \cdot 0,6} = 18 \text{ l/s}$$

Tab.8.5 Dimenzování splaškových odpadních potrubí [52]

hydraulická kapacita	jmenovitá světlost	
	odpadní a samostatné větrací potrubí	doplňkové větrací potrubí
0,6	60	50
2,6	70	50
4,6	90	50
7,3	100	50
10	125	70
18,3	150	90

Dle tabulky 8.5 jsem navrhla dimenzi svodného potrubí DN150.

8.6 NÁVRH VODOVODNÍHO POTRUBÍ

Návrh nového vodovodního potrubí jsem provedla podle skript zdravotnické, postup výpočtu vychází z normy ČSN73 6655. Výpočet jsme konzultovala s Ing. Jakubem Vránou Ph.D..

Výpočtový průtok se pro potrubí stanoví podle typu budovy následovně ze vztahu, který se používá pro objekty s hromadným a nárazovým odběrem vody.

Jedná se o vztah [52]:

$$Q_v = \sum \varphi_i \cdot q_i \cdot n_i , \quad (1.4)$$

kde φ_i ... součinitel současnosti odběru vody z výtokových armatur stejného druhu [-],

q_i ... jmenovitý výtok jednotlivých druhů výtokových armatur [l. s⁻¹],

n_i ... počet výtokových armatur stejného druhu [-],

Q_v ... výpočtový průtok [l. s⁻¹].

Výpočet dimenzí byl proveden po úsecích, kde jednotlivé úseky byly rozděleny do tabulky a dimenzovány zvlášť.

Při výpočtu dimenzí jsem uvažovala rychlost proudění 1-2 m/s. Součinitel současnosti odběru vody z výtokových armatur a jmenovitý výtok jednotlivých druhů výtokových armatur jsem převzala ze skript zdravotnické a podkladů, které poskytuje firma Rehau v programu Techcon.

Tab.8.6 Součinitel současnosti

Výtoková armatura	Součinitel současnosti
Nádržkový splachovač	0,3
Pisoáry	0,2
Výlevka	0,3
Pračkový ventil	0,3

Tab.8.7 Jmenovitý výtok

Výtoková armatura	DN	Jmenovitý výtok
Nádržkový splachovač	15	0,1
Pisoáry	15	0,15
Výlevka	15	0,1
Pračkový ventil	20	0,4

Tab.8.8 Návrh dimenzí jednotlivých úseků

úsek	WC			Pisoár			Výlevka			Pračkový ventil			Q _v m ² /s	V _{skut} m/s	DN mm
	φ	q _i	n _i	φ	q _i	n _i	φ	q _i	n _i	φ	q _i	n _i			
1	0,3	0,1	2										0,06	0,6	16x2,2
2	0,3	0,1	3										0,09	0,9	16x2,2
3	0,3	0,1	4										0,12	1,2	16x2,2
4	0,3	0,1	5										0,15	1,5	16x2,2
5	0,3	0,1	5							0,3	0,4	1	0,27	1,55	20x2,8
6	0,3	0,1	5							0,3	0,4	2	0,39	1,6	25x3,5
7	0,3	0,1	5	0,2	0,2	4				0,3	0,4	2	0,51	1,2	32x4,4
8	0,3	0,1	9	0,2	0,2	4				0,3	0,4	2	0,63	1,7	32x4,4
9	0,3	0,1	10	0,2	0,2	4				0,3	0,4	3	0,78	1,9	32x4,4
10	0,3	0,1	19	0,2	0,2	5	0,3	0,1	1	0,3	0,4	5	1,35	2,1	40x5,5
Vedlejší větve															
11	0,3	0,1	1										0,03	0,3	16x2,2
12										0,3	0,4	1	0,12	0,7	20x2,8
13	0,3	0,1	1							0,3	0,4	1	0,15	0,95	20x2,8
14	0,3	0,1	3	0,2	0,2	1	0,3	0,1	1				0,15	0,95	20x2,8
15	0,3	0,1	1										0,03	0,3	16x2,2
16	0,3	0,1	4	0,2	0,2	1	0,3	0,1	1				0,18	1,1	20x2,8
17	0,3	0,1	4	0,2	0,2	1	0,3	0,1	1	0,3	0,4	1	0,3	1,26	25x3,5
18	0,3	0,1	3										0,09	0,9	16x2,2
19	0,3	0,1	5										0,15	0,9	20x2,8
20	0,3	0,1	9	0,2	0,2	1	0,3	0,1					0,3	1,26	25x3,5
21	0,3	0,1	9	0,2	0,2	1	0,3	0,1	1	0,3	0,4	1	0,45	1,8	25x3,5

Číslování úseku bude znázorněno v příloze 3.

8.7 ROZBOR ŠEDÉ VODY

Z plaveckého bazénu za Lužánkami jsem s pomocí strojníků odebrala vzorek šedé vody ze sprch. Vzorek byl odebrán do tří láhví a odevzdán k rozboru. Na ulici Masné ve zkušební laboratoři mi propůjčili skleněnou lahev pro mikrobiologický rozbor. Pro chemický rozbor byly dostačující dvě láhve od neochucené minerálky. Rozbor byl proveden na Odboru hygienických laboratoří v Brně vedený pod Zdravotním ústavem se sídlem v Ostravě.

Před rokem byl v plaveckém bazénu proveden také odběr vzorku šedé vody a výsledky budou srovnány s letošními. Protokoly budou přílohou této práce (příloha č.1, příloha č.2)

8.7.1 Chemický rozbor šedé vody

Brněnská laboratoř provedla rozbor mého odebraného vzorku vody. Výsledkem chemického rozboru bylo stanoveno množství:

- amoniakálního dusíku,
- BSK₅,
- dusíku celkového,
- fosforu celkového,
- CHSK-Cr,
- nerozpuštěných látek,
- pH,
- tenzidů anionaktivních,
- zákalu.

Tab.8.9 Výsledky chemického rozboru dvou vzorků

ukazatel	vzorek č. 1		vzorek č. 2		závěr		
	hodnota	jednotka	hodnota	jednotka	rozdíl	jednotka	nejistota [%]
BSK ₅	75	mg/l	92	mg/l	17	mg/l	10
dusík celkový	11,5	mg/l	12,5	mg/l	1	mg/l	9
fosfor celkový	0,18	mg/l	0,07	mg/l	0,11	mg/l	8
CHSK- Cr	180	mg/l	190	mg/l	10	mg/l	8
NL (105°C)	44	mg/l	56	mg/l	12	mg/l	11
pH	6,67		6,22		0,45		4
tenzidy anionaktivní	0,6	mg/l	16	mg/l	15,4	mg/l	12
zákal	27	ZF (t)	35	ZF (t)	8	ZF (t)	8

Vzorek č. 1 byl odebrán dne 6.12.2011 a vzorek č. 2 byl odebrán dne 21.12.2012.

Výsledky chemického rozboru se liší jen nepatrně s ohledem na uvedenou nejistotu testu.

8.7.2 Mikrobiologický rozbor šedé vody

Výsledkem mikrobiologického rozboru byly hodnoty ukazatelů:

- Escherichia coli,
- enterokoky,
- koliformní bakterie,
- Pseudomonas aeruginosa.

Tab.8.10 Výsledky mikrobiologického rozboru dvou vzorků

ukazatel	vzorek č. 1		vzorek č. 2		závěr		
	hodnota	jednotka	hodnota	jednotka	rozdíl	jednotka	nejistota [%]
Escherichia coli	0	KTJ/ml	0	KTJ/ml	0	KTJ/ml	-
enterokoky	0	KTJ/ml	0	KTJ/ml	0	KTJ/ml	-
koliformní bakterie	0	KTJ/100ml	10	KTJ/100ml	10	KTJ/100ml	37
Pseudomonas aeruginosa	0	KTJ/100ml	40	KTJ/100ml	40	KTJ/100ml	49

Vzorek č. 1 byl odebrán dne 6.12.2011 a vzorek č. 2 byl odebrán dne 21.12.2012.

8.7.3 Posouzení kvality šedé vody

Zatím v České republice neexistuje žádná schválená norma na hodnocení kvality šedých vod. Proto jsem hodnoty srovnala s normou BS 8525-1:2010 a vyhláškou 238/2011 o stanovení hygienických požadavků na koupaliště.

Tab.8.11 Srovnání výsledků rozboru s BS 8525-1:2010

ukazatel	orientační hodnoty dle BS 8525-1:2010	výsledné průměrné hodnoty bazénu za Lužánkami	jednotky
Escherichia coli	250	0	KTJ/ml
enterokoky	100	0	KTJ/ml
koliformní bakterie	1000	10	KTJ/100ml
pH	5-9,5	6,22-6,67	
Zákal	<10	27-35	ZF (t)

Tab.8.12 Srovnání výsledků rozboru s vyhláškou 238/2011 sb.

ukazatel	vyhláška 238/2011 sb.		výsledné průměrné hodnoty bazénu za Lužánkami	jednotky
	Upravená voda před vstupem do bazénu	Bazénová voda během provozu mezní hodnoty		
Escherichia coli	0	0	0	KTJ/ml
koliformní bakterie	20	100	10	KTJ/100ml
Pseudomonas aeruginosa	0	0	40	KTJ/100ml
pH	-	6,5-7,6	6,22-6,67	
Zákal	-	0,5	27-35	ZF (t)

Z uvedených tabulek je zřejmé, že šedá voda je nízko zatížena. Přesto, že odebíraný vzorek nebyl nijak čištěn ani upravován, hodnoty jsou srovnatelné s normou i vyhláškou. Nedostatky jako je zákal a *Pseudomonas aeruginosa* budou při úpravě vody odstraněny desinfekcí a filtrací.

8.8 NÁVRH TECHNOLOGICKÉ LINKY

Vzhledem k vysoké produkci šedých vod bude navržena technologická linka pro recyklaci této vody. Bude sloužit k čištění šedých vod a k akumulaci vyčištěné vody. Svodné potrubí šedé vody zaústěné do technologie bude mít dimenzi DN150. Rozvod bílé vody z linky bude z polyetylénu v dimenzi 40x5,5.

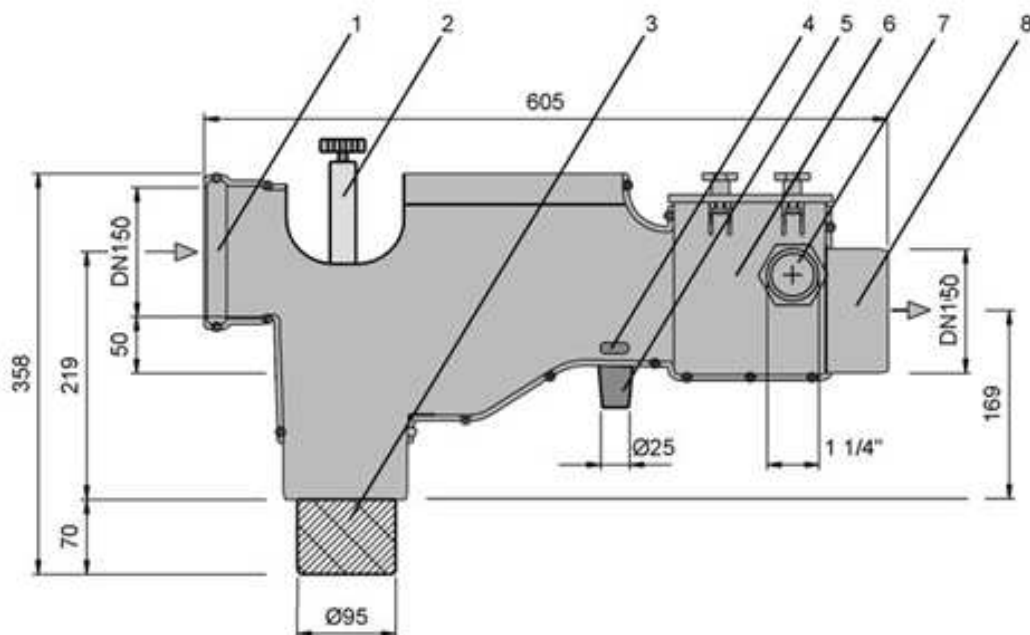
Technologická linka čištění se skládá z těchto základních částí, kde se jedná se o:

- filtr k zachycení mechanických nečistot,
- ponorné čerpadlo z vyrovnávací nádrže,
- vyrovnávací a akumulární nádrž,
- reakční nádrž,
- membránový modul,
- dmychadlo,
- čerpadlo permeátu,
- ponorné čerpadlo,
- membránová tlaková nádoba,
- tlakový spínač,
- UV lampa,
- zařízení sloužící k hlídání hladiny,
- průtokoměr,
- solenoidový ventil,
- potrubí, armatury.

Návrh technologie byl navržen pro plavecký bazén za Lužánkami a jednotlivé komponenty jsem konzultovala s firmou Asio, spol. s.r.o.. Schéma technologické linky bude umístěno v příloze (příloha č.4).

8.8.1 Filtr k zachycení mechanických nečistot

K předčištění šedé vody na vstupu do technologické linky slouží zařízení Aqualoop. Hrubé nečistoty jsou zachyceny na vyjímatelném síťovém filtru a integrovaný zpětný ventil zabráňuje zpětnému toku vody. Výhodou toho systému je spojení filtru a bezpečnostního přepadu, dále možnost připojení čerpadla kalu a odtah přebytečného kalu do kanalizace.[80]



- 1- přítok, 2- držák vyjímatelného síťového filtru, 3- síťový filtr, 4- sběrač přetékající vody, 5- sací ventil s napojením na hadici, 6- zpětný ventil, 7- napojení čerpadla přebytečného kalu, 8- bezpečnostní odtok

Obr.8.2 Filtr k zachycení mechanických nečistot Aqualoop [80]

Filtr se osazuje na přívodu vody do vyrovnávací nádrže a přes bezpečnostní přepad bude napojen do kanalizace.

Údržbu je třeba provádět jednou za dva dny a to vyčistěním vyjímatelného síťového filtru.

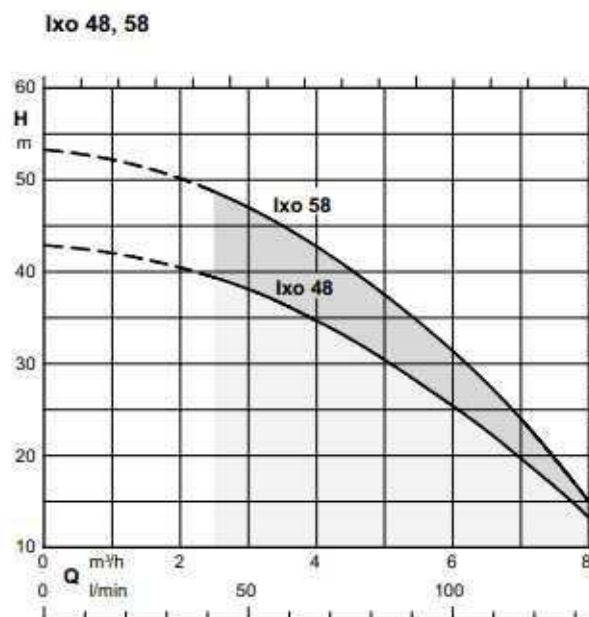
8.8.2 Ponorné čerpadlo z vyrovnávací nádrže

Pro transport vody z vyrovnávací nádrže do reakční nádrže bude sloužit ponorné čerpadlo firmy KSB typu Ixo 48. Ponorné čerpadlo se využívá pro dopravu vody z čistíren, nádrží, studní a pro využití dešťové vody. Čerpadlo je provedeno jako vícestupňové odstředivé čerpadlo v blokovém provedení pro zcela anebo z části ponořený provoz (minimální hloubka ponoření 0,1 m) s hluboko umístěným nátokem a sacím košem s max. šířkou ok 2,5 mm. [62]



Obr.8.3 Ponorné čerpadlo KSB [62]

Výška ponorného čerpadla je 448mm.



Obr.8.4 Charakteristika ponorného čerpadla [62]

8.8.3 Vyrovnávací a akumuláční nádrž

Vyrovnávací nádrž slouží k zachycení šedé nevyčištěné vody a akumuláční nádrž slouží k uskladnění vody před jejím využitím. Z vyrovnávací nádrže bude bezpečnostní přepad do kanalizace. Obě nádrže budou vyrobeny na zakázku firmou Asio. Pro výpočet objemu jsem

zvolila dobu zdržení 8 hodin. Akumulační i vyrovnávací nádrž jsem zvolila ve stejných velikostech.

Návrhový objem nádrže:

$$V_n = \theta \cdot Q_{prod} , \quad (1.5)$$

kde θ ... návrhová doba zdržení [hod],
 Q_{prod} ... objem vyprodukované šedé vody [m³/hod],
 V_n ... návrhový objem nádrže [m³]

Dle výpočtového vztahu jsem navrhla potřebný návrhový objem akumulční a vyrovnávací nádrže.

$$V_n = 8 \cdot 0,22 = 2,20m^3$$

Na tento objem jsem se spoluprací s firmou Asio navrhla rozměry nádrží a objem skutečný.

Rozměry akumulční a vyrovnávací nádrže:

$$\begin{aligned} a &= 1,00 \text{ m}, \\ b &= 1,50 \text{ m}, \\ h &= 1,50 \text{ m}. \end{aligned}$$

kde a ... délka [m],
 b ... šířka [m],
 h ... výška [m],

Návrh rozměrů jsem provedla ve spolupráci s firmou Asio a z toho vychází skutečný objem:

$$V_{skut} = 2,25m^3.$$

Větší objem a rozměry byly zvoleny s ohledem na reakční nádrž, aby bylo možné nádrže vyrobit výškově a délkově stejné.

8.8.4 Reakční nádrž

V reakční nádrži budou umístěny membránové moduly, proto výška a délka nádrže by měla být adekvátní k nim. Výpočet objemu reakční nádrže byl proveden dle vzorce:

$$V = \frac{c_o \cdot Q_{prod}}{B_v} , \quad (1.6)$$

kde c_o ... koncentrace BSK₅ na přítoku [mg/l],
 Q_{prod} ...objem vyprodukované šedé vody [m³/hod],
 B_v ... objemové zatížení kalu[kg.m⁻³.d⁻¹].

Vstupními hodnoty byly:

- koncentrace BSK₅ na přítoku, která byla odečtena a mírně navýšena z chemického rozboru odebrané šedé vody z bazénu za Lužánkami (viz kapitola 8.7.1),
- objem vyprodukované šedé vody byl stanoven odečtem (viz. kapitola 8.2),
- objemové zatížení kalu jsme konzultovala s firmou Asio.

Objemové zatížení kalu bylo stanoveno dle:

$$B_v = E_x \cdot f_o \cdot X , \quad (1.6)$$

kde E_x ... látkové zatížení kalu [kg.kg⁻¹.d⁻¹],
 f_o ... podíl organických látek [-],
 X ... koncentrace kalu[kg.m⁻³].

$$B_v = 0,01 \cdot 0,8 \cdot 14 = 0,112 \text{ kg.m}^{-3}.\text{d}^{-1}$$

Výpočet objemu reakční nádrže:

$$V = \frac{100/1000 \cdot 5,29}{0,112} = 4,7 \text{ m}^3$$

Navržené rozměry:

$$\begin{aligned} h &= 1,5 \text{ m} \\ b &= 1,5 \text{ m} \\ a &= 2 \text{ m} \end{aligned}$$

kde a ... délka [m],
 b ... šířka [m],
 h ... výška [m].

Skutečný objem reakční nádrže bude tedy: $V_{\text{skut}} = 4,5 \text{ m}^3$.

Tudíž celkový komponent zahrnující reakční, vyrovnávací a akumulční nádrž dělaná na zakázku firmou Asio bude mít rozměry:

$$h_t = 1,5 \text{ m} \quad \text{výška}$$

$$b_t = 1,5 \text{ m} \quad \text{šířka}$$

$$a_t = 4 \text{ m} \quad \text{délka}$$

Objem celé technologické linky bude: $V_{skut} = 9 \text{ m}^3$.

8.8.5 Membránový modul

Do reakční nádrže byly navrženy membránové filtry siClaro firmy Martin Systems. Membrány se používají pro malé čističky a oddělují nejmenší částice od vody. Jedná se o ploché membrány s polymerů. [55]

Součástí dodávky membránového modulu jsou i potřebné aerační elementy a čerpadlo. Přídavné aerátory není třeba navrhovat, množství vzduchu pro membrány postačí pro potřebné procesy čištění.

Provedla jsem návrh z membránových modulů dle podkladů firmy Martin Systems.

Tab.8.13 Parametry modulu siClaro [56]

parametr	typ siClaro	
	FM 611	jednotka
plocha	6,25	m ²
průměrný průtok	2,73	m ³ /den
max. průtok	3,675	m ³ /den



Obr.8.5 Membránový modul [56]

Návrh jsem provedla dle vstupních parametrů, požadovaného průtoku a dovolené maximální výšky reakční nádrže. Navrhla jsem tři membrány potřebné pro technologickou linku.

Tab.8.14 Rozměry modulu siClaro [56]

parametr	typ siClaro	
	FM 611	jednotka
rozměry (LxBxH)	423 x 289 x 805	mm
váha	14	kg

8.8.6 Dmychadlo

Pro přívod vzduchu do reakční nádrže jsem navrhla dmychadlo firmy Kubíček typu 3D19A-050. Popis znamená:

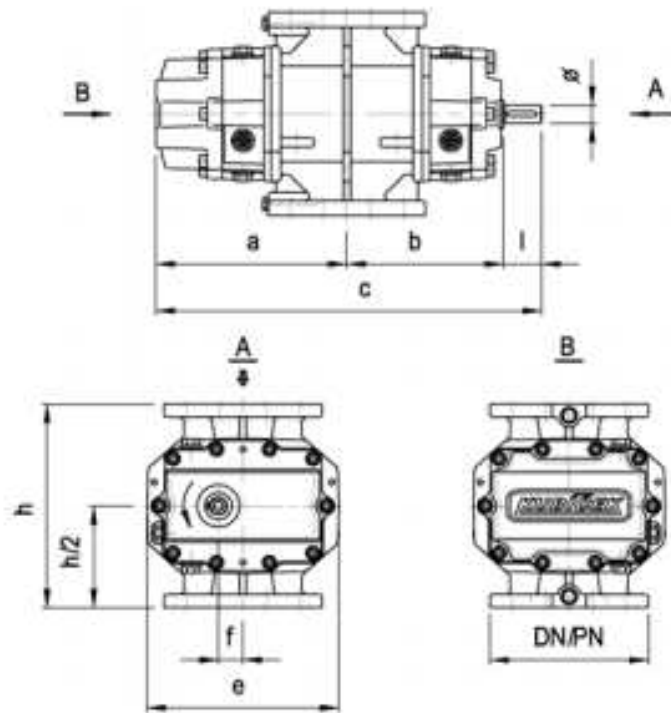
- 3- značí, že se jedná o dmychadlo se třízubovým rotorem,
- D- jedná se standardní typ (vzduch),
- 19- značí velikost vstupní hřídele,
- A- je šířka skříně,
- 050- velikost příslušenství. [60]

Tab.8.15 Rozměry dmychala [60]

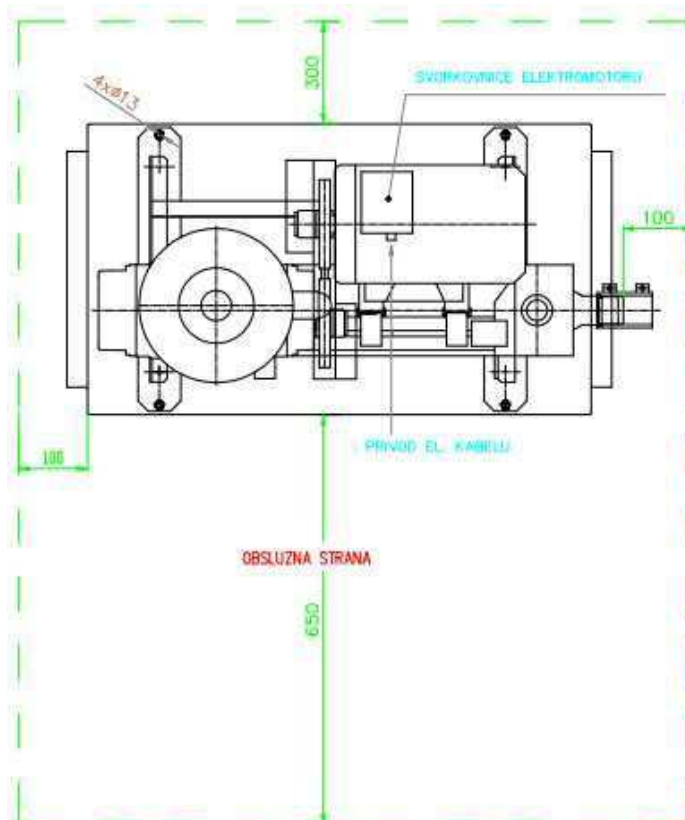
parametr	3D19A-050
a (mm)	172
b (mm)	136
c (mm)	348
e (mm)	203
f (mm)	26
h (mm)	216
Ø (mm)	19
l (mm)	40

Tab.8.16 Parametry dmychadla [60]

parametr	3D19A-050
Δp tlaková diference (kPa)	30
Q objemový průtok na sání (m ³ /min)	0,82
n ₁ otáčky elektromotoru (1/min)	2860
n ₂ otáčky dmychadla (1/min)	2383
P ₁ otáčky dmychadla (kW)	1,5
P ₂ příkon dmychadla (kW)	0,82



Obr.8.6 Rozměry dmyhadla [60]



Obr.8.7 Minimální vzdálenosti dmyhadla od pevných překážek [61]

8.8.7 Čerpadlo permeátu

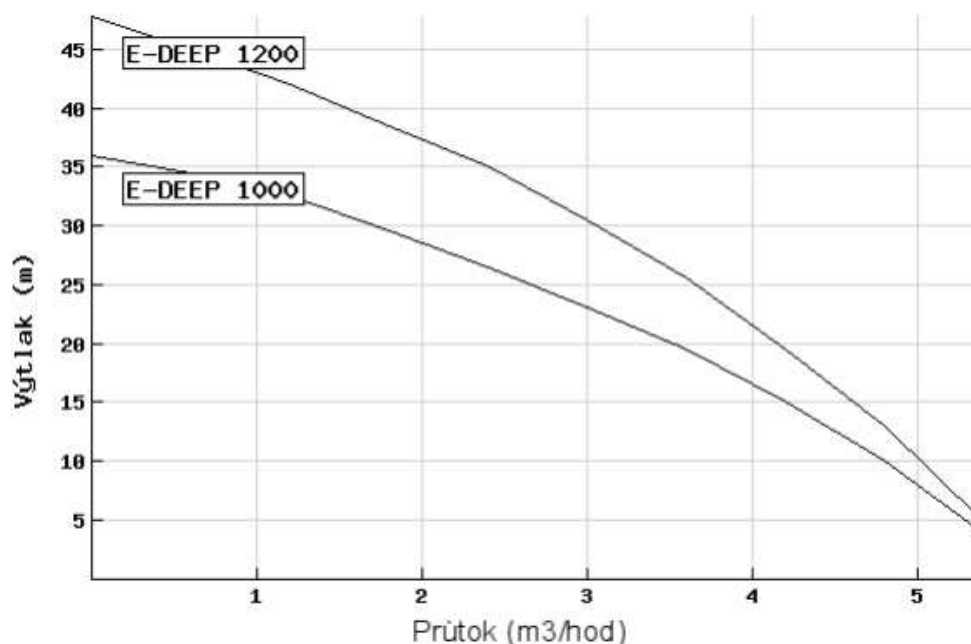
Dle informací získaných z dokumentace k membránovému modulu firmy Martin Systems a konzultací s firmou Asio je toto čerpadlo součástí dodávky membránového modulu.

8.8.8 Ponorné čerpadlo

Jedná se o čerpadlo, které bude dopravovat bílou vodu k místům jejich využití. Dopravovaná voda bude použita k splachování záchodů a pro úklid. Ponorné čerpadlo má zabudovanou elektronickou jednotku k zajištění automatického provozu a ochranu proti chodu na sucho. Čerpadlo má zcela tichý provoz. Pomocí snímače se zabrání chodu na prázdko. Součástí dodávky čerpadla je zabudovaná zpětná klapka a jemné nerezové síto zabraňující nasátí větších nečistot.

Ponorného čerpadlo je řízené tzv. presscontrolem, které sepne čerpadlo při poklesu tlaku pod zapínací hodnotu a nechá jej běžet, dokud nepřestane protékat voda. Pokud se tak stane, systém se natlakuje na maximální tlak, jakého je čerpadlo schopno dosáhnout. Presscontrol zároveň čerpadlo ochrání proti poškození chodem na sucho. [64]

Navrhla jsem automatické ponorné čerpadlo DIVERTRON / E-DEEP distribuovaný firmou Sigmont s.r.o.

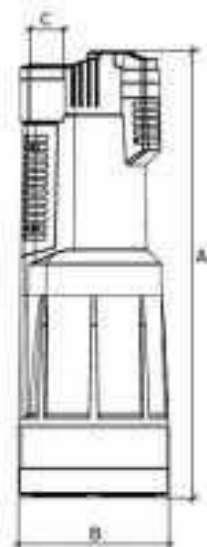


Obr.8.8 Charakteristika čerpadla [64]

Navrhla jsme ponorné čerpadlo E-deep 1200 s rozměry dle tab.8.17.

Tab.8.17 Rozměry ponorného čerpadla E-DEEP [64]

parametr	E-DEEP 1200
výška A (mm)	480
šířka B (mm)	150
připojení C (mm)	1"
váha (kg)	11



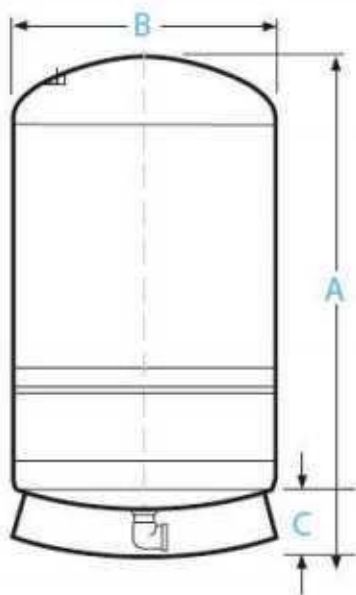
Obr.8.9 Rozměry čerpadla E-DEEP [64]

8.8.9 Membránová tlaková nádoba

Na doporučení prodejce obchodní společnosti Pumpa, jsem navrhla expanzní nádobu, prodávanou firmou Pumpa, expanzomat PWB100V stojatý s objemem 100 l. Nádoba bude umístěna na rozvodu bílé vody a bude vyrovnávat přetlaky.

Tab.8.14 Parametry nádoby Global Water [57]

parametr	reflex S
objem (l)	100
hmotnost (kg)	18,9
průměr "B" (cm)	43
výška "A" (cm)	80,4
výška vypouštění "C" (cm)	13,1



Obr.8.10 Rozměry nádoby Global Water [57]

Všechny připojení jsou z nerezové oceli. Tlakové nádoby PressureWare jsou používány pro domácí vodárny, zavlažovací systémy nebo u ohřivačů TUV. [57]

8.8.10 Tlakový spínač

Na vodovodním potrubí bílé vody bude umístěn pěticestý ventil 1"-82mm distribuovaný prodejcem Pumpa sekce armatury Bugatti. Na ventil bude připojen:

- standardní manometr prodejce Pumpa,
- tlakový spínač prodejce Pumpa,
- Membránová tlaková nádoba PressureWave prodejce Pumpa.

Expanzomat, manometr a tlakový spínač jsem si nechala navrhnout prodejcem firmy Pumpa.

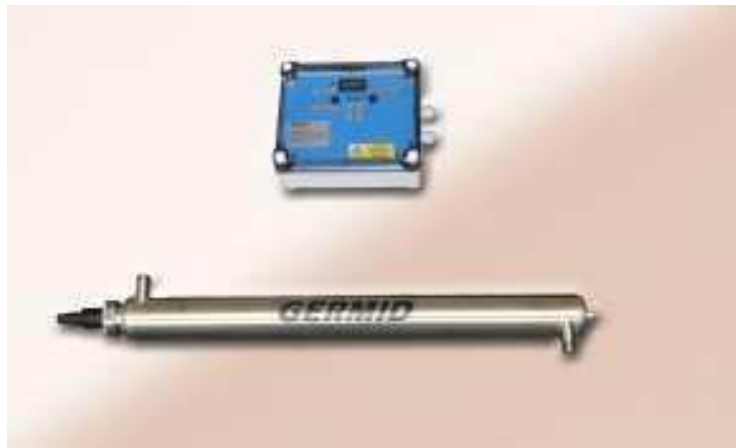
Manometry standardní řady se nejčastěji používají pro jednoduché měření tlaku kapalin, par a plynů, které nepůsobí korozivně na slitiny mědi a bez vysoké viskozity media. Jsou vhodné do podmínek, kde nejsou kladeny vysoké nároky na manometr. [63] Tlakový spínač byl navržen TSA 3S05M, vyráběný firmou ZPA EKOREG spol. s r.o. a distribuovaný společností Pumpa.

8.8.11 UV lampa

Desinfekce vody bude zajištěna pomocí ultrafialového záření. Navrhla jsem UV lampu od firmy Germid typ 025. Lampa slouží k likvidaci mikroorganismů, jako jsou bakterie, viry, plísňe, kvasinky, houby a řasy. Rozměry UV lampy jsou 635 x 160/ 84 mm (výška x šířka /průměr).

Tab.8.15 Parametry UV lampy [58]

parametr	Germid 025
max. průtok (m ³ /hod)	1,2
záření (J/m ²)	400
příkon (W)	25
vystup/výstup	3/4"
připojení (V)	230



Obr.8.11 UV lampa [58]

8.8.12 Zařízení sloužící k hlídání hladiny

Zařízení bude sloužit k hlídání hladiny v akumulární, reakční a vyrovnávací nádrži. Jedná se o ultrazvukový snímač EchoSonic. Navrženy jsou tři snímače hladiny LU 27.



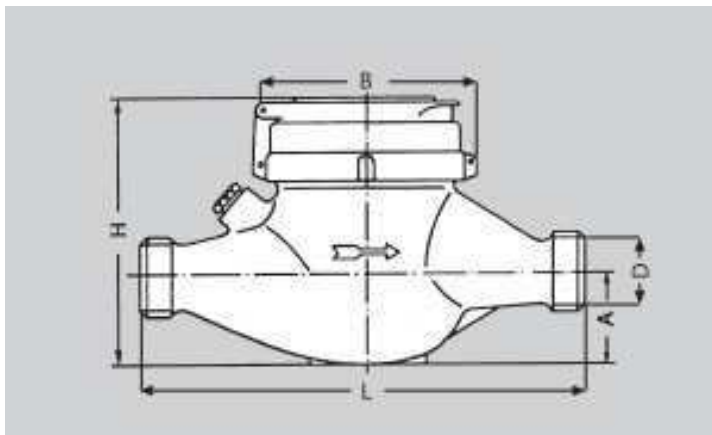
Obr.8.12 Snímač hladiny vody [65]

8.8.13 Průtokoměr

Pro kontrolování průtoku bílé vody se doporučuje osadit na vodovodní potrubí průtokoměr. Byl navrhnut a doporučen prodejcem vodoměrů firmy Meibes typ MNK.

Tab.8.16 Návrhové parametry vodoměru [59]

parametr	typ MNK
instalační délka L (mm)	190
max. průtok (m^3/hod)	5
výška H (mm)	125
rozměr B (mm)	100
rozměr A (mm)	40
připojovací závit D (mm)	25



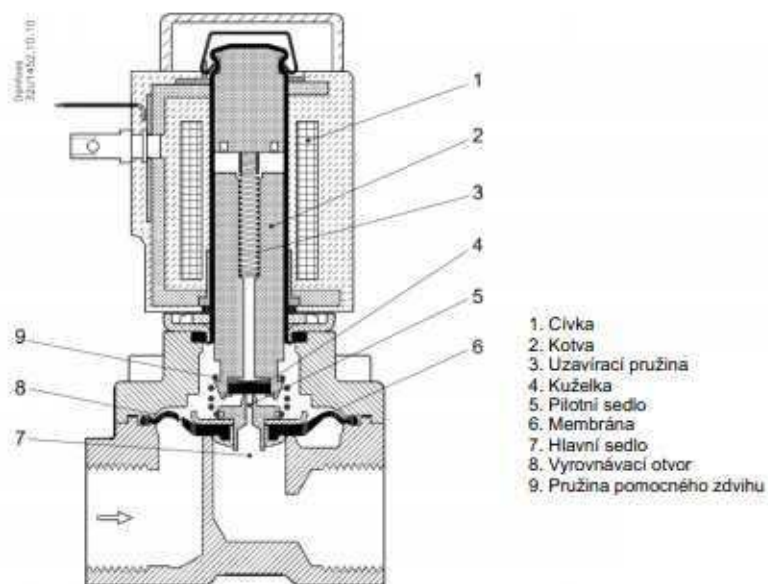
Obr.8.13 Rozměry vodoměru [59]

8.8.14 Solenoidový ventil

Jedná se o elektromagnetický ventil firmy Danfoss. Byl zvolen jeden ventil EV250B NC, který je možno použít do průtoku $7\text{m}^3/\text{hod}$ což vyhoví požadovanému průtoku $5,29\text{m}^3/\text{hod}$.



Obr.8.14 Solenoidový ventil [66]



Obr. 8.15 Princip Solenoidového ventilu [66]

Principem solenoidového ventilu spočívá v cívce:

- bez napětí zavřeno,
- pod napětím otevřeno.

Cívka „bez napětí“ (zavřeno): při odpojení napětí od cívky (1) je kuželka (4) tlačena uzavírací pružinou (3) proti pilotnímu sedlu (5). Vstupní tlak projde vyrovnávacím otvorem (8) nad membránou (6). Membrána (6) uzavře hlavní sedlo (7) hned, jak se tlak nad membránou vyrovná vstupnímu tlaku níže. Sedlo se uzavře působením tlaku uzavírací pružiny, protože průměr horní části je větší.

Jestliže je cívka „pod napětím“ (otevřeno): když je v cívce (1) napětí, kotva (2) a kuželka (4) jsou zvednuty z pilotního sedla (5). Pokud na ventil působí diferenční tlak, pak se tlak nad membránou (6) sníží, a to protože je pilotní sedlo (5) větší než vyrovnávací otvor (8). Tímto se membrána zdvihne z hlavního sedla (7). Pokud diferenční tlak na ventil nepůsobí, pak kotva (2) stáhne membránu (6) z hlavního sedla (7) pomocí pružiny (9). Ventil bude otevřen, dokud bude cívka pod napětím. [66]

8.9 SPECIFIKACE POUŽITÉHO MATERIÁLU

Rozvody vody byly navrženy programem Techcon s licencí pouze na materiál od Firmy Rehau.

8.9.1 Vodovodní potrubí

Vodovodní rozvody jsou navrženy potrubím z vysokotlakého polyetylenu Rautitan flex od firmy Rehau. Potrubí je odolné proti stárnutí, deformacím, prosezením, korozi a nepřenáší hluk.

Tab.8.17 Specifikace vodovodního potrubí

Název	Množství	-	Jednotková cena	Celková cena
Trubka RAUTITAN flex 16x2,2 (6 m tyč, 100 m kotouč)	84,54	m	45,00 Kč	3 804,30 Kč
Trubka RAUTITAN flex 20x2,8 (6 m tyč, 100 m kotouč)	84,61	m	56,00 Kč	4 738,16 Kč
Trubka RAUTITAN flex 25x3,5 (50 m kotouč)	42,34	m	85,00 Kč	3 598,90 Kč
Trubka RAUTITAN flex 32x4,4 (50 m kotouč)	18,42	m	143,00 Kč	2 634,06 Kč
Trubka RAUTITAN flex 40x5,5 (6 m tyč)	6,25	m	214,00 Kč	1 337,50 Kč
RAUTITAN nástěnka krátká s vnitřním závitem 16-Rp1/2	25	ks	126,00 Kč	3 150,00 Kč
RAUTITAN nástěnka krátká s vnitřním závitem 20-Rp3/4	5	ks	194,00 Kč	970,00 Kč
RAUTITAN Násuvná objímka PX 16	57	ks	16,00 Kč	912,00 Kč
RAUTITAN Násuvná objímka PX 20	35	ks	20,00 Kč	700,00 Kč
RAUTITAN Násuvná objímka PX 25	16	ks	29,00 Kč	464,00 Kč
RAUTITAN Násuvná objímka PX 32	10	ks	60,00 Kč	600,00 Kč

Název	Množství	-	Jednotková cena	Celková cena
RAUTITAN Násuvná objímka PX 40	1	ks	78,00 Kč	78,00 Kč
RAUTITAN Spojka PX 16	1	ks	50,00 Kč	50,00 Kč
RAUTITAN Spojka redukovaná PX 20/16	7	ks	66,00 Kč	462,00 Kč
RAUTITAN Spojka redukovaná PX 25/20	3	ks	106,00 Kč	318,00 Kč
RAUTITAN Spojka redukovaná PX 32/25	2	ks	172,00 Kč	344,00 Kč
RAUTITAN T-kus PX 16-16-16	6	ks	94,00 Kč	564,00 Kč
RAUTITAN T-kus PX 20-16-16	1	ks	98,00 Kč	98,00 Kč
RAUTITAN T-kus PX 20-16-20	3	ks	114,00 Kč	342,00 Kč
RAUTITAN T-kus PX 20-20-20	3	ks	129,00 Kč	387,00 Kč
RAUTITAN T-kus PX 25-20-25	3	ks	151,00 Kč	453,00 Kč
RAUTITAN T-kus PX 25-25-25	1	ks	167,00 Kč	167,00 Kč
RAUTITAN T-kus PX 25-32-25	1	ks	292,00 Kč	292,00 Kč
RAUTITAN T-kus PX 32-32-20	1	ks	321,00 Kč	321,00 Kč
RAUTITAN T-kus PX 32-32-32	1	ks	339,00 Kč	339,00 Kč
RAUTITAN T-kus PX 40-32-32	1	ks	574,00 Kč	574,00 Kč

Cena materiálu pro rozvod vodovodního potrubí je 27 271Kč

Bylo třeba navrhnout nové rohové ventily pro záchody, výlevku a pračkový ventil pro hadici na úklid. U pisoárů uvažují využití stávajícího připojení. Nové nádržkové splachovače pro záchody a pisoáry není třeba navrhovat, jelikož tato rekonstrukce proběhla nedávno.

Tab.8.18 Specifikace připojení

Název	Množství	MJ	Jednotková cena	Celková cena
Rohový ventil ZTI R 3/8" / R 1/2"	21	ks	100,00 Kč	2 100,00 Kč
Uzavírací ventil pračkový	5	ks	150,00 Kč	750,00 Kč

Dalšími investiční náklady jsou na armatury, izolace, uchycení a jiné.

Tab.8.19 Specifikace pro vodovodní rozvody

Název	Množství	MJ	Jednotková cena	Celková cena
kulový uzavírací kohout 1"	4	ks	321,00 Kč	1 284,00 Kč
zpětný ventil 1"	1	ks	220,00 Kč	220,00 Kč
izolace potrubí pro 16x2,2	84,54	m	13,20 Kč	1 115,93 Kč
izolace potrubí pro 20x2,8	84,61	m	15,60 Kč	1 319,92 Kč
izolace potrubí pro 25x3,5	42,34	m	15,60 Kč	660,50 Kč
izolace potrubí pro 32x4,4	18,42	m	16,32 Kč	300,61 Kč
izolace potrubí pro 40x5,5	6,25	m	18,00 Kč	112,50 Kč

Maximální vzdálenosti uchycení potrubí uvádí výrobce, ale je možné se orientovat dle tabulky 8.20. Záleží na použitém materiálu potrubí a teplotě dopravovaného média. Vlastní uchycení je možné pomocí objímek, konzol, žlabů nebo závěsů. [19] Jelikož většina vodovodního potrubí je vedena pod stropem v prvním podzemním podlaží navrhla jsme uchycení potrubí.

Tab.8.20 Maximální vzdálenosti podpor uchycení [19]

maximální vzdálenosti podpor uchycení (cm)		
vnější průměr (mm)	20°C	30°C
16	80	75
20	90	80
25	95	95
32	110	105
40	120	120
50	135	130
63	155	150

Tab.8.21 Uchycení vodovodního potrubí

Název	Délka ukotvení (m)	Počet objímek (ks)	Jednotková cena	Celková cena
Objímka kloubová jednošroubová s gumovou vložkou 15-19 (3/8")	11,65	15	11,00 Kč	165,35 Kč
Objímka kloubová jednošroubová s gumovou vložkou 20-23 (1/2")	59,3	73	11,22 Kč	819,06 Kč
Objímka kloubová jednošroubová s gumovou vložkou 25-29 (3/4")	41,6	44	11,98 Kč	524,60 Kč
Objímka kloubová jednošroubová s gumovou vložkou 32-35 (1")	18,89	18	13,20 Kč	231,95 Kč
Objímka kloubová jednošroubová s gumovou vložkou 40-43 (5/4")	5,7	5	13,61 Kč	64,65 Kč

Demontáž vodovodního potrubí jsem předpokládala jen v místech kolem záchodů a pisoárů. Jelikož není výkresová dokumentace stávajících vodovodních rozvodů a záznam o jejich dimenzích, tak jsem stanovila průměrnou cenu za demontáž potrubí na jeden metr. Vycházela jsme z katalogu směrných cen stavebních prací - díl zdravotnických instalací budov ÚSR 800-721.

Tab.8.22 Demontáž potrubí

Název	Množství	Jednotka	Jednotková cena	Celková cena
Demontáž vodovodního potrubí D přes 16-32mm	14	m	39,75 Kč	556,50 Kč

Ceny za zkoušky těsnosti vodovodního potrubí a ceny za proplach vodovodního potrubí byly převzaty z programu „Návratnost investic“, který byl zpracován v rámci řešení projektu č. TA01020311 s názvem „Využití šedé a dešťové vody v budovách“, který je řešen s finanční podporou TA ČR.

Tab.8.23 Zkouška těsnosti a proplach vodovodního potrubí

Název	Množství	MJ	Jednotková cena	Celková cena
Zkouška těsnosti vodovodního potrubí do DN50	236,16	m	34,70 Kč	8 194,75 Kč
Proplach vodovodního potrubí do DN80	236,16	m	28,60 Kč	6 754,18 Kč

Je třeba počítat s investicemi k hloubení rýh pro vodovod. Jedná se o zednické práce, jejichž cena byla stanovena dle rozpočtu programu „Návratnost investic“, který byl zpracován v rámci řešení projektu č. TA01020311 s názvem „Využití šedé a dešťové vody v budovách“, který je řešen s finanční podporou TA ČR.

Tab.8.24 Hloubení rýh pro vodovod

Název	Množství	Jednotka	Jednotková cena	Celková cena
Hloubení rýh pro vodovod	71,8	m	1 540,00 Kč	110 572,00 Kč

Celková částka potřebná pro rozvod vodovodního potrubí je 163 463 Kč.

8.9.2 Kanalizační potrubí

Šedá voda bude svedena z veřejných sprch plaveckého bazénu, svodné potrubí od nich bude částečně využito. Investiční náklady jsem stanovila jen pro nové rozvody kanalizačního potrubí.

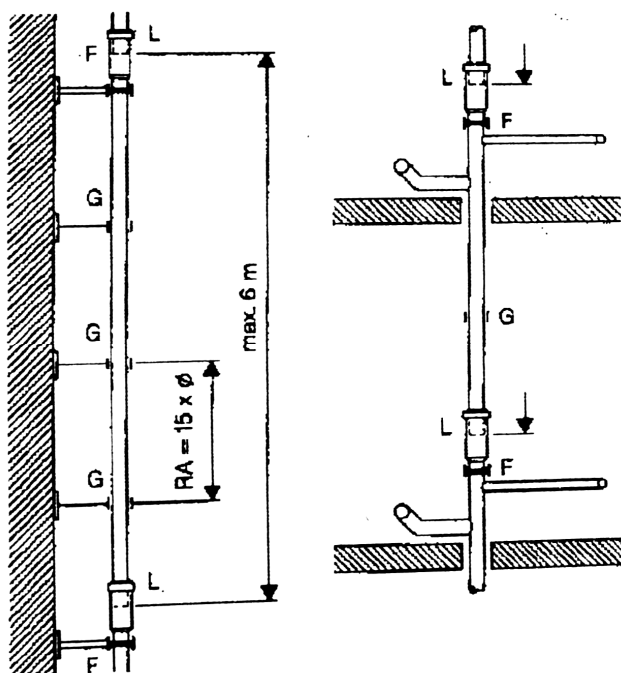
Rozpočet na použitý materiál, byl stanoven dle rozpočtové dokumentace pro rozvody vnitřní kanalizace od stavební a projekční firmy Progressproject.

Návrh kanalizačního potrubí HT je zobrazen v tabulce 8.25.

Tab.8.25 Specifikace kanalizačního potrubí HT

Název	Množství	Jednotka	Jednotková cena	Celková cena
DN150 HT	25,5	m	100,00 Kč	2 550,00 Kč
Koleno 45° DN150	9	ks	103,00 Kč	927,00 Kč
T-Kus 150/150	1	ks	183,00 Kč	183,00 Kč
Čistící kus DN150	1	ks	497,00 Kč	497,00 Kč
Větrací potrubí				
DN100 HT	31,5	m	110,00 Kč	3 465,00 Kč
T-Kus 150/100	1	ks	173,00 Kč	173,00 Kč
Koleno 45° DN100	6	ks	60,00 Kč	360,00 Kč
Odvětrávací hlavice	1	ks	320,00 Kč	320,00 Kč

Kluzná uchycení - G kanalizačního potrubí se provádí po vzdálenostech patnáctinásobku vnějšího průměru potrubí, dále je třeba po maximální vzdálenosti šesti metrů osadit pevný bod - F viz.obr 8.16. [19]



Obr. 8.16 Upevňování kanalizačního potrubí [19]

Tab.8.26 Upevnění kanalizačního potrubí

Název	Množství	Jednotka	Jednotková cena	Celková cena
Pevná zajišťovací objímka s gumovou vložkou DN150	4	ks	95,00 Kč	380,00 Kč
Pevná zajišťovací objímka s gumovou vložkou DN100	5	ks	70,00 Kč	367,50 Kč
Kluzná objímka s gumovou vložkou DN150	11	ks	95,00 Kč	1 076,67 Kč
Kluzná objímka s gumovou vložkou DN100	20	ks	70,00 Kč	1 400,00 Kč

Nevyužité svodné kanalizační potrubí bude demontováno. Ceny demontáže byly stanoveny z katalogu směrných cen stavebních prací - díl zdravotnických instalací budov ÚSR 800-721.

Tab.8.27 Demontáž svodného potrubí

Název	Množství	Jednotka	Jednotková cena	Celková cena
Demontáž kanalizačního potrubí přes DN 100-200mm	8	m	60,00 Kč	480,00 Kč

Bezpečnostní přepad z technologické linky bude zhotoven z odpadního potrubí KG. Potrubí bude uloženo v podlaze a napojeno do stávajícího kanalizačního potrubí.

Tab.8.28 Specifikace kanalizačního potrubí KG

Název	Množství	Jednotka	Jednotková cena	Celková cena
DN150 KG	16	m	183,00 Kč	2 909,70 Kč
Koleno 45° DN150	9	ks	85,00 Kč	765,00 Kč

Ceny pro zkoušku těsnosti potrubí a zkoušku kouřem byly převzaty z programu „Návratnost investic“, která byla zpracována v rámci řešení projektu č. TA01020311 s názvem „Využití šedé a dešťové vody v budovách“, který je řešen s finanční podporou TA ČR.

Tab.8.29 Zkouška těsnosti a zkouška kouřem kanalizačního potrubí

Název	Množství	Jednotka	Jednotková cena	Celková cena
Zkouška těsnosti potrubí kanalizace vodou do DN 150	41,4	m	22,00 Kč	910,80 Kč
Zkouška těsnosti potrubí kanalizace kouřem do DN 300	41,4	m	19,80 Kč	819,72 Kč

Dalšími investicemi na rozvody kanalizace jsou investice pro zednické práce, jako je hloubení rýh pro bezpečnostní přepad. Vycházela jsem z rozpočtu programu „Návratnost investic“, který byl zpracován v rámci řešení projektu č. TA01020311 s názvem „Využití šedé a dešťové vody v budovách“, který je řešen s finanční podporou TA ČR.

Tab.8.30 Hloubení rýh pro kanalizaci

Název	Množství	Jednotka	Jednotková cena	Celková cena
Hloubení rýh pro kanalizaci	15,9	m	1 540,00 Kč	24 486,00 Kč

Celková částka potřebná pro rozvod nového kanalizačního potrubí je 42 070 Kč.

8.9.3 Odvětrávání místnosti

Místnost, kde je umístěna technologická linka, musí být propojena s atmosférou.

Tab.8.31 Odvětrávání místnosti

Název	Množství	Jednotka	Jednotková cena	Celková cena
Větrací mřížka plastová 250x250-150 mm	2	ks	126,00 Kč	252,00 Kč
Potrubí DN 150	15	m	100,00 Kč	1 500,00 Kč
Uchycení potrubí pro DN150	7	ks	90,00 Kč	600,00 Kč
Ventilátor do potrubí 150 VKO L s kuličkovými ložisky	1	ks	600,00 Kč	600,00 Kč
Hloubení rýh	2,9	m	1 540,00 Kč	4 466,00 Kč

Celková částka potřebná pro větrání místností je 7 418 Kč.

8.9.4 Technologická linka

Rozpočet na technologickou linku jsem provedla dle ceníku na internetu a informací získaných firmou Asio.

Byla navržena technologie zobrazená v tabulce 8.32, rozpočet je v tabulce 8.33.

Tab.8.32 Přehled použitých výrobků technologické linky

ponorné čerpadlo z akumulace	KBS	Q=5,29m ³ /h, H=3m, typ Ixo 48
filtr k zachycení mechanických nečistot	Aqualoop	
vyrovnávací, reakční, akumulární nádrž	Asio	V=9m ³ , (1,5 x 1,5 x 4)m
membránový modul	Martin Systems	typ siClaro FM 611
dmychadlo	Kubíček	typ 3D19A-050
membránová tlaková nádoba	Global Water	PWB100V stojatá tl. nádoba 100l 10bar 1" 90C 9b
tlakový spínač	Pumpa	TSA 3S 05M 0.20-0.35MPa tlak.spínač
manometr standatní	Pumpa	AFRISO Manometr RF50 G1/4" A zad.0-6BAR
tvárovka k vodárně pro manometr a tlakový spínač	Pumpa	BUG157 Tvarovka - pěticestný ventil 1"-82mm
hadice Flex	Pumpa	Hadice Flexi 100cm M/F 1"x1" Art.111
UV lampa	Germid	Germid typ 025, 3/4"
zařízení sloužící k hlídání hladiny	Flowline	EchoSonic II LU27
vodoměr	Meibes	Bytový vodoměr , 3/4", Q=5,29m ³ /h
solenoidový ventil	Danfoss	Elektromagnetický ventil EV250B
automatická ponorná vodárna DIVERTRON / E-DEEP	Sigmont s.r.o.	E-DEEP 1200, Q=5,29m ³ /h, H=8m

Tab.8.33 Rozpočet technologické linky

položka	výrobce	ks	příkon (kW)	Kč
ponorné čerpadlo z akumulace	KBS	1	1,1	14 798,00 Kč
filtr k zachycení mechanických nečistot	Aqualoop	1	0	15 000,00 Kč
vyrovnávací, reakční, akumulační nádrž	Asio	1	0	80 000,00 Kč
membránový modul	Martin Systems	3	0	75 000,00 Kč
dmychadlo	Kubíček	1	0,82	40 000,00 Kč
membránová tlaková nádoba	Global Water	1	0	6 170,00 Kč
tlakový spínač	Pumpa	1	0	481,00 Kč
manometr standatní	Pumpa	1	0	117,00 Kč
tvárovka k vodárně pro manometr a tlakový spínač	Pumpa	1	0	260,00 Kč
hadice Flex	Pumpa	1	0	366,00 Kč
UV lampa	Germid	3	0,025	19 680,00 Kč
zařízení sloužící k hlídání hladiny	Flowline	1	0,0015	43 560,00 Kč
vodoměr	Meibes	1	0	2 630,00 Kč
solenoidový ventil	Danfoss	1	0	1 620,00 Kč
automatická ponorná vodárna DIVERTRON / E-DEEP	Sigmont s.r.o.	1	1,1	6 700,00 Kč
elektronický řídicí systém			0,02	70 000,00 Kč

Celková částka potřebná pro konstrukci technologické linky je 376 382 Kč.

8.9.5 Souhrn investic

V tabulce je znázorněn souhrn investičních nákladů na nové rozvody a technologickou linku.

Tab.8.34 Souhrn investic

položka	cena
investice pro kanalizační potrubí	42 070,39 Kč
investice pro rozvod vodovodu	163 462,54 Kč
investice pro odvětrávání	7 418,00 Kč
technologická linka	376 382,00 Kč
celkem	589 332,93 Kč

8.10 PROVOZNÍ NÁKLADY

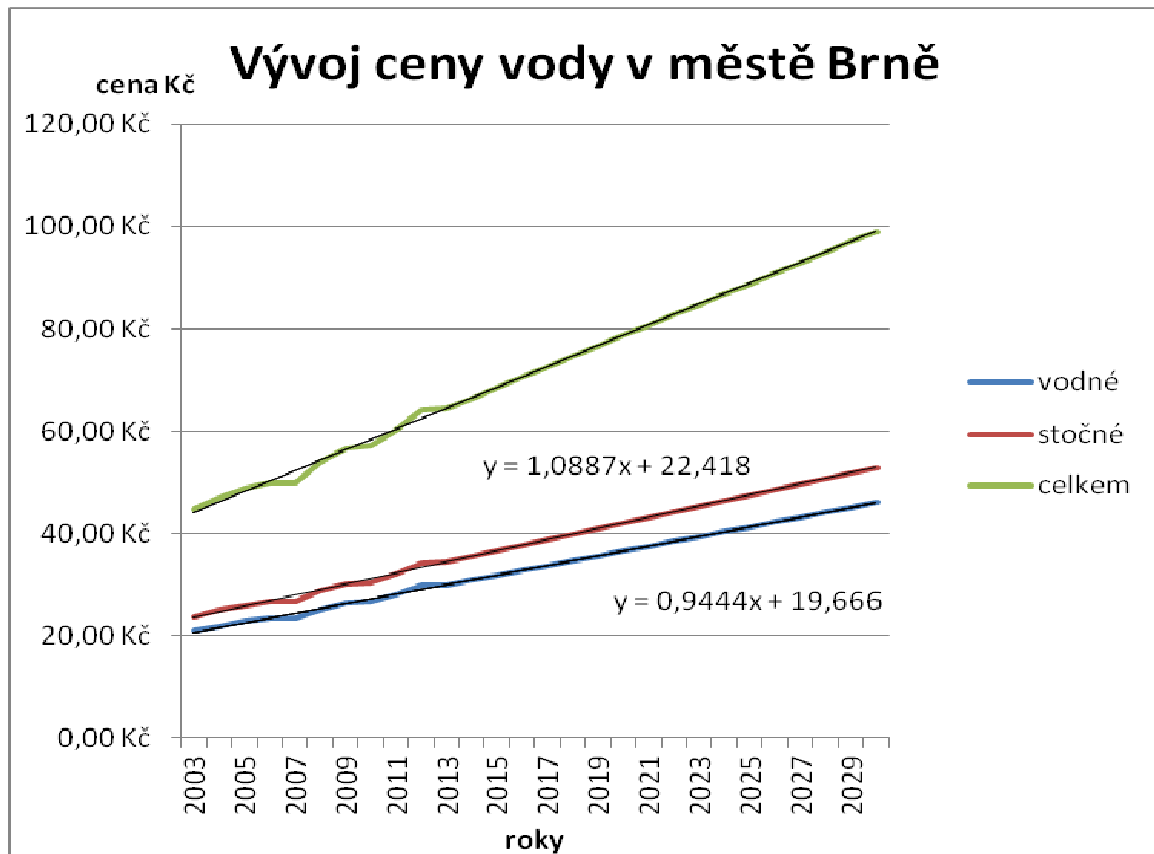
Zde je třeba stanovit náklady na provoz a údržbu. Výpočet byl konzultován s Doc. Ing. Vítem Hromádkou Ph.D..

8.10.1 Vývoj ceny vody v městě Brně

Z přehledu cen za minulé roky byl vytvořen graf. Z něj jsem udělala regresní rovnici. Cena vody pro budoucí roky byla stanovena dle regresních rovnic.

Tab.8.35 Vývoj ceny vody pro město Brno [81]

ceny vody pro město Brno				
rok	vodné (Kč/m ³)	stočné (Kč/m ³)	celkem (Kč/m ³)	růst
2003	20,90 Kč	23,78 Kč	44,68 Kč	
2004	21,88 Kč	25,03 Kč	46,91 Kč	4,99
2005	22,80 Kč	26,00 Kč	48,80 Kč	4,03
2006	23,32 Kč	26,66 Kč	49,98 Kč	2,42
2007	23,32 Kč	26,66 Kč	49,98 Kč	0,00
2008	25,18 Kč	28,79 Kč	53,97 Kč	7,98
2009	26,45 Kč	30,22 Kč	56,67 Kč	5,00
2010	26,70 Kč	30,50 Kč	57,20 Kč	0,94
2011	28,06 Kč	32,11 Kč	60,17 Kč	5,19
2012	29,99 Kč	34,31 Kč	64,30 Kč	6,86
2013	30,05 Kč	34,39 Kč	64,45 Kč	0,23
2014	31,00 Kč	35,48 Kč	66,48 Kč	3,15
2015	31,94 Kč	36,57 Kč	68,51 Kč	3,06
2016	32,89 Kč	37,66 Kč	70,55 Kč	2,97
2017	33,83 Kč	38,75 Kč	72,58 Kč	2,88
2018	34,78 Kč	39,84 Kč	74,61 Kč	2,80
2019	35,72 Kč	40,93 Kč	76,65 Kč	2,72
2020	36,67 Kč	42,01 Kč	78,68 Kč	2,65
2021	37,61 Kč	43,10 Kč	80,71 Kč	2,58
2022	38,55 Kč	44,19 Kč	82,75 Kč	2,52
2023	39,50 Kč	45,28 Kč	84,78 Kč	2,46
2024	40,44 Kč	46,37 Kč	86,81 Kč	2,40
2025	41,39 Kč	47,46 Kč	88,85 Kč	2,34
2026	42,33 Kč	48,55 Kč	90,88 Kč	2,29
2027	43,28 Kč	49,64 Kč	92,91 Kč	2,24
2028	44,22 Kč	50,72 Kč	94,94 Kč	2,19
2029	45,16 Kč	51,81 Kč	96,98 Kč	2,14
2030	46,11 Kč	52,90 Kč	99,01 Kč	2,10



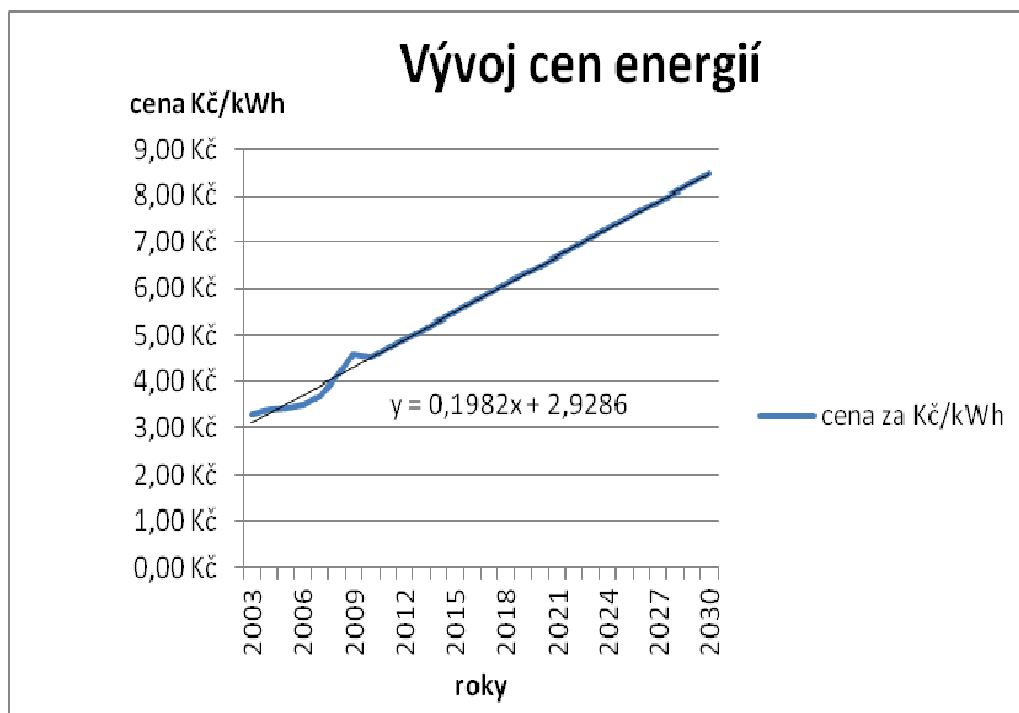
Obr. 8.17. Vývoj ceny vody v Brně

8.10.2 Vývoj ceny elektřiny

Na internetových stránkách jsem našla vývoj cen energií za minulé roky, z nich byl vytvořen graf. Pomocí funkce v exelu jsem stanovila regresní rovnici. Cena vody pro budoucí roky byla stanovena dle regresních rovnic.

tab.8.36 Vývoj ceny energií [2]

vývoj cen energií		
rok	cena za Kč/kWh	růst (%)
2003	3,30 Kč	
2004	3,40 Kč	3,03
2005	3,45 Kč	1,47
2006	3,50 Kč	1,45
2007	3,70 Kč	5,71
2008	4,10 Kč	10,81
2009	4,60 Kč	12,20
2010	4,51 Kč	-1,87
2011	4,71 Kč	4,39
2012	4,91 Kč	4,21
2013	5,11 Kč	4,04
2014	5,31 Kč	3,88
2015	5,51 Kč	3,73
2016	5,70 Kč	3,60
2017	5,90 Kč	3,48
2018	6,10 Kč	3,36
2019	6,30 Kč	3,25
2020	6,50 Kč	3,15
2021	6,69 Kč	3,05
2022	6,89 Kč	2,96
2023	7,09 Kč	2,88
2024	7,29 Kč	2,80
2025	7,49 Kč	2,72
2026	7,69 Kč	2,65
2027	7,88 Kč	2,58
2028	8,08 Kč	2,51
2029	8,28 Kč	2,45
2030	8,48 Kč	2,39



Obr.8.18 Vývoj cen energií

8.10.3 Další provozní náklady

Do provozních nákladů lze započítat i údržbu jako je:

- elektřina,
- výměna UV lampy,
- čišění membrán.

Chod čistírny je předpokládán celoroční:

- denní doba provozu 16 hod/den,
- celkem 5840 hod/rok.

Provozní náklady jsou zobrazeny v Tab.8.37, náklady pro energii jsou počítány v této tabulce pro rok 2013.

Tab.8.37 Provozní náklady

náklady na elektřinu	hodnota	
příkon	3,07	kW
cena za jednotku	5,11	Kč/kWh
celkem	91490	Kč/rok
UV lampa	hodnota	
výměna zářiče UV lampy	0,5	ročně
cena UV zářiče	2500	Kč
celkem	1250	Kč/rok
membrány	hodnota	
údržba	1	ročně
cena za údržbu	5000	Kč
celkem	5000	Kč/rok

Celková částka potřebná pro provoz je 97 740 Kč za rok 2013.

8.10.4 Srovnání cen za pitnou vodu s využitím a bez využití úpravy šedých vod

V této podkapitole jsem chtěla ukázat nejen úsporu vody, ale i úsporu financí za pitnou vodu. Kdy pitná voda je odebírána před vodoměr a je užívána tam, kde není třeba používat vodu pitnou. V tabulce 8.38 jsou znázorněny náklady na celkovou spotřebu vody v plaveckém areálu za Lužánkami. V tabulce 8.39 jsou spočteny náklady s využitím technologie čištění šedých vod. Avšak nejsou zde zahrnuti investice a provozní náklady.

Tab.8.38 Náklady na pitnou vodu

Rok	Cena nákladů za m ³ v Kč			Bez využití technologie čištění šedých vod	
	Vodné (Kč/m ³)	Stočné (Kč/m ³)	Vodné + stočné (Kč/m ³)	Celková spotřeba vody pro areál (m ³ /rok)	Cena za pitnou vodu (Kč/rok)
2012	29,99 Kč	34,31 Kč	64,30 Kč	21681	1 394 088 Kč
2013	30,05 Kč	34,39 Kč	64,45 Kč		1 397 299 Kč
2014	31,00 Kč	35,48 Kč	66,48 Kč		1 441 379 Kč
2015	31,94 Kč	36,57 Kč	68,51 Kč		1 485 459 Kč
2016	32,89 Kč	37,66 Kč	70,55 Kč		1 529 538 Kč
2017	33,83 Kč	38,75 Kč	72,58 Kč		1 573 618 Kč
2018	34,78 Kč	39,84 Kč	74,61 Kč		1 617 697 Kč
2019	35,72 Kč	40,93 Kč	76,65 Kč		1 661 777 Kč
2020	36,67 Kč	42,01 Kč	78,68 Kč		1 705 857 Kč
2021	37,61 Kč	43,10 Kč	80,71 Kč		1 749 936 Kč
2022	38,55 Kč	44,19 Kč	82,75 Kč		1 794 016 Kč
2023	39,50 Kč	45,28 Kč	84,78 Kč		1 838 096 Kč
2024	40,44 Kč	46,37 Kč	86,81 Kč		1 882 175 Kč
2025	41,39 Kč	47,46 Kč	88,85 Kč		1 926 255 Kč
2026	42,33 Kč	48,55 Kč	90,88 Kč		1 970 335 Kč
2027	43,28 Kč	49,64 Kč	92,91 Kč		2 014 414 Kč
2028	44,22 Kč	50,72 Kč	94,94 Kč		2 058 494 Kč
2029	45,16 Kč	51,81 Kč	96,98 Kč		2 102 574 Kč
2030	46,11 Kč	52,90 Kč	99,01 Kč		2 146 653 Kč

Tab.8.38 Snížené náklady na pitnou vodu pro plavecký areál

Rok	Cena nákladů za m ³ v Kč			Celková potřeba provozní vody pro areál (m ³ /rok)	S využitím technologie čištění šedých vod		
	Vodné (Kč/m ³)	stočné (Kč/m ³)	Vodné + stočné (Kč/m ³)		Snížené náklady za pitnou vodu (Kč/rok)	Ušetřené finance při využití technologie šedých vod (Kč/rok)	Peněžní tok ušetřených financí za vodu (Kč/rok)
2012	29,99 Kč	34,31 Kč	64,30 Kč	1851	1 275 049 Kč	119 039 Kč	0 Kč
2013	30,05 Kč	34,39 Kč	64,45 Kč		1 277 986 Kč	119 313 Kč	119 313 Kč
2014	31,00 Kč	35,48 Kč	66,48 Kč		1 318 302 Kč	123 077 Kč	242 391 Kč
2015	31,94 Kč	36,57 Kč	68,51 Kč		1 358 617 Kč	126 841 Kč	369 232 Kč
2016	32,89 Kč	37,66 Kč	70,55 Kč		1 398 933 Kč	130 605 Kč	499 837 Kč
2017	33,83 Kč	38,75 Kč	72,58 Kč		1 439 249 Kč	134 369 Kč	634 206 Kč
2018	34,78 Kč	39,84 Kč	74,61 Kč		1 479 565 Kč	138 133 Kč	772 339 Kč
2019	35,72 Kč	40,93 Kč	76,65 Kč		1 519 880 Kč	141 897 Kč	914 236 Kč
2020	36,67 Kč	42,01 Kč	78,68 Kč		1 560 196 Kč	145 661 Kč	1 059 896 Kč
2021	37,61 Kč	43,10 Kč	80,71 Kč		1 600 512 Kč	149 425 Kč	1 209 321 Kč
2022	38,55 Kč	44,19 Kč	82,75 Kč		1 640 828 Kč	153 188 Kč	1 362 509 Kč
2023	39,50 Kč	45,28 Kč	84,78 Kč		1 681 143 Kč	156 952 Kč	1 519 462 Kč
2024	40,44 Kč	46,37 Kč	86,81 Kč		1 721 459 Kč	160 716 Kč	1 680 178 Kč
2025	41,39 Kč	47,46 Kč	88,85 Kč		1 761 775 Kč	164 480 Kč	1 844 658 Kč
2026	42,33 Kč	48,55 Kč	90,88 Kč		1 802 091 Kč	168 244 Kč	2 012 902 Kč
2027	43,28 Kč	49,64 Kč	92,91 Kč		1 842 406 Kč	172 008 Kč	2 184 910 Kč
2028	44,22 Kč	50,72 Kč	94,94 Kč		1 882 722 Kč	175 772 Kč	2 360 682 Kč
2029	45,16 Kč	51,81 Kč	96,98 Kč	1 923 038 Kč	179 536 Kč	2 540 218 Kč	
2030	46,11 Kč	52,90 Kč	99,01 Kč	1 963 354 Kč	183 300 Kč	2 723 517 Kč	

Z tabulek je zřejmé, že úspora vody i financí, s použitím technologie čištění šedých vod je značná. Investiční náklady (589 333 Kč) za technologickou linku by se navrátily již po 5-ti letech provozu. Avšak v tomto výpočtu nejsou zahrnuty provozní náklady na údržbu a elektřinu.

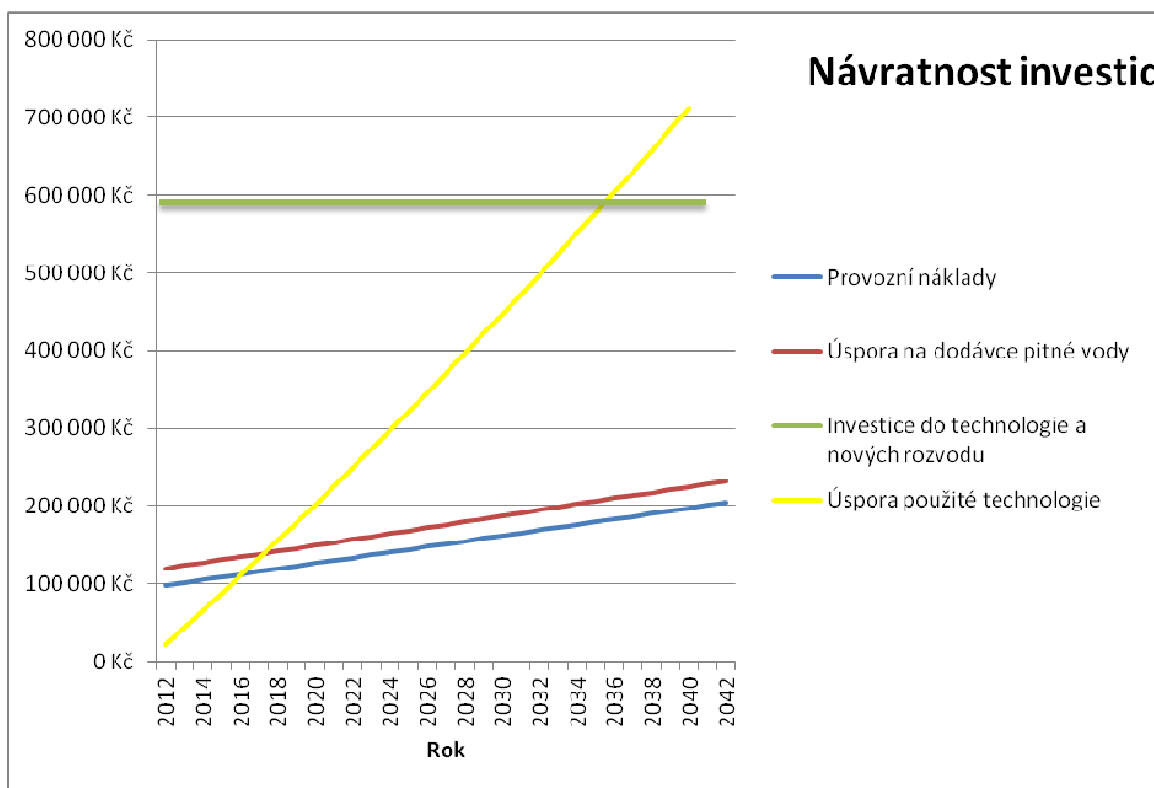
8.11 VÝPOČET NÁVRATNOSTI INVESTIC

Výpočet návratnosti investic byl konzultován s doc. Ing. Vitem Hromádkou Ph.D. Výpočet byl stanoven dle jeho pokynů. V tabulce 8.39 je zobrazen výpočet návratnosti investic se zohledněním provozních nákladů na výrobu bílé vody. Vstupní investice jsou 589 333 Kč a úspora vody je 1851m³/rok.

Tab.8.39 Výpočet návratnosti investic

Rok	Provozní náklady	Úspora na dodávce pitné vody	Čisté peněžní toky	Úspora použité technologie	Čistá současná hodnota návratnosti
2012				0 Kč	-589 333 Kč
2013	97 740 Kč	119 313 Kč	21 573 Kč	21 573 Kč	-567 760 Kč
2014	101 290 Kč	123 077 Kč	21 788 Kč	43 361 Kč	-545 972 Kč
2015	104 839 Kč	126 841 Kč	22 002 Kč	65 363 Kč	-523 970 Kč
2016	108 389 Kč	130 605 Kč	22 217 Kč	87 579 Kč	-501 754 Kč
2017	111 938 Kč	134 369 Kč	22 431 Kč	110 010 Kč	-479 323 Kč
2018	115 487 Kč	138 133 Kč	22 645 Kč	132 656 Kč	-456 677 Kč
2019	119 037 Kč	141 897 Kč	22 860 Kč	155 516 Kč	-433 817 Kč
2020	122 586 Kč	145 661 Kč	23 074 Kč	178 590 Kč	-410 743 Kč
2021	126 136 Kč	149 425 Kč	23 289 Kč	201 879 Kč	-387 454 Kč
2022	129 685 Kč	153 188 Kč	23 503 Kč	225 382 Kč	-363 951 Kč
2023	133 235 Kč	156 952 Kč	23 718 Kč	249 100 Kč	-340 233 Kč
2024	136 784 Kč	160 716 Kč	23 932 Kč	273 032 Kč	-316 301 Kč
2025	140 333 Kč	164 480 Kč	24 147 Kč	297 179 Kč	-292 154 Kč
2026	143 883 Kč	168 244 Kč	24 361 Kč	321 540 Kč	-267 793 Kč
2027	147 432 Kč	172 008 Kč	24 576 Kč	346 116 Kč	-243 217 Kč
2028	150 982 Kč	175 772 Kč	24 790 Kč	370 906 Kč	-218 427 Kč
2029	154 531 Kč	179 536 Kč	25 005 Kč	395 910 Kč	-193 423 Kč
2030	158 081 Kč	183 300 Kč	25 219 Kč	421 129 Kč	-168 204 Kč
2031	161 630 Kč	187 064 Kč	25 433 Kč	446 563 Kč	-142 770 Kč
2032	165 180 Kč	190 827 Kč	25 648 Kč	472 210 Kč	-117 122 Kč
2033	168 729 Kč	194 591 Kč	25 862 Kč	498 073 Kč	-91 260 Kč
2034	172 278 Kč	198 355 Kč	26 077 Kč	524 150 Kč	-65 183 Kč
2035	175 828 Kč	202 119 Kč	26 291 Kč	550 441 Kč	-38 892 Kč
2036	179 377 Kč	205 883 Kč	26 506 Kč	576 947 Kč	-12 386 Kč
2037	182 927 Kč	209 647 Kč	26 720 Kč	603 667 Kč	14 334 Kč
2038	186 476 Kč	213 411 Kč	26 935 Kč	630 602 Kč	41 269 Kč
2039	190 026 Kč	217 175 Kč	27 149 Kč	657 751 Kč	68 418 Kč
2040	193 575 Kč	220 939 Kč	27 364 Kč	685 114 Kč	95 781 Kč
2041	197 124 Kč	224 703 Kč	27 578 Kč	712 692 Kč	123 359 Kč

Ve výpočtu jsou zohledněny náklady na provoz technologie. Je patrné, že investice se začnou značně rentovat v roce 2037. Na obrázku 8.20 je vykreslen graf doby návratnosti závislé na čase.



Obr.8.20 Návratnost investic

8.12 KRITICKÉ HODNOCENÍ DANÉ PROBLEMATIKY

V předešlé kapitole jsem se zabývala návrhem nové technologie čištění šedých odpadních vod pro plavecký areál za Lužánkami. Byl proveden návrh:

- technologické linky čištění odpadních,
- nových rozvodů bílé vody,
- svodného potrubí šedých vody,
- odvětrávacího potrubí.

Návrh byl proveden jako možnost hospodaření s vodou. Přestavba areálu pro tyto účely byla oceněna a specifikována. Náklady na technologickou linku čištění včetně rozvodů byly stanoveny na částku 589 333 Kč. Návratnost částky byla stanovena na rok 2037.

K výpočtové části byla vytvořena i výkresová dokumentace, která je součástí příloh této práce.

9 ZÁVĚR

V první části práce byla provedena rešerše o možných úsporách pitné vody. Šedé vody se jeví jako nejúspornější alternativa. Proto jsem se v první části zabývala objasněním problematiky šedých vod s uvedením již realizovaných plně funkčních projektů ve Francii, Německu a také v České republice.

Pojmu opětovného využití šedých vod nebývá v České republice doposud kladen náležitý význam. V České republice je doposud dostatek snadno jímatelné podzemní vody a dostupné povrchové vody, avšak tyto zdroje nejsou nevyčerpatelné. Jsou země, kde již zdroje pitné vody nedostačují, proto je třeba se problematikou zabývat.

Velké komerční objekty vypouštějí velké množství šedých vod do kanalizace, které jsou jen mírně znečištěné a lze je snadno čistit. Například plavecký bazén za Lužánkami vypouští více jak 5m³ šedé vody za hodinu do kanalizace. Stejně množství vody je třeba pro splachování záchodu a pro úklid. Jestliže by se šedá voda recyklovala a opětovně využila, bylo by možné snížit spotřebu pitné vody.

Druhá polovina práce byla věnovaná recyklaci šedé vody a jejímu opětovnému využití. Stanovila jsem produkci šedé vody pro bazénový areál za Lužánkami a vypočetla potřebu provozní vody. Dále jsme provedla odběr vzorku šedé vody pro chemický a mikrobiologický rozbor. Na základě tohoto rozboru jsme navrhla technologickou linku pro čištění šedých vod. Poté jsem navrhla rozvody bílé vody k jednotlivým místům odběru. Šedá voda byla využita pouze z veřejných sprch, jelikož stávající kanalizační potrubí svádí vodu odděleně jen z těchto sprch. Nové svodné potrubí šedé vody bude odvětrávané novým doplňkovým potrubím.

Vodovodní rozvody jsou navrženy z vysokotlakého polyetylénu Rautitan flex od firmy Rehau, kanalizační s polyethylenu typu KG a HT.

Technologická linka se skládá z částí jako je filtr k zachycení mechanických nečistot, ponorné čerpadlo z vyrovnávací nádrže, vyrovnávací a akumuláční nádrž, reakční nádrž, membránový modul, dmychadlo, ponorné čerpadlo, membránová tlaková nádoba, tlakový spínač, UV lampa, zařízení sloužící k hlídání hladiny, průtokoměr a solenoidový ventil. Jednotlivé části byly specifikovány a nadceněny. Technologická linka bude osazena v prázdném prostoru pod mělkou částí bazénu v prvním podzemním podlaží. Odkud budou provedeny rozvody bílé vody a přivedeny vody šedé.

Jestliže by se studie opětovného využití šedé vody realizovala, bylo by třeba 589 333 Kč na technologickou linku a pro rekonstrukci rozvodu bílé vody a svodného potrubí šedé vody. Pokud by se neuvažovaly náklady na provoz a elektřinu, částka by se začala rentovat po 5-ti letech provozu technologie. Jestliže při výpočtu návratnosti investic uvažujeme i provozní náklady, návratnost těchto investic je přibližně po 24let provozu. Ve výpočtu návratnosti není zahrnuta nezanedbatelná částka daňových úlev. Vzhledem k tomu se může doba návratnosti zkrátit i o několik let. Hlavní myšlenkou těchto úprav mělo být šetření s pitnou vodou, jelikož otázka úspor nabývá důležitosti po stránce ekonomické a ekologické.

Na tomto příkladu je patrné, že využití šedých vod vzhledem k stále zvyšujícím se cenám vodného a stočné má smysl.

10 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] BERÁNEK, Josef. *Balneotechnika*. Brno, 2007, 104 s.
- [2] Vývoj cen energií: Zateplit se opravdu vyplatí. *STO* [online]. 2012 [cit. 2013-01-07]. Dostupné z: http://www.sto.cz/57798_CZ-Investo%C5%99i-V%C3%BDvoj_cen_energi%C3%AD.htm.
- [3] *Sovak: časopis oboru vodovodů a kanalizací*. Jílové u Prahy: J. Fučíková, 2012. ISSN 1210-3039.
- [4] *Vodní hospodářství: Specializovaný vědeckotechnický časopis pro projektování, realizaci a plánování ve vodním hospodářství a souvisejících oborech životního prostředí*. Praha: Vodní hospodářství, 2012. ISBN 1211-0760.
- [5] PLOTĚNÝ, Karel. *Seminář: Hospodaření s (pitnou, dešťovou a použitou) vodou v budovách (a v jejich okolí): Hospodaření s dešťovou vodou*. 2012.
- [6] PLOTĚNÝ, Karel. *Seminář: Hospodaření s (pitnou, dešťovou a použitou) vodou v budovách (a v jejich okolí): Čistírny odpadních vod*. 2012.
- [7] Decentralizované odvádění a opětovné využití odpadních vod v praxi. *Vodohospodářský server* [online]. 15.01.2010 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://www.e-voda.cz/clanek/69/decentralizovane-odvadeni-a-opetovne-vyuziti-odpadnich-vod-v-praxi>
- [8] Vyhláška ze dne 10. srpna 2011 o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch. Sbírka zákonů č. 238 / 2011
- [9] Hospodaření s vodou v budově. *Enviwiki* [online]. 28.03.2011 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: http://www.enviwiki.cz/wiki/Hospoda%C5%99en%C3%AD_s_vodou_v_budov%C4%9B
- [10] Úsporná sprchová hlavice šetří životní prostředí i peněženku. *Enviweb* [online]. 16.04.2012 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/clanek/voda/91070/usporna-sprchova-hlavice-setri-zivotni-prostredi-i-penezenku>
- [11] Bubble-RAIN-ÚSPORNÉ SPRCHY. *E-dezinfekce* [online]. 2012 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: http://www.e-dezinfekce.cz/bubble-rain/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=usporne%2Bsprchy
- [12] *Separatt: Waterless toilets*. Bredaryd (Sweden), 2012. Dostupné z: http://www.separatt.com/Common/Files/10033_BROSCHYR_SEPARETT_ENG_WEBB.pdf
- [13] Wc-DUBLETEN. *BB Innovation & Co AB* [online]. 2012 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://www.dubblatten.nu/wc-dubblatten-en.html>
- [14] Jak ušetřit za vodu? Třeba při splachování záchodu. *Dům a zahrada* [online]. 2012 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://www.dumazahrada.cz/bydleni/koupelny/2012/2/15/clanky/jak-usetrit-za-vodu-treba-pri-splachovani-zachodu/>

- [15] KRIS, J. Bazény a kúpaliská. 1. vydání. Bratislava: Jaga group, 2000. 199 s. ISBN80-88905-30-3.
- [16] Vyhláška č. 252/2004 Sb. kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, § 82/2004 Sbírky zákonů na straně 5402
- [17] BS 8525 – 1:2010: *Greywater systems. Code of practise*. Velká Británie, 2010. 54s.
- [18] Základní normy pro vnitřní kanalizaci a nejdůležitější normy související. *TZB-info* [online]. 18.01.2010 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-voda-kanalizace/6180-zakladni-normy-pro-vnitri-kanalizaci-a-nejdulezitejsi-normy-souvisejici>
- [19] *Zdravotní technika pro kombinované studium*. Brno: CERM, 2002, 235 s. ISBN 80-214-2221-1.
- [20] Zpětné získávání tepla z odpadní vody. *EkoWATT* [online]. 18.01.2010 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://panelovedomy.ekowatt.cz/tepla-voda/52-zpetne-ziskavani-tepla-z-odpadni-vody>
- [21] Malý koupelnový výměník. *SAKAL* [online]. 2007 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://www.sakal-ovt.cz/sprcha.htm>
- [22] Heat-Xchanger & Water Heater Booster. *WaterFilm* [online]. 2012 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: www.gfxtechnology.com
- [23] Energie šedých vod. *ASIO* [online]. 2012 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/energie-sedych-vod>
- [24] MOSAIC HOUSE – první instalace recyklace a rekuperace šedé vody v ČR. *Imaterialy* [online]. 29. 10. 2010 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://www.imaterialy.cz/Aktuality/MOSAIC-HOUSE-prvni-instalace-recyklace-a-rekuperace-sede-vody-v-CR.html>
- [25] VERNER, Martin. MOZAIKA nápadů a přístupů. HOTEL&Spa. 2011, 1-2, s. 18-19.
- [26] Ubytování Hotely v Praze, Hotel Mosaic House. *Praha ubytování* [online]. 2012 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://www.in-prague.org/hotely-v-praze/hotel-mosaic-house-praha-2/>
- [27] Využití energie z odpadních vod. *ASIO* [online]. 2012 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/139.vyuziti-energie-z-odpadnich-vod>
- [28] PLOTĚNÝ, Karel. *Dělení vod, bílé a šedé vody – nové poznatky a možnosti využití, Sborník se mináře Vodohospodářské chuťovky. 2011, s. 21 – 27.*
- [29] Hotel am Kurpark, Tagungshotel in Bad Hersfeld. *Hotel am Kurpark* [online]. 2012 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: www.hotelamkurpark.net
- [30] Zpětné využití šedé vody v budovách. *TZB-info* [online]. 2009 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/5501-zpetne-vyuziti-sede-vody-v-budovach>
- [31] Koupelna a úspory: šetrné baterie a perlátory. *Nazeleno* [online]. 2008 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/tipy-k-uspore/koupelna-a-uspory-setrne-baterie-a-perlatory-.aspx>

- [32] Úspora vody na splachování v revolučním řešení. *TZB-info* [online]. 2011 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/zarizovaci-predmety/8126-uspورا-vody-na-splachovani-v-revolucnim-reseni>
- [33] BIELA, Renata. Zpráva z exkurze v hotelu Mosaic House v Praze. VUT Brno: Fakulta stavební – Ústav vodního hospodářství obcí, 2011. 5s.
- [34] GASTON, Chris. *Pontos Aquacycle: New Generation Gray-water System*. DeVry University, 2012. Dostupné z: <http://www.kareyperkins.com/classes/227/salesgraywater.pdf>
- [35] Reuse Your Grey Water. *Greeniacs* [online]. 2010 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://www.greeniacs.com/GreeniacsGuides/Garden/Reuse-Your-Grey-Water.html>
- [36] MALÁ, Jitka. *Chemie a technologie vody*. Brno, 2002, 42 s.
- [37] Effects of Greywater on Plants, Soil and the Environment. *Greywater Industry Group* [online]. 2011 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://www.gwig.org/gw-effects.html>
- [38] Safe Use of Household Greywater. *New Mexico State University* [online]. 1996 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: http://aces.nmsu.edu/pubs/_m/m-106.html
- [39] The ultimate home grey water treatment. *Bio-systems SA* [online]. 2012 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://www.biosystemssa.co.za/domestic/ultimate-grey-water-treatment>
- [40] Kořenová čistírna odpadních vod. *Příroda* [online]. 2009 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=663>
- [41] Kořenové čistírny odpadních vod (KČOV). *KČOV* [online]. 2012 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=663>
- [42] Šedá voda ve zdravotní technice. *TZB-info* [online]. 2011 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/7110-seda-voda-ve-zdravotni-technice>
- [43] RACLAVSKÝ, Jaroslav, Petr HLUŠTÍK, Renata BIELA a Jakub RAČEK. Hospodaření s šedou a dešťovou vodou v budovách. In: *Vodní hospodářství* [online]. 2012 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:wNjicEKzVZMJ:ftp://soubory.vodnihospodarstvi.cz/RedRada/Hlu%259At%25EDkHospoda%25F8en%25EDS%259AeduVodou.doc+technologie+%C5%A1ed%C3%BDch+vod&hl=cs&gl=cz&pid=bl&srcid=ADGEEsIznEdeIeyIiGaFpbkvbvxuFUfvjHoCOckcZhpqN9_1ClzeuhAwWexQeUiplw7gJMMpCrio8QjEBKrnaSz5hprECvOgFQzEjcCxowrZZ-SJBngCTkyl7CX7nS7bZLbBtJI8CNdnJ&sig=AHIEtbSw1furlKPjjT5ah6_rBXMfptZ8IA
- [44] Membránová filtrace. *Alfa Laval* [online]. 2012 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://local.alfalaval.com/cs-cz/produkty/separace/filtrace/Pages/membranova-filtrace.aspx>
- [45] A laboratory-scale graywater treatment system based on a membrane filtration and oxidation process — characteristics of graywater from a residential complex. *ScienceDirect* [online]. 2009 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0011916408007650>
- [46] New Clackamas County Service District No. 1 plant in Oregon City features new, green technologies. *Oregon live* [online]. 2011 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z:

- http://www.oregonlive.com/oregon-city/index.ssf/2011/08/new_clackamas_county_service_district_no_1_plant_in_oregon_city_features_new_green_technologies.html
- [47] HLAVÍNEK, Petr. *Přednáška: Vybrané statě z čištění odpadních vod: Membránové čistíče*. 2010.
- [48] TUHOVČÁK, Ladislav, Pavel ADLER, Tomáš KUČERA a Jaroslav RACLAVSKÝ. *Vodárenství: A. Úprava vody*. Brno, 2006.
- [49] Membránové filtrační systémy. *Power plastic* [online]. 2012 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://www.powerplastics.cz/uprava-vody-membranova-filtrace/>
- [50] *GREYWATER REUSE IN RURAL SCHOOLS: GUIDANCE MANUAL*. 2007. Dostupné z: <http://neeri.res.in/pdf/greywater.pdf>
- [51] Městský plavecký stadion Lužánky. *Bazen za Lužánkami* [online]. 2012 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://www.bazenzaluzankami.cz/>
- [52] OPLATEK, Otakar. *Projekt: Plavecký stadion v Brně*. 1967.
- [53] ELLEDER, Ing. Richard. STAREZ-SPORT, a.s. *Prezentace: bazén za Lužánkami*. Brno, 2010.
- [54] Šedá voda ve zdravotní technice. *TZB-info* [online]. 2011 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/7110-seda-voda-ve-zdravotni-technice>
- [55] Ultrafiltration with siClaro® membrane filters. *Martin systems AG* [online]. 2007 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://www.siclaro.ch/en/filtration/ultrafiltration.php>
- [56] *Daten - und Auslegungsblatt für siClaro FM6 Filter*. 2012.
- [57] *Katalog: Presurre Wave: Technické údaje*. 2012.
- [58] GERMICIDNÍ DEZINFEKCE. *UV-lampy* [online]. 2012 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://www.uv-lampy.cz/uv-dezinfekce/germid-025.htm>
- [59] *Technické informace pro montáž a provoz: Vodoměry Rossweiner*. 2012.
- [60] *Katalog Kubiček: Soustrojí dmychadel*. 2012.
- [61] Dmyhadla a soustrojí dmychadel 3D16C až 3D90C. *Kubiček VHS* [online]. 2012 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://www.kubicekvhs.cz/cz/produkty/standardni-produktove-rady/dmyhadla-3d16c-az-3d90c.html>
- [62] *Katalogový sešit: Ixo: Ponorné motorové čerpadlo*. 2012.
- [63] Snímače, spínače, hladiny, vlhkost, tlak. *Pumpa* [online]. 2012 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://www.pumpa.cz/cz/snimace-spinace-hladiny-vlhkost-tlak#mar0301>
- [64] Automatická ponorná vodárna DIVERTRON / E-DEEP. *Sigmont Praha s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://www.sigmontpraha.cz/prodej-cerpadel/ponorna-domaci-vodarna-divertron>
- [65] EchoSonic® II Ultrasonic Level Transmitter with Conduit. *Flowline* [online]. 2012 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: http://www.flowline.com/echosonic_conduit.php
- [66] *Datový list: Danfoss: Elektromagnetické ventily 2/2 s pomocným zdvihem Typ EV250B*. 2012.

- [67] ŠPINAR, Bohumil. *VYUŽITÍ MEMBRÁNOVÉ MIKROFILTRACE PRO ÚPRAVY VODY*. 2010.
- [68] AS-GW/AQUALOOP. *ASIO* [online]. 2012 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/as-gw-aqualoop>
- [69] Grey Water Wheelie Bin: The Grey Water Gator. *Enviro friendly world* [online]. 2012 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://www.enviro-friendly.com/grey-water-wheelie-bin.shtml>
- [70] Grey Water Gator 'Maxi 100' 100mm Greywater Diverter. *Enviro friendly world* [online]. 2012 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://www.enviro-friendly.com/grey-water-gator-maxi-100.shtml>
- [71] Pseudomonas aeruginosa. Skočit na: Navigace, Hledání. *Wikipedie* [online]. 2012 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Pseudomonas_aeruginosa
- [72] Pseudomonas aeruginosa. *Wikipedie* [online]. 2012 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: http://www.wikiskripta.eu/index.php/Pseudomonas_aeruginosa
- [73] Escherichia coli. *Wikipedie* [online]. 2012 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Escherichia_coli
- [74] Infekční onemocnění z pitné vody. *Státní zdravotní ústav* [online]. 2008 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/prevence/infekcni-onemocneni-z-pitne-vody>
- [75] KOLIFORMNÍ BAKTERIE, FEKÁLNÍ (TERMOTOLERANTNÍ) KOLIFORMNÍ BAKTERIE A ESCHERICHIA COLI JAKO MIKROBIOLOGICKÉ UKAZATELE JAKOSTI VODY. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 2012 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://www.mzp.cz/ris/ais-ris-info-copy.nsf/6d13b004071d0140c12569e700154acb/59c2db2383e078ac802567f000308e79?OpenDocument>
- [76] Streptokok. *Wikipedie* [online]. 2012 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Streptokok>
- [77] Enterokoky. *Repetitorium* [online]. 2012 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://old.lf3.cuni.cz/mikrobiologie/rep/enteroko.htm>
- [78] KVALITA PITNÉ VODY VEŘEJNÝCH VODOVODŮ. *Aquacentrum* [online]. 2012 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://aquacentrum-stachy.sweb.cz/kv.htm>
- [79] Anionaktivní tenzidy. *Projekty SIPVZ* [online]. 2006 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://projektycipvz.gytool.cz/ProjektySIPVZ/Default.aspx?uid=400>
- [80] AQUALOOP- pre-filter. Firemní materiál firmy Aqualoop, 2012
- [81] Vodné a stočné v Brně a na Brněnsku. Brněnské vodárny. *Vodárenství* [online]. 2012 [cit. 2013-01-07]. Dostupné z: <http://www.vodarenstvi.com/mesto-brno/vodne-stocne.php>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

a	délka [m]
a_t	délka technologické linky [m]
b	šířka [m]
b_t	šířka technologické linky [m]
B_v	objemové zatížení kalu [kg.m ⁻³ .d ⁻¹]
c_o	koncentrace BSK ₅ na přítoku [mg/l]
E_x	látkové zatížení kalu [kg.kg ⁻¹ .d ⁻¹]
f_o	podíl organických látek [-]
h	výška [m]
h_t	výška technologické linky [m]
K	součinitel odtoku [l ^{0,5} . s ^{-0,5}]
n	počet měřených jednotek [počet osob, obyvatel, lůžek, m ²]
n_1	otáčky elektromotoru [1/min]
n_2	otáčky dmyhadla [1/min]
n_i	počet výtokových armatur stejného druhu [-]
P_1	otáčky dmyhadla [kW]
P_2	příkon dmyhadla [kW]
Δp	tlaková diference [kPa]
Q_{24}	denní potřeba provozní vody [l/den]
q_i	jmenovitý výtok jednotlivých druhů výtokových armatur [l . s ⁻¹]
q_{pis}	potřeba vody pro splachování pisoárů [l/(osoba.den)]
Q_{prod}	denní objem vyprodukované šedé vody [l/den]
$q_{úkl}$	potřeba vody pro úklid [l/(m ² .den)]
Q_v	výpočtový průtok [l . s ⁻¹]
q_{wc}	potřeba vody pro splachování záchodových mís [l/(osoba.den)]
Q_{ww}	průtok splaškových vod [l . s ⁻¹]
V_n	návrhový objem nádrže [m ³]

V_{skut}	skutečný objem nádrže [m ³]
X	koncentrace kalu[kg.m ⁻³]
ΣDU	součinitel výpočtových odtoků [l . s ⁻¹]
φ_i	součinitel současnosti odběru vody z výtokových armatur stejného druhu [-]
θ	návrhová doba zdržení [hod]
Q	objemový průtok na sání [m ³ /min]

SEZNAM TABULEK

TAB.2.1 SLOŽENÍ ŽLUTÉ ODPADNÍ VODY [7]	9
TAB.4.1 MIKROBIOLOGICKÉ PARAMETRY [4].....	23
TAB.4.2 FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ VLASTNOSTI VODY [4].....	23
TAB.5.1PARAMETRY TECHNOLOGIE AS-GW/AQUALOOP [68]	35
TAB.5.2 ÚDRŽBA [17].....	38
TAB.6.1 VÝSLEDKY ROZBORU UPRAVENÉ VODY [30].....	42
TAB.6.2VÝSLEDKY ROZBORU ŠEDÉ VODY [30].....	43
TAB.6.3 SROVNÁNÍ NAMĚŘENÝCH HODNOT NA ČOV V EUCHEMU A UVÁDĚNÝCH TEMNÍ LITERATUŘE [28].....	44
TAB.6.4 BILANCE SPOTŘEBY VODY V HOTELU AM KURPARK [28].....	45
TAB.8.1A) ODEČET MNOŽSTVÍ VODY PRO MĚSÍC ZÁŘÍ.....	59
TAB.8.1B) ODEČET MNOŽSTVÍ VODY PRO MĚSÍC ŘÍJEN	60
TAB.8.2 PRODUKCE ŠEDÉ VODY	61
TAB.8.3 POTŘEBA PROVOZNÍ VODY PRO WC A PISOÁRY.....	63
TAB.8.4 POTŘEBA PROVOZNÍ VODY PRO ÚKLID	64
TAB.8.5 DIMENZOVÁNÍ SPLAŠKOVÝCH ODPADNÍCH POTRUBÍ [52].....	67
TAB.8.6 SOUČINITEL SOUČASNOSTI	68
TAB.8.7 JMENOVITÝ VÝTOK	68
TAB.8.8 NÁVRH DIMENZÍ JEDNOTLIVÝCH ÚSEKŮ.....	69
TAB.8.9 VÝSLEDKY CHEMICKÉHO ROZBORU DVOU VZORKŮ	70
TAB.8.10 VÝSLEDKY MIKROLOGICKÉHO ROZBORU DVOU VZORKŮ	71

TAB.8.11 SROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ ROZBORU S BS 8525-1:2010	71
TAB.8.12 SROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ ROZBORU S VYHLÁŠKOU 238/2011 SB.	71
TAB.8.13 PARAMENTY MODULU SICLARO [56]	77
TAB.8.15 ROZMĚRY DMYCHALA [60]	78
TAB.8.16 PARAMETRY DMYCHADLA [60]	78
TAB.8.17 ROZMĚRY PONORNÉHO ČERPADLA E-DEEP [64]	81
TAB.8.14 PARAMETRY NÁDOBY GLOBAL WATER [57].....	81
TAB.8.15 PARAMETRY UV LAMPY [58].....	83
TAB.8.16 NÁVRHOVÉ PARAMETRY VODOMĚRU [59].....	84
TAB.8.17 SPECIFIKACE VODOVODNÍHO POTRUBÍ.....	86
TAB.8.18 SPECIFIKACE PŘIPOJENÍ	87
TAB.8.19 SPECIFIKACE PRO VODOVODNÍ ROZVODY	87
TAB.8.20 MAXIMÁLNÍ VZDÁLENOSTI PODPOR UCHYCENÍ [19]	88
TAB.8.21 UCHYCENÍ VODOVODNÍHO POTRUBÍ	88
TAB.8.22 DEMONTÁŽ POTRUBÍ.....	89
TAB.8.23 ZKOUŠKA TĚSNOSTI A PROPLACH VODOVODNÍHO POTRUBÍ.....	89
TAB.8.24 HLOUBENÍ RÝH PRO VODOVOD	89
TAB.8.25 SPECIFIKACE KANALIZAČNÍHO POTRUBÍ HT.....	90
TAB.8.26 UPEVNĚNÍ KANALIZAČNÍHO POTRUBÍ	91
TAB.8.27 DEMONTÁŽ SVODNÉHO POTRUBÍ	91
TAB.8.28 SPECIFIKACE KANALIZAČNÍHO POTRUBÍ KG	91

TAB.8.29 ZKOUŠKA TĚSNOSTI A ZKOUŠKA KOUŘEM KANALIZAČNÍHO POTRUBÍ	91
TAB.8.30 HLOUBENÍ RÝH PRO KANALIZACI	92
TAB.8.31 ODVĚTRÁVÁNÍ MÍSTNOSTI.....	92
TAB.8.32 PŘEHLED POUŽITÝCH VÝROBKŮ TECHNOLOGICKÉ LINKY.....	93
TAB.8.33 ROZPOČET TECHNOLOGICKÉ LINKY	94
TAB.8.34 SOUHRN INVESTIC	94
TAB.8.35 VÝVOJ CENY VODY PRO MĚSTO BRNO [81].....	95
TAB.8.37 PROVOZNÍ NÁKLADY	99
TAB.8.38 NÁKLADY NA PITNOU VODU.....	100
TAB.8.38 SNÍŽENÉ NÁKLADY NA PITNOU VODU PRO PLAVECKÝ AREÁL...	101
TAB.8.39 VÝPOČET NÁVRATNOSTI INVESTIC.....	102

SEZNAM OBRÁZKŮ

OBR.1.1 OZNAČENÍ UŽITKOVÉ VODY [4]	6
OBR.3.1 SPRCHOVÁ HLAVICE ECOXYGEN [10]	10
OBR.3.2 SROVNÁNÍ BĚŽNĚ SPRCHOVÉ HLAVICE A BUBBLE-RAIN PŘI PRŮTOKU 6 L/MIN [11].....	11
OBR.3.3 SCHÉMA ROCA ZÁCHODU [32]	12
OBR.3.4 NO-MIX TOALETY A) ROEDIGER, B) SWISS TOILET, C) ROEVAC VACUUM TOILET [7].....	13
OBR.3.5 SUCHÝ PISOÁR A) FLICKR, B) KOHLER STEWARD C) PRINCÍP (ECOTRAP) [7]	13
OBR.4.1 SCHÉMA LOKÁLNÍ SYSTÉMU REKUPERACE TEPLA U SPOTŘEBIČŮ [6]	15
OBR.4.2 KOUPELNOVÝ VÝMĚNÍK SAKAL [21].....	15
OBR.4.3 LOKÁLNÍ SYSTÉMY REKUPERACE TEPLA NA SVODNÉM POTRUBÍ FIRMY PATH [22]	16
OBR.4.4 UMÍSTĚNÍ LOKÁLNÍHO SYSTÉMU REKUPERACE TEPLA NA SVODNÉM POTRUBÍ [20].....	17
OBR.4.5 LOKÁLNÍ SYSTÉMY REKUPERACE TEPLA NA SVODNÉM POTRUBÍ FIRMY SAKAL [21].....	17
OBR.4.6 CENTRÁLNÍ SYSTÉMY REKUPERACE [27]	18
OBR.4.7 SCHÉMA PŘIPOJENÍ CENTRÁLNÍHO SYSTÉMU REKUPERACE S TEPELNÝM ČERPADLEM [23].....	19
OBR.4.8 GRAF SPOTŘEBY VODY DOMÁCNOSTI PŘI PRŮMĚRNÉ SPOTŘEBĚ VODY 100-150L NA OSOBU A DEN [24]	21
OBR.4.9 KOMBINACE SYSTÉMU PRO ŠEDÉ A DEŠŤOVÉ VODY [6].....	22
OBR.4.10 ZÁVLAHA BÍLOU VODOU [39].....	27

OBR.5.1 SCHÉMA KOŘENOVÉ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD [40]	30
OBR.5.2 SROVNÁNÍ FILTRACE MEMBRÁNOVÝCH TECHNOLOGIÍ [49].....	31
OBR.5.3 VÁLCOVÝ MODUL MEMBRÁNY [49].....	32
OBR.5.4 ROVINNÁ MEMBRÁNA [46]	33
OBR.5.5 ČISTÍRNA ŠEDÝCH VOD AS-GW/AQUALOOP [68].....	35
OBR.5.6 ČISTÍRNA ŠEDÝCH VOD WHEELIE BIN [69]	36
OBR.5.7. ČISTÍRNA ŠEDÝCH VOD GATOR [70].....	37
OBR.6.1 TECHNOLOGICKÁ LINKA ČISTĚNÍ ŠEDÝCH VOD [30]	41
OBR.6.2 MOŽNOST PŘÍVODU BÍLÉ VODY ZVLÁŠTNÍ VODOVODNÍ BATERII [30]	41
OBR.6.3 POHLEDY NA HOTEL MOSAIC HOUSE V PRAZE[24]	46
OBR.6.4 KOUPELNA V HOTELU MOSAIC HOUSE [26]	47
OBR. 6.5 FILTRACE K ZACHYCENÍ HRUBÝCH NEČISTOT [33]	48
OBR.6.6 DESINFEKCE [33]	48
OBR.6.6 ČERPÁNÍ VYČIŠTĚNÉ VODY [33].....	49
OBR.7.1 PŮVODNÍ STAVEBNÍ PLÁNY PLAVECKÉHO BAZÉNU ZA LUŽÁNKAMI [52]	50
OBR.7.2 PLAVECKÝ BAZÉN ZA LUŽÁNKAMI [53]	51
OBR.7.3 PROSTOR PRO UMÍSTĚNÍ TECHNOLOGIE ČIŠTĚNÍ ŠEDÝCH VOD ...	52
OBR.7.4 DÁVKOVÁNÍ CHEMIKÁLIÍ	53
OBR.7.5 AKUMULACE	53
OBR.7.6 PÍSKOVÁ FILTRACE.....	54
OBR.7.7 PLAVECKÝ BAZÉN [53]	54

OBR.7.8 VEŘEJNÉ SPRCHY	55
OBR.7.9 PISOÁRY A TOALETA PRO VEŘEJNOST.....	55
OBR.7.10 RELAXAČNÍ BAZÉN	56
OBR.7.11 SPRCHY A UMYVADLA V RELAXAČNÍ ČÁSTI	56
OBR.7.11 MÍSTO ODBĚRU VODY PRO ÚKLID U OCHOZU BAZÉNU	57
OBR.7.12 ODBĚRNÁ MÍSTA PRO ÚKLID.....	57
OBR.8.1 SCHÉMA RECYKLACE VODY V BUDOVĚ	66
OBR.8.2 FILTR K ZACHYCENÍ MECHANICKÝCH NEČISTOT AQUALOOP [80].	73
OBR.8.3 PONORNÉ ČERPADLO KSB [62].....	74
OBR.8.4 CHARAKTERISTIKA PONORNÉHO ČERPADLA [62].....	74
OBR.8.5 MEMBRÁNOVÝ MODUL [56]	77
OBR.8.6 ROZMĚRY DMYCHADLA [60]	79
OBR.8.7 MINIMÁLNÍ VZDÁLENOSTI DMYCHADLA OD PEVNÝCH PŘEKÁŽEK [61]	79
OBR.8.8 CHARAKTERISTIKA ČERPADLA [64]	80
OBR.8.9 ROZMĚRY ČERPADLA E-DEEP [64]	81
OBR.8.10 ROZMĚRY NÁDOBY GLOBAL WATER [57].....	82
OBR.8.11 UV LAMPA [58].....	83
OBR.8.12 SNÍMAČ HLADINY VODY [65]	83
OBR.8.13 ROZMĚRY VODOMĚRU [59]	84
OBR.8.14 SOLENOIDOVÝ VENTIL [66]	85
OBR. 8.15 PRINCIP SOLENOIDOVÉHO VENTILU [66].....	85

OBR. 8.16 UPEVNĚVÁNÍ KANALIZAČNÍHO POTRUBÍ [19].....	90
OBR. 8.17. VÝVOJ CENY VODY V BRNĚ	96
OBR.8.18 VÝVOJ CEN ENERGÍÍ	98
OBR.8.20 NÁVRATNOST INVESTIC	103

SUMMARY

At the first part of the work have been done the recherche about possibilities of saving drinking water. „Gray waters“ appear as the best possibility. For that reason I was dealing with the explanation of the probleme with the realisation projects that have been finished in France, Germany any also in the Czech Republic. The Exploitation of gray water isn't very extended. There is enough groundwater and day water in the Czech republic but these sources aren't bottomless. There are countries where the sources of drinking water aren't in the great number and for this reason it must be solved. Big commercial object sew lot of gray water to the sewage system, which are only a little dirty and could be easily cleaned. For example swimming pool „Za Lužánkami“ sews more than 5 m³ gray water per hour into the sewage system. The same amount of water is needed for flushing of closet and clearing. If the gray water would recykle and could be again used, the usage of drinking water could be cut down.

The second part of the work was dealing with the recycling of the gray water and its reuse. I have fixed the production of the gray water for swimming pool and have calculated the consumption of operating water. Next I have done the taking of sumples of gray water due to chemical and microbiological purpose. In virtue of this analysis I have projected the white water distribution to the separated places of water take-off. The gray water was used only at public showers, because existing sewage system pipes only to these showers. New pipes of the gray water will be ventilated by new supply pipes.

Supply line are designed from HP propylene Rautitan flex from the company Rehau.

The technologic line will be situated into free space under shallow part of swimming pool in basement.

If the idea of reuse water would be realized, it would be need 589 333 Kč for technologic line and for construction white water and gray water piping. Rate of return is about 24 years. In this time the tax benefits aren't comprised. The main idea of this recontruction should be saving of drinking water

For this example we could see that there's reason for usage of gray waters for still growing prices of water.

SEZNAM PŘÍLOH

1. Protokol č.8903/2011
2. Protokol č.8430/2012
3. Schéma číslování úseků
4. Technologické schéma čistírny šedých vod
5. Rozvody bílé vody 1PP
6. Rozvody bílé vody 1NP
7. Svodné potrubí šedé vody 1PP

**Zdravotní ústav se sídlem v Brně**

Centrum hygienických laboratoří

Zkušební laboratoř akreditovaná ČIA pod registračním č. 1391.2

Masná 3c, 602 00 Brno

IČO: 71009531



Oddělení anorganických analýz, telefon: 543 423 321, e-mail: ivo.riha@zubrno.cz

PROTOKOL č. 8903/2011

Zákazník : Vysoké učení technické v Brně
Fakulta stavební, ÚVHO
Žižkova 17
602 00 Brno

Příjem vzorku : 7.12.2011 9:30
Vyšetření vzorku : 7.12.2011 - 14.12.2011

Vzorek číslo :	20183/2011
Označení vzorku :	Šedá voda
Matrice :	voda odpadní
Datum odběru :	6.12.2011
Místo odběru :	Brno
Vzorkoval :	zákazník
	Plavecký stadion Brno (voda ze sprch)
	Čas odběru : 19:30

Výsledky zkoušení - chemické vyšetření

Ukazatel	Hodnota	Jednotka	TYP	Použitá metoda	Nejistota
BSK5	75	mg/l	A	SOP BM 005.01 (ČSN EN 1899-1,2)	±10%
dusík celkový	11,5	mg/l	A	SOP BM 006.03 (ČSN EN ISO 11905-1)	±8%
fosfor celkový	0,18	mg/l	A	SOP BM 007 (ČSN EN ISO 6878)	±8%
CHSK-Cr	180	mg/l	A	SOP BM 015 (ČSN ISO 6060)	±8%
NL (105°C)	44	mg/l	A	SOP BM 025 (ČSN EN 872)	±11%
pH	6,67		A	SOP BM 033 (ČSN ISO 10523)	±4%
tenzidy anionaktivní	0,60	mg/l	A	SOP BM 041 (ČSN EN 903)	±12%
teplota vzorku	18,8	°C	A	SOP BM 042 (ČSN 75 7342)	±10%
zákal	27	ZF(t)	A	SOP BM 044 (ČSN EN ISO 7027)	±8%

Výsledky zkoušení - mikrobiologické vyšetření

Ukazatel	Hodnota	Jednotka	TYP	Použitá metoda	Nejistota
Escherichia coli	0	KTJ/ml	A	SOP BM 902 (ČSN ISO 16649-2)	-
enterokoky	0	KTJ/ml	A	SOP BM 907 (AHEM č. 7/2001)	-
koliformní bakterie	0	KTJ/100ml	A	SOP BM 900 (ČSN EN ISO 9308-1)	-
Pseudomonas aeruginosa	0	KTJ/100ml	A	SOP BM 909 (ČSN EN ISO 16266)	-

Metody v sloupci TYP: "A" akreditovaná zkouška

Uvedená nejistota je vyjádřena v souladu s dokumentem EA 4/16 jako nejistota kombinovaná na hladině pravděpodobnosti U=95% pro koeficient rozšíření k=2 a nezahrnuje nejistotu vzorkování. Pro nalezené hodnoty, které jsou rovny nule nebo jsou pod mezí stanovitelnosti (případně "větší než"), se nejistoty neuvádí.

Stanovení provedena dle platných norem, metod a předpisů. Výsledky se týkají pouze zkoušených předmětů. Bez písemného souhlasu laboratoře se nesmí protokol reprodukovat jinak než celý.

Vedoucí CHL : RNDr. Libuše Malíková Ph.D.
Protokol vyhotovil: Rysová Simona
Počet stran: 2
Dne: 14.12.2011



RNDr. Ivo Říha
vedoucí Oddělení anorganických analýz





Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě
Odbor hygienických laboratoří Brno
Zkušební laboratoř akreditovaná ČIA pod registračním č. 1391.2
Masná 3c, 602 00 Brno
IČ: 71009396

Oddělení anorganických analýz, telefon: 543 423 321, e-mail: ivo.riha@zuova.cz

PROTOKOL č. 8430/2012

Zákazník : Vysoké učení technické v Brně
Fakulta stavební
Ústav vodního hospodářství obcí
Žižkova 17
602 00 Brno

Příjem vzorku : 21.11.2012 12:00
Vyšetření vzorku : 21.11.2012- 27.11.2012

Vzorek číslo : 19265/2012

Označení vzorku : Šedá voda

Matrice : voda technologická

Datum odběru : 21.11.2012

Čas odběru : 9:00

Místo odběru : Brno

Plavecký stadion Brno-Lužánky

Vzorkoval : Petra Maková

Výsledky zkoušení - chemické vyšetření

Ukazatel	Hodnota	Jednotka	TYP	Použitá metoda	Nejistota
amoniakální dusík	4,5	mg/l	A	SOP BM 002 (ČSN ISO 7150-1,2)	±10%
BSK5	92	mg/l	A	SOP BM 005.01 (ČSN EN 1899-1,2)	±10%
dusík celkový	12,5	mg/l	A	SOP BM 006.03 (ČSN EN ISO 11905-1)	±8%
fosfor celkový	0,07	mg/l	A	SOP BM 007 (ČSN EN ISO 6878)	±8%
CHSK-Cr	190	mg/l	A	SOP BM 015 (ČSN ISO 6060)	±8%
NL (105°C)	56	mg/l	A	SOP BM 025 (ČSN EN 872)	±11%
pH	6,22		A	SOP BM 033 (ČSN ISO 10523)	±4%
tenzidy anionaktivní	16	mg/l	A	SOP BM 041 (ČSN EN 903)	±12%
zákal	35	ZF(t)	A	SOP BM 044 (ČSN EN ISO 7027)	±8%

Výsledky zkoušení - mikrobiologické vyšetření

Ukazatel	Hodnota	Jednotka	TYP	Použitá metoda	Nejistota
Escherichia coli	0	KTJ/ml	A	SOP BM 902 (ČSN ISO 16649-2)	-
enterokoky	0	KTJ/ml	A	SOP BM 907 (AHM č. 7/2001)	-
koliiformní bakterie	10	KTJ/100ml	A	SOP BM 900 (ČSN EN ISO 9308-1)	37 %
Pseudomonas aeruginosa	40	KTJ/100ml	A	SOP BM 909 (ČSN EN ISO 16266)	49 %

Metody v sloupci TYP: "A" akreditovaná zkouška

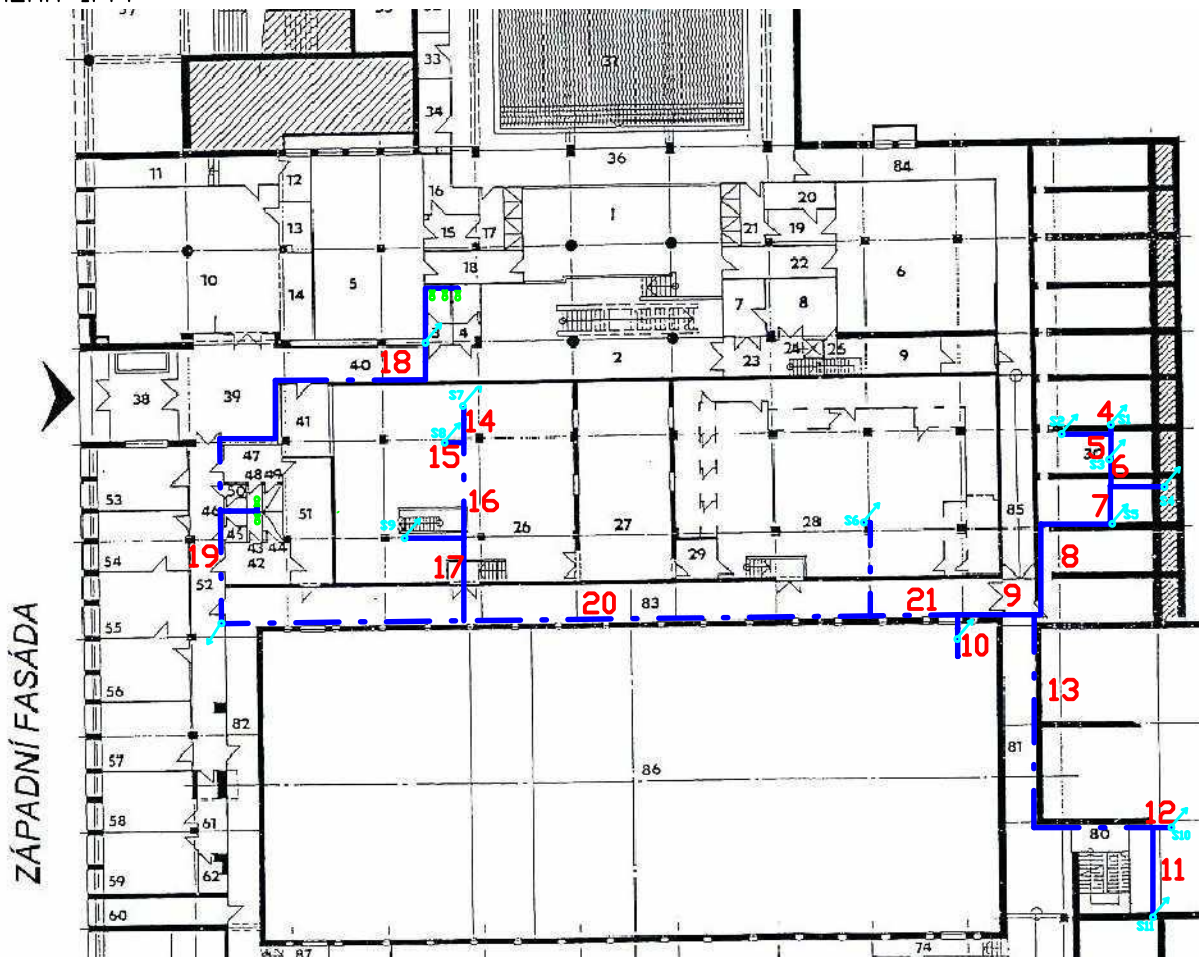
Uvedená nejistota je vyjádřena v souladu s dokumentem EA 4/16 jako nejistota kombinovaná na hladině pravděpodobnosti U=95% pro koeficient rozšíření k=2 a nezahrnuje nejistotu vzorkování. Pro nalezené hodnoty, které jsou rovny nule nebo jsou pod mezí stanovitelnosti (případně "větší než"), se nejistoty neuvádí.

Stanovení provedena dle platných norem, metod a předpisů. Výsledky se týkají pouze zkoušených předmětů.
Bez písemného souhlasu laboratoře se nesmí protokol reprodukovat jinak než celý.

Vedoucí OHL : RNDr. Ivo Říha
Protokol vyhotovil: Rysová Simona
Počet stran: 2
Dne: 28.11.2012

RNDr. Ivo Říha
vedoucí Oddělení anorganických analýz

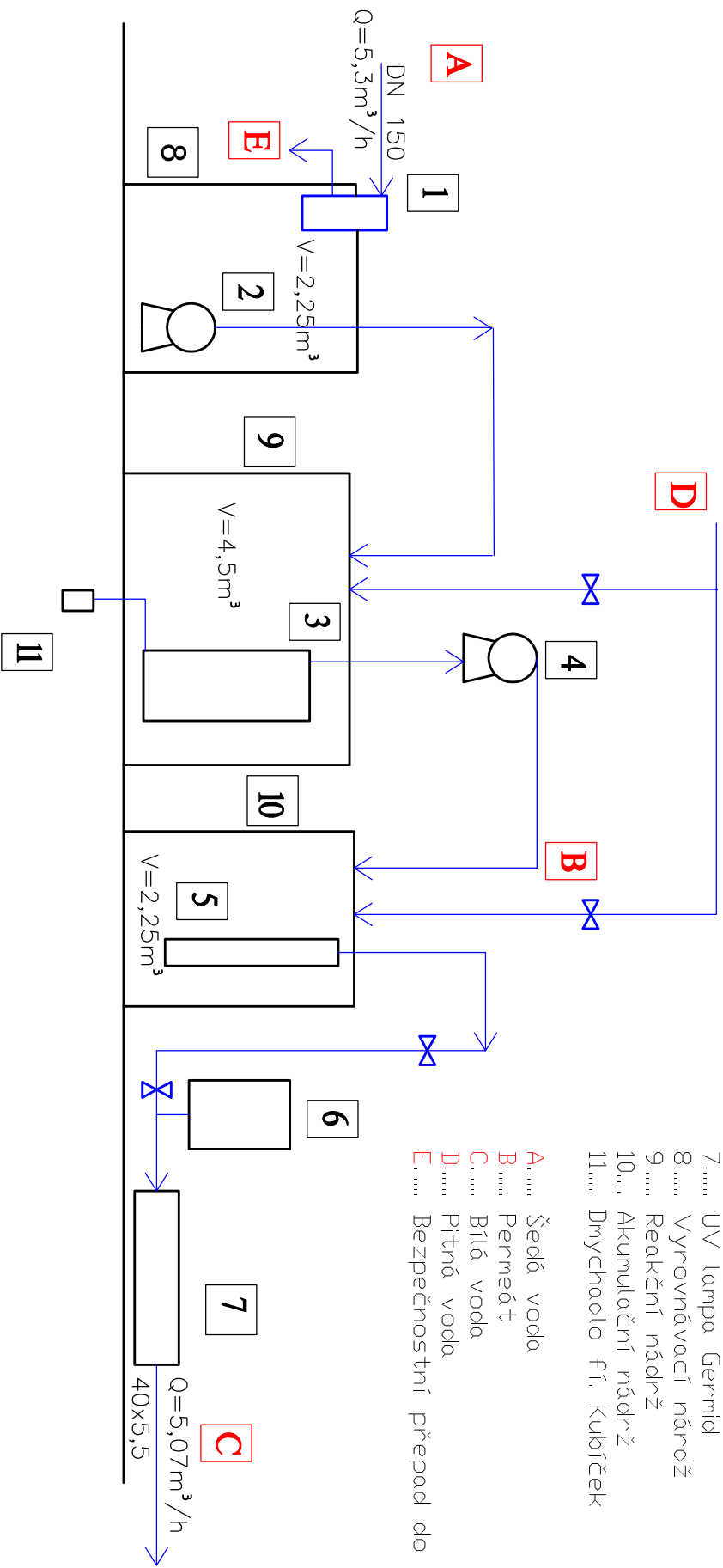
SCHEMA 1PP.



SCHEMA 1NP.



KRESLILA: Bc. PETRA MAKOVÁ
 OBSAH: SCHEMA ČÍSLOVANÍ USEKŮ
 PŘÍLOHA č.3



- Legenda:
- 1..... Jemné síto Aqualoop
 - 2..... Ponorné čerpadlo KSB-Ixo48
 - 3..... Membránový modul Martin systém-siClaro FM 611
 - 4..... Čerpadlo součástí dodávky membrán
 - 5..... Automatická ponorná vodárna Sigmont s.r.o. E-DEEP
 - 6..... Membránová tlaková nádoba Global Water
 - 7..... UV lampa Germid
 - 8..... Vyrovnávací nádrž
 - 9..... Reakční nádrž
 - 10..... Akumulační nádrž
 - 11..... Dmychadlo fí. Kubíček
- A..... Šedá voda
 B..... Permeát
 C..... Bílá voda
 D..... Pitná voda
 E..... Bezpečnostní přepad do kanalizace

KRESLILA: Bc.PETRA MAKOVÁ
 OBSAH: TECHNOLOGIEKÉ SCHEMA ČIŠŤIRNY ŠEDÝCH VOD
 PŘÍLOHA č.4

