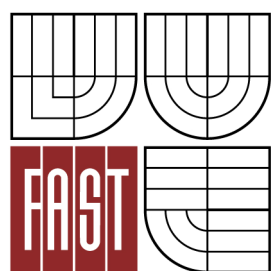




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

NÁVRH VYUŽITÍ ŠEDÝCH VOD V PLAVECKÉM AREÁLU KRAVÍ HORA S OHLEDEM NA DOSTAVBU WELLNESS CENTRA

PROPOSAL FOR THE USE OF GRAY WATER IN THE SWIMMING AREA "KRAVÍ HORA" WITH A
VIEW TO COMPLETION OF THE WELLNESS CENTER

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. PAVLA BĚLOUŠKOVÁ

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. PAVLA BĚLOUŠKOVÁ
Název	Návrh využití šedých vod v plaveckém areálu Kraví hora s ohledem na dostavbu wellness centra
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] ART, Ludwig. Create an Oasis with Greywater. 4.edition. Santa Maria, CA: Oasis Design, 2000. 48 p. ISBN 0-9643433-0-4.
- [2] PLOTĚNÝ, Karel. Dělení vod, bílé a šedé vody - nové poznatky a možnosti využití. In Sborník semináře Vodohospodářské chuťovky. 1. vydání. Brno: ASIO, spol. s r.o., 2011. s. 21 – 27.
- [3] BARTONÍK, A.; PLOTĚNÝ, K., HOLBA, M., VRÁNA, J., OŠLEJŠKOVÁ, M.. Znovuvyužití šedých vod a jejich energie. In Sborník semináře Vodárenská biologie 2012. 1. vydání. Praha, 2012. s. 175-182. ISBN 978-80-86832-65-4.
- [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] PLOTĚNÝ, Karel. Odpadní vody jako zdroj surovin. In TZB-info [online]. 1. vydání. 2008 [cit. 2008-07-10]. Dostupné z WWW: voda.tzb-info.cz
- [7] 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
- [8] Získávání odborných podkladů na plaveckém areálu Kraví hora

Zásady pro vypracování

Předmětem diplomové práce bude v první části krátká rešerše k problematice využití šedých vod, v praktické části pak návrh využití šedých vod a tepla z nich v plaveckém areálu Kraví hora s ohledem na dostavbu wellness centra a ekonomické posouzení navržené recyklace.

Předepsané přílohy

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

ABSTRAKT

Šedá voda je tvořena odpadními vodami, které neobsahují moč ani fekálie. Jedná se tedy o vody odtékající z umyvadel, sprch, van, praček, myček, dřezů, apod. Po úpravě této vody vzniká tzv. voda bílá – provozní, kterou je možno dále využívat například na splachování toalet, úklid nebo zalévání zahrad. Zajímavé je i využití tepelné energie obsažené v šedých vodách.

Předmětem této diplomové práce je v první části krátká rešerše k problematice využití šedých vod, v následující kapitole jsou uvedeny příklady využití šedých vod v praxi. V praktické části je proveden návrh využití šedých vod a tepla z nich v plaveckém areálu Kraví hora s ohledem na dostavbu wellness centra a ekonomické posouzení navržené recyklace.

ABSTRACT

Greywater is the leftover water from baths, showers, hand basins and washing machines only, what implies that it is free of faeces and urine. Greywater can be recycled as processing water (whitewater) for toilet and/or urinal flushing or landscape irrigation. Energy recovery from greywater looks also very promising.

The subject of this thesis is short research on the issue of the use of greywater in the first part, the following chapter provides examples of the use of greywater in practice. Practical part of thesis provides suggestion of use of greywater and their heat potential in swimming area Kraví hora with regard to completion of wellness centre. This part also includes economical analysis of suggested recycling.

KLÍČOVÁ SLOVA

Šedá voda, bílá voda, membránový modul, recyklace vody, energetické využití.

KEYWORDS

Greywater, whitewater, membrane module, water reuse, heat reclamation.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

BĚLOUŠKOVÁ, Pavla. *Návrh využití šedých vod v plaveckém areálu Kraví hora s ohledem na dostavbu wellness centra*. Brno, 2012. 100s. 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 vypracovala samostatně, a že jsem uvedla všechny použité zdroje informací.

V Brně dne 10.1.2013

.....

podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych ráda poděkovala své vedoucí diplomové práce paní Ing. Renatě Biele, Ph.D. za její cenné rady a připomínky. Chtěla bych poděkovat panu Ing. Evženu Hrubešovi a Janu Ježkovi z plaveckého areálu Kraví hora za poskytnutí podkladů a informací pro vypracování této práce. Dále děkuji panu Ing. Jakubu Vránovi, Ph.D. z Ústavu technického zařízení budov za odborné rady při návrhu vnitřních rozvodů a panu doc. Ing. Vítovi Hromádkovi, Ph.D. z Ústavu stavební ekonomiky a řízení za odborné rady k ekonomickým výpočtům. Děkuji společnosti Asio, spol. s r.o., jmenovitě panu Ing. Adamu Bartoníkovi, za spolupráci při návrhu technologické linky na úpravu šedých vod. V závěru bych ráda poděkovala svým přátelům, kteří mi byli po celou dobu morální oporou.

OBSAH

1	ÚVOD.....	4
2	ŠEDÉ VODY	5
2.1	DĚLENÍ ODPADNÍCH VOD.....	5
2.1.1	Žluté odpadní vody	5
2.1.2	Hnědé odpadní vody	5
2.1.3	Černé odpadní vody	5
2.1.4	Šedé odpadní vody.....	5
2.1.5	Bílé odpadní vody	8
2.2	Systémy šedých vod.....	8
2.2.1	Systémy opakovaného použití (bez použité úpravy)	9
2.2.2	Systémy s krátkou dobou zdržení	9
2.2.3	Základní systémy fyzikální/chemické.....	9
2.2.4	Biologické systémy.....	9
2.2.5	Bio-mechanické systémy	9
2.2.6	Hybridní systémy.....	9
2.3	Využití šedých vod	10
2.3.1	Využití šedých vod pro zalévání.....	10
2.3.2	Vužití šedých vod v budovách	10
2.3.3	Využití tepla z šedých vod.....	12
2.3.4	Potrubí	14
2.4	Čištění šedých vod.....	15
2.5	Akumulace šedých vod	16
2.5.1	Nádrže a cisterny pro skladování šedých vod.....	16
2.6	Kvalita vody.....	17
2.7	Odběr vzorků	19
2.7.1	Vzorky pro mikrobiologický rozbor	19
2.7.2	Místa odběru vzorků	20
2.8	Údržba	20
2.9	Hodnocení rizik	22
2.10	Kontroly a měření	22
2.11	Testování a uvedení do provozu	23
2.11.1	Testování barvivem pro distribuci v potrubí křížového napojení	23
2.12	Předání uživateli.....	25
3	PŘÍKLADY VYUŽITÍ ŠEDÝCH VOD.....	26
3.1	Hotel mosaic house v praze	26
3.1.1	Úspora energie	27
3.1.2	Recyklace šedé vody.....	27
3.1.3	Shrnutí	29

3.2	Hotel „am Kurpark“ v německu	29
3.2.1	Přípravné práce se sprchovými vodami na ČOV	30
3.2.2	Bilance spotřeby vody v hotelu.....	31
3.2.3	Přestavba vodovodní sítě v hotelu	31
3.2.4	Zařízení na úpravu šedých vod	31
3.2.5	Závěr	32
3.3	Rodinný dům ve Francii	32
3.3.1	Proces úpravy šedé vody.....	33
3.3.2	Trubní systém v domě.....	33
3.3.3	Výsledky experimentu	34
3.3.4	Shrnutí experimentu.....	38
4	PLAVECKÝ AREÁL KRAVÍ HORA.....	39
4.1	Popis areálu	39
4.1.1	2. nadzemní podlaží	39
4.1.2	1. nadzemní podlaží	40
4.1.3	1. podzemní podlaží	41
4.1.4	Wellness centrum.....	42
4.2	Rozbor šedé vody	43
4.2.1	Chemický rozbor	43
4.2.2	Mikrobiologický rozbor.....	47
4.2.3	Vyhodnocení rozboru šedé vody	49
4.3	Stanovení produkce šedé vody a potřeby provozní vody.....	50
4.3.1	Stanovení potřeby provozní vody	51
4.3.2	Stanovení produkce šedé vody.....	52
4.3.3	Posouzení využití šedé vody.....	53
4.4	Návrh vnitřní kanalizace	54
4.5	Návrh vnitřního vodovodu	54
4.6	Výpis materiálu a armatur	57
4.7	Návrh technologické linky.....	58
4.7.1	Akumulační nádrž.....	58
4.7.2	Filtr mechanických nečistot	59
4.7.3	Membránový modul.....	59
4.7.4	Čerpadlo permeátu.....	60
4.7.5	Ponorné čerpadlo z akumulční nádrže	62
4.7.6	Snímač hladiny	62
4.7.7	Dmychadlo.....	63
4.7.8	Ponorné čerpadlo ATS.....	64
4.7.9	Tlaková nádoba.....	65
4.7.10	Tlakový spínač.....	65
4.7.11	UV lampa.....	66
4.7.12	Průtokoměr	67
4.7.13	Solenoidový ventil	68
4.7.14	Technologické schéma.....	69
4.8	Návrh využití zbytkového tepla z šedých vod	69
4.8.1	Návrh řešení.....	70
4.8.2	Stávající stav	71
4.9	Rozpočet.....	73

4.9.1	Rozpočet pro výstavbu vnitřní kanalizace	74
4.9.2	Rozpočet pro výstavbu vnitřního vodovodu	74
4.9.3	Rozpočet zednických prací	75
4.9.4	Rozpočet na staveništní přesun hmot.....	76
4.9.5	Rozpočet technologické linky na úpravu šedých vod	76
4.9.6	Celkový rozpočet	78
4.10	Provozní náklady na výrobu bílé vody	78
4.10.1	Elektrická energie	79
4.10.2	UV lampa, aktivovaný kal	80
4.10.3	Celkové provozní náklady na výrobu bílé vody	82
4.11	Srovnání ceny pitné vody bez využití a s využitím systému na úpravu šedých vod.....	83
4.12	Návratnost investice	86
5	ZÁVĚR	89
6	POUŽITÁ LITERATURA.....	90
	SEZNAM TABULEK	93
	SEZNAM OBRÁZKŮ	95
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	97
	SEZNAM PŘÍLOH	99
	SUMMARY	100

1 ÚVOD

Nedostatek pitné vody je globálním problémem lidstva, se kterým se potýká již mnoho zemí. Je pravdou, že u nás je stále relativní dostatek vody, ale předpokládá se, že bude-li současná situace pokračovat, bude nutné najít alternativní řešení.

Jednou z nabízených možností je právě úprava šedých vod. Jedná se o vodu odtékající z umyvadel, sprch, van, praček, myček, dřezů, apod. Po úpravě této vody vzniká tzv. voda bílá – provozní, která je kvalitou podobná vodě dešťové a může se využívat například na splachování toalet, úklid nebo zalévání zahrad.

Hlavním důvodem, proč využívat recyklaci šedých vod, je jejich minimální znečištění, možnost využití jejich tepelného potenciálu (například pro ohřev TUV) a také šetrný vliv na životní prostředí.

Z řady možností hospodaření s odpadními vodami, se jeví oblast využití šedých vod použitelné zejména pro budovy s velkým výskytem osob, např. hotely, nemocnice, administrativní budovy, sportovní, lázeňská centra a v neposlední řadě plavecké areály. V těchto provozech je možné získat množství tepelné energie, tu zpětně využít pro vlastní potřebu a tím snížit provozní náklady.

Diplomová práce bude rozdělena do tří klíčových částí:

- vypracování řešerše na téma využití šedých vod,
- uvedení příkladů využití šedých vod v praxi,
- praktický návrh systému na úpravu šedých.

Praktická část diplomové práce bude řešena pro plavecký areál Kraví hora. Aby bylo možné v tomto areálu šedé vody využívat, bude třeba provést návrh nových rozvodů, zejména pro provozní (bílou) vodu a dále návrh technologické linky na její úpravu. Jedním z cílů této práce by mělo být i ekonomické shodnocení návrhu.

2 ŠEDÉ VODY

Tato kapitola obsahuje rešerši o obecném využití šedých vod.

2.1 DĚLENÍ ODPADNÍCH VOD

Odpadní vody můžeme podle jejich složení rozdělit do následujících skupin:

- žluté odpadní vody,
- hnědé odpadní vody,
- černé odpadní vody,
- šedé odpadní vody,
- bílé odpadní vody.

2.1.1 Žluté odpadní vody

Jedná se o vody, které jsou tvořeny odpadními vodami z toalet – moč. Člověk vylučuje denně 0,6 až 2,0 litru moči, průměrně asi 1,5 litru o sušině 60 g, což je o něco menší množství než každý jedinec vypije. [3]

Tab. 2.1 Percentuelní zastoupení nutrientů ve žluté odpadní vodě [3]

Složka	Produkce g/d	C _m mg/l
Na	5	3 300
K	2,2	1 465
Ca	0,2	133
P	1,2	800
N (NH ₃ +NH ₄ ⁺)	0,58	387

2.1.2 Hnědé odpadní vody

Jedná se o vody, které jsou tvořeny odpadními vodami z toalet – fekálie. Percentuelní zastoupení nutrientů v hnědé vodě je přibližně 16% dusíku, 36% fosforu a 17% draslíku. [3]

2.1.3 Černé odpadní vody

Černé vody tvoří fekálie, moč, splachovací voda a toaletní papír.

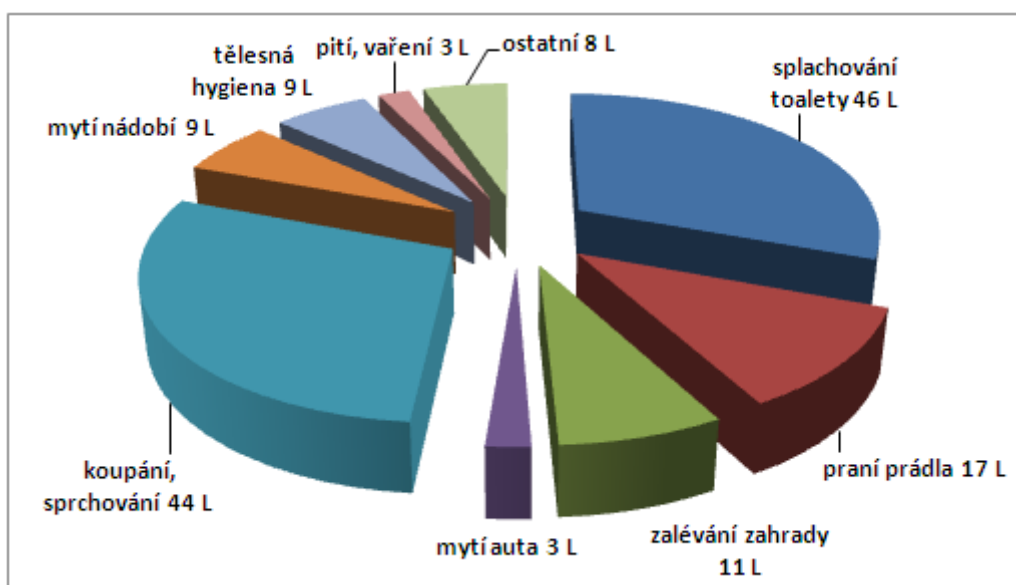
2.1.4 Šedé odpadní vody

Šedá voda je tvořena odpadními vodami, které neobsahují moč ani fekálie. Jedná se tedy o vody odtékající z umyvadel, sprch, van, praček, myček, dřezů, apod. Po úpravě této vody

vzniká tzv. voda bílá – provozní, kterou je možno dále využívat například na splachování toalet, úklid nebo zalévání zahrad.

Aby se zajistila vypovídající hodnota o množství šedých vod, je vhodné vycházet z toho, kde vody vznikly (nebo na co byly použity). Z tohoto hlediska můžeme zdroje šedé vody rozdělit následovně:

- neseparované šedé vody,
- šedé vody z umyvadel, van a sprch,
- šedé vody z praček,
- šedé vody z kuchyní a myček.



Obr. 2.1 Průměrná spotřeba vody v domácnosti [2]

Z grafu je patrné, že produkce šedé vody tvoří více než 50 % celkové produkce odpadní vody v domácnosti. Množství vyprodukovaných šedých vod ve vybraných zemích kolísá mezi 57 a 75 l/EO.d. [2]

Podle prováděných průzkumů můžeme konstatovat, že charakteristické je zejména kolísání hodnot vyplývající z rozdílného životního stylu. Nejméně zatížené jsou vody ze sprch a mytí, naopak voda z kuchyní je vzhledem k vyšším obsahům zbytků hodně zatížená. Z těchto poznatků se tedy pak dá vycházet a šedou vodu lze dělit na vhodnou a podmíněně použitelnou pro recyklaci. Použitelná je tedy voda z oblastí umyvadel, van a sprch a podmíněně použitelná z oblasti kuchyně a myčky na nádobí. [5]

Tab. 2.2 Fyzikálně-chemické vlastnosti šedých vod podle jednotlivých kategorií [2]

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 – 1 300	-
Rozpuštěné látky	mg/l	-	126 – 599	-	-
Vodivost	S/m	190 – 1400	82 – 22 000	-	360 – 520
Alkalita (jako CaCO ₃)	mg/l	83 – 200	24 – 136	20 – 340	-
Tvrdost (jako CaCO ₃)	mg/l		18 – 52	-	-
BSK ₅	mg/l	48 – 682	19 – 200	669 – 756	41 – 194
CHSK	mg/l	375	64 – 8 000	26 – 1 600	495 – 623
TOC	mg/l	100 – 280	15 – 225	-	-
SO ₄ ²⁻	mg/l	-	12 – 40	-	39,8 – 88,5
Cl ⁻	mg/l	9 – 88	3,1 – 88	-	16,3 – 33,4
Oleje a tuky	mg/l	8,0 – 35	37 – 97	-	-

Co se týká nutrientů, tak dusík se v šedých vodách vyskytuje především jako organicky vázaný (např. v bílkovinách). Koncentrace amoniakálního dusíku, resp. oxidovaných forem dusíku (dusitany, dusičnany) jsou v porovnání s koncentrací organického dusíku zanedbatelné. [2]

Množství fosforu je závislé na způsobu života obyvatelstva produkujícího šedou vodu a používání detergentů. Nejvíce fosforu bývá v mycích přípravcích do myček na nádobí, což je zahrnuto v kategorii šedých vod z praček. V současné době už by měly být vysoké koncentrace fosforu v této skupině spíše minulostí, protože v řadě zemí (včetně České republiky) je již použití fosfátových přípravků omezeno nebo zakázáno.

Tab. 2.3 Koncentrace vybraných živin v šedých vodách v mg/l [2]

Nutrienty	Pračky	Sprchy, vany, umývadla	Kuchyně, myčky nádobí	Neseparované šedé vody
N-NH ₄	<0,1 – 3,47	<0,1 – 25	0,2 – 23	-
N-NO ₂	0,1 – 0,31	<0,05 – 0,2	-	-
N-NO ₃	0,4 – 0,6	0 – 4,9	-	-
P-PO ₄	4 – 32	0,34 – 35	0,4 – 14	0,6 – 7,4
N _{celk}	6 – 21	0,6 – 46,4	13 – 60	8 – 11
P _{celk}	0,06 – 57	0,11 – 2,2	3,1 – 10	3,3 – 11

Mikrobiologické zatížení může mít původ v mytí rukou, moči při sprchování (zejména u malých dětí) a ze zpracování potravin. Podle průzkumů mohou být koncentrace z mytí rukou a sprch krátkodobě vyšší než z praní.

Pro parametr *Escherichia coli* je rozdíl jednoho řádu, pro koliformní bakterie je pak ve dvou řádech. Velmi zatížené mohou být občas také vody z kuchyní, ze zpracování potravin, ale v literatuře jsou pro tyto vody jen ojedinělá měření. [2]

Tab. 2.4 Mikrobiologické zatížení šedých vod v KTJ/100ml [2]

Mikrobiologické parametry	Pračky	Sprchy, vany, umývadla	Kuchyně, myčky nádobí	Neseparované šedé vody
Fekální koliformy	$10^1 - 10^4$	$10^1 - 10^6$	-	$10^2 - 10^6$
Celkové koliformy	$10^1 - 10^8$	$10^1 - 10^9$	-	$10^5 - 10^8$
<i>Escherichia coli</i>	$10^1 - 10^6$	$10^1 - 10^7$	$10^5 - 10^8$	$10^1 - 10^2$
Streptokoky	$10^1 - 10^7$	$10^1 - 10^6$	$10^3 - 10^8$	10^2
Celkový počet kolonií	-	$10^2 - 10^8$	-	-
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	n.n - 10^3	-	$10^2 - 10^5$
<i>Salmonella</i>	n.n.	n.n.	-	-
<i>Cryptosporidium</i>	n.n.	n.n.	-	n.n.
<i>Giardia</i>	n.n.	n.n.	-	-

Koncentrace těžkých kovů a kovů železa, hořčíku a vápníku v šedých vodách bývají jen nepatrné. Obvykle se jedná o koncentrace, které jsou pod hranicí požadovanou pro vody pitné.

2.1.5 Bílé odpadní vody

Jedná se o vody vznikající úpravou vod šedých.

2.2 SYSTÉMY ŠEDÝCH VOD

Systémy šedých vod se značně liší v jejich složitosti a velikosti, a můžou být seskupeny podle typu filtrace nebo způsobu použitého čištění, a to následovně [1]:

- systémy opakovaného použití (bez použité úpravy),
- systémy s krátkou dobou zdržení,
- základní systémy fyzikální/chemické,
- biologické systémy,

- bio-mechanické systémy,
- hybridní systémy.

2.2.1 Systémy opakovaného použití (bez použité úpravy)

Tyto systémy pomocí jednoduchého zařízení sbírají šedou vodu od spotřebitelů a bez úprav a s minimální nebo žádnou dobou zdržení ji dodávají dále do místa jejího dalšího využití. Tuto nijak neupravenou vodu lze využít pouze na podpovrchové zavlažování a postřikové aplikace.

2.2.2 Systémy s krátkou dobou zdržení

U systémů s krátkou dobou zdržení se využívá filtrační techniky nebo velmi jednoduchých úprav, které umožňují například usazování částic na dně nádrže nebo stírání nečistot z povrchu zadržovaných šedých vod. Vyčištěné šedé vody by měly být zdržovány po co nejkratší dobu, aby nevznikaly problémy s jejich kvalitou a nedocházelo k jejich zapáchání.

2.2.3 Základní systémy fyzikální/chemické

Fyzikální systémy využívají pro odstranění nečistot ze zadržovaných šedých vod filtraci, která je zařazena ještě před akumulací. Naopak k chemickým úpravám dezinfekčními přípravky (např. chlor nebo brom) dochází obvykle až během akumulace. Dezinfekční přípravky jsou používány k zastavení růstu bakterií.

2.2.4 Biologické systémy

U biologických systémů se využívá aerobních nebo anaerobních bakterií, které jsou schopny trávit jakýkoli nežádoucí organický materiál v zadržovaných šedých vodách. V případě aerobního čištění vod, mohou být k provzdušňování vody použita dmychadla nebo vodní rostliny. Jako zařízení pro úpravu šedých vod jsou vhodné i kořenové čistírny odpadních vod.

2.2.5 Bio-mechanické systémy

U těchto systémů dochází ke kombinaci biologického a fyzikálního čištění, kterým může být například odstranění organické hmoty mikrobiálními kulturami a pevných částic usazováním. Jedná se o nejvyspělejší systémy pro opětovné využívání šedých vod v domácnostech. Bakteriální aktivita v zadržovaných šedých vodách je podporována vháněním kyslíku. [1]

2.2.6 Hybridní systémy

Tyto systémy jsou kombinací jednotlivých výše uvedených systémů.

2.3 VYUŽITÍ ŠEDÝCH VOD

Upravená voda je voda provozní a obvykle se používá ke splachování záchodů, zalévání zahrad, na úklid, popř. praní. Potřeba vody pro splachování záchodů činí v domácnosti cca 30 % a v komerčních budovách až 60 %. Potřeba provozní vody se liší podle typu budovy a jejího využití.

Tab. 2.5 Potřeba provozní vody [2]

Způsob využití provozní vody	Potřeba provozní vody	
	Úsporná zařízení	Neúsporná zařízení
Záchody v domácnosti	24 l/(osoba . den)	45 l/(osoba . den)
Záchody v administrativní budově	12 l/(osoba . den)	22 l/(osoba . den)
Záchody ve škole	6 l/(osoba . den)	12 l/(osoba . den)
Pračka v domácnosti	12 l/(osoba . den)	20 l/(osoba . den)
Zalévání zahrady	ca. 1 l/m ² (na plochu celé zahrady, i když se zalévá jen její část)	

2.3.1 Využití šedých vod pro zalévání

Recyklace šedých vod, které jsou využívány k zavlažování, se v České republice řídí normou ČSN 757143. Z výše uvedených údajů vyplývá, že vody obsahují rozličné hladiny koncentrací nerozpuštěných látek, organických látek, solí, nutrientů a patogenů, které všechny vznikají zejména při praní prádla s využitím detergentů.

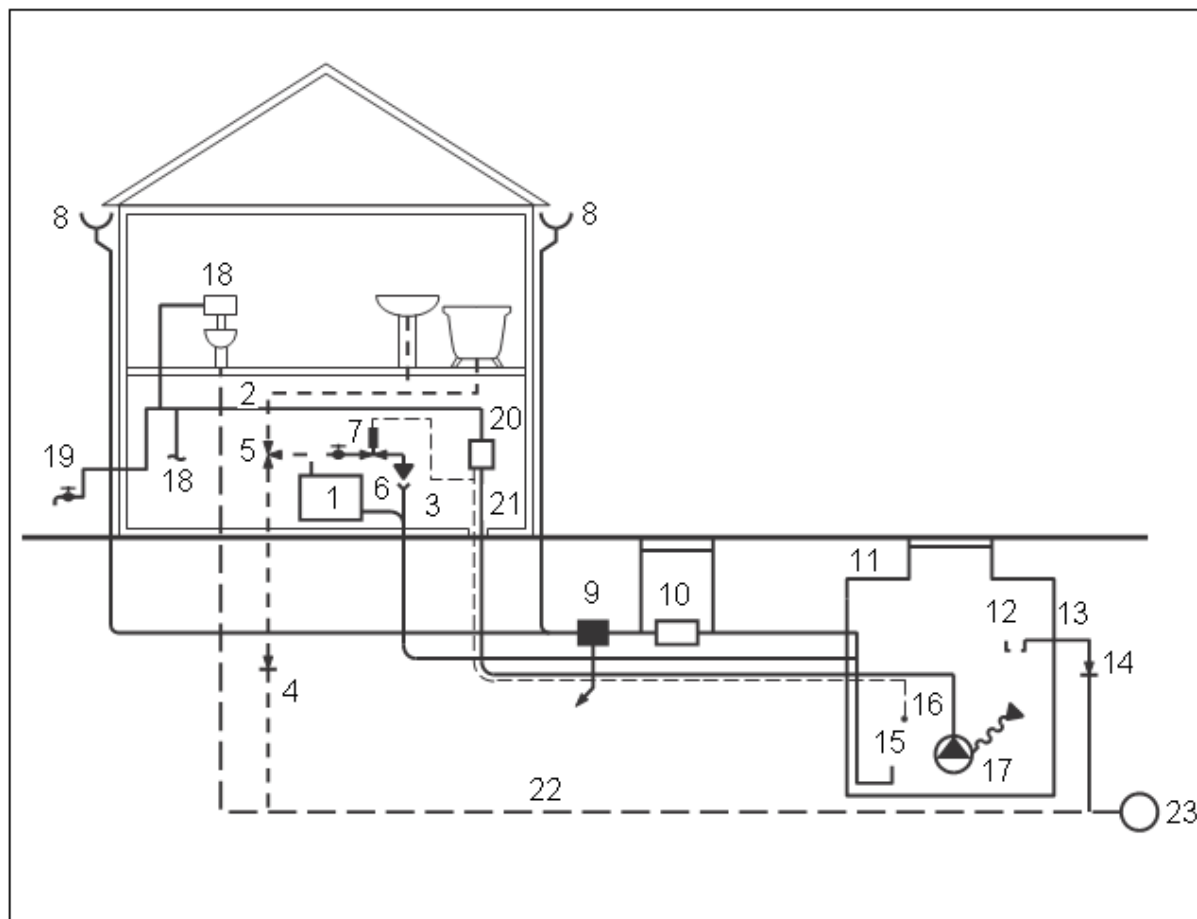
Detergenty obsahují velké množství chemických sloučenin, jako např. surfaktanty, bělící činidla, aditiva nebo pomocné prostředky.

Z hlediska efektivní aplikace šedých vod na půdu je nutná přítomnost některých solí zejména obsahujících nutrienty a ještě lépe v nějakém vhodném poměru, abychom se vyhnuli nepříznivým či dokonce toxickým účinkům na rostliny.

Reálné složení šedých vod může významně negativně ovlivnit vlastnosti půd, pokud obsahuje vyšší koncentrace bóru, sodíku, zinku, hliníku a pH je vyšší než 9. [2]

2.3.2 Využití šedých vod v budovách

Z ekonomického hlediska je zřejmé, že největších ekonomických efektů se dosáhne použitím systémů, které současně využívají srážkových vod a šedých vod a u budov, kde je možnost velké spotřeby bílých vod. Různé kombinace je třeba zvážit s ohledem na místní podmínky a cenu nakupované vody.



Obr. 2.1 Schéma společného využití srážkových a vyčištěných šedých vod [1]

Části systému šedé vody:

1 - Jednotka na úpravu šedé vody, 2 - Kanalizační potrubí šedé vody z koupelny k úpravě, 3 - Potrubí odvádějící vodu z úpravny do akumulární nádrže, 4 - Zpětná armatura, 5 – Obtok, 6 - Volný odtok, 7 - Záložní zásobování vodou s elektromagnetickým ventilem.

Části systému dešťové vody:

8 - Střešní žlab, 9 - Přepínání vody do vsakovacího zařízení/dešťové kanalizace (pokud je akumulární nádrž plná), 10 - Filtrovací komora.

Společné části:

11 - Akumulární nádrž, 12 - Volitelná zápachová uzávěrka na odtoku, 13 – Přepad, 14 - Zpětná armatura a zábrana proti škůdcům, 15 - Uklidněný přítok, 16 - Čidlo/plovákový spínač, 17 - Ponořené čerpadlo s plovoucím sacím košem, 18 - Zařizovací předměty s nepitnou vodou, např. WC, pračka, 19 - Odtokový ventil na hadici pro zálivku, 20 - Kontrolní jednotka s ochranou čerpadel proti chodu nasucho, 21 - Potrubí rozvádějící dešťovou a upravenou šedou vodu, 22,23 - Kanalizace

2.3.3 Využití tepla z šedých vod

U rodinných domů se objem vyprodukované šedé vody pohybuje mezi 55 – 112 l/EO.den, u zařízení jako jsou hotely, wellness centra a bazény může být spotřeba teplé vody až 400 l/EO.den.

Teplota šedé vody se různí a závisí na mnoha faktorech, jako je návštěvnost zařízení, směnovitost provozu, apod. Jako nejvhodnější se proto jeví každý objekt posuzovat individuálně. Orientačně se teplota těchto vod pohybuje v rozmezí 18 – 35 °C. Vypouštěním takové vody do stokové sítě, především v zimním období, dochází díky její vyšší teplotě ke zlepšení čistících procesů. Vzhledem ke stále rostoucím cenám energií jsou ale provozovatelé nuceni v rámci udržitelnosti provozu snižovat provozní náklady. Jedním ze způsobů jak náklady snížit je právě recyklace tepla ze šedých vod, které lze využít například na ohřev TUV.

V závislosti na průtoku můžeme teplo z odpadní vody odebírat lokálně nebo centrálně. Lokální rekuperace tepla reaguje na aktuální spotřebu a je investičně zajímavější spíše pro menší aplikace a rodinné domy. U větších aplikací je možno odpadní vodu akumulovat, odebrat z ní potřebné teplo a až poté ji vypustit do stokové sítě nebo na čistírnu odpadních vod. [2]

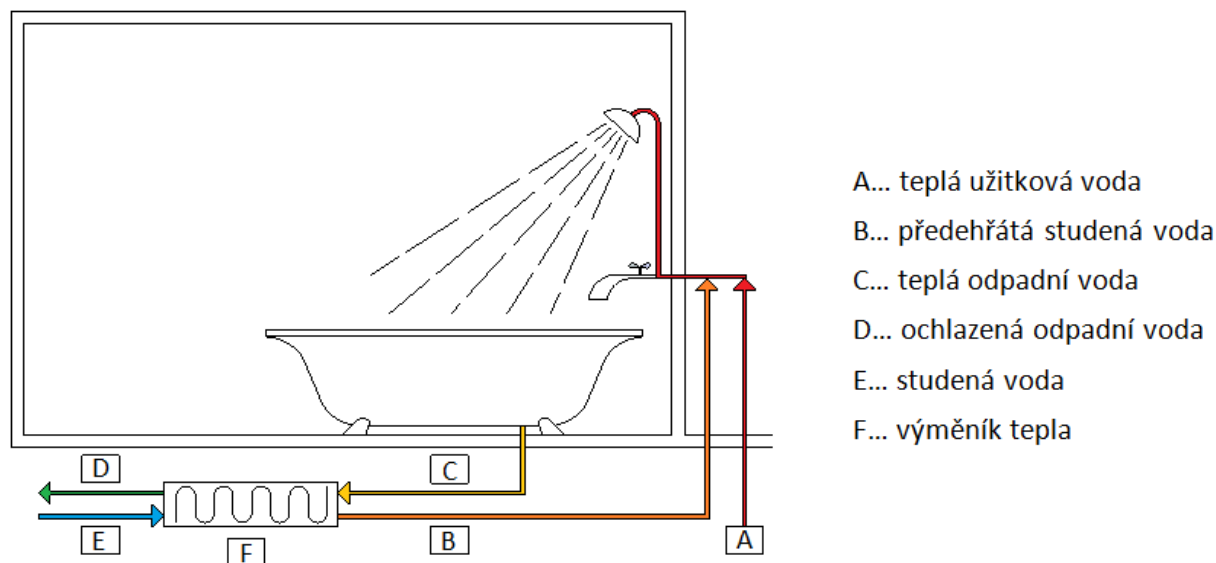
Lokální systémy

Lokální systémy rekuperace tepla jsou založeny na principu odebírání tepla z odtékající vody, která předehřívá studenou vodu do sprch nebo jiných aplikací. Existují dva druhy aplikací [2]:

- předehřev studené vody pro okamžitou spotřebu,
- předehřev studené vody do zásobníku TUV.

Předehřev studené vody pro okamžitou spotřebu

U tohoto způsobu zapojení je výhodou, že se voda předehřívá vždy, když je spotřeba. Doba, za kterou je předehřátá voda k dispozici, závisí na umístění tepelného výměníku a na délce potrubí. Předehřátou vodu, jejíž teplota se pohybuje okolo 20°C, lze napojit přímo do okruhu sprch či umyvadel. Ve směšovací baterii dochází ke smísení většího podílu předehřáté vody s menším podílem teplé užitkové vody, což vede ke snížení její potřeby. Vzhledem k umístění systému blíže směšovací baterii dochází k menším ztrátám a jeho účinnost je vyšší než u systému předehřívání vody do zásobníku TUV.



Obr. 2.2 Možné zapojení lokálního systému přehřevu vody pro okamžitou spotřebu

Přehřev studené vody do zásobníku teplé užitkové vody

Druhou možností je přehřátou vodu vést do zásobníku teplé užitkové vody, kde se pak dohřívá na příslušnou požadovanou teplotu. Tady se dá s výhodou použít stratifikace vody do zásobníku, což znamená, že lze teplo odvádět do místa ve výměníku, které má příslušnou teplotu (stratifikace teploty). [2]

Lokální systémy jsou vhodnější pro rodinné domy, kde je průtok vody menší a zároveň investice jsou daleko menší než u centrálních systémů. Je to dáno jednoduchou konstrukcí těchto výměníků. U novostaveb je zabudování těchto výměníků velice jednoduché i investičně zajímavější. Při návrhu používáme počítačové modelování, u kterého je možno dostatečně vyladit tvar a ideální velikost teplosměnné plochy. [7]

Centrální systémy

Centrální systémy jsou vhodné pro větší objekty, které produkují větší množství šedých vod. U těchto aplikací, kde je odběr vody kolísavý, se voda shromažďuje v akumulční jímce, která slouží jako zdroj tepla pro primární okruh tepelného čerpadla. Velkou výhodou tohoto uspořádání je velice jednoduchá konstrukce tepelného výměníku, který je možno řešit plastovými trubkami nebo hadicemi – nízké investiční náklady. [6]

Úskalím tohoto řešení je, že nemůžeme 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. Popřípadě kombinovat tepelné čerpadlo s jiným zdrojem tepla. Při použití tepelného čerpadla, je možno dodávat i teplo do rozvodné sítě teplovodního vytápění. Nespornou výhodou je možnost chlazení pomocí tepelného čerpadla v letních měsících. Dnešní tepelná čerpadla mají již v běžné výbavě i chladicí režim. [6]

Centrální systémy jsou investičně náročnější, teploty, kterých lze dosáhnout, jsou však daleko vyšší a hodí se i pro provozní aplikace, jako jsou prádelny, bazény atd. Návrhy nádrží a výměníků jsou prováděny opět pomocí počítačového modelování a to především kvůli minimalizaci investičních nákladů a co největší účinnosti systému. [7]

V praxi se recyklace tepla z šedých vod velice hodí například pro lázeňské provozy nebo prádelny.

2.3.4 Potrubí

Sběrné potrubí

U sběrného potrubí z koupelen je doporučeno osadit lapák vlasů, u potrubí z kuchyní se pak jedná o síto nebo filtr k zachycení znečišťujících látek ještě před vstupem do zařízení na úpravu šedých vod.

Pro možnost údržby nebo pro případ, že by došlo k poruše, by měl být vyřešen i obtok, který by v takovém případě umožnil vypuštění šedé vody přímo do kanalizace.

Potrubí, kterým proudí šedá voda, musí být řádně označeno, aby bylo patrné, že se nejedná o pitnou vodu, nýbrž o vodu užitkovou. Toto potrubí by mělo být označeno po celé jeho délce v pravidelných intervalech (maximálně po 0,5 m). [4]

Rozvodné potrubí

Rozvodné potrubí musí být označeno jako potrubí, kterým proudí užitková (bílá) voda. Označení systému je nutné po celou dobu jeho užívání. Provádí se trvalé označení již při výrobě a další označení pak při jeho instalaci štítkem.

Pokud je na vnějším povrchu potrubí provedena izolace, musí být označení provedeno i na této izolaci. Potrubí by mělo být označeno po celé jeho délce v pravidelných intervalech (maximálně po 0,5 m). [4]



Obr. 2.3 Symbol pro nepitnou vodu (ČSN EN 806-2)

Potrubí pro rozvod provozní vody nesmí být přímo spojováno s potrubím pitné vody. Při řešení doplňování systému využití šedé vody pitnou vodou je třeba vodovod pitné vody chránit proti možnému zpětnému průtoku nepitné (provozní) vody podle ČSN EN 1717. [2]

2.4 ČIŠTĚNÍ ŠEDÝCH VOD

Aby bylo možné šedé odpadní vody dále využívat jako vody provozní, musí splňovat určité podmínky. Čištění může probíhat pomocí následujících technologií [4]:

- hrubá filtrace,
- filtrace, aktivace (biologicko – mechanické čištění),
- sedimentace,
- UV záření.

Čištění šedých vod se provádí zpravidla kombinací výše uvedených technologií. Může se využívat jednoduchých dvoustupňových procesů až po sofistikované fyzikální, fyzikálně-chemické a biologické procesy.

Jednoduché dvoustupňové technologie sestávají zpravidla z filtrace, při které dochází k zachycení hrubých nečistot, jako jsou vlasy či vlákna a dezinfekce. K dezinfekci se mohou používat sloučeniny obsahující chlór nebo UV záření (tam, kde je nízká koncentrace nerozpuštěných látek). Riziková je především dezinfekce, protože hrozí při aplikaci sloučenin obsahujících chlór (vyjma ClO_2) vznik chlorovaných uhlovodíků nebo chloraminu. Povaha šedých vod, především její zákal, zamezuje zpravidla aplikaci UV záření. Dalším problémem je při vyšší koncentraci surfaktantů (řádově nad 3 mg/l) i vznik nežádoucích pachů. [2]

Pomocí klasických fyzikálních procesů lze odstranit píkova zatížení bakteriocidních látek (např. bělících činidel), která by mohla výrazně ovlivnit následné biologické procesy a přitom produkovat vyčištěnou vodu v té nejlepší kvalitě. K těmto procesům patří filtrace (pískové filtry, běžné filtrační lože, náplňové filtry) anebo asi nejvíce používaná membránová filtrace. Tyto technologie však musí být vybaveny odpovídajícím předčištěním, jinak by docházelo k častému zanášení filtrů. Protože si fyzikální procesy nejsou schopny poradit s organickou frakcí odpadních vod, zpravidla se doplňují ještě koagulací, adsorpcí, procesy iontové výměny nebo ozonizací.

Dalšími využívanými procesy jsou procesy biologické, které zpravidla doprovázejí membránové čištění. Biologické čištění probíhá v biologických reaktorech či půdních filtrech buď v aerobních, nebo anaerobních podmínkách.

Využití aerobního čištění je vhodné pro vody získané ze sprch, umyvadel a z praní. Odstraňování nutrietů probíhá v aktivačních nádržích, kde je i možnost chemického srážení fosforu. Poté se částice nechají sedimentovat a odvádějí se na čistírnu odpadních vod.

Anaerobní systém je doporučeno použít v případech, kdy je třeba z vody odstranit tuky a zbytky jídla, které pochází z kuchyňských dřezů či myček nádobí. Voda z tohoto systému bývá kvalitnější.

Zařízení by v ideálním případě mělo být složeno z [4]:

- třístupňového septiku,
- nádrže na kal,
- lapáku tuků.

Anaerobní voda ze septiku pokračuje na pískový filtr s geotextílií nebo biologickou jednotku, kde dochází k obnovení aerobních podmínek. Dočištění vody se může provádět pomocí UV záření.

Kombinací biologických procesů s fyzikálními jsme zpravidla schopni dosáhnout i těch nejpřísnějších limitů na recyklovanou vyčištěnou šedou vodu. [2]

2.5 AKUMULACE ŠEDÝCH VOD

Pokud je to možné, měli bychom se držení nevyčištěných šedých vod snažit vyhnout. V opačném případě je nutné vzít v úvahu parametry, které má zařízení k uskladnění splňovat, jako je například:

- maximální průtok,
- skladovací teplota,
- maximální doba zdržení,
- a další.

V případě, že zařízení na úpravu šedé vody nezahrnuje automatické řízení, mělo by být podle pokynů výrobce konzultováno opatření pro vypouštění zdržených upravených šedých vod v případě, že maximální doba zdržení je překročena. [1]

Tam, kde jsou upravené šedé vody zdrženy společně s dešťovými vodami, měl by se sběr dešťové vody konzultovat s výrobcem. [1]

2.5.1 Nádrže a cisterny pro skladování šedých vod

Nádrže mohou být řešeny jako nadzemní nebo podzemní a měly by být vyrobeny z materiálů, které zajistí jejich vodotěsnost.

Vhodným materiálem může být:

- beton,
- sklolaminát (GRP),
- polyethylen,
- polypropylen,
- ocel opatřená protikorozní ochranou.

Dále by měly být všechny nádrže a cisterny vybaveny přepadem, zastíněným větráním a víky, aby bylo zabráněno kontaminaci vody a měly by být umístěny tak, aby voda v nádrži nedosáhla teploty, která by mohla podpořit nežádoucí růst mikroorganismů. Důležitou součástí je i obtok, který umožní v případě odstávky nádrže odtok šedé vody přímo do kanalizace.

Všechny nádrže a cisterny, použité samostatně nebo ve spojení mezi sebou za účelem vytvořit větší kapacitu, by se měly vyvarovat stagnaci, např. tím, že připojené potrubí umožní průtok vody nádrží. [1]

Nádrže na šedou vodu by měly být označeny symbolem „Nepitná voda“, popřípadě mohou být doplněny ještě textem, který uvede, o jakou vodu se jedná, např. „Provozní voda“.

Nadzemní nádrže

Z důvodu možnosti oteplování a zamrzání je u nadzemních nádrží důležité provedení izolace a dále je třeba zvolit neprůhledný materiál, který zabrání růstu řas.

Nadzemní nádrže by měly být bezpečně založeny na stabilním základu, který sahá nejméně 150 mm ve všech směrech nad maximální rozměry. [1]

Výhodou nadzemních nádrží jsou nízké náklady na jejich případné rekonstrukce.

Podzemní nádrže

U podzemních nádrží je nutné, aby byly dostatečně tuhé, protože kromě zatížení od provozu na ně působí ještě zatížení od zeminy.

Výhodou podzemních nádrží je, že v letních měsících nedochází k nežádoucímu oteplování, poskytují ochranu proti mrazu a z důvodu nedostatku slunečního světla dochází i k omezení růstu řas.

2.6 KVALITA VODY

Na kvalitu vody v systémech využívajících šedé vody jako užitkové neexistují v současné době žádné zákonné požadavky. Je třeba je navrhovat tak, aby šedá voda nepředstavovala riziko pro zdraví a aby byla zajištěna vhodná výroba vody pro daný účel.

Aby byl ověřen výkon systému šedých vod, je třeba provádět pozorování kvality během údržby. V případě, že systém nepracuje uspokojivě, provádějí se testy, které prošetří případné poruchy systému.

Testování ihned po uvedení systému do provozu se nedoporučuje, protože systémy jsou obecně plněny z veřejného vodovodu, aby se usnadnilo testování příslušenství, a kvalita vody není tedy reprezentativní pro běžné šedé vody. [1] V tabulce 2.6 jsou uvedeny parametry, které poskytují údaje o jakosti vody.

Tab. 2.6 Orientační hodnoty (G) pro monitorování obecného systému [1]

Parametr	Postřikové aplikace	Bezpostřikové aplikace		
	Tlakové mytí, zahradní rozstřikovač a mytí vozidel	Splachování WC	Zavlažování zahrad	Praní
Zákal [NTU]	< 10	< 10	nelze aplikovat	< 10
pH	5-9,5	5-9,5	5-9,5	5-9,5
Zbytkový chlor [mg/l]	< 2,0	< 2,0	< 0,5	< 2,0
Zbytkový brom [mg/l]	0	< 5,0	0	< 5,0

Kromě parametrů uvedených v tabulce 2.6 by ve všech systémech měla být kontrolována ještě barva a nerozpuštěné látky. Upravené šedé vody by měly být vizuálně čisté, bez plovoucích nečistot a barva by neměla být problematická pro všechny druhy použití. Barva je obzvláště důležitá pro automatické pračky. [1]

V případě, že se upravená šedá voda používá na zavlažování půdy zelinářských zahrad, měly by být informace o růstu těchto plodin před jejich spotřebou poskytovány uživatelům v předávací dokumentaci.

Tab. 2.7 Orientační hodnoty (G) pro bakteriologické monitorování [1]

Parametr [počet/100 ml]	Postřikové aplikace	Bez postřikové aplikace		
	Tlakové mytí, zahradní rozstřikovač a mytí vozidel	Splachování WC	Zavlažování zahrad ^{A)}	Praní
Escherichia coli	není zjištěno	250	250	není zjištěno
Střevní enterokoky	není zjištěno	100	100	není zjištěno
Legionella pneumophila	10	nelze aplikovat	nelze aplikovat	nelze aplikovat
Koliformní bakterie celkem	10	1000	1000	10

V tabulkách 2.8 a 2.9 je uvedeno vyhodnocení výsledků z monitorovacího systému a z bakteriologického monitorování, kde G jsou směrodatné hodnoty (viz. tabulka 2.6 a 2.7).

Tab. 2.8 Vyhodnocení výsledků z monitorovacího systému [1]

Výsledek vzorku	Stav	Výklad
< G	Zelená	Systém pod kontrolou
> G	Žlutá	Převzorkování potvrdí výsledek, a prozkoumání činnosti systému

Když probíhá monitorování pH, systém je pod kontrolou ("zelená"), kdy jsou úrovně v rozmezí doporučených v tabulce 2.6. Pokud je hodnota mimo tento rozsah, stav systému udává "žlutou" a převzorkování je nutné. V případě přítomnosti barvy nebo nerozpuštěných látek na nežádoucí úrovni, je nutné prozkoumat fungování systému a vyřešit problém. [1]

Tab. 2.9 Interpretace výsledků z bakteriologického sledování [1]

Výsledek vzorku	Stav	Výklad
< G	Zelená	Systém pod kontrolou
od G do 10xG	Žlutá	Převzorkování potvrdí výsledek, a prozkoumání činnosti systému
> 10xG	Červená	Pozastavit používání šedých vod dokud není problém vyřešen

2.7 ODBĚR VZORKŮ

Odběr vzorků vody může být vyžadován v případě, že běžné pozorování systému šedé vody ukazuje na problém a pokud jeho příčinu nelze snadno identifikovat.

Při odběru vzorků je třeba brát v úvahu následující faktory:

- druh a povahu problému,
- výběr a počet míst odběru vzorku,
- místo a čas odběru vzorku ve vztahu k běžným provozním podmínkám,
- druh a množství vzorků, které mají být odebrány,
- způsob odběru vzorků.

Pro rychlé a efektivní odhalení problémů je nutné, aby byly vzorky šedé vody co nejreprezentativnější. V případě pochybností je vhodné využít pomoci znalce.

2.7.1 Vzorky pro mikrobiologický rozbor

Mikrobiální vzorek by měl před zahájením analýzy projít co nejméně změnami, aby byly výsledky co nejpřesnější. Je proto důležité správné načasování odběru vzorků a dopravy do laboratoře. Kromě výše uvedených faktorů je třeba brát v úvahu ještě možnou přítomnost biocidů.

Riziko pro uživatele je nejlépe indikováno na vzorcích odebraných bez žádné úpravy nebo dezinfekce na místech použití (tj. armatury na výtoku šedých upravených vod). Pokud kvalita šedé vody akumulované tímto způsobem je uspokojivá, není potřebné další zkoušení. [1]

2.7.2 Místa odběru vzorků

Vzorky se odebírají v místech, která celý systém nejlépe reprezentují, tj. místo nejdále od nádrže (nádrží).

Pokud je odběr vzorků z nádrží považován za nezbytný a je v systému používána více než jedna nádrž, by měly být odebrány vzorky [1]:

- co nejvíce po toku do akumulární nádrže
- z nádrže, ve které hrozí změna teplot nebo smíchání s vodou ze záložního zásobování.

2.8 ÚDRŽBA

Před zahájením údržby by měl být systém šedých vod nejprve vypuštěn a propláchnut čistou vodou, aby bylo sníženo riziko kontaminace personálu, který údržbu provádí, popřípadě lidí v okolí a dále by měly být zastaveny veškeré dodávky vody a elektřiny.

Vstupovat do nádrží se doporučuje pouze v nejnutnějších případech. V případě, že je vstup do nádrže nutný, měl by jej provádět pouze školený, vhodným ochranným vybavením vybavený personál.

Postupy údržby by měly být v souladu s pokyny údržby doporučené výrobcem. Pokud doporučení od výrobce chybí, mělo by se řídit plánem údržby, uvedeném v tabulce 2.10. Uvedené intervaly údržby by měly být prvotním vodítkem, ale frekvence by měla být pozměněna na základě provozních zkušeností. [1]

O provedených prohlídkách a údržbě by měl být vypracován protokol.

Tab. 2.10 Plán údržby [1]

Součást systému	Provoz	Poznámky	Četnost
Filtry, membrány, biologicky podporovaná média a filtry	Kontrola/údržba	Zkontrolovat stav filtru, 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	Vypustit 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
Řídicí 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	Zkontrolovat, zda nejsou: žádné úniky, potrubí je vodotěsné a případné prosakování je jasné. Jedná se o sběr a úpravu šedých vod, veškeré zásobování propláchnutí 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
Proplach	Kontrola/údržba	Zkontrolovat funkčnost	Ročně

2.9 HODNOCENÍ RIZIK

Hodnocení rizik by mělo probíhat již při návrhu systému, a to podle uznávaných postupů. Například v Anglii se provádí podle normy BS 31100:2008 Risk management.

Při hodnocení rizik by měl být zvážen [1]:

- návrh,
- instalace,
- testování a uvedení do provozu,
- provoz a údržba systému,
- stabilita konstrukce,
- bezpečnost elektroinstalace,
- zabezpečení přístupu.

Dále by měly být zváženy účinky a potenciální dopady vody uvnitř systému a procesy úpravy systému na:

- lidi, včetně provozovatelů, instalatérů, správců a spotřebitelů vody, zejména těch, kteří by mohli být více náchylní ke špatné kvalitě vody (např. děti nebo staří lidé),
- prostředí, včetně domácích a divokých zvířat, ptáků a ryb, rostlin, vodních toků a podzemních vod,
- hmotný majetek, včetně budov, stavebních materiálů, pokojových dekorací, kde jsou použity vnější nádrže, základy, kanalizace, zpevněné plochy a zahrady.

Hodnocení rizik by mělo být použito k identifikaci dalších akcí, zlepšení procesu nebo vylepšení ovládacích prvků, které mohou snížit rizika nákladů efektivním způsobem. [1]

2.10 KONTROLY A MĚŘENÍ

Do systému šedých vod by měla být začleněna řídicí jednotka, která by měla zajistit uživateli informace o efektivnosti systému. U zařízení, které není napájeno elektrickou energií, např. jednoduché filtry, by měla být umožněna vizuální kontrola.

Pro elektricky napájenou jednotku by měla řídicí jednotka [1]:

- dát uživateli vědět při každém doplňování spotřebovaného materiálu nebo nahrazení, aby bylo zabráněno selhání systému,
- zajistit, že upravené šedé vody nebudou zadrženy na dobu, která by umožnila zhoršení kvality vody mimo stanovené kvality, nebo že překračuje požadavky výrobce,
- v případě selhání systému:
 - 1) upozornit uživatele, např. tím, že vydává optický nebo akustický varovný signál,
 - 2) zajistit, aby obtok s neupravenou vodou směřoval do kanalizace,

- v případě selhání úpravy zajistí, že potřeba vyžadovaná systémem šedých vod je napájena ze záložního zásobování vodou,
- ovládat čerpadla a minimalizovat provozní opotřebení a spotřebu energie,
- aktivovat záložní systém automaticky, když to vyžaduje jednotka na úpravu,

Kromě řídicí jednotky může být do systému začleněno zařízení pro sledování stavu, které by mělo uživateli poskytovat informace o [1]:

- využitím množství vyčištěných šedých vod a množství vody používané ze záložní užitkové vody,
- stavu nádrží nebo cisteren,
- veškerých závadách.

Dále je vhodné zajistit sledování přepadu, kvality vody, teploty vody v nádržích/cisternách a jiných parametru.

2.11 TESTOVÁNÍ A UVEDENÍ DO PROVOZU

Systém by měl být uveden do provozu v souladu s pokyny od výrobce. Ve všech případech by měly být tyto testy provedeny ještě před předáním.

Pro ověření, zda je napojení ke sběrnému potrubí šedých vod ze systému bez úniku a že neexistují žádná neúmyslná křížová napojení, by mělo být potrubí z domovního systému odpadních vod testováno vzduchem.

Rozvodné potrubí šedé vody by mělo být propláchnuto a testováno vzduchem nebo barvivem, aby bylo zajištěno, že potrubí a nádrže jsou vodotěsné a že neexistuje žádné křížové napojení s jakýmkoli zásobováním pitné vody. Rozvodná potrubí a tvarovky systému šedých vod by měla splňovat požadavky BS 6700 na nejméně jedna a půl násobek maximálního pracovního tlaku za normálních provozních podmínek. [1]

Pro ověření, zda je elektrické vedení bezpečné a zda neexistuje rušení z jiných elektrických a elektronických zařízení, nebo vedení v okolí, je nutné v souladu s BS 7671 systém vyzkoušet.

2.11.1 Testování barvivem pro distribuci v potrubí křížového napojení

Před konečným připojením k pitné vodě nebo záložnímu zásobování vodou by mělo být provedeno testování pro křížové napojení. Toto testování se provádí následovně [1]:

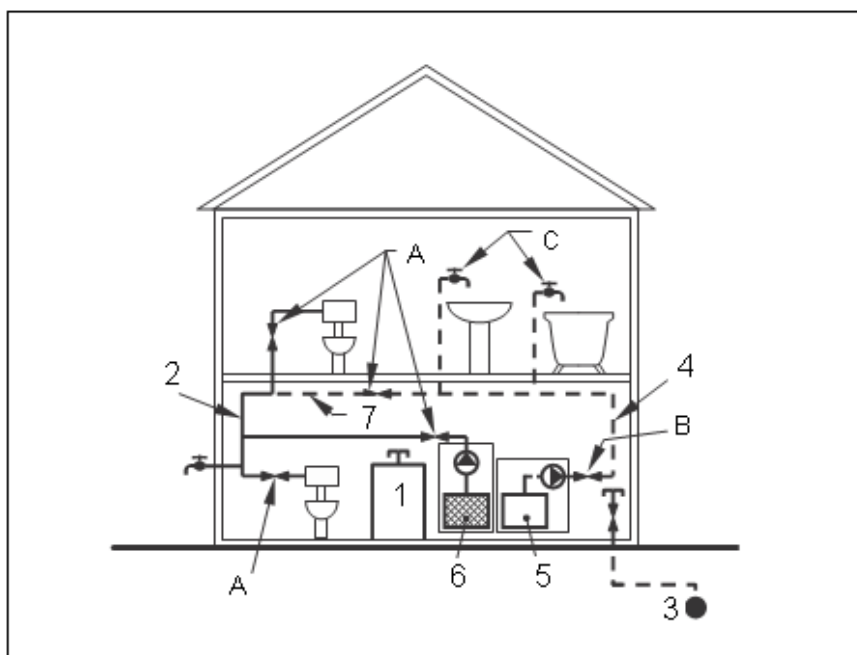
- jednotka na úpravu šedých vod a potrubí pitné nebo záložní vody by měla být odpojena a uzavřena před testováním, čerpací testovací jednotky by měly být dočasně instalovány tak, jak je znázorněno na obr. 2.3,

- všechny uzavírací ventily (A), tj. ventily na potrubí pro pitnou vodu, na potrubí pro záložní dodávky vody a na systému šedých vod, by měly být otevřeny. Uzavírací ventil (B) na pitnou i záložní dodávku vody by měl být uzavřen,
- systém šedých vod se naplní čistou pitnou vodou, do které je přidáno vhodné barvivo,
- pokud z potrubí pitné vody nebo záložního zdroje vytéká voda zbarvená, je nutné zjistit a odstranit příčinu.

Před tím, než se systém po testování uvede znovu do provozu, je třeba jej nejdříve důkladně propláchnout, aby bylo všechno zbývající barvivo v systému odstraněno.

Testování křížového napojení potrubí barvivem je znázorněno na obr. 2.3, kde je:

- 1 ... jednotka na úpravu šedé vody
 - 2 ... rozvodné potrubí šedé vody
 - 3 ... pitná voda nebo záložní systém zásobování vodou
 - 4 ... rozvod pitné nebo záložní vody
 - 5 ... testovací jednotka s čerpadlem pro pitnou vodu, vyplněná čistou pitnou vodou
 - 6 ... testovací jednotka s čerpadlem pro šedou vodu, vyplněná obarvenou čistou pitnou vodou
 - 7 ... křížové napojení potrubí
- A ... uzavírací ventil
B... uzavírací ventil
C... body, které budou kontrolovány o křížovém napojení (tj. zbarvená voda)



2.4 Testování křížového napojení potrubí barvivem [1]

2.12 PŘEDÁNÍ UŽIVATELI

Aby byl zajištěn uspokojivý provoz a údržba systému, měly by být uživateli poskytnuty k dispozici dostatečné informace, jako jsou [1]:

- všeobecné bezpečnostní pokyny,
- informace o použití jakýchkoli nebezpečných látek včetně bezpečnostních listů,
- pokyny týkající se chemických látek, které mohou negativně nebo pozitivně ovlivnit čisticí proces,
- omezení při používání systému šedých vod,
- pokyny, jak postupovat v případě selhání systému nebo podezření na špatnou kvalitu šedých vod,
- pokyny, jak postupovat při dočasném pozastavení systému šedých vod,
- návod pro běžnou kontrolu a všechny postupy, které by mohly snížit nebo zvýšit požadavky na údržbu,
- kontaktní údaje pro výrobce a instalátory.

3 PŘÍKLADY VYUŽITÍ ŠEDÝCH VOD

V následující kapitole jsou uvedeny příklady praktického využití šedých vod z České republiky, Německa a Francie.

3.1 HOTEL MOSAIC HOUSE V PRAZE

Hotel MOSAIC HOUSE se nachází v památkové zóně Prahy 2, nedaleko Karlova náměstí. Hotel vznikl kompletní rekonstrukcí prováděnou společností IMPACT- CORTI, která tento hotel označuje přívlastkem „zelený“. Kromě úspory elektřiny, plynu a vody zde bylo provedeno funkční doplnění zeleně na střeše budovy, v okolí budovy i v interiéru. Dům má nízkoenergetický standard, hodnocení budovy je B+. Dosažení pasivního standardu bránil požadavek zachovat historickou kachlovou fasádu. Rekonstrukce probíhala od srpna 2007 do června 2010.



Obr. 3.1 Hotel MOSAIC HOUSE v Praze [39]

3.1.1 Úspora energie

Pasivní úspora energie

Bylo provedeno zateplení pláště budovy a výměna původních oken za repliky s nadstandardními tepelně-technickými vlastnostmi. Okna jsou osazena čidly, která v případě otevření zajišťují automatické vypnutí topení nebo chlazení. Na osluněných částech budovy byly instalovány žaluzie, které se automaticky přizpůsobují stavu venkovního prostředí. [37]

Aktivní úspora energie

Aktivní úspora energie spočívá v získávání energie z odpadního tepla technologických zařízení zajišťujících provoz hotelu a využitím obnovitelných zdrojů. Hotel disponuje systémem rekuperace tepla ze vzduchotechniky, kdy odchází vzduch podle potřeby ochlazuje nebo otepluje vzduch příchozí, se kterým se mísí. Solární panely na střeše hotelu jsou využívány výhradně pro ohřev vody. Jelikož jsou ale nejvýkonnější během poledne, kdy je spotřeba teplé vody minimální, je teplá voda akumulována v suterénu. [38]

3.1.2 Recyklace šedé vody

Jedná se o jednu z klíčových technologií tohoto hotelu. Šedá voda se využívá tam, kde není potřebné použití vody pitné, tj. například na splachování WC nebo pro úklid.

Aby mohla být voda ze sprch a umyvadel oddělována, je zde instalován dvojitý systém vodovodních a kanalizačních trubek. Ten šedou vodu odvádí do speciálního zařízení, kde se filtruje a čistí. Upravená voda je využita znovu při splachování WC nebo jako voda užitková k přívodu studené vody v úklidových komorách. [37]

Hotel MOSAIC HOUSE nevyužívá šedou vodu pouze na splachování toalet a úklid, ale pomocí speciálních výměníků k získání energie využívá i její teplo. Stal se tak druhým hotelem na světě, který tento systém využívá (prototyp v Německu).

Použitá technologie

V hotelu byl nainstalován systém na úpravu šedé vody PONTOS AQUACYCLE od německé společnosti HANSGROHE, který zpracovává 7m³ vody denně.

Součástí technologie jsou následující zařízení:

1. **Filtr na hrubé nečistoty**, který je osazen na přítoku šedé vody a 1x týdně je nutné provést jeho odkalení.
2. **Čtyři tanky s molitanovou drtí**. Na vstupu do tanků je teplota vody vyšší než 31°C. První a druhý tank jsou jako spojené nádoby obsahující bakterie, které vodu čistí. Používají se zde bakterie typu ESO-HOME, jedná se koncentrovaný bioenzymatický přípravek, který se dodává v 10 l balení. Zde dochází k určitému zdržení vody a její přebytek přepadá do kanalizace. Dále je voda čerpána do třetího a čtvrtého tanku. Ve čtvrtém tanku je již voda výsledná, která se používá pro splachování hotelových toalet. Do tanků je vháněn vzduch. Pro případ, že by v přívodu šedé vody došlo k poruše, je systém doplněn ještě využitím pitné vody.



Obr. 3.2 V předu filtr pro zachycení hrubých nečistot, v pozadí tanky s molitanovou drtí [36]

3. Dezinfekce UV zářením.



Obr. 3.3 Dezinfekce s UV zářením [36]

4. Čerpadla, která vodu dopravují z jednotlivých tanků.



Obr. 3.4 Čerpadla [36]

3.1.3 Shrnutí

Cílem v projektu MOSAIC HOUSE bylo propojit nejnovější trendy s tradičními zdroji úspor energií tak, aby byly splněny požadavky na inteligentní a ekologickou budovu, zároveň byl kladen důraz i na hospodárnost projektu. [37] Všechny instalované systémy mají při současných cenách předpokládanou dobu návratnosti maximálně 17 let. Pomocí instalované technologie došlo k ušetření až 8 % spotřeby pitné vody, což je při provozu hotelu zhruba 6–8 m³ denně. Celý projekt včetně nákupu objektu vyšel na 400 mil. Kč.

3.2 HOTEL „AM KURPARK” V NĚMECKU

Hotel „Am Kurpark“ se zapojil do projektu, který měl ukázat, že s využitím nových technologií lze dosáhnout podstatného snížení energie a surovin, konkrétně se jednalo o rekonstrukci vodního hospodářství. Úpravou vod ze sprch, van a umývadel byla získána kvalitní hygienicky nezávadná užitková voda s kvalitou blízkou pitné vodě. Voda byla nazvána v souladu s terminologií DWA bílou vodou a je využívána na splachování toalet, zalévání a praní.

Motivací hotelu bylo snížení provozních nákladů, ale na druhé straně si nemohl dovolit přerušit provoz.

Jednalo se o čtyřhvězdičkový hotel, postavený v roce 1981. Hotel má 50 pokojů a 90 lůžek a konají se zde po celý rok různé akce. Restaurace má 100 míst a hotel má 24 zaměstnanců. [34]



Obr. 3.5 Hotel Am Kurpark v Německu [40]

3.2.1 Přípravné práce se sprchovými vodami na ČOV

Před realizací byly na ČOV v Euchenu provedeny ověřovací práce, k ověření byly použity vody ze sprch dovedené na zařízení separátním potrubím. Pro posouzení vlastností vod byly provedeny obvyklé analýzy, jako jsou analýzy na nutrienty a tenzidy, mikrobiologické analýzy, byly stanoveny E.coli, celkové koliformní bakterie, intestinální enterokoky a celkové počty kolonií při 22 a 36°C. [34]

Spotřeba vody na jedno sprchování na 1EO byla naměřena na 85l. Toto množství, stejně jako hodnoty látkového zatížení, značně kolísalo. pH vody bylo konstantní, poměr CHSK:BSK₅ byl 2,6:1, což je poměr blízký klasickým komunálním vodám. Hodnota celkového dusíku se pohybovala kolem 20mg/l, hodnota celkového fosforu kolem 1,3mg/l. Při odběrech byla zjištěna i přítomnost amoniaku, jehož koncentrace dosahovala až 50 mg/l. Poměr živin C:N:P byl stanoven na 26:13:1, vody z domácností ho mají obvykle 20:4:1. [34]

Tab. 3.1 Srovnání naměřených hodnot na ČOV v Euchenu a uváděných v literatuře [34]

Parametr	jednotka	Hodnota v literatuře		Vody ze sprch. ČOV Euchen	
		minimum	maximum	minimum	maximum
pH	-	5	8,6	6,8	8,7
Vodivost	μS/cm	82	22.000	186	532
Zákal	NTU	20	370	24	81
AFS	mg/l	7	120	9	171
BSK ₅	mg/l	19	200	13	86
CHSK	mg/l	64	8.000	39	180
N _{celk}	mg/l	0,6	46,4	2,3	97
P _{celk}	mg/l	0,1	2,2	0,2	6,8
CHSK(BSK ₅)	-	2	4	1,3	3,6
Escherischia 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 ¹	4*10 ⁴

V oblasti ultrafiltrace zde byla zkoušena klasická MBR s membránami, nanofiltrace (NF) a reversní osmóza (RO), která dosáhla nejlepších výsledků.

3.2.2 Bilance spotřeby vody v hotelu

K zjištění průměrných hodnot bylo zvoleno období, kdy byl hotel zatížen hosty na 80% a restaurace na 50%. Implementací zařízení na úpravu šedých vod bylo ušetřeno 33% pitné vody. [34] Bilance spotřeby vody v hotelu je uvedena v tabulce 3.2 na následující straně.

3.2.3 Přestavba vodovodní sítě v hotelu

Aby mohl být projekt realizován, bylo nutné nejprve přeložit odpady z umyvadel a sprch a dále rozvést bílou vodu. Rozvody byly pomocí vyřezané drážky uloženy do země, čím se snížili náklady na obklady. Odvětrání bylo napojeno na stávající odvětrání kanalizace.

3.2.4 Zařízení na úpravu šedých vod

Technologická linka obsahuje následující zařízení:

- MBR reaktor s plochou membrán 28m²,
- síta s otvory 3mm,
- akumulaci o objemu 2,7m³,
- samotná biologie o objemu 1,4m³,
- zásobní nádrž, ve které je zachytáván permeát o objemu 2,7m³,

- zařízení pro UV dezinfekci.

Do systému je v závislosti na hladině v zásobní nádrži doplňována pitná voda. Rozvod bílé vody je zajištěn tlakovým potrubím.

Tab. 3.2 Balance spotřeby vody v hotelu [34]

	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) 10/použití, 3x použití 1x čištění		2) 10/použití, 3x použití 1x čištění	
3) 190 hostů - 64% vytížení		4) 190 hostů - 64% vytížení	

3.2.5 Závěr

Využití šedých vod v restauracích a hotelech se ukázalo být technicky možné. Nejvýhodnějším řešením je instalaci systémů na úpravu šedých vod provádět u novostaveb, dodatečné provedení často neumožňuje optimální řešení a vyžaduje řadu kompromisů.

3.3 RODINNÝ DŮM VE FRANCII

Jedná se o rodinný dům s obytnou plochou 125m². Dům má šest místností, dvě koupelny (jedna vana, sprchový kout a dvě umyvadla), dvě toalety, z nichž jedna má umyvadlo, jednu kuchyň s výlevkou a myčkou nádobí a v suterénu se nachází prádelna s pračkou a vanou na praní. Voda je sbírána ze sprchy a umyvadel a po úpravě se využívá na praní a závlahu zahrady.

Zařízení na ošetřování šedé vody je na obrázku 3.6. Je to relativně velké zařízení, které se těžko instaluje do úzkých prostor. Šedá voda se do zařízení dostává přes PVC trubky, dodatečná pitná voda se dostane do zařízení prostřednictvím měděných trubek, a upravená

voda vychází ze zařízení prostřednictvím dalších měděných trubek natřených zeleně a s nápisem "užitkové voda". [35]

3.3.1 Proces úpravy šedé vody

1. Eliminace hrubých nečistot (zejména vlasů) na primárním filtru, který musí umožňovat jeho propláchnutí.
2. V první komoře dochází k ošetření vody, je zde obsažen substrát, na kterém rostou mikroorganismy v aerobních podmínkách.
3. Druhá komora plní stejnou funkci jako komora první, tvoří druhý stupeň procesu.
4. Na vtoku do nádrže bílé vody, je umístěna UV lampa.



Obr. 3.6 Zařízení na úpravu šedé vody [35]

3.3.2 Trubní systém v domě

Byly nainstalovány dvě vodovodní baterie, jedna z nich je připojena na vodovodní potrubí s pitnou vodou a druhá je připojena na potrubí s užitkovou vodou. Potrubí, které přivádí užitkovou (recyklovanou) vodu, je natřené na zeleno.



Obr. 3.7 Napojení pitné a užitkové vody [35]

3.3.3 Výsledky experimentu

Rozbor vody

Rozbor vody byl prováděn během prvního měsíce v týdenních intervalech a později jednou za měsíc. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 3.3 pro šedou vodu a v tabulce 3.4 pro upravenou vodu. Šedá voda obsahuje koliformní organismy, enterokoky a Pseudomonas, téměř všechny byly úpravou vody odstraněny. [35]

Tab. 3.3 Výsledky rozboru šedé vody [35]

Datum	Jednotky	4.12.2006	11.12.2006	18.12.2006	8.1.2007	15.2.2007	1.3.2007
pH		7,4	Neuskutečněné měření	7,7	7,7		
Teplota	°C	14		13	15		
Zákal	NTU	7.58	18.00	85.50	146		42.2
Koliformní bakterie celkové	n/100ml	1 900 000	>100 000	3 600 000	370 000		114 000
Termotolerantní koliformní bakterie	n/100ml	104 000	>100 000	65 000	5 400		800
Enterokoky	n/100ml	20					<10
Pseudomona Aeruginosa	n/100ml					114	
Legionella	UFC/l						
Legionella Pneumophila	UFC/l						
Nitrogen Kjeldahl [NTK]	mg/l						
Fenoly	mg/l						
Ortofosforečnan [PO ₄]	mg P/l						
Salmonela		Absencia					
Anionové detergenty	mg/l LAS						
Kationové detergenty	mg/l						
Neionové detergenty	mg/l						

Tab. 3.4 Výsledky rozboru upravené vody [35]

Datum	Jednotky	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		
Zákal	NTU	4,22	2,49	2,13	4,17		2,52
Koliformní bakterie celkové	n/100ml	<100	<100	0	0		0
Termotolerantní koliformní bakterie	n/100ml	<100	0	0	0		0
Enterokoky	n/100ml	<2					0
Pseudomona Aeruginosa	n/100ml	6200				-	100
Legionella	UFC/l	Nezměřené <500					Nezměřené <500
Legionella Pneumophila	UFC/l	Nezměřené <500					Nezměřené <500
Nitrogen Kjeldahl [NTK]	mg/l	12					2
Fenoly	mg/l	<0,01					<0,01
Ortofosforečnan [PO ₄]	mg P/l	<2,5					2
Salmonela		Absence					Absence
Anionové detergenty	mg/l LAS	<0,1					<0,1
Kationové detergenty	mg/l	0,5					0,6 až 1,5
Neionové detergenty	mg/l	0,4					0,1

Použití vody

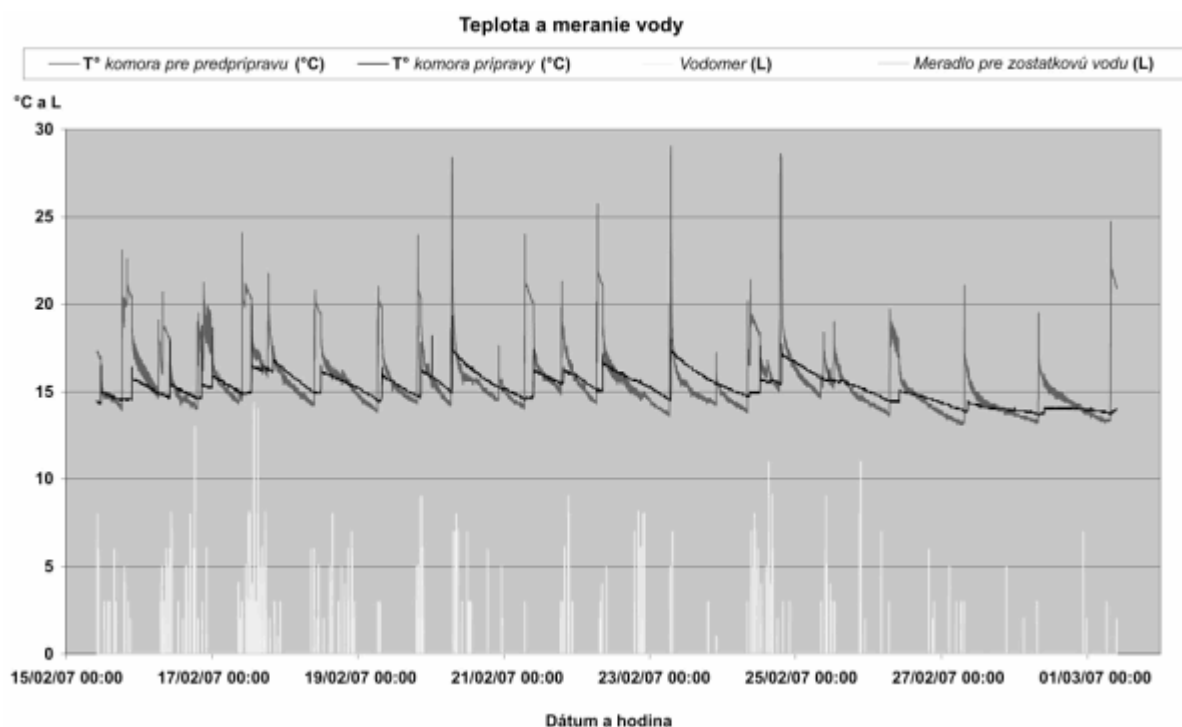
Na přítoku dodatkové pitné vody a přítoku upravené vody byl osazen vodoměr (Obr. 3.8). Porovnáním hodnot z obou vodoměrů zjistíme, jak často je pitná voda pro uspokojení objemových potřeb potřeba.



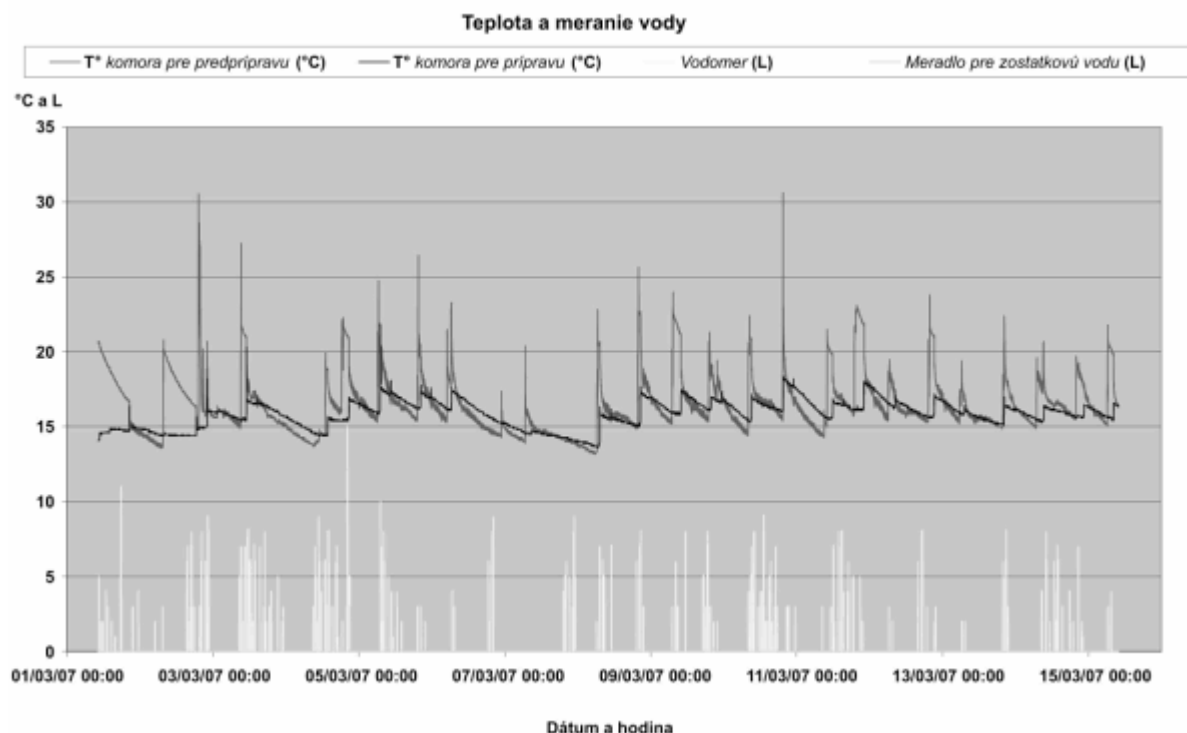
Obr. 3.8 Instalované vodoměry [35]

Teplota

Měření teploty probíhalo po dobu jednoho měsíce, výsledky byly vyneseny do grafů a jsou znázorněny na obrázku 3.9 (od 15. února do 1. března 2007) a na obrázku 3.10 (od 1. března do 15. března 2007). Teplotní maximum v komoře pro předběžnou úpravu vody odráží teplotu šedé vody přicházející ze sprchy. Teplota v komoře pro předběžnou úpravu kolísá stejně. V obou komorách se teplota ustálí na přibližně 15°C, která není příznivá pro rozmnožování patogenních organismů a pro dobré fungování procesu úpravy vody. [35]



Obr. 3.9 Graf naměřených teplot od 15. února do 1. března 2007 [35]



Obr. 3.10 Graf naměřených teplot od 1. do 15. března 2007 [35]

3.3.4 Shrnutí experimentu

Statistiky spotřeby vody ukazují, že množství šedé vody vyrobené použitím sprch a umyvadel je adekvátní k množství vody potřebné na splachování toalet, praní a zavlažování. V tomto případě byla produkce upravované vody, až na několik litrů vody v průběhu tří měsíců, dostačující. Dále je nutné dbát na správné navržení trubního systému. Ten musí být navržen tak, aby nedocházelo ke kontaminaci pitné vody. Experiment bude pokračovat za účelem stability výkonu systému.

4 PLAVECKÝ AREÁL KRAVÍ HORA

V praktické části této diplomové práce se budu zabývat možností využití šedých vod v plaveckém areálu Kraví hora.



Obr. 4.1 Plavecký areál Kraví hora [41]

Areál na Kraví hoře byl dokončen v roce 1975, jednalo se o Areál zdraví Tělovýchovné jednoty Moravská Slávia se saunou a bazénem a sluneční loukou s výhledem na Brno. Od roku 2001 bylo koupaliště rozsáhle rekonstruováno a v roce 2004 byl otevřen krytý bazén v podobě jednoduché třípodlažní budovy, s dřevěnou kostrou a skleněnou obvodovou zdí, doplněný vnějším areálem (Obr. 4.1). [42] Systém využití šedých vod bude navržen pro krytý bazén a wellness centrum, které by mělo být v blízké budoucnosti dostaveno.

4.1 POPIS AREÁLU

4.1.1 2. nadzemní podlaží

Do tohoto podlaží je situován hlavní vstup do areálu. Dále se zde nacházejí 2 kanceláře, bar s rozděleným prostorem pro obuté a bosonohé a galerie bazénové haly, která umožňuje výhled na oba bazény. Do tohoto podlaží se při návrhu systému zasahovat nebude.



Obr. 4.2 Bar a galerie bazénové haly

4.1.2 1. nadzemní podlaží

V prvním podlaží se nachází 25m plavecký bazén, hrátkový bazén s masážními chrliči a perličkou, součástí relaxační zóny je pak vířivka s masážními tryskami a parní komora. Dále je zde situována místnost pro plavčíky spojená s ošetrovnou, veškeré zázemí pro návštěvníky a sportovce, jako jsou šatny, sprchy, toalety, pobytové místnosti a také je odtud přístup do letních lázní.



Obr. 4.3 Plavecký a hrátkový bazén [41]

4.1.3 1. podzemní podlaží

V prvním podzemním podlaží jsou situovány veškeré technické místnosti jako kotelna, strojovna, elektro-rozvodna, místnost s kogeneračními jednotkami, místnost pro strojníka a podobně. Dále se zde nachází technologie pro úpravu bazénové vody.

Pitná voda je napouštěna do akumulární nádrže, odsud je čerpadly přiváděna na pískové filtry a do rozdělovače, ze kterého je rozváděna do jednotlivých bazénů. Ještě před vstupem do bazénu jsou do vody dávkovány chemikálie pro úpravu pH (38% kyselina sírová) a dezinfekci (chlornan sodný) bazénové vody. Voda z bazénu se přes přelivný žlábek vrací zpět do akumulární nádrže. Tímto vzniká uzavřený okruh. Pitná voda se do systému dopouští pouze v případě nedostatku vody např. po vyprání filtrů.



Obr. 4.4 Pískové filtry na úpravu bazénové vody

V plaveckém areálu Kraví hora je zajímavostí využívání užitkové vody, která se používá na splachování toalet a do okruhu TUV sprch. Tato užitková (provozní) voda vzniká tak, že se ve čtyřech nádržích (Obr. 4.4) o celkovém objemu 12 m³ mísí v určitém poměru (podle Hygienických předpisů) voda dešťová, bazénová a voda pitná. Prioritně se používá voda dešťová, která je sváděna systémem dešťové kanalizace do retenční jímky a odtud je přes filtr přiváděna do nádrží. V případě, že není v retenční jímce dešťová voda, odčerpává se přefiltrovaná bazénová voda ještě před chemickou úpravou. V případě nedostatku užitkové vody je do nádrží čerpána bazénová voda z rozdělovače.



Obr. 4.5 Nádrže na užitkovou (provozní) vodu

V tomto podlaží bude rovněž umístěna jednotka na úpravu šedých vod, do které bude voda přiváděna z dámských sprch v 1. NP. Upravená voda potom bude rozvedena do jediné hygienické místnosti v 1.PP a dále do 1.NP, kde se nachází téměř všechny zařizovací předměty, které budou touto vodou zásobeny. V úrovni tohoto podlaží má být dostavěno i výše zmíněné wellness centrum.

4.1.4 Wellness centrum

Wellness centrum má být postaveno na místě současného zázemí pro letní koupaliště (Obr. 4.5). Jedná se o 1 podlažní objekt v úrovni 1.NP krytého areálu, jehož součástí má být samotné wellnes centrum, masáže, kanceláře, bufet, zázemí restaurace a zázemí letního koupaliště.



Obr. 4.6 Předpokládaná výstavba wellness centra

4.2 ROZBOR ŠEDÉ VODY

V plaveckém areálu Kraví hora byl dne 22.11.2012 proveden odběr vzorků pro vypracování rozboru šedé vody. Vzorky vody byly odebrány celkem do 2 nádob. Pro odběr vzorku na chemický rozbor byla použita běžná plastová lahev po neochucené vodě o objemu 1,5 l. Pro rozbor mikrobiologický jsem na pobočce Zdravotního ústavu obdržela speciální skleněnou sterilní vzorkovnici, která měla hrdlo opatřené krytem z alobalu. Velmi důležitá je pečlivost při odběru, která má zásadní vliv na výsledek vyšetření. Vzorky byly bezprostředně po odběru odvezeny na brněnskou pobočku Zdravotního ústavu se sídlem v Ostravě. O provedení rozboru šedé vody byl vyhotoven protokol (příloha č.1).

4.2.1 Chemický rozbor

V rámci chemického rozboru byli zkoumáni následující ukazatelé:

- amoniakální dusík,
- BSK₅,
- celkový dusík,
- celkový fosfor,
- CHSK-Cr,
- NL (105°C),
- pH,
- tenzidy anioaktivní,
- zákal.

Amoniakální dusík

Amoniakální dusík pochází především z rozkladu organických látek a patří mezi zvláštní ukazatele chemického složení vod, podle nichž se povrchové vody řadí do tříd čistoty. Ve vodě se vyskytuje v hydratovaném stavu ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) nebo ve formě kationtu NH_4^+ . Jejich poměrné zastoupení závisí na pH vody [20]:

- při $\text{pH} < 8$ se nachází ve formě NH_4^+
- při $\text{pH} = 9,3$ a teplotě 20°C v poměru 1:1
- při $\text{pH} > 10$ se nachází v podobě nedisociovaného toxického hydrátu $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

BSK₅

BSK je biochemická spotřeba kyslíku definovaná jako hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku v roztoku, která byla spotřebována během biochemické oxidace organických látek za stanovených podmínek. Slouží tedy jako nepřímý ukazatel množství biologicky rozložitelných organických látek ve vodě.

Nejběžnější standardizovanou metodou používanou po celém světě je BSK₅, při které se stanoví biochemická spotřeba kyslíku zředovací metodou v průběhu pěti dnů, za aerobních podmínek a při teplotě 20°C . [21]

Celkový dusík

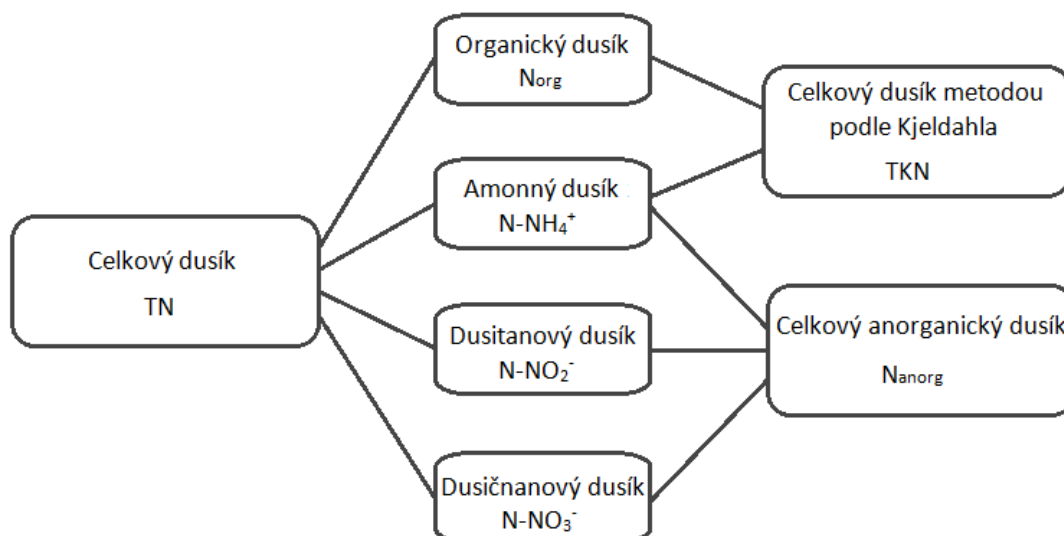
Celkový dusík je součtem všech forem anorganicky a organicky vázaného dusíku.

Formy anorganicky vázaného dusíku:

- amonný dusík N-NH_4^+ (N-NH_3),
- dusitanový dusík N-NO_2^- ,
- dusičnanový dusík N-NO_3^- ,
- dusík umělého původu (např. kyanidy, kyanatany)

Formy organicky vázaného dusíku:

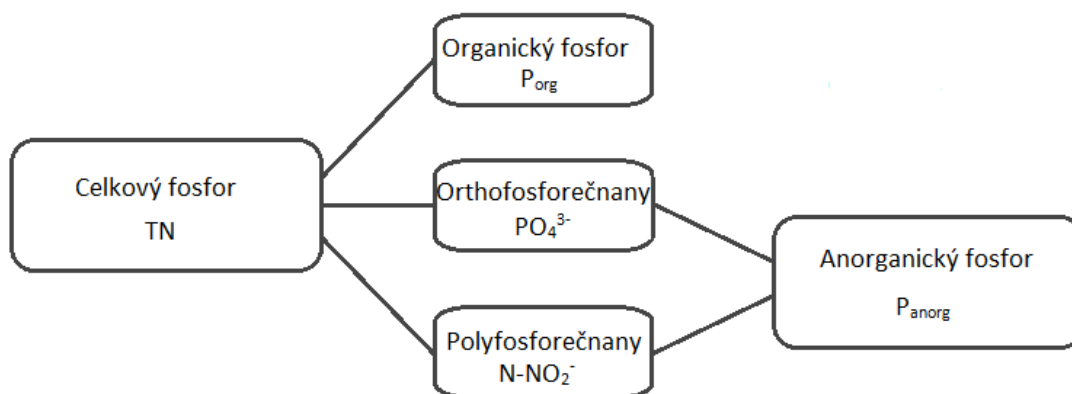
- močovina,
- aminokyseliny,
- nukleonové kyseliny,
- aminy,
- apod.



Obr. 4.7 Schéma nejčastěji stanovených forem dusíku

Celkový fosfor

V přírodě se fosfor vyskytuje pouze ve formě chemických sloučenin. Celkový fosfor je dán množstvím anorganických orthofosforečnanů (PO₄³⁻), polyfosforečnanů a organicky vázaného fosforu. Do vod se fosfor dostává například z pracích a čistících prostředků. [22]



Obr. 4.8 Schéma nejčastěji stanovených forem fosforu

CHSK-Cr

CHSK je chemická spotřeba kyslíku, která oproti BSK udává spotřebu kyslíku potřebnou k oxidaci všech látek, tedy nejen těch, které mohou být odbourány biologickou cestou. Jde o uzanční stanovení míry znečištění vody organickými a oxidovatelnými anorganickými látkami. [23]

Ke stanovení CHSK-Cr se používá dichroman draselný. Jedná se o rychlejší zkoušku než v případě BSK5. Uvádí se v miligramech nebo gramech znečištění na litr vody.

NL

Nerozpuštěné látky ve vodě se stanovují gravimetrickou metodou. Při této metodě se filtračním zařízením na filtru zachytí nerozpuštěné látky z přesně odměřeného množství homogenizovaného vzorku. Hodnota nerozpuštěných látek se získá vysušením filtru v sušárně při teplotě 105 °C do konstantní hmotnosti. Výsledkem zkoušky je hmotnostní koncentrace nerozpuštěných látek v mg.l^{-1} . [24]

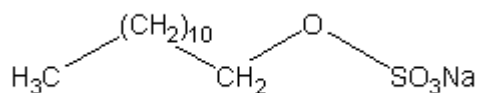
pH

pH, též vodíkový exponent je číslo, kterým se v chemii vyjadřuje, zda vodný roztok reaguje kyselé či naopak alkalicky (zásaditě). Jedná se o logaritmickou stupnici s rozsahem hodnot od 0 do 14. [25]

- neutrální voda má $\text{pH} = 7$,
- kyseliny mají $\text{pH} < 7$ (čím menší číslo, tím silnější kyselina),
- zásady mají $\text{pH} > 7$ (čím větší číslo, tím silnější zásada).

Tenzidy anioaktivní

Anionaktivní tenzidy jsou nejvíce rozšířenými a nejpoužívanějšími tenzidy. Disociují ve vodě za vzniku iontů – kationtů (obvykle alkalických kovů) bez pracího účinku a aniontů, jejichž molekuly obsahují hydrofilní a hydrofobní části. Nejužívanějšími sloučeninami z této skupiny tenzidů jsou sodné a draselné soli alkylbenzensulfonových kyselin (saponáty), alkoholsulfátů a alkoholethoxysulfátů. Z uvedených názvů vyplývá, že hydrofilní částí anionaktivních tenzidů je nejčastěji síranová skupina. Příkladem anionaktivního tenzidu je dodecylsulfát sodný [26]:



Obr. 4.9 Dodecylsulfát sodný [26]

Tyto tenzidy vynikají zejména svou šetrností k pokožce a účinností při nízkých teplotách, proto se používají jako [26]:

- prací prostředky pro jemné prádlo a vlnu,
- tělové a vlasové šampony,
- tekutá mýdla,
- ruční mycí prostředky na nádobí,
- přísady do koupelových pěn.

Zákal

Zákal je způsoben přítomností suspendovaných nerozpuštěných organických a anorganických látek ve vodě. Stanovuje se turbidimetricky a vyjadřuje se ve formazinových jednotkách zákalu (ZF). Hodnota pro pitnou vodu je maximálně 5 ZF. [27]

Výsledky chemického rozboru

V tabulce 4.1 jsou uvedeny výsledky chemického rozboru provedeného v akreditované zkušební laboratoři Zdravotního ústavu se sídlem v Ostravě.

Tab. 4.1 Výsledky chemického rozboru šedé vody

Ukazatel	Hodnota	Jednotka	TYP	Nejistota
amoniakální dusík	0,1	mg/l	A	± 10%
BSK ₅	380	mg/l	A	± 10%
dusík celkový	11,5	mg/l	A	± 8%
fosfor celkový	0,05	mg/l	A	± 8%
CHSK - Cr	800	mg/l	A	± 8%
NL (105°)	60	mg/l	A	± 11%
pH	7,29		A	± 4%
tenzidy anioaktivní	140	mg/l	A	± 12%
zákal	28	ZF(t)	A	± 8%

Typ A znamená, že byla provedena akreditovaná zkouška.

4.2.2 Mikrobiologický rozbor

V rámci mikrobiologického rozboru byl posuzován výskyt následujících ukazatelů:

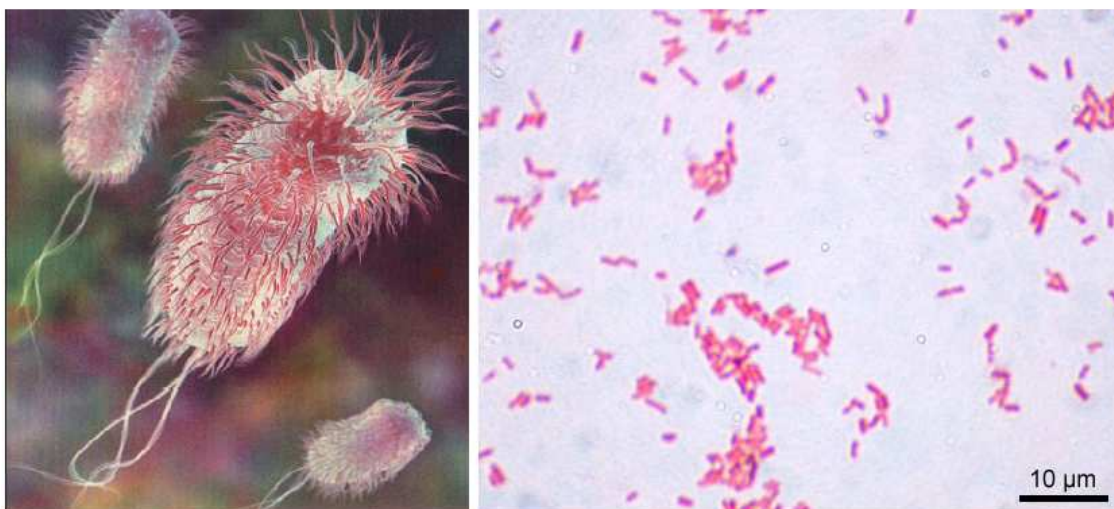
- *Escherichia coli*,
- enterokoky,
- koliformní bakterie,
- *Pseudomonas aeruginosa*.

Escherichia coli

Escherichia coli je běžný komenzál tlustého střeva. Fekálním znečištěním se dostává do vody, kde může přežít řadu týdnů. Slouží jako nejběžnější indikátor fekální kontaminace pitné vody. Jde o gramnegativní tyčky se zaoblenými konci, 2-3 µm dlouhé, 0,6 µm široké, někdy mohou být krátké - kokobacilární, barví se homogenně. Na povrchu mají různé typy fimbrií, z nichž jedny jsou zastoupeny ve velkém počtu na povrchu bakteriální buňky a umožňují adhezi na hostitelskou buňku, další - sex pili, jsou v menším počtu a umožňují vazbu mezi donorem a recipientem při konjugaci (viz snímek konjugace níže). Některé typy *E. coli* tvoří pouzdra a jejich kolonie mají hlenovitý charakter. [28]

Patogenní *Escherichia coli* vyvolává 2 typy onemocnění [28]:

- extraintestinální (zejména močových cest, septická onemocnění, infekce ran, hnisavé procesy),
- v intestinálním traktu infekce provázené průjmy (určité kmeny).



Obr. 4.10 *Escherichia coli* [29]

Enterokoky

Enterokoky 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. [30]

Enterokoky jsou fakultativně anaerobní, resistantní vůči vysokému pH, rostou v hypertonickém roztoku NaCl(6,5%) a přežívají i půlhodinové zahřátí na 60°C. Patří mezi závažné podmíněné patogeny a mohou vyvolat následující onemocnění [31]:

- infekci močových cest,
- infekci žlučových cest,
- infekci ran,
- endokardis,
- gynekologické záněty.

Koliformní bakterie

Koliformní bakterie byly dříve používány jako indikátory fekálního znečištění. Bylo však zjištěno, že se mezi těmito skupinami vyskytuje řada druhů, které nemusejí mít fekální původ. Proto současný trend směřuje k přímému stanovení *Escherichia coli*. Při zvýšeném nálezu

koliformních bakterií existuje zvýšená pravděpodobnost žaludečních a střevních problémů. [32]

Pseudomonas aeruginosa

Pseudomonas aeruginosa je gram-negativní pohyblivá aerobní tyčka o průměru 1mm x 3mm, má polární bičíky a povrch může být pokryt hlenovou substancí. Je to extrémně adaptabilní nenáročná bakterie schopná snášet teplotní rozmezí 10°C - 42°C s optimem 35°C. Patří mezi podmíněné patogeny, které mohou vyvolat následující onemocnění [33]:

- infekci ran,
- močové infekce,
- korneální infekce,
- pneumonii,
- endokarditis - osteomyelitis obratlů a klíčních kostí,
- sepsi.

Výsledky mikrobiologického rozboru

V tabulce 4.2 jsou uvedeny výsledky mikrobiologického rozboru provedeného v akreditované zkušební laboratoři Zdravotního ústavu se sídlem v Ostravě.

Tab. 4.2 Výsledky mikrobiologického rozboru šedé vody

Ukazatel	Hodnota	Jednotka	TYP	Nejistota
Escherichia coli	0	KTJ/ml	A	-
enterokoky	4	KTJ/ml	A	27%
koliformní bakterie	24	KTJ/100 ml	A	37%
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1	KTJ/100 ml	A	49%

Typ A znamená, že byla provedena akreditovaná zkouška.

4.2.3 Vyhodnocení rozboru šedé vody

V České republice podrobnější předpis pro využití šedých vod chybí. Prozatím je možné využít zahraničních předpisů, např. britskou normu BS 8525-1:2010 [1], která vedle technických požadavků uvádí i požadavky na ukazatele jakosti provozní (bílé) vody týkající se zdravotních rizik, viz tab. 2.7.

V současné době je v ČR připravována norma ČSN 75 6780 Využití šedých a dešťových vod v budovách a na přilehlých pozemcích. Podle nejnovějších informací bude tato norma ustanovovat požadavky na mikrobiologické a fyzikálně-chemické ukazatele jakosti vod podle účelu, ke kterému bude recyklovaná voda používána. V tomto případě by měla upravená voda

splňovat požadavky stejné jako voda ke koupání v umělých koupalištích, které jsou ustanoveny ve vyhlášce č. 238/2011 Sb. v příloze č.8. [47]

Tab. 4.3 Shodnocení kvality šedé vody dle vyhlášky č. 238/2011 Sb.

Ukazatel	Jednotka	Vyhláška č. 238/2011 Sb.			areál Kraví hora
		Upravená voda před vstupem do bazénu	Bazénová voda během provozu		
			Mezní hodnota	Nejvyšší mezní hodnota	
Escherichia coli	KTJ/ml	0	0	*)	0
Pseudomonas aeruginosa	KTJ/100 ml	0	0	*)	10
zákal	ZF	-	0,5	-	28
pH		-	6,5 - 7,6	-	7,29

*) Překročení nejvyšší mezní hodnoty nastává při splnění některé z následujících podmínek:

1. hodnoty Escherichia coli větší než 10 KTJ/100ml a/nebo více než 10 KTJ/100ml pro Pseudomonas aeruginosa,
2. hodnoty Pseudomonas aeruginosa větší než 50 KTJ/100ml.

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že hodnota zákalu a Pseudomonas aeruginosa přesahuje mezní hodnotu. Pseudomonas aeruginosa se zároveň nachází na hranici nejvyšší mezní hodnoty. Dále rozbor prokázal přítomnost enterokoků a koliformních bakterií, jejichž hodnoty vyhláška č. 238/2011 neupravuje.

Pro odstranění těchto nežádoucích mikrobiologických ukazatelů z upravované vody je v rámci technologické linky navržena dezinfekce UV zářením.

4.3 STANOVENÍ PRODUKCE ŠEDÉ VODY A POTŘEBY PROVOZNÍ VODY

Vstupní hodnoty pro stanovení produkce šedé vody a potřeby provozní vody jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 4.4 Vstupní údaje pro výpočet

údaje	bazén	wellness
prům. denní návštěvnost	526	257
počet žen	263	129
počet mužů	263	129
počet zaměstnanců	11	9
počet směn	2	2

4.3.1 Stanovení potřeby provozní vody

Pro návrh zařízení na využití šedé vody bylo nutné stanovit nejdříve denní potřebu provozní vody. Tuto potřebu jsem stanovila ze vztahu:

$$Q_{24} = q_{wc} \cdot n + q_{pis} \cdot n + q_{úkl} \cdot n \quad [l/den] \quad (4.1)$$

kde q_{wc} ... potřeba vody na jedno spláchnutí WC, v l
 q_{pis} ... potřeba vody na jedno spláchnutí pisoáru, v l
 $q_{úkl}$... potřeba vody pro úklid, v l/(m² · den)
n ... počet měrných jednotek (počet osob, použití, m²).

Při stanovení počtu měrných jednotek – v tomto případě počtu použití za den- jsem vycházela z průměrné denní návštěvnosti. Průměrná denní návštěvnost krytého plaveckého areálu za rok 2012 činí 526 osob/den, v případě wellness centra byla průměrná návštěvnost stanovena odhadem na základě plánovaných provozů. Dále bylo nutné zavedení určitých předpokladů, které jsou následující:

- počet žen je roven ½ denní návštěvnosti,
- počet mužů je roven ½ denní návštěvnosti,
- každá žena využije 1x WC,
- každý muž využije pisoár,
- každý 6. muž využije WC,
- každý zaměstnanec půjde 2x za směnu na WC.

Jednotlivé hodnoty a výsledky jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Tab. 4.5 Výpočet potřeby provozní vody pro splachování toalet a pisoárů

Uživatelé	WC				Pisoáry		celkem l/den
	q _{wc} - malé spl. l/přís. činnost	n os/den	q _{wc} - velké spl. l/přís.činnost	n os/den	q _{pis} l/přís.činnost	n os/den	
BAZÉN							
muži	-	-	6	44	3	263	1052
ženy	3	237	6	26	-	-	868
zaměstnanci	3	39,6	6	4,4	-	-	119
WELLNESS							
muži	-	-	6	21	3	107	451
ženy	3	116	6	13	-	-	425
zaměstnanci	3	32,4	6	3,6	-	-	97
							Σ = 3011

Tab. 4.6 Výpočet potřeby provozní vody pro úklid

Úklid			
uklizená plocha	$q_{\text{úkl}}$ l/m²	n počet úklidů/den	celkem l/den
BAZÉN			
veřejné šatny, sprchy, WC	0,3	14	1243,2
šatny, sprchy, WC - personál	0,3	1	6,42
ochoz bazénu, pára, klidová část	0,3	14	2383,08
chodby, galerie a bar pro bosonohé	0,3	3	159,48
vstupní hala, chodby, galerie, bar	0,3	2	133,38
sklady, úklidové místnosti	0,3	1	29,91
WELLNESS			
veřejné šatny, sprchy, WC	0,3	10	196,2
šatny, sprchy, WC - personál	0,3	1	8,25
šatny, sprchy, WC - masáže	0,3	2	38,46
sauny, lázně, masážní sprchy, atd.	0,3	10	491,1
chodby, foyer, recepce	0,3	2	62,34
sklady prádla, úklidové místnosti	0,3	1	4,41
$\Sigma =$			4756

Celková potřeba provozní vody na splachování toalet a úklid činí **7767 l/den**.

4.3.2 Stanovení produkce šedé vody

Protože nebylo možné stanovení samostatných šedých vod měřením, použila jsem pro výpočet produkce následující vztah:

$$Q_{\text{prod}} = \sum_{i=1}^j q_{c,i} \cdot n_c \quad [\text{l/den}] \quad (4.2)$$

kde: q_c ... je produkce šedé vody pro příslušnou činnost,

n_c ... počet činností stejného druhu prováděných během jednoho dne,

j ... počet druhů činností prováděných během dne.

Při stanovení počtu činností stejného druhu prováděných během jednoho dne jsem opět vycházela z průměrné denní návštěvnosti a byly zavedeny následující předpoklady:

- všichni návštěvníci se osprchují,
- všichni návštěvníci si umyjí ruce,
- každý zaměstnanec půjde 2x za směnu na toaletu, tj. 2x za směnu si umyje ruce.

Jednotlivé hodnoty a výsledky jsou uvedeny v tabulce 4.7.

Tab. 4.7 Výpočet produkce šedé vody

Uživatelé	umyvadla	sprchy		celkem
	q_{um} l/přís. činnost	q_{spr} l/přís.činnost	n os/den	
muži	3	40	263	11309
ženy	3	40	263	11309
zaměstnanci	3	-	-	132
			$\Sigma =$	22750

4.3.3 Posouzení využití šedé vody

Využití šedé vody je optimální tehdy, jestliže se produkce šedé vody a potřeba provozní vody pohybuje přibližně ve stejných hodnotách.

Bilanční rovnice:

$$22\,750 - 7767 = \underline{14\,983\text{ l/den}}$$

Z bilanční rovnice můžeme vidět, že u takto navrženého řešení máme příliš velký přebytek šedých vod nad vodou provozní. Z důvodu optimalizace proto bylo navrženo nové řešení.

Návrh nového řešení

V tomto řešení uvažujeme se sběrem šedé vody pouze z dámských sprch. Množství této vody je uvedeno v tabulce 4.8.

Tab. 4.8 Produkce šedé vody ze sprch

sprchy	q_{spr} l/přís.činnost	n č/den	celkem l/den
muži	40	263	10520
ženy	40	263	10520

Bilanční rovnice:

$$10\,520 - 7767 = \underline{2\,753\text{ l/den}}$$

Zde vychází přebytek šedých vod mnohonásobně menší než v případě předchozím, proto bude systém využití šedých vod navržen na tuto variantu. Přebytečné množství vody bude možné využít ještě například na zalévání zeleně v areálu letního koupaliště nebo na tvorbu ledu zimního kluziště. V opačném případě bude přebytečné množství šedé vody odváděno do kanalizace.

4.4 NÁVRH VNITŘNÍ KANALIZACE

V našem případě se jednalo o návrh nové části kanalizace, kterou je odváděna pouze odpadní voda z dámských sprch. Dispozice vnitřní kanalizace v areálu Kraví hora nám umožnila využití stávajícího připojovacího a část svodného potrubí, která svádí vodu z jednotlivých sprch. Na část stávajícího svodného potrubí bude připojena nová část, která bude odpadní vody ze sprch přivádět do technologické linky na úpravu šedé vody.

Stávající dimenze:

- připojovací potrubí - ϕ 75mm,
- svodné potrubí - ϕ 125mm.

V rámci návrhu kanalizace bylo navrženo i odvětrávací potrubí. Jmenovitá světlost tohoto potrubí byla po dohodě s panem Ing. Jakubem Vránou, Ph.D, navržena 110mm. Větrací potrubí bude vyvedeno nad střechu, kde bude opatřeno větrací hlavicí.

4.5 NÁVRH VNITŘNÍHO VODOVODU

Dle normy ČSN 75 5455 Výpočet vnitřních vodovodů se vnitřní vodovod dělí na následující části [46]:

- ležaté potrubí vedené od hlavního domovního uzávěru zpravidla v nejnižším podlaží k jednotlivým stoupacím potrubím,
- stoupací potrubí vedené zpravidla svisle jednotlivými podlažími od ležatého potrubí k jednotlivým podlažím rozvodným potrubím,
- podlažní rozvodné potrubí odbočující ze stoupacího potrubí a vedené k jednotlivým připojovacím potrubím v rámci jednoho podlaží (nejčastěji v přízdívkách, pod omítkou a v podhledech),
- připojovací potrubí napojené na ležaté, stoupací nebo podlažní rozvodné potrubí a vedené k výtokové armatuře.

Stanovení výpočtového průtoku

Pro stanovení výpočtového průtoku byl použit následující vztah:

$$Q_D = \sum_{i=1}^j \varphi_i \cdot q_i \cdot n_i \quad [l/s] \quad (4.3)$$

kde: φ_c ... součinitel současnosti odběru vody z výtokových armatur stejného druhu,

n ... počet výtokových armatur stejného druhu,

j ... počet výtokových armatur,

q_i ... jmenovitý výtok jednotlivých druhů výtokových armatur.

Postup výpočtu

Hodnotu součinitele současnosti odběru vody z výtokových armatur stejného druhu jsem uvažovala 0,3, hodnoty jmenovitých průtoků jednotlivých druhů výtokových armatur jsou uvedeny v následující tabulce (Tab. 4.9)

Tab. 4.9 Hodnoty jmenovitých průtoků jednotlivých druhů výtokových armatur

Výtoková armatura	q_i l/s	Počet k_s
nádržkový splachovač	0,15	23
tlačový splachovač pisoárové mísy odsávací	0,3	8
výtokový ventil u výlevky	0,2	5

V tabulce 4.10 jsou uvedeny jmenovité světlosti pro daný počet výtokových armatur na jedné připojovací větvi, jmenovitá světlost je navržena na vyšší průtok.

Tab. 4.10 Jmenovité světlosti pro daný počet výtokových armatur

Výtokové armatury	Q_d l/s	φ mm
1 WC	0,045	16x2,7
2 WC	0,09	20x3,4
1 Pi	0,09	20x3,4
2 Pi	0,18	25x4,2
1 Vý	0,06	16x2,7
1 WC + 1 Pi	0,135	20x3,4
1 WC + 1 Vý	0,105	20x3,4
2 WC + 2 Pi	0,27	25x4,2
2 WC + 1 Pi	0,18	20x3,4
2 WC + 1 Vý	0,15	20x3,4
3 WC + Pi	0,225	25x4,2

Dále byly nadimenzovány jednotlivé stoupačky (Tab. 4.11) a hlavní rozvodné potrubí (Tab 4.12). Jmenovité světlosti potrubí byly navrženy stejným způsobem jako v předchozím případě.

Tab. 4.11 Dimenze jednotlivých stoupaček

Stoupačka	Zařizovací předmět	Počet ks	q_i l/s	φ -	Q_D l/s	ΣQ_D l/s	ϕ mm
V1	WC	3	0,15	0,3	0,135	0,375	32x5,4
	Pisoár	2	0,3		0,18		
	výlevka	1	0,2		0,06		
V2	WC	4	0,15	0,3	0,18	0,36	32x5,4
	Pisoár	2	0,3		0,18		
V3	WC	1	0,15	0,3	0,045	0,045	16x2,7
V4	WC	1	0,15	0,3	0,045	0,135	20x3,4
	Pisoár	1	0,3		0,09		
V5	výlevka	1	0,2	0,3	0,06	0,06	16x2,7
V6	WC	2	0,15	0,3	0,09	0,09	20x3,4
V7	WC	2	0,15	0,3	0,09	0,27	25x4,2
	Pisoár	2	0,3		0,18		
V8	WC	2	0,15	0,3	0,09	0,09	20x3,4
V9	WC	1	0,15	0,3	0,045	0,045	20x3,4
V10	WC	1	0,15	0,3	0,045	0,105	20x3,4
	Výlevka	1	0,2	0,3	0,06		
V11	WC	2	0,15	0,3	0,09	0,15	20x3,4
	výlevka	1	0,2		0,06		
V12	WC	3	0,15	0,3	0,135	0,225	25x4,2
	Pisoár	1	0,3		0,09		

Tab. 4.12 Dimenze hlavní větvě

Část větve	Q_D l/s	ϕ mm
V12 - V11	0,375	25x4,2
V11 - V10	0,48	32x5,4
V10 - V9	0,525	32x5,4
V9 - V8	0,615	32x5,4
V8 - V7	0,885	40x6,7
V7 - V6	0,975	40x6,7
V6 - V5	1,035	40x6,7
V5 - V4	1,17	40x6,7
V4 - V3	1,215	40x6,7
V3 - V2	1,575	50x8,4
V2 - V1	1,95	50x8,4
V1 - Tech. jednotka	2,055	50x8,4

4.6 VÝPIS MATERIÁLU A ARMATUR

Vnitřní kanalizace byla navržena z vysokoteplotního polypropylenu (PPHT), pro vnitřní vodovod byl zvolen polypropylen PPR. V rámci návrhu vnitřních rozvodů byly navrženy rovněž jednotlivé armatury, jejichž návrh jsem provedla podle doporučení pana Ing. Jakuba Vrány, Ph.D, odborníka z Ústavu technického zařízení budov.

Jednotlivé délky potrubí a armatury jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Tab. 4.13 Výpis materiálů a armatur pro vnitřní kanalizaci

Materiál	Typ potrubí	Jmenovitá světlost mm	Délka m
PP HT	svodné	125	19,2
	větrací	110	24,9
Armatura		Typ	Počet ks
ventilační hlavice DN 110		HL 810	1

Tab. 4.14 Výpis materiálů a armatur pro vnitřní vodovod

Materiál	Jmenovitá světlost mm	Délka m
PPR	16 x 2,7	11,4
	20 x 3,4	32,8
	25 x 4,2	15,5
	32x5,4	79,7
	40x6,7	35,5
	50x8,4	35,4
Armatura		Počet ks
nástěnka PPR-DN 16xG 1/2		23
nástěnka PPR-DN 20xG 1/2		5
nástěnka PPR-DN 25xG 3/4		3
ventil zpětný G 3/4		5
mosazný filtr G 3/4		5
Kulový kohout plnopřítokový s koulí DADO G 1/2		28
Kulový kohout plnopřítokový s koulí DADO G 3/4		3
Kulový kohout plnopřítokový s koulí DADO G 1		3

4.7 NÁVRH TECHNOLOGICKÉ LINKY

Technologii na úpravu šedých vod v plaveckém areálu Kraví hora jsem navrhla ve spolupráci se společností ASIO, spol. s r.o. Na základě tohoto návrhu bylo vypracováno schéma technologické linky, které je přílohou č.2 k této diplomové práci.

Technologickou linku tvoří následující zařízení:

- akumulční nádrž,
- membránový modul,
- čerpadlo permeátu,
- ponorné čerpadlo z akumulční nádrže,
- snímač hladiny,
- dmychadlo,
- filtr mechanických nečistot,
- ponorné čerpadlo ATS,
- tlaková nádoba,
- tlakový spínač,
- UV lampa,
- průtokoměr,
- solenoidový ventil,
- potrubí a armatury.

4.7.1 Akumulační nádrž

Akumulační nádrž bude navržena od společnosti ASIO, spol. s r.o. Nádrže jsou vyráběny v typových řadách nebo na zakázku. V tomto případě se jedná o plastovou nádrž o půdorysných rozměrech 5,4 x 2,0m, hloubce 2,0m a o celkovém objemu 16m³, která je přepážkami rozdělena na 3 dílčí nádrže, kterými jsou:

- vyrovnávací nádrž šedých vod,
- biologický reaktor,
- akumulční nádrž vyčištěné vody.

Objemy jednotlivých nádrží jsou 6m³, 4m³ a 6m³.

4.7.2 Filtr mechanických nečistot

Na vtoku do technologické linky je nutné vodu zbavit mechanických nečistot, v našem případě zejména vlasů. Proto je navržen filtr mechanických nečistot, který zajišťuje:

- ochranu čerpadel a armatur proti poškození,
- minimální přítomnost organických látek v nádrži,
- nižší četnost čištění nádrže.

Filtr musí být navržen se samočistící schopností, tj. pracovat tak, aby zachycené nečistoty byly samovolně odplavovány a nebylo nutné filtr často čistit. Musí umožnit odvod přebytečné vody při svém zanesení nebo za zvýšeného průtoku. [4]

Navrhuji plastový filtr AS REWA s velikostí ok 0,5mm, o rozměrech 630 x 630 x 950 mm. Tento filtr dodává společnost ASIO, spol. s r.o.

4.7.3 Membránový modul

Pro úpravu šedých vod byl navržen membránový modul SiClaro od německé společnosti Martin systems AG. Během provozu se na povrchu membrán vytváří tenkovrstvé povlaky, které sice zvyšují separační schopnost, ale na druhé straně snižují hydraulickou kapacitu. Přibližně po roce se na povrchu membrán vytvoří povlak, který je třeba chemicky odstranit. Jako čistící prostředky se užívají chlornan sodný k odstranění biologických povlaků a kyselina citronová k odstranění vysrážených solí. Čištění probíhá tak, že se jedna jednotka vytáhne a vloží se do regenerační komory. [12]



Obr. 4.11 Membránový modul [8]

V následující tabulce jsou uvedeny jednotlivé parametry navrženého modulu.

Tab. 4.15 Parametry membránového modulu [8]

typ modulu	SiClaro® FM661	jednotky
plocha	37,5	m ²
max průtok	1,02	m ³ /h
φ průtok	16,38	m ³ /d
max průtok	22,05	m ³ /d
rozměry (L x B x H)	1015 x 666 x 840	mm
hmutnst (suchá)	81	kg

4.7.4 Čerpadlo permeátu

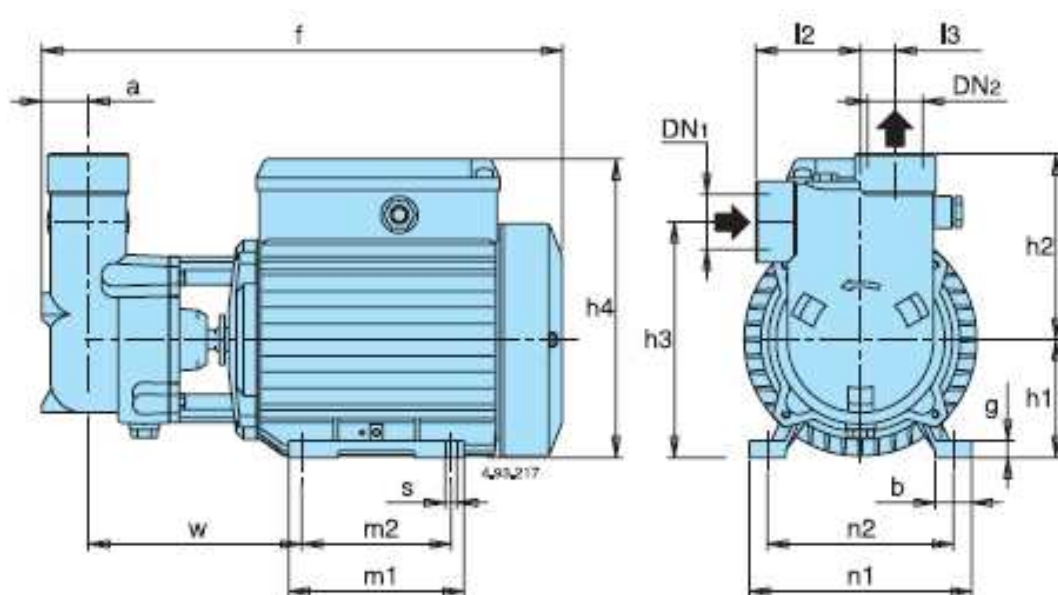
Bylo navrženo čerpadlo typu CA90E od společnosti Calpeda. Jedná se o samonasávací monoblokové čerpadlo s kapalným kroužkem a hvězdovitým rotorem. Motor čerpadla je konstruován jako 2-pólový asynchronní, třífázový 400V.

Tab. 4.16 Materiálové provedení čerpadla [13]

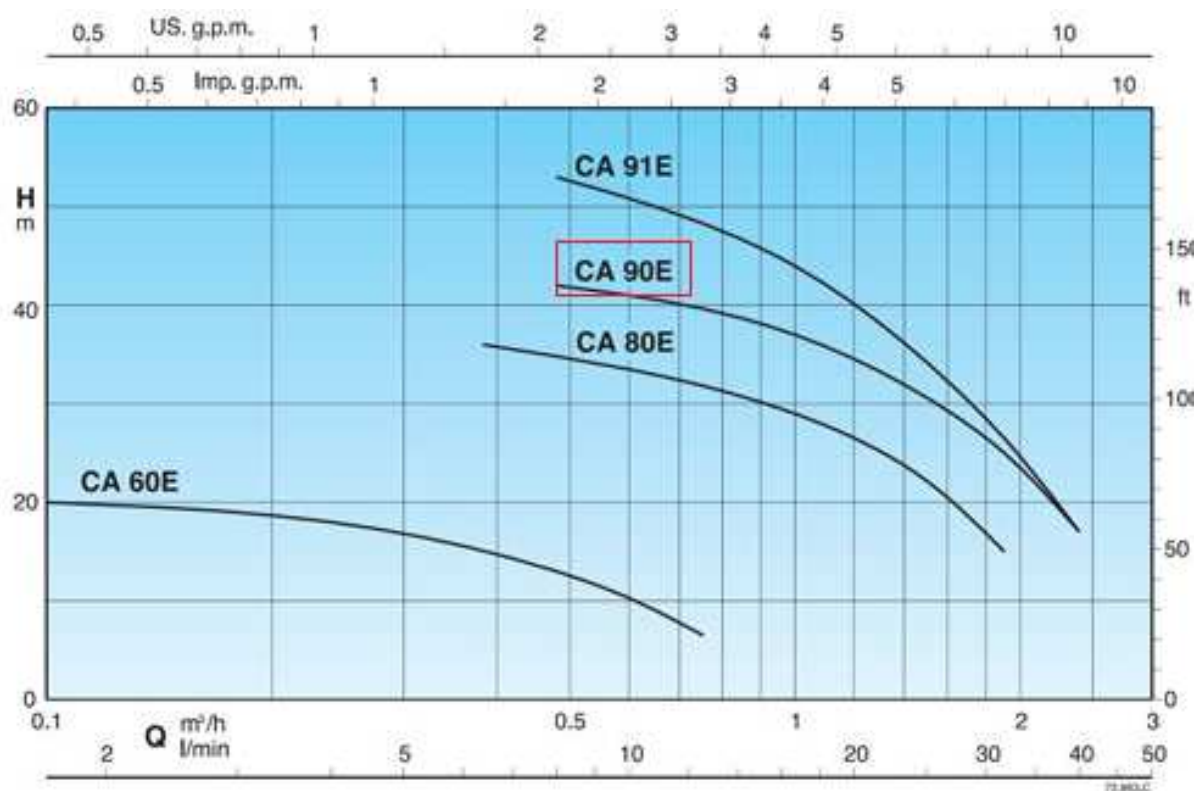
Konstrukční díl	Materiál
těleso čerpadla	litina
spojka	
oběžné kolo	mosaz
hřídel	chromovaná ocel
mechanická ucpávka	uhlík - keramika - NBR

Tab. 4.17 Parametry čerpadla [13]

model	CA90E	jednotky
DN1	G1	
DN2	G1	
a	28	mm
f	318	mm
h1	71	mm
h2	112	mm
h3	142	mm
h4	180	mm
m1	106	mm
m2	90	mm
n1	134	mm
n2	112	mm
b	22	mm
s	7	mm
I2	63	mm
I3	21	mm
w	128	mm
g	10	mm
hmotnost	10,8	kg



Obr. 4.12 Parametry čerpadla [13]



Obr. 4.13 Pracovní oblast čerpadla [13]

4.7.5 Ponorné čerpadlo z akumulární nádrže

Bylo navrženo ponorné čerpadlo typu Ama-Drainer A405 ND/35, 400V od společnosti KSB AG. Jedná se o vertikální, jednostupňové, plně zaplavitelné ponorné motorové čerpadlo v provedení jako bloková konstrukce, IP 68, s regulací nebo bez regulace hladiny, s maximální hloubkou ponoru 2 m. Pohon čerpadla je zajištěn prostřednictvím trojfázového motoru se zabudovaným teplotním spínačem. [14]



Obr. 4.14 Ponorné čerpadlo z akumulární nádrže [14]

4.7.6 Snímač hladiny

Navrhuji snímač hladiny typu Echosonic II LU-27 od společnosti FLOWLINE, který bude umístěn ve všech nádržích. Tento univerzální ultrazvukový snímač hladiny poskytuje kontinuální měření výšky hladiny až do 10 m s výstupem 4-20 mA a je konfigurován prostřednictvím softwaru Webcal, který tato společnost poskytuje volně ke stažení.



Obr. 4.15 Snímač hladiny Echosonic II LU-27 [15]

4.7.7 Dmychadlo

Navrženo je dmychadlo typu 3D19C-32 od společnosti KUBÍČEK VHS, s r.o., kde značí:

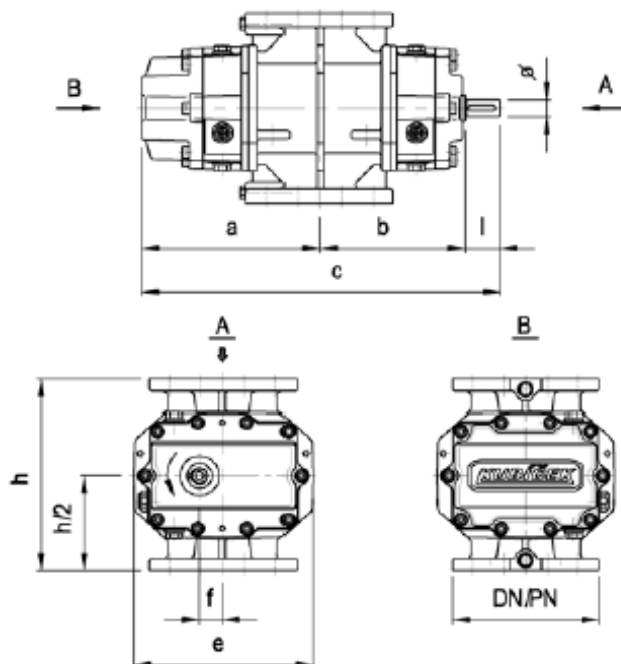
- 3 – dmychadlo vybavené třízubým rotorem,
- D – standardní typ (vzduch),
- 16 – průměr vnitřní hřídele,
- C – šířku skříně,
- 032 – velikost příslušenství (DN).

Tab. 4.18 Rozměry dmychadla [16]

typ	3D16C	jednotky
DN/PN	32/16	
a	165	mm
b	153	mm
c	358	mm
e	140	mm
f	19	mm
h	180	mm
Ø	16	mm
l	40	mm
m	20	kg

Tab. 4.19 Výkon dmychadla [16]

typ	3D16C	jednotky
Δp	10	kPa
Q	0,68	m ³ /min
n2	2536	l/min
P2	0,21	kW
P1	0,25	kW
n1	2830	l/min
El.motor	63	
t2	31	°C
Lp (A)	78/58	dB



Obr. 4.16 Vysvětlení rozměrů dmychadla z tabulky 4.4 [16]

4.7.8 Ponorné čerpadlo ATS

Navrhují čerpadlo KSB Ixo 65, 400V od společnosti KSB AG, kde značí:

- 6 – počet stupňů,
- 5 – maximální průtok [m^3/h].

Jedná se vícestupňové samonasávací odstředivé čerpadlo v provedení jako bloková konstrukce pro úplně nebo částečně ponořený provoz (minimální hloubka ponoru 0,1 m) s nízko umístěným nátokem a sacím košem s maximální velikostí ok 2,5 mm.

Obr. 4.17 Materiálové provedení čerpadla [14]

Konstrukční díl	Materiál
Těleso čerpadla	Šedá litina s antikorozií vrstvou
Oběžná kola /vícestupňové těleso	Noryl
Hřídel	Keramický materiál, chromniklová ocel
Těleso motoru	Hliník
Mechanická ucpávka	
Horní	Steatit, uhlík, NBR
Dolní	Hliník, uhlík, NBR



Obr. 4.18 Čerpadlo KSB Ixo 65, 400V [14]

4.7.9 Tlaková nádoba

Navržena byla tlaková expanzní nádoba s membránou typu Refix DT5 60/10 od společnosti Reflex CZ, s.r.o. Jedná se o nádobu s průtočnou armaturou flowjet Rp 1 ¼, včetně uzavírání a vpouštění, nebo s DUO připojením. [10]

Tab. 4.20 Technické parametry tlakové nádoby [10]

typ	Refix DT5 60/10	jednotky
ϕD	409	mm
H	766	mm
h	80	mm
hmotnost	13,4	kg



Obr. 4.19 Tlaková expanzní nádoba [10]

4.7.10 Tlakový spínač

Navrhuji průmyslový spínač tlaku typu DMP 331 od společnosti BHV senzory s.r.o. Jedná se o piezoresistivní nerezový senzor, který se vyznačuje dlouhodobou stabilitou. Dalšími přednostmi tohoto spínače jsou [18]:

- proudový nebo napěťový výstupní signál,
- 2-vodič nebo 3-vodič,
- vysoká přetížitelnost,
- velká linearita,
- nízká chyba vlivem teploty,
- dlouhodobá stabilita,
- vysoká provozní spolehlivost (ochrana proti přepólování, zkratu a přepětí),
- robustní provedení, spolehlivost při dynamickém zatížení tlakem, při vibracích a rázech,
- rychlá odezva na změny tlaku,
- vysoká životnost,
- různá provedení přípojek tlaku.



Obr. 4.20 Spínač tlaku DMP 331 [18]

4.7.11 UV lampa

Navrhuji UV lampu SITA typu UV 550 Rack LCD.

UV lampy pracují na fyzikálním principu, který zaručuje spolehlivé a bezpečné odstranění bakterií a virů pomocí ultrafialových paprsků. UV záření je produkováno speciální rtuťovou zářivkou (UV-C paprsky o vlnové délce 254 nm), které mají ničivé účinky na bakterie, protože narušují DNA a RNA na molekulární úrovni. Hlubkové narušení biostruktury mikroorganismů za pomoci UV paprsků znemožňuje jejich reprodukci i samotnou existenci v takto upravené vodě. UV sterilizační zařízení dokáže při správném návrhu eliminovat více než 99,99% mikroorganismů nacházejících se ve vodě. [17]

Součástí UV lampy je řídicí panel typu LCD (obr. 4.11), který je vybaven počítadlem provozních hodin, řízením systému mikroprocesorem, kontrolou činnosti lampy a červenou LED, která indikuje poruchu.

Tab. 4.21 Technické parametry [17]

typ UV 550 Rack LCD		jednotky
Elektrické napájení	AC 230V - 50/60 Hz	
Elektrická spotřeba	80	W
Počet lamp	2	ks
Průtok	100	l/min
Připojení	1 1/2	"
Maximální tlak	9	bar
Provozní teplota	2 - 40	°C
Materiál	AISI 304	
Rozměry panelu	240x190x90	mm



Obr. 4.21 UV lampa UV 550 Rack LCD [17]

4.7.12 Průtokoměr

Navrhuji indukční průtokoměr – čidlo typu II s plochými přírubami DIN od společnosti Badger Meter Czech Republic. Princip měření indukčního průtokoměru je založen na Faradayově zákonu o indukci napětí v pohybujícím se vodiči. Tato měřidla jsou velmi přesná, měření je nezávislé na hustotě, teplotě a tlaku měřeného média. Výstelka je z tvrdé pryže.

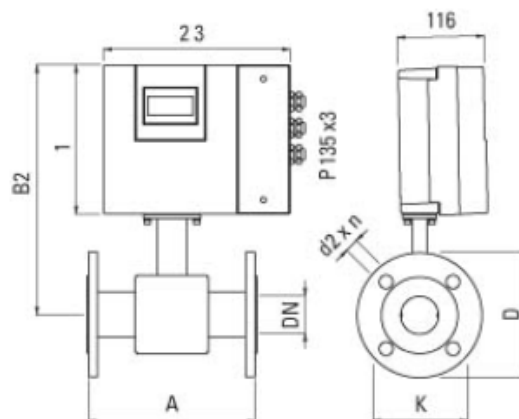
Tab. 4.22 Rozměry průtokoměru v mm [11]

DN	A	B1	B2	ϕD	ϕK	$\phi d2 \times n$
65	225	253	330	150	110	18 x 4

Na obrázku 4.6 jsou jednotlivé parametry z výše uvedené tabulky vysvětleny.



Obr. 4.22 Indukční průtokoměr [11]



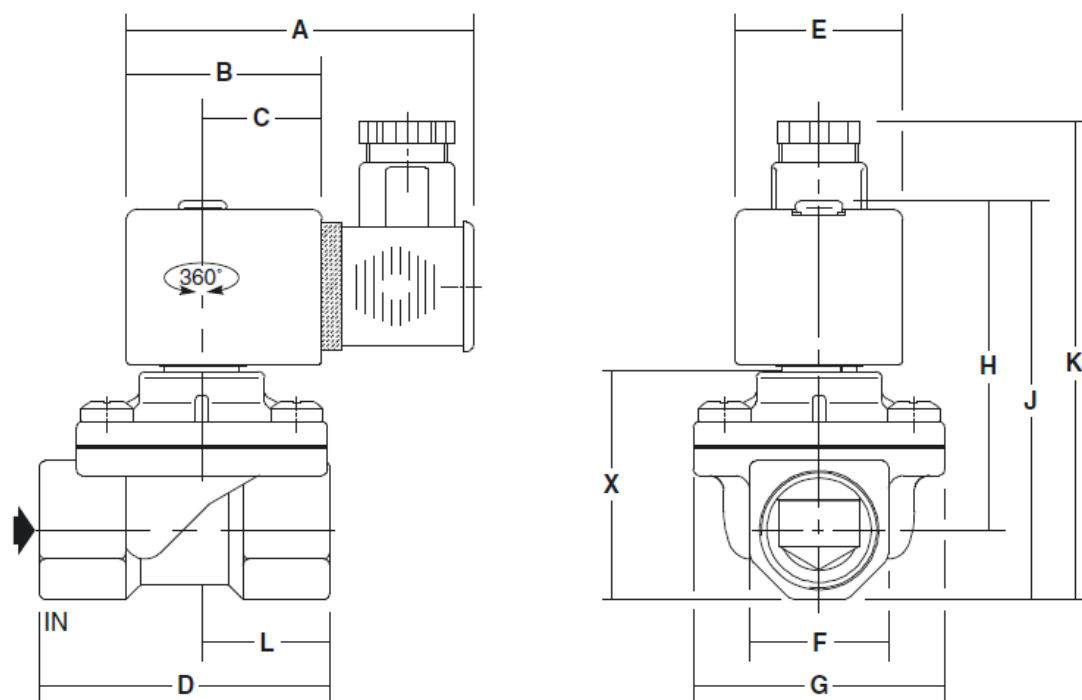
Obr. 4.23 Rozměry průtokoměru [11]

4.7.13 Solenoidový ventil

Navrženy jsou 3 solenoidové ventily s úpravou proti tlakovým rázům média typu SCG238A050 od společnosti ASCO/JOUMATIC s.r.o. Jedná se o dvojcestný ventil k ovládání studené i teplé vody, který nepotřebuje k provozu žádný minimální vstupní tlak. Pracuje v rozsahu diferenčního tlaku 0 – 10 barů a maximální viskozita je daná hodnotou 40 mm²/s. [19]

Tab. 4.23 Parametry ventilu [19]

typ	SCG238A050	jednotky
A	80	mm
B	45	mm
C	27,5	mm
D	86	mm
E	39	mm
F	41	mm
G	73	mm
H	92	mm
J	112	mm
K	131	mm
L	37	mm
X	67	mm
Hmotnost	1,2	kg



Obr. 4.24 Vysvětlení rozměrů ventilu z tabulky 4.9 [19]



Obr. 4.25 Solenoidový ventil typu SCG238A050 [19]

4.7.14 Technologické schéma

V rámci návrhu technologie na úpravu šedých vod bylo ve spolupráci se společností ASIO, spol. s r.o. vypracováno technologické schéma, viz příloha č. 2.

4.8 NÁVRH VYUŽITÍ ZBYTKOVÉHO TEPELA Z ŠEDÝCH VOD

Odpadní voda (šedá) v sobě nese velký tepelný potenciál. Když vezmeme v úvahu, že voda, kterou se sprchujeme má cca 35 – 38 °C a do stoky odtéká voda o teplotě cca 30°C, využíváme tedy pouze asi 10 % energie vložené do ohřevu TUV.

Tab. 4.24 Spotřeba a teplota TUV pro jednotlivá odběrová místa

Odběrové místo	Spotřeba TUV	Požadovaná teplota	Spotřeba TUV při 60 °C
Dřez	10 až 20 l	50 °C	8 až 16 l
Vana	60 až 80 l	40 °C	32 až 45 l
Sprcha	30 až 50 l	37 °C	16 až 27 l
Umyvadlo	10 až 15 l	37 °C	5 až 8 l
Mytí rukou	2 až 5 l	37 °C	1 až 3 l

4.8.1 Návrh řešení

Šedé vody budou svedeny do jímky, ve které bude umístěn jednoduchý tepelný výměník (plastové nebo nerezové provedení). Do tohoto výměníku bude přiveden přívod pitné vody, která se bude předehřívat.

Průměrná denní spotřeba TUV v areálu Kraví hora je $22,1 \text{ m}^3/\text{den}$.

Předpoklady pro výpočet:

- teplota pitné vody pro předehřev v zimě: 5°C
- teplota pitné vody pro předehřev v létě: 15°C
- teplota předehřáté vody v zimě: 18°C
- teplota předehřáté vody v létě: 23°C

Výpočet potřeby tepelné energie na ohřev TUV

Výpočet byl proveden pomocí výpočtového programu na stanovení potřeby tepla pro vytápění a ohřev TUV, který je dostupný na internetových stránkách TZB – info. [43] Pro porovnání byla potřeba tepla pro ohřev TUV stanovena pro systém bez předehřevu a s předehřevem, toto porovnání je provedeno v tabulce 4.25.

Lokalita (Tabulka) Město: Brno		☐ $t_{em} = 12^\circ\text{C}$ ☒ $t_{em} = 13^\circ\text{C}$ ☐ $t_{em} = 15^\circ\text{C} ???$	
Venkovní výpočtová teplota $t_e = -12^\circ\text{C}$		Délka topného období $d = 232$ [dny] Prům. teplota během otopného období $t_{es} = 4.4^\circ\text{C}$	
☐ Vytápění Tepelná ztráta objektu $Q_C =$ kW Průměrná vnitřní výpočtová teplota $t_{is} =$ $^\circ\text{C} ???$ Vytápěcí denostupně $D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 3387 \text{ K} \cdot \text{dny}$ Opravné součinitele a účinnosti systému $e_i =$ $???$ $\eta_o =$ $???$ $e_t =$ $???$ $\eta_r =$ $???$ $e_d =$ $???$ Opravný součinitel ϵ $???$ ☒ $\epsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0.765$ ☐ $\epsilon =$ $Q_{VYT,r} = \frac{\epsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_C \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$ $Q_{VYT,r} =$ GJ/rok $Q_{VYT,r} =$ MWh/rok		☒ Ohřev teplé vody $t_1 = 10^\circ\text{C} ???$ $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3 ???$ $t_2 = 60^\circ\text{C} ???$ $c = 4186 \text{ J/kgK} ???$ $V_{2p} = 22,1 \text{ m}^3/\text{den} ???$ Koeficient energetických ztrát systému $z = 0.5 ???$ Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody $Q_{TUV,d} = (1+z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 1927.3 \text{ kWh}$ Teplota studené vody v létě $t_{svl} = 15^\circ\text{C}$ Teplota studené vody v zimě $t_{svz} = 5^\circ\text{C}$ Počet pracovních dní soustavy v roce $N = 365$ [dny] $Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$ $Q_{TUV,r} =$ GJ/rok $Q_{TUV,r} =$ MWh/rok	
Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody $Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} =$ GJ/rok $Q_r =$ MWh/rok			

Obr. 4.26 Výpočet spotřeby tepla bez předehřevu TUV

Lokalita (Tabulka)

Město: Brno

Délka topného období: d = 232 [dny]

Venkovní výpočtová teplota $t_e = -12$ °C

Prům. teplota během otopného období $t_{es} = 4.4$ °C

☐ $t_{em} = 12$ °C ☒ $t_{em} = 13$ °C ☐ $t_{em} = 15$ °C ???

☐ Vytápění

Tepelná ztráta objektu $Q_C =$ [] kW

Průměrná vnitřní výpočtová teplota $t_{is} =$ [] °C ???

Vytápěcí denostupně
 $D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 3387$ K.dny

Opravné součinitele a účinnosti systému

$e_i =$ [] ??? $\eta_o =$ [] ???

$e_t =$ [] ??? $\eta_r =$ [] ???

$e_d =$ [] ???

Opravný součinitel ϵ ???

☒ $\epsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0.765$

☐ $\epsilon =$ []

$Q_{VYT,r} = \frac{\epsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_C \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$

$Q_{VYT,r} =$ [] GJ/rok
[] MWh/rok

☒ Ohřev teplé vody

$t_1 = 20,5$ °C ??? $p = 1000$ kg/m³ ???

$t_2 = 60$ °C ??? $c = 4186$ J/kgK ???

$V_{2p} = 22,1$ m³/den ???

Koeficient energetických ztrát systému $z = 0.5$???

Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody

$Q_{TUV,d} = (1+z) \cdot \frac{p \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 1522.6$ kWh

Teplota studené vody v létě $t_{svl} = 15$ °C

Teplota studené vody v zimě $t_{svz} = 5$ °C

Počet pracovních dní soustavy v roce $N = 365$ [dny]

$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$

$Q_{TUV,r} =$ [] GJ/rok
[] MWh/rok

Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody

$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} =$ **1748.8 GJ/rok**
485.8 MWh/rok

Obr. 4.27 Výpočet spotřeby tepla s přehřevem TUV

Tab. 4.25 Porovnání spotřeby energie

Typ systému	Spotřeba energie MWh/rok
bez přehřevem	485,8
s přehřevem	614,9

4.8.2 Stávající stav

Zásobení areálu teplem zajišťuje plynový kotel MV 1080 (1080 kW) a 2 kogenerační jednotky TEDOM CENTO 100 SP (2x 32,3m³/h).

Kogenerační jednotka TENDOM CENTO 100SP

Základní technické údaje kooperační jednotky:

- Maximální elektrický výkon 100 kW
- Maximální tepelný výkon 143 kW

• Příkon v palivu	282 kW
• Účinnost elektrická	35,5%
• Účinnost tepelná	49,7%
• Účinnost celková (využití paliva)	85,1%
• Spotřeba plynu při 100% výkonu	9,9 m ³ / h
• Spotřeba plynu při 75% výkonu	25,0 m ³ / h
• Spotřeba plynu při 50% výkonu	19,0 m ³ / h

Tepelný systém kogenerační jednotky

Tepelný systém kogenerační jednotky je z hlediska odběru tepelného výkonu tvořen sekundárním okruhem, kterým je zajištěno vyvedení hlavního tepelného výkonu jednotky do topného systému. Standardně okruh pracuje s teplotami vratné vody od 50 do 700°C. Dodržení nejvyšší teploty 700°C je bezpodmínečně nutné pro bezporuchový provoz jednotky. Okruh není vybaven oběhovým čerpadlem. [44]

Parametry sekundárního okruhu jednotky:

• Max. tepelný výkon	140 kW
• Teplota topné vody nominální vstup / výstup	70/90 °C
• Teplota vratné vody min. / Max.	50/70 °C
• Jmenovitý průtok 1,7 kg / sMax. pracovní tlak	600 kPa
• Vodní objem KOG. jednotky	60 l
• Tlaková ztráta při jmenovitém průtoku	40 kPa
• Jmenovitý tepelný spád	20 K



Obr. 4.28 Kogenerační jednotky v areálu Kraví hora

V současné době vyrábějí kogenerační jednotky v areálu Kraví hora průměrně 100kW elektrických a 161kW tepelných.

Shrnutí

Teplo, které kogenerační jednotky vyrobí, zpravidla pokryje celou potřebu areálu, proto by byla realizace výše uvedeného řešení zbytečná.

4.9 ROZPOČET

Rozpočet na výstavbu vnitřní kanalizace a vodovodu byl proveden podle ceníku ÚRS 800-721, platného pro rok 2011. Po konzultaci s panem Ing. Jakubem Vránou, Ph.D byly ceny za jednotlivé položky přenásobeny koeficientem 1,1. V ceně armatur a potrubí jsou již započteny náklady na jejich dodávku a montáž, v ceně potrubí je navíc zahrnuta ještě dodávka a montáž tvarovek. Podle ceníku ÚRS 800-721 jsou jednotlivé položky rozděleny do následujících dílů [42]:

- vnitřní kanalizace – díl 721,
- vnitřní vodovod – díl 722,
- staveništní přesun hmot – díl 99.

Jednotlivé ceny jsou uvedeny bez DPH.

4.9.1 Rozpočet pro výstavbu vnitřní kanalizace

Při návrhu vnitřní kanalizace byla využita část kanalizace stávající (viz. příloha č. 3), proto jsou do rozpočtu zahrnuty pouze náklady na svodné a větrací potrubí, zkoušku těsnosti a demontáž zbylé nevyužité části stávající kanalizace.

Tab. 4.26 Rozpočet vnitřní kanalizace

Číslo položky	Název položky	MJ	Množství	Cena/MJ	Celkem Kč
721 17 - 4006	svodné potrubí DN 125	m	19,1	584,10	11156,31
721 17 - 4063	větrací potrubí DN 110	m	24,9	275,00	6847,50
720 27 - 3153	ventilační hlavice DN 110 (HL 810)	kus	1	737,00	737,00
721 29 - 0111	zkouška těsnosti kanalizace do DN 125	m	19,1	18,15	346,67
722 29 - 0112	demontáž vnitřní kanalizace	hod	5	297,00	1485,00
Celkem	721 Vnitřní kanalizace				20 572,50

Celkové náklady na výstavbu vnitřní kanalizace byly stanoveny na 20 573,50 Kč.

4.9.2 Rozpočet pro výstavbu vnitřního vodovodu

Vnitřní vodovod pro rozvod bílé vody byl navržen pro celý krytý areál a plánované wellness centrum. Protože ke všem toaletám, pisoárům a výlevkám je navržen vodovod nový, je do rozpočtu zahrnuta i demontáž původních rozvodů.

Tab. 4.27 Rozpočet vnitřního vodovodu

Číslo položky	Název položky	MJ	Množství	Cena/MJ	Celkem Kč
722 17 - 4021	D 16 x 2,7	m	11,4	246,40	2 808,96
722 17 - 4022	D 20 x 3,4	m	32,8	242,00	7 937,60
722 17 - 4023	D 25 x 4,2	m	15,5	294,80	4 569,40
722 17 - 4024	D 32 x 5,4	m	79,7	347,60	27 703,72
722 17 - 4025	D 40 x 6,7	m	35,5	418,00	14 839,00
722 17 - 4026	D 50 x 8,4	m	35,4	547,80	19 392,12
722 22 - 0151	nástěnka PPR-DN 16 x G 1/2	ks	23	109,78	2 524,94
722 22 - 0152	nástěnka PPR-DN 20 x G 1/2	ks	5	113,30	566,50
722 22 - 0153	nástěnka PPR-DN 25 x G 3/4	ks	3	150,70	452,10
722 23 - 1073	ventil zpětný G 3/4	ks	5	236,50	1 182,50
722 23 - 4264	mosazný filtr G 3/4	ks	5	279,40	1 397,00
722 23 - 2122	kulový kohout plnoprůtokový s koulí DADO G 1/2	ks	28	214,50	6 006,00
722 23 - 2123	kulový kohout plnoprůtokový s koulí DADO G 3/4	ks	3	301,40	904,20
722 23 - 2124	kulový kohout plnoprůtokový s koulí DADO G 3/5	ks	3	438,90	1 316,70
722 18 - 1221	ochrana potrubí (pěnový PE) - tl. Izolace 6 - 10mm DN do 22mm	m	11,4	50,49	575,59
722 18 - 1222	ochrana potrubí (pěnový PE) - tl. Izolace 6 - 10mm DN 22-42mm	m	163,5	58,08	9 496,08
722 18 - 1223	ochrana potrubí (pěnový PE) - tl. Izolace 6 - 10mm DN 42-62mm	m	35,4	66,77	2 363,66
722 29 - 0215	zkouška těsnosti vodovodního potrubí do DN 100	m	210,3	101,31	21 305,49
722 29 - 0234	proplach vodovodního potrubí do DN 80	m	210,3	31,46	6 616,04
722 29 - 0216	demontáž vodovodního potrubí	hod	15	297,00	4 455,00
Celkem	722 Vnitřní vodovod				136 412,60

Celkové náklady na výstavbu vnitřního vodovodu byly stanoveny na 136 412,50 Kč.

4.9.3 Rozpočet zednických prací

Rozpočet zednických prací byl vypracován pomocí programu RTS Stavitel+. Jednotlivé zednické práce jsou následovně rozděleny:

- úpravy povrchů vnitřní – díl 61,
- prorážení otvorů – díl 97,
- obklady keramické – 781.

Tab. 4.28 Rozpočet zednických prací

Číslo položky	Název položky	MJ	Množství	Cena/MJ	Celkem Kč
61	Úpravy povrchů vnitřní				
612 40 - 3399	Hrubá výplň rýh ve stěnách maltou	m	63,50	286,55	18 196,00
612 10 - 0032	Oprava omítek stěn vnitřních vápenocementových	m	63,50	205,00	13 017,50
97	Prorážení otvorů				
974 10 - 0030	Vysekání rýh ve zdivu	m	63,50	210,00	13 335,00
781	Obklady keramické				
781 41 - 1903	Oprava obkladů z obkladaček 0,3 x 0,3	ks	190,00	99,00	18 810,00
Celkem	Zednické práce				63 358,50

Předpokládaná cena zednických prací je 63 358,50 Kč.

4.9.4 Rozpočet na staveništní přesun hmot

Cena na staveništní přesun hmot může být stanovena buď z hmotnosti přepravovaného materiálu, nebo procentní sazbou z ceny. Protože v tomto případě nelze jednoznačně stanovit hmotnost přepravovaných materiálů, budou náklady spočítány procentuální sazbou z ceny, a to zvlášť pro kanalizaci a zvlášť pro vodovod.

Tab. 4.29 Rozpočet na staveništní přesun hmot

Číslo položky	Název položky	MJ	Cena/MJ	Cena Kč	Celkem Kč
998 72 - 1202	přesun hmot pro vnitřní kanalizaci vodorovná dopravní vzdál. do 50m, přes 6 do 12m výšky	%	1,77	20 572,5	364,10
998 72 - 2202	přesun hmot pro vnitřní vodovod vodorovná dopravní vzdál. do 50m, přes 6 do 12m výšky	%	1,07	136 412,6	1 459,60
Celkem	99 Stavební přesun hmot				1 823,70

Předpokládané náklady na staveništní přesun hmot jsou stanoveny na 1 823,70 Kč.

4.9.5 Rozpočet technologické linky na úpravu šedých vod

Rozpočet veškerých zařízení, která jsou součástí technologické linky na úpravu šedých vod, jsem navrhla ve spolupráci se společností ASIO, spol. s r.o. V tabulce 4.30 je přehled výrobců a typů jednotlivých zařízení, v tabulce 4.31 je pak uveden celkový rozpočet technologické linky.

Tab. 4.30 Přehled výrobců jednotlivých zařízení

Zařízení	Výrobce	Typ
akumulační nádrž	Asio, spol. s.r.o.	Výroba na zakázku
membránový modul	Martin Systems AG	SiClaro FM661
čerpadlo permeátu	Calpeda	CA90E, 400V
ponorné čerpadlo z AN	KSB AG	Ama Drainer A405 ND/35
snímač hladiny	Flowline	Echosonic II LU-27
dmychadlo	Kubíček VHS, s.r.o.	3D16C, DN32, 230V
filtr mechanických nečistot	Asio, spol. s.r.o.	AS-REWA filtr
ATS	KSB AG	Ixo 65, 400V
tlaková nádoba	Reflex	Refix DT5 60/10
tlakový spínač	BHV senzory s.r.o	DMP 331
UV lampa	Sita	UV 550 Rack LCD
průtokoměr	Badger Meter Czech Republic	čidlo typu II
solenoidový ventil	ASCO/JOUMATIC s.r.o	SCG238A050

Tab. 4.31 Rozpočet technologické linky

Zařízení	Počet ks	Cena za ks Kč	Celkem Kč
akumulační nádrž	1	214 500,00	214 500,00
membránový modul	1	130 572,00	130 572,00
čerpadlo permeátu	1	6 286,00	6 286,00
ponorné čerpadlo z akumulční nádrže	1	11 823,00	11 823,00
snímač hladiny	3	14 520,00	43 560,00
dmychadlo	1	35 190,00	35 190,00
filtr mechanických nečistot	1	5 750,00	5 750,00
ATS	1	37 861,00	37 861,00
tlaková nádoba	1	13 527,00	13 527,00
tlakový spínač	1	5 051,00	5 051,00
UV lampa	1	63 180,00	63 180,00
průtokoměr	1	25 300,00	25 300,00
solenoidový ventil	3	3 668,67	11 006,00
potrubí, armatury	-	25 000,00	25 000,00
elektro	-	50 000,00	50 000,00
Celkem			678 606,00

Celkový rozpočet technologické linky je stanoven na 678 606,00 Kč včetně DPH.

4.9.6 Celkový rozpočet

V následující tabulce je vypracován přehled veškerých pořizovacích nákladů navýšených o DPH, které od 1.ledna 2013 činí 21%.

Tab. 4.32 Celkový rozpočet

Název položky	Cena bez DPH Kč	Cena s DPH Kč
Vnitřní kanalizace	20 572,50	24 892,73
Vnitřní vodovod	136 412,60	165 059,25
Zednické práce	63 358,50	76 663,79
přesun staveništních hmot	1 823,70	2 206,68
Technologická linka	536 098,74	678 606,00
Celkem		947 429,00

Celkový rozpočet na realizaci systému pro využití šedých vod v plaveckém areálu Kraví hora byl stanoven na 947 429 Kč.

4.10 PROVOZNÍ NÁKLADY NA VÝROBU BÍLÉ VODY

Do provozních nákladů na výrobu bílé vody jsou zahrnuty následující položky:

- cena elektrické energie,
- náklady na provoz UV lampy (výměna zářiče 1x za 2 roky),
- cena aktivovaného kalu (výměna 1x ročně).

Tab. 4.33 Celkové provozní náklady při provozu 12hod denně

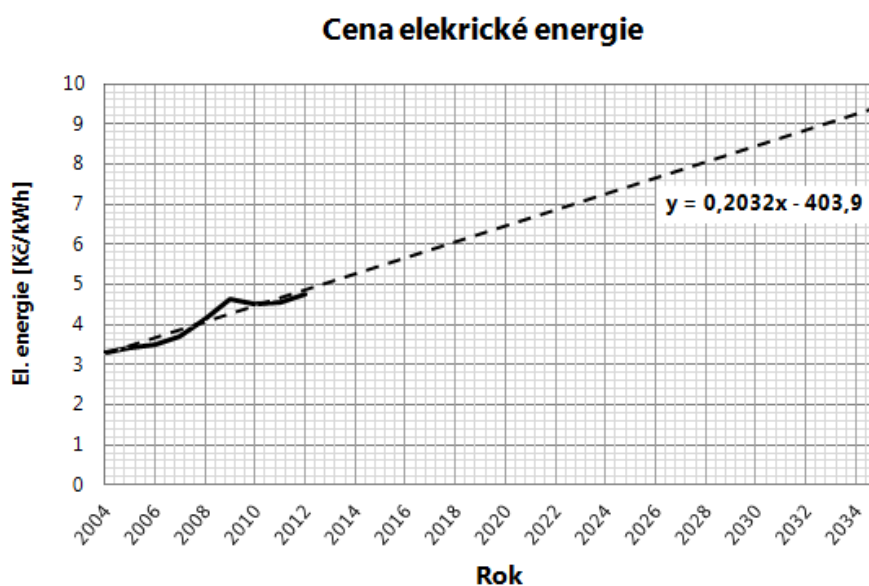
Položka	Popis	Jednotky	Množství	Náklady Kč/rok
elektrická energie	instalovaný příkon	KW	6	123 821
	cena el. Energie	Kč/kWh	5	
UV lampa	výměna zářiče UV lampy	ročně	1	1 250
	cena UV zářiče	Kč	2 500	
Aktivovaný kal	výměna zářiče UV lampy	ročně	1	5 000
	cena aktivovaného kalu	Kč	5 000	
Celkem				130 071

4.10.1 Elektrická energie

Pro výpočet návratnosti investice je nutné znát ceny energií o několik let dopředu. Ceny elektrické energie do roku 2012 jsem vyhledala na internetu [45], ceny od roku 2012 jsem po konzultaci s panem doc. Ing. Vítem Hromádkou, Ph.D. z Ústavu stavební ekonomie řízení stanovila pomocí funkce „lineární regrese“.

Tab. 4.34 Vývoj ceny elektrické energie

Rok	Cena el. Energie Kč/kWh	Rok	Cena el. Energie Kč/kWh
2004	3,30	2020	6,56
2005	3,40	2021	6,77
2006	3,50	2022	6,97
2007	3,70	2023	7,17
2008	4,15	2024	7,38
2009	4,65	2025	7,58
2010	4,51	2026	7,78
2011	4,54	2027	7,99
2012	4,75	2028	8,19
2013	5,14	2029	8,39
2014	5,34	2030	8,60
2015	5,55	2031	8,80
2016	5,75	2032	9,00
2017	5,95	2033	9,21
2018	6,16	2034	9,41
2019	6,36	2035	9,61



Obr. 4.29 Předpokládaný vývoj ceny elektrické energie

Rovnice lineární regrese pro vývoj ceny elektrické energie:

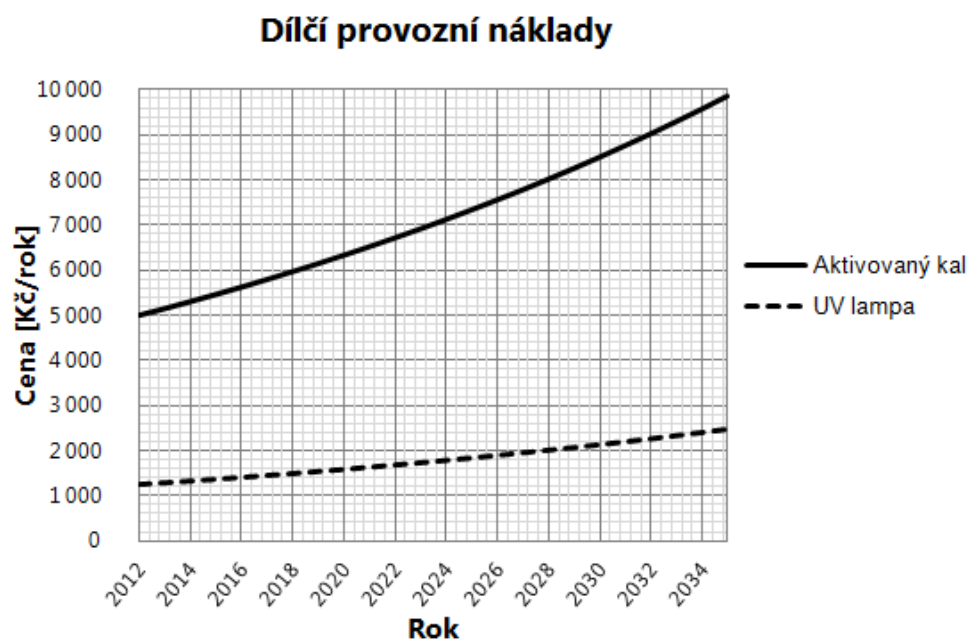
$$y = 0,2032.x - 403,9$$

4.10.2 UV lampa, aktivovaný kal

Provozní náklady UV lampy a aktivovaného kalu pro následující léta byly stanoveny připočítáním inflace k ceně z roku 2012. Na doporučení pana doc. Ing. Víta Hromádky byla zvolena konstantní hodnota 3%.

Tab. 4.35 Provozní náklady na UV lampu a aktivovaný kal

Rok	Aktivovaný kal Kč/rok	UV lampa Kč/rok
2012	5 000,00	1 250,00
2013	5 150,00	1 287,50
2014	5 304,50	1 326,13
2015	5 463,64	1 365,91
2016	5 627,54	1 406,89
2017	5 796,37	1 449,09
2018	5 970,26	1 492,57
2019	6 149,37	1 537,34
2020	6 333,85	1 583,46
2021	6 523,87	1 630,97
2022	6 719,58	1 679,90
2023	6 921,17	1 730,29
2024	7 128,80	1 782,20
2025	7 342,67	1 835,67
2026	7 562,95	1 890,74
2027	7 789,84	1 947,46
2028	8 023,53	2 005,88
2029	8 264,24	2 066,06
2030	8 512,17	2 128,04
2031	8 767,53	2 191,88
2032	9 030,56	2 257,64
2033	9 301,47	2 325,37
2034	9 580,52	2 395,13
2035	9 867,93	2 466,98



Obr. 4.30 Předpokládaný vývoj provozních nákladů na UV lampu a aktivovaný kal

4.10.3 Celkové provozní náklady na výrobu bílé vody

Celkové provozní náklady na výrobu bílé vody se skládají z ceny elektrické energie a provozních nákladů na UV lampu a aktivovaný kal (Tab.4.36).

Tab. 4.36 Celkové provozní náklady na výrobu bílé vody

Rok	Cena el. Energie Kč/kWh	Aktivovaný kal Kč/rok	UV lampy Kč/rok	Celkem Kč/rok
2012	123 789,75	5 000,00	1 250,00	130 039,75
2013	133 995,24	5 150,00	1 287,50	140 432,74
2014	139 290,83	5 304,50	1 326,13	145 921,46
2015	144 586,43	5 463,64	1 365,91	151 415,97
2016	149 882,02	5 627,54	1 406,89	156 916,45
2017	155 177,62	5 796,37	1 449,09	162 423,08
2018	160 473,21	5 970,26	1 492,57	167 936,04
2019	165 768,81	6 149,37	1 537,34	173 455,52
2020	171 064,40	6 333,85	1 583,46	178 981,72
2021	176 360,00	6 523,87	1 630,97	184 514,83
2022	181 655,59	6 719,58	1 679,90	190 055,07
2023	186 951,19	6 921,17	1 730,29	195 602,65
2024	192 246,78	7 128,80	1 782,20	201 157,79
2025	197 542,38	7 342,67	1 835,67	206 720,72
2026	202 837,98	7 562,95	1 890,74	212 291,66
2027	208 133,57	7 789,84	1 947,46	217 870,87
2028	213 429,17	8 023,53	2 005,88	223 458,58
2029	218 724,76	8 264,24	2 066,06	229 055,06
2030	224 020,36	8 512,17	2 128,04	234 660,56
2031	229 315,95	8 767,53	2 191,88	240 275,36
2032	234 611,55	9 030,56	2 257,64	245 899,74
2033	239 907,14	9 301,47	2 325,37	251 533,98
2034	245 202,74	9 580,52	2 395,13	257 178,38
2035	250 446,21	9 867,93	2 466,98	262 781,13

4.11 SROVNÁNÍ CENY PITNÉ VODY BEZ VYUŽITÍ A S VYUŽITÍM SYSTÉMU NA ÚPRAVU ŠEDÝCH VOD

V této kapitole je provedeno orientační porovnání cen za pitnou vodu bez využití (Tabulka 4.37) a s využitím systému na úpravu šedých vod (Tabulka 4.38). Cena vodného a stočného vychází z cen za období 2004 – 2012 a byla stanovena opět pomocí „lineární regrese“. V tabulce č. 4.39 je uvedena úspora nákladů na vodu v jednotlivých letech pro případ, že by byl systém v plaveckém areálu nainstalován.

Tab. 4.37 Cena za pitnou vodu bez využití šedých vod

Rok	Cena za m ³ v Kč, včetně DPH			Bez využití šedých vod	
	Vodné	Stočné	Vodné + stočné	Spotřeba pitné vody m ³ /rok	Cena za pitnou vodu Kč/rok
2012	29,99	34,31	64,30	6 674,76	429 186,75
2013	31,395	36,21	67,61		451 270,17
2014	31,6334	36,28	67,91		453 275,94
2015	32,6715	37,48	70,15		468 250,75
2016	33,7096	38,69	72,40		483 225,56
2017	34,7477	39,89	74,64		498 200,38
2018	35,7858	41,10	76,88		513 175,19
2019	36,8239	42,30	79,13		528 150,00
2020	37,862	43,51	81,37		543 124,81
2021	38,9001	44,71	83,61		558 099,63
2022	39,9382	45,92	85,86		573 074,44
2023	40,9763	47,12	88,10		588 049,25
2024	42,0144	48,33	90,34		603 024,07
2025	43,0525	49,53	92,59		617 998,88
2026	44,0906	50,74	94,83		632 973,69
2027	45,1287	51,95	97,07		647 948,50
2028	46,1668	53,15	99,32		662 923,32
2029	47,2049	54,36	101,56		677 898,13
2030	48,243	55,56	103,81		692 872,94
2031	49,2811	56,77	106,05		707 847,76
2032	50,3192	57,9728	108,292		722 822,57
2033	51,3573	59,1782	110,5355		737 797,38
2034	52,3954	60,3836	112,779		752 772,19
2035	53,4335	61,589	115,0225		767 747,01

Tab. 4.38 Cena za vodu s využitím šedých vod

Rok	Vodné + stočné Kč/m ³	S využitím šedých vod					
		Spotřeba pitné vody m ³ /rok	Cena za pitnou vodu Kč/rok	Spotřeba bílé vody m ³ /rok	Bílá voda Kč/m ³	Cena za bílou vodu Kč/rok	Cena vody Kč/rok
2012	64,30	3 839,80	246 899,14	2 834,96	29,69	84 168,23	331 067,37
2013	67,61		259 603,12		32,06	90 895,09	350 498,21
2014	67,91		260 756,98		33,32	94 447,66	355 204,64
2015	70,15		269 371,57		34,57	98 003,99	367 375,56
2016	72,40		277 986,16		35,83	101 564,17	379 550,34
2017	74,64		286 600,75		37,08	105 128,34	391 729,09
2018	76,88		295 215,34		38,34	108 696,60	403 911,95
2019	79,13		303 829,93		39,60	112 269,09	416 099,02
2020	81,37		312 444,53		40,86	115 845,92	428 290,44
2021	83,61		321 059,12		42,13	119 427,22	440 486,34
2022	85,86		329 673,71		43,39	123 013,15	452 686,85
2023	88,10		338 288,30		44,66	126 603,82	464 892,12
2024	90,34		346 902,89		45,93	130 199,38	477 102,27
2025	92,59		355 517,48		47,20	133 799,98	489 317,47
2026	94,83		364 132,07		48,47	137 405,78	501 537,85
2027	97,07		372 746,67		49,74	141 016,92	513 763,58
2028	99,32		381 361,26		51,02	144 633,57	525 994,82
2029	101,56		389 975,85		52,30	148 255,89	538 231,73
2030	103,81		398 590,44		53,58	151 884,05	550 474,49
2031	106,05		407 205,03		54,86	155 518,23	562 723,26
2032	108,292		415 819,62		56,14	159 158,61	574 978,23
2033	110,536		424 434,21		57,43	162 805,37	587 239,58
2034	112,779		433 048,80		58,72	166 458,71	599 507,51
2035	115,023		441 663,40		60,01	170 118,82	611 782,22

Tab. 4.39 Úspora vody

Rok	Cena za vodu		Úspora vody
	Bez využití šedých vod	S využitím šedých vod	
	Kč/rok	Kč/rok	Kč/rok
2012	429 186,75	331 067,37	98 119,38
2013	451 270,17	350 498,21	100 771,97
2014	453 275,94	355 204,64	98 071,30
2015	468 250,75	367 375,56	100 875,19
2016	483 225,56	379 550,34	103 675,23
2017	498 200,38	391 729,09	106 471,28
2018	513 175,19	403 911,95	109 263,24
2019	528 150,00	416 099,02	112 050,98
2020	543 124,81	428 290,44	114 834,37
2021	558 099,63	440 486,34	117 613,29
2022	573 074,44	452 686,85	120 387,59
2023	588 049,25	464 892,12	123 157,14
2024	603 024,07	477 102,27	125 921,79
2025	617 998,88	489 317,47	128 681,41
2026	632 973,69	501 537,85	131 435,84
2027	647 948,50	513 763,58	134 184,92
2028	662 923,32	525 994,82	136 928,49
2029	677 898,13	538 231,73	139 666,40
2030	692 872,94	550 474,49	142 398,45
2031	707 847,76	562 723,26	145 124,50
2032	722 822,57	574 978,23	147 844,34
2033	737 797,38	587 239,58	150 557,80
2034	752 772,19	599 507,51	153 264,68
2035	767 747,01	611 782,22	155 964,79

4.12 NÁVRATNOST INVESTICE

Dobu návratnosti jsem stanovila pro následující 2 varianty:

- návratnost investice ze zisku ušetřením nákladů na pitnou vodu,
- návratnost investice z čistého zisku areálu.

Postup výpočtu byl konzultován s panem doc. Ing. Vitem Hromádkou, Ph.D.

Vysvětlení jednotlivých veličin výpočtu:

- kumulované peněžní toky v Kč = úspora vody za předešlé roky – investiční náklady v Kč,
- reálná diskontní sazba = 5 %;
- nominální diskontní sazba RN

$$RN = (1 + r) \cdot (1 + IE) - 1$$

kde: r ... je reálná diskontní sazba (5 %),
 IE ... inflační koeficient (3 %).

- diskontní faktor DF

$$DF = \frac{1}{(1 + RN)^i}$$

kde: RN ... je nominální diskontní sazba,
 i ... příslušný i -tý rok.

- diskontovaný peněžní tok DPK v Kč

$$DPK = \frac{NCF}{(1 + RN)^i}$$

kde: NCF ... je úspora vody v Kč,
 RN ... nominální diskontní sazba,
 i ... příslušný i -tý rok.

- diskontovaná doba návratnosti PV v Kč

$$PV = \sum \frac{NCF}{(1 + RN)^i}$$

kde: NCF ... je úspora vody v Kč,
 RN ... nominální diskontní sazba,

i... příslušný i-tý rok.

- čistá současná hodnota ČSH v Kč

$$\text{ČSH} = PV - IN$$

kde: PV ... diskontovaná doba návratnosti v Kč,

IN ... investiční náklady.

Návratnost investice ze zisku ušetřením nákladů na pitnou vodu

Tab. 4.40 Návratnost investice ze zisku ušetřením nákladů na pitnou vodu

Rok	Zisk úsporou pitné vody Kč/rok	Kumulované peněžní toky Kč	Diskontní faktor	Diskontovaný peněžní tok Kč	Diskontovaná doba návratnosti Kč	Čistá současná hodnota Kč
2012	0 098 119	-0 849 309	0,92	0 090 725	0 090 725	-0 856 703
2013	0 100 772	-0 748 537	0,85	0 086 156	0 176 881	-0 770 547
2014	0 098 071	-0 650 466	0,79	0 077 529	0 254 410	-0 693 018
2015	0 100 875	-0 549 591	0,73	0 073 736	0 328 146	-0 619 282
2016	0 103 675	-0 445 915	0,68	0 070 072	0 398 218	-0 549 211
2017	0 106 471	-0 339 444	0,62	0 066 539	0 464 756	-0 482 672
2018	0 109 263	-0 230 181	0,58	0 063 138	0 527 894	-0 419 535
2019	0 112 051	-0 118 130	0,53	0 059 869	0 587 763	-0 359 665
2020	0 114 834	-0 003 295	0,49	0 056 733	0 644 496	-0 302 933
2021	0 117 613	0 114 318	0,46	0 053 727	0 698 222	-0 249 206
2022	0 120 388	0 234 705	0,42	0 050 850	0 749 072	-0 198 356
2023	0 123 157	0 357 863	0,39	0 048 100	0 797 172	-0 150 256
2024	0 125 922	0 483 784	0,36	0 045 473	0 842 645	-0 104 783
2025	0 128 681	0 612 466	0,33	0 042 968	0 885 613	-0 061 815
2026	0 131 436	0 743 902	0,31	0 040 580	0 926 194	-0 021 235
2027	0 134 185	0 878 086	0,29	0 038 307	0 964 501	0 017 072
2028	0 136 928	1 015 015	0,26	0 036 145	1 000 645	0 053 217
2029	0 139 666	1 154 681	0,24	0 034 089	1 034 734	0 087 306
2030	142398,455	1 297 080	0,23	0 032 137	1 066 871	0 119 442

Výpočtem bylo stanoveno, že investice na instalaci systému pro úpravu šedých vod by se při této variantě měla začít rentovat v roce 2027.

Návratnost investice z čistého zisku areálu

Tab. 4.41 Návratnost investice z čistého zisku

Rok	Zisk Kč/rok	Kumulované peněžní toky Kč	Diskontní faktor	Diskontovaný peněžní tok Kč	Diskontovaná doba návrtnosti Kč	Čistá současná hodnota Kč
2012	0 333 621	-0 613 807	0,92	0 308 480	0 308 480	-0 638 948
2013	0 343 630	-0 270 177	0,85	0 293 791	0 602 271	-0 345 158
2014	0 353 939	0 083 762	0,79	0 279 801	0 882 072	-0 065 357
2015	0 364 557	0 448 319	0,73	0 266 477	1 148 548	0 201 120
2016	0 375 494	0 823 813	0,68	0 253 787	1 402 336	0 454 907
2017	0 386 759	1 210 571	0,62	0 241 702	1 644 038	0 696 610
2018	0 398 361	1 608 933	0,58	0 230 193	1 874 231	0 926 802
2019	0 410 312	2 019 245	0,53	0 219 231	2 093 462	1 146 034
2020	0 422 622	2 441 866	0,49	0 208 792	2 302 253	1 354 825
2021	0 435 300	2 877 167	0,46	0 198 849	2 501 103	1 553 674
2022	0 448 359	3 325 526	0,42	0 189 380	2 690 483	1 743 054
2023	0 461 810	3 787 336	0,39	0 180 362	2 870 845	1 923 416
2024	0 475 664	4 263 000	0,36	0 171 773	3 042 618	2 095 190
2025	0 489 934	4 752 934	0,33	0 163 594	3 206 212	2 258 783
2026	0 504 632	5 257 566	0,31	0 155 803	3 362 015	2 414 587
2027	0 519 771	5 777 338	0,29	0 148 384	3 510 399	2 562 971
2028	0 535 364	6 312 702	0,26	0 141 318	3 651 718	2 704 289
2029	0 551 425	6 864 127	0,24	0 134 589	3 786 307	2 838 878
2030	0 567 968	7 432 095	0,23	0 128 180	3 914 487	2 967 058

V tomto případě by se měla investice na instalaci systému na úpravu šedých vod rentovat od roku 2015.

5 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo provedení návrhu na využití šedých vod v plaveckém areálu Kraví hora s ohledem na dostavbu wellness centra.

Nejprve jsem se zabývala teoretickou částí, ve které jsem snažila přehledně shrnout veškeré informace o této problematice. V České republice podrobnější předpis pro využití šedých vod zatím chybí, proto jsem informace čerpala především ze zahraničních předpisů, konkrétně britské normy BS 8525-1:2010 Greywater systems. Code of practice, která se touto problematikou zabývá. V současné době je připravována norma ČSN 75 6780 Využití šedých a dešťových vod v budovách a na přilehlých pozemcích, která by měla být předpisem pro návrh systémů na využití šedých vod v České republice. Podle nejnovějších informací bude tato norma ustanovovat požadavky na mikrobiologické a fyzikálně-chemické ukazatele jakosti vod podle účelu, ke kterému bude provozní (bílá) voda používána.

V další části práce jsem uvedla několik příkladů z praxe, které systémy na recyklaci vody již využívají. Jedná se o hotel Mosaic House v Praze, hotel Am Kurpark v Německu a rodinný dům ve Francii.

V praktické části byl proveden návrh systému na využití šedých vod v areálu Kraví hora. Nejprve jsem vypočítala produkci šedých vod a potřebu provozní vody. Tyto hodnoty jsem následně porovnávala a z důvodu velkého nadbytku šedé vody, jsem stanovila, že bude sbírána pouze odpadní voda z dámských sprch. K odvodu této vody jsem využila část stávající kanalizace. Nová část, kterou bude voda přiváděna do technologické linky, je navržena z vysokoteplotního polypropylenu. Potrubí vnitřního vodovodu, které rozvádí provozní (bílou) vodu k jednotlivým zařizovacím předmětům je navrženo z polypropylenu PPR.

Technologická linka pro úpravu šedé vody se skládá z několika samostatných zařízení a z prostorových důvodů bude sestavena na místě.

Po provedení návrhu systému jsem spočítala celkovou hodnotu investice, která byla stanovena na 947 429 Kč včetně 21% DPH. Se zohledněním provozních nákladů a inflace pak byla stanovena předpokládaná doba návratnosti investice.

V případě, že bychom návratnost počítali pouze ze zisku ušetřením nákladů na pitnou vodu, počáteční investice by se měla vrátit v roce 2027. Pokud bychom návratnost počítali ze zisku celého areálu, investice by se vrátila již po 4 letech.

6 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] *BS 8525 – 1:2010: Greywater systems. Code of practice*. Velká Británie, 2010. 54 s.
- [2] BARTONÍK, Adam; HOLBA, Marek; VRÁNA, Jakub; OŠLEJŠKOVÁ, Monika; PLOTĚNÝ, Karel. *Šedé vody – možnosti využití jejich energetického potenciálu a způsoby jejich čištění a znovuvyužití*. 17s.
- [3] *E-voda* [online]. 2009 [cit. 2012-09-29]. Decentralizované odvádění a opětovné využití odpadních vod v praxi. Dostupné z WWW: <<http://www.evoda.cz/vytisknout-clanek/69>>.
- [4] BOGÁŇOVÁ, Ida. *Možnosti využití šedých vod*. Brno, 2011. 106 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [5] *TZB - info* [online]. 2011 [cit. 2012-10-2]. Kvalita šedých vod a jejich možné využití. Dostupné z WWW: < <http://voda.tzb-info.cz/8097-kvalita-sedych-vod-a-moznost-jejich-vyuziti>>.
- [6] *ASIO, spol. s r.o.* [online]. 2011 [cit. 2012-12-2]. Čištění šedých vod a možnosti využití energie z nich. Dostupné z WWW: <<http://www.asio.cz/cz/153.cisteni-sedych-vod-a-moznost-vyuziti-energie-z-nich>>.
- [7] *ASIO, spol. s r.o.* [online]. 2011 [cit. 2012-12-2]. Recyklace tepla v budovách – šedé vody. Dostupné z WWW: < <http://www.asio.cz/cz/61.recyklace-tepla-v-budovach-sede-vody>>.
- [8] *Martin systems AG* [online]. 2007 [cit. 2012-12-4]. Dostupné z WWW: <<http://www.martin-systems.de/de/produkte/downloads/Membran/siClaro-Membranfilter.pdf>>.
- [9] ČUPR Karel, BARTŠOVÁ Blanka, POČINKOVÁ Marcela, VRÁNA Jakub. *Zdravotní technika pro kombinované studium*. Brno; Akademické nakladatelství CERM, s r. o., 2002. 235s
- [10] *Reflex CZ, s.r.o.* [online]. 2006-2013 [cit. 2012-12-4]. Expanzní nádoby Refix DT5. Dostupné z WWW: < <http://www.reflexcz.cz/cz/expanzni-nadoby-refix-dt5>>.
- [11] *Badger Meter Czech Republic s.r.o.* [online] 2005-2012 [cit. 2012-12-4]. Indukční průtokoměry. Dostupné z WWW: < <http://www.badgermeter.cz/produkty/indukcni-prutokomery/>>.
- [12] *ASIO, spol. s r.o.* [online]. 2011 [cit. 2012-12-4]. První realizace membránové ČOV v ČR. Dostupné z WWW: < <http://www.asio.cz/cz/37.prvni-realizace-membranove-cov-v-cr>>.
- [13] *Calpeda* [online]. 2011-2013 [cit. 2012-12-4]. Zubová čerpadla. Dostupné z WWW: < <http://www.calpeda.cz/cz/prumyslove-a-komercni#>>.
- [14] *KSB AG* [online]. [cit. 2012-12-4]. Čerpadla a automatizace 2011. Dostupné z WWW: < <http://www.ksb.com/linkableblob/ksb-cz/729224-194106/data/PumpsAutomation-data.pdf>>.
- [15] *FLOWLINE* [online]. 2013 [cit. 2012-12-4]. Produkty. Dostupné z WWW: <http://www.flowline.com/echosonic_cable.php>.

- [16] *KUBÍČEK VHS, s.r.o.* [online]. [cit. 2012-12-4]. Dmychadla. Dostupné z WWW: <http://www.kubicekvhs.cz/data/file/pdf/katalog/CZ_KUBICEK-Dmychadla%20pametrovy%20katalog%20pretlak%202012-08.pdf>.
- [17] *EZV spol. s.r.o.* [online]. 2011-2012 [cit. 2012-12-5]. Úprava vody. Dostupné z WWW: <<http://www.ezv.sk/uv-lampy/17-ezv/uprava-vody/uv-lampy/51-uv-lampy-sita-seria-lcd>>.
- [18] *BHV senzory s.r.o.* [online]. 2013 [cit. 2013-1-2]. Dostupné z WWW: <<http://www.bhvsenzory.cz/product-4-dmp-dmk-snimace-pretlaku-a-podtlaku-absolutniho-tlaku-mereni-hladiny.html>>.
- [19] *Asconumatics* [online]. 2013 [cit. 2013-1-2]. Dostupné z WWW: <http://www.asconumatics.eu/images/site/upload/_en/pdf1/00039gb.PDF>.
- [20] *Hydrobiologie* [online]. 2009 [cit. 2012-12-15]. Stanovení obsahu sloučenin dusíku ve vodách. Dostupné z WWW: <http://hydrobiologie.upol.cz/uploads/files/03_metody_stanoveni_obsahu_%20dusiku.pdf>.
- [21] *Enwiki* [online]. 2011 [cit. 2012-12-15]. BSK. Dostupné z WWW: <<http://www.enviwiki.cz/wiki/BSK>>.
- [22] *Hydrobiologie* [online]. 2009 [cit. 2012-12-15]. Stanovení obsahu sloučenin fosforu ve vodách. Dostupné z WWW: <http://hydrobiologie.upol.cz/uploads/files/04_metody_stanoveni_obsahu_fosforu.pdf>.
- [23] *Wikipedie* [online]. 2012 [cit. 2012-12-15]. BSK. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Biochemick%C3%A1_spot%C5%99eba_kysl%C3%ADku#Chemick.C3.A1_spot.C5.99eba_kysl.C3.ADku>.
- [24] *FT UTB ve Zlíně* [online]. 2005-2013 [cit. 2012-12-15]. NL. Dostupné z WWW: <<http://uiozp.ft.utb.cz/studmat/2012910134312/T7TVO042012.pdf>>.
- [25] *Wikipedie* [online]. 2012 [cit. 2012-12-15]. pH. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/PH>>.
- [26] *Projekty SIPVZ* [online]. 2005-2006 [cit. 2012-12-15]. Anioaktivní tenzidy. Dostupné z WWW: <<http://projektysipvz.gytool.cz/ProjektySIPVZ/Default.aspx?uid=400>>.
- [27] *Enwiki* [online]. 2011 [cit. 2012-12-15]. Organoleptické vlastnosti vody. Dostupné z WWW: <http://www.enviwiki.cz/wiki/Organoleptick%C3%A9_vlastnosti_vody#3._Z.C3.A1kal>.
- [28] *Toxikon* [online]. [cit. 2012-12-16]. Escherichia coli. Dostupné z WWW: <http://www.biotox.cz/toxikon/bakterie/bakterie/escherichia_coli.php>.
- [29] *Drugline* [online]. 2011 [cit. 2012-12-16]. E coli. Dostupné z WWW: <<http://drugline.org/medic/term/e-coli/>>.
- [30] *Aquacentrum* [online]. 2002 [cit. 2012-12-16]. Kvalita pitné vody veřejných vodovodů. Dostupné z WWW: <<http://aquacentrum-stachy.sweb.cz/kv.htm>>.
- [31] *Universita Karlova v Praze* [online]. 2007 [cit. 2012-12-16]. Enterokoky. Dostupné z WWW: <<http://old.lf3.cuni.cz/mikrobiologie/rep/enteroko.htm>>.

- [32] *MZP* [online]. 2008-2012 [cit. 2012-12-16]. Koliformní bakterie a *Escherichia coli* jako mikrobiologické ukazatele jakosti vody. Dostupné z WWW: < <http://www.mzp.cz/ris/ais-ris-info-copy.nsf/6d13b004071d0140c12569e700154acb/59c2db2383e078ac802567f000308e79?OpenDocument>>.
- [33] *Universita Karlova v Praze* [online]. 2007 [cit. 2012-12-16]. *Pseudomonas aeruginosa*. Dostupné z WWW: < <http://old.lf3.cuni.cz/mikrobiologie/rep/psae.htm>>.
- [34] *ASIO, spol. s r.o.* [online]. 2011 [cit. 2012-12-17]. Dělení vod, bílé a šedé vody – nové poznatky a možnosti využití. Dostupné z WWW: < <http://www.asio.cz/cz/55.deleni-vod-bile-a-sede-vody-nove-poznatky-a-moznosti-vyuziti>>.
- [35] *TZB - info* [online]. 2001-2013 [cit. 2012-12-18]. Zpětné využití šedé vody v budovách. Dostupné z WWW: <<http://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/5501-zpetne-vyuziti-sede-vody-v-budovach>>.
- [36] BIELA, Renata. Zpráva z exkurze v hotelu Mosaic House v Praze. VUT v Brně: Fakulta stavební – Ústav vodního hospodářství obcí, 2011. 5s.
- [37] *ASPEN.PR* [online]. 2010 [cit. 2012-12-19]. MOSAIC HOUSE Praha: dokonalá eko mozaika. Dostupné z WWW: < <http://press.aspen.pr/mosaic-house-green-hotel/tiskove-zpravy/mosaic-house-praha-dokonala-eko-mozaika/>>.
- [38] *Ekolist.cz* [online]. [cit. 2012-12-19]. „Zelený hotel Mosaic House hosty k šetrnosti nenutí. Dostupné z WWW: < <http://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/zeleny-hotel-mosaic-house-samotne-hosty-k-ekologii-nenuti>>.
- [39] *Stavitel.cz* [online]. 1996-2012 [cit. 2012-12-20]. Racionální způsob zacházení s energiemi. Dostupné z WWW: < <http://stavitel.ihned.cz/c1-48433520-racionalni-zpusob-zachazeni-s-energiemi>>.
- [40] *HRS.de* [online]. 2012 [cit. 2012-12-20]. Hotel Am Kurpark. Dostupné z WWW: < <http://www.hrs.de/hotels/de/deutschland/bad-windsheim-bayern/am-kurpark-4652.html>>.
- [41] *Augle.cz* [online]. 2012 [cit. 2013-1-2]. Kraví hora. Dostupné z WWW: < <http://www.augle.cz/kravi-hora/bazen>>.
- [42] Ceník ÚRS 800 – 721. Praha: ÚRS PRAHA, a.s., 2011.
- [43] *TZB - info* [online]. 2001-2013 [cit. 2013-1-5]. Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. Dostupné z WWW: < <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>>.
- [44] *Intech Slovakia, s.r.o.* [online]. 2009 [cit. 2013-1-5]. Kogenerační jednotky. Dostupné z WWW: < <http://www.intechenergo.sk/sekcie/kogeneracia/kogeneracne-jednotky-zemny-plyn>>.
- [45] *Ceny energie* [online]. 2010-2012 [cit. 2013-1-5]. Jak se vyvíjí průměrná cena elektřiny?. Dostupné z WWW: < <http://www.cenyenergie.cz/jak-se-vyviiji-prumerna-cena-elektriny.aspx>>.
- [46] ČSN 75 5455: Výpočet vnitřních vodovodů. Praha: Český normalizační institut, 2007. 52s.
- [47] Česká republika. Sbírka zákonů č. 238/2011. Praha: Ministerstvo vnitra 2011

SEZNAM TABULEK

Tab. 2.1 Percentuelní zastoupení nutrientů ve žluté odpadní vodě [3]	5
Tab. 2.2 Fyzikálně-chemické vlastnosti šedých vod podle jednotlivých kategorií [2]	7
Tab. 2.3 Koncentrace vybraných živin v šedých vodách v mg/l [2]	7
Tab. 2.4 Mikrobiologické zatížení šedých vod v KTJ/100ml [2]	8
Tab. 2.5 Potřeba provozní vody [2]	10
Tab. 2.6 Orientační hodnoty (G) pro monitorování obecného systému [1]	18
Tab. 2.7 Orientační hodnoty (G) pro bakteriologické monitorování [1]	18
Tab. 2.8 Vyhodnocení výsledků z monitorovacího systému [1]	19
Tab. 2.9 Interpretace výsledků z bakteriologického sledování [1]	19
Tab. 2.10 Plán údržby [1]	21
Tab. 3.1 Srovnání naměřených hodnot na ČOV v Euchenu a uváděných v literatuře [34]	31
Tab. 3.2 Bilance spotřeby vody v hotelu [34]	32
Tab. 3.3 Výsledky rozboru šedé vody [35]	35
Tab. 3.4 Výsledky rozboru upravené vody [35]	36
Tab. 4.1 Výsledky chemického rozboru šedé vody	47
Tab. 4.2 Výsledky mikrobiologického rozboru šedé vody	49
Tab. 4.3 Shodnocení kvality šedé vody dle vyhlášky č. 238/2011 Sb.	50
Tab. 4.4 Vstupní údaje pro výpočet	50
Tab. 4.5 Výpočet potřeby provozní vody pro splachování toalet a pisoárů	51
Tab. 4.6 Výpočet potřeby provozní vody pro úklid	52
Tab. 4.7 Výpočet produkce šedé vody	53
Tab. 4.8 Produkce šedé vody ze sprch	53
Tab. 4.9 Hodnoty jmenovitých průtoků jednotlivých druhů výtokových armatur	55
Tab. 4.10 Jmenovité světlosti pro daný počet výtokových armatur	55
Tab. 4.11 Dimenze jednotlivých stoupaček	56
Tab. 4.12 Dimenze hlavní větve	56
Tab. 4.13 Výpis materiálů a armatur pro vnitřní kanalizaci	57
Tab. 4.14 Výpis materiálů a armatur pro vnitřní vodovod	57
Tab. 4.15 Parametry membránového modulu [8]	60
Tab. 4.16 Materiálové provedení čerpadla [13] Tab. 4.17 Parametry čerpadla [13]	60
Tab. 4.18 Rozměry dmychadla [16] Tab. 4.19 Výkon dmychadla [16]	63
Tab. 4.20 Technické parametry tlakové nádoby [10]	65
Tab. 4.21 Technické parametry [17]	66

Tab. 4.22 Rozměry průtokoměru v mm [11]	67
Tab. 4.23 Parametry ventilu [19]	68
Tab. 4.24 Spotřeba a teplota TUV pro jednotlivá odběrová místa.....	69
Tab. 4.25 Porovnání spotřeby energie.....	71
Tab. 4.26 Rozpočet vnitřní kanalizace	74
Tab. 4.27 Rozpočet vnitřního vodovodu.....	75
Tab. 4.28 Rozpočet zednických prací	76
Tab. 4.29 Rozpočet na staveništní přesun hmot.....	76
Tab. 4.30 Přehled výrobců jednotlivých zařízení.....	77
Tab. 4.31 Rozpočet technologické linky	77
Tab. 4.32 Celkový rozpočet	78
Tab. 4.33 Celkové provozní náklady při provozu 12hod denně	78
Tab. 4.34 Vývoj ceny elektrické energie.....	79
Tab. 4.35 Provozní náklady na UV lampu a aktivovaný kal.....	80
Tab. 4.36 Celkové provozní náklady na výrobu bílé vody	82
Tab. 4.37 Cena za pitnou vodu bez využití šedých vod	83
Tab. 4.38 Cena za vodu s využitím šedých vod	84
Tab. 4.39 Úspora vody	85
Tab. 4.40 Návratnost investice ze zisku ušetřením nákladů na pitnou vodu	87
Tab. 4.41 Návratnost investice z čistého zisku	88

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1 Schéma společného využití srážkových a vyčištěných šedých vod [1]	11
Obr. 2.2 Možné zapojení lokálního systému předeřevu vody pro okamžitou spotřebu.....	13
Obr. 2.3 Symbol pro nepitnou vodu (ČSN EN 806-2).....	14
2.4 Testování křížového napojení potrubí barvivem [1]	24
Obr. 3.1 Hotel MOSAIC HOUSE v Praze [39]	26
Obr. 3.2 V předu filtr pro zachycení hrubých nečistot, v pozadí tanky s molit. drtí [36].....	28
Obr. 3.3 Dezinfekce s UV zářením [36].....	28
Obr. 3.4 Čerpadla [36].....	29
Obr. 3.5 Hotel Am Kurpark v Německu [40]	30
Obr. 3.6 Zařízení na úpravu šedé vody [35].....	33
Obr. 3.7 Napojení pitné a užitkové vody [35].....	34
Obr. 3.8 Instalované vodoměry [35]	37
Obr. 3.9 Graf naměřených teplot od 15. února do 1. března 2007 [35]	37
Obr. 3.10 Graf naměřených teplot od 1. do 15. března 2007 [35]	38
Obr. 4.1 Plavecký areál Kraví hora [41]	39
Obr. 4.2 Bar a galerie bazénové haly	40
Obr. 4.3 Plavecký a hrátkový bazén [41]	40
Obr. 4.4 Pískové filtry na úpravu bazénové vody	41
Obr. 4.5 Nádrže na užitkovou (provozní) vodu	42
Obr. 4.6 Předpokládaná výstavba wellness centra	43
Obr. 4.7 Schéma nejčastěji stanovovaných forem dusíku.....	45
Obr. 4.8 Schéma nejčastěji stanovovaných forem fosforu.....	45
Obr. 4.9 Dodecylsulfát sodný [26]	46
Obr. 4.10 Escherichia coli [29]	48
Obr. 4.11 Membránový modul [8]	59
Obr. 4.12 Parametry čerpadla [13]	61
Obr. 4.13 Pracovní oblast čerpadla [13].....	61
Obr. 4.14 Ponorné čerpadlo z akumulární nádrže [14].....	62
Obr. 4.15 Snímač hladiny Echosonic II LU-27 [15]	62
Obr. 4.16 Vysvětlení rozměrů dmychadla z tabulky 4.4 [16]	63
Obr. 4.17 Materiálové provedení čerpadla [14]	64
Obr. 4.18 Čerpadlo KSB Ixo 65, 400V [14]	64
Obr. 4.19 Tlaková expanzní nádoba [10].....	65

Obr. 4.20 Spínač tlaku DMP 331 [18]	66
Obr. 4.21 UV lampa UV 550 Rack LCD [17]	67
Obr. 4.22 Indukční průtokoměr [11] Obr. 4.23 Rozměry průtokoměru [11]	67
Obr. 4.24 Vysvětlení rozměrů ventilu z tabulky 4.9 [19]	68
Obr. 4.25 Solenoidový ventil typu SCG238A050 [19].....	69
Obr. 4.26 Výpočet spotřeby tepla bez předehřevu TUV	70
Obr. 4.27 Výpočet spotřeby tepla s předehřevem TUV	71
Obr. 4.28 Kogenerační jednotky v areálu Kraví hora	73
Obr. 4.29 Předpokládaný vývoj ceny elektrické energie	79
Obr. 4.30 Předpokládaný vývoj provozních nákladů na UV lampu a aktivovaný kal	81

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

c_m ... látková koncentrace [mg/l]

G ... směrodatné hodnoty [-]

pH ... vodíkový exponent [-]

BSK_5 ... biochemická spotřeba kyslíku [mg/l]

$CHSK$... chemická spotřeba kyslíku [mg/l]

N_{celk} ... celkový dusík [mg/l]

P_{celk} ... celkový fosfor [mg/l]

NL ... nerozpuštěné látky [mg/l]

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

q_{wc} ... potřeba vody na jedno spláchnutí WC [l]

q_{pis} ... potřeba vody na jedno spláchnutí pisoáru [l]

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

n ... počet měrných jednotek [osoby, počet, m²]

Q_{prod} ... celková produkce šedé vody [l/den]

q_c ... produkce šedé vody pro příslušnou činnost [l]

$n_{\check{c}}$... počet činností stejného druhu prováděných během jednoho dne [-]

j ... počet druhů činností prováděných během dne [-]

q_{um} ... potřeba vody na jedno umytí rukou [l]

q_{spr} ... potřeba vody na jedno sprchování [l]

Q_D ... výpočtový průtok [l/s]

φ_c ... součinitel současnosti odběru vody z výtokových armatur stejného druhu [-]

n ... počet výtokových armatur stejného druhu [-]

j ... počet výtokových armatur [-]

q_i ... jmenovitý výtok jednotlivých druhů výtokových armatur [l/s]

$\emptyset$... jmenovitá světlost [mm]

Δp ... tlaková difference [kPa]

Q ... objemový průtok na sání [m³/min]

n_1 ... otáčky elektromotoru [1/min]

n_2 ... otáčky dmyhadla [1/min]

P_1 ... výkon elektromotoru [kW]

P_2 ... příkon dmyhadla [kW]

t_2 ... teplota na výstupu [°C]

$L_p(A)$... emisní hladina akustického tlaku [dB]

m... hmotnost [kg]

l ... délka [m]

RN ... nominální diskontní sazba [-]

r ... reálná diskontní sazba [%]

IE ... inflační koeficient [%]

DF ... diskontní faktor [-]

i ... příslušný i-tý rok [-]

DPK ... diskontovaný peněžní tok [Kč]

NCF ... úspora vody [Kč]

PV ... diskontovaná doba návratnosti [Kč]

ČSH ... čistá současná hodnota [Kč]

IN ... investiční náklady [Kč]

SEZNAM PŘÍLOH

1. Výsledný protokol chemického a mikrobiologického rozboru
2. Schéma technologické linky
3. Půdorys 1.PP s vykreslením ZTI
4. Půdorys 1.NP s vykreslením ZTI
5. Půdorys 1.NP wellness centra s vykreslením ZTI

SUMMARY

At first I dealt with a theoretical part in which I tried to summarize all information about this issue. In the Czech Republic, detailed regulation for the use of grey water is lacking, that's I search information primarily from foreign regulations, specifically British regulation BS 8525-1:2010 Greywater systems. Code of practice, which deals with this issue. Currently is preparing ČSN 75 6780 Use of grey water and rainwater in buildings and on adjacent lands.

In the next section I introduce several examples from practice, where water recycling is already in use. It is hotel Mosaic House in Prague, hotel Am Kurpark in Germany and family house in France.

In the practical part was carried out proposal to the use of gray water in the Kraví hora area.

At first I calculated the production of gray water and requirement operating water. After that these values I compared and from reason large excess gray water I determined, that will be collected only waste water from women's showers. The removal of this water I used part of the existing sewer. The new section, which will be water get into technological line, is designed from high temperature polypropylene. Pipelines of water supply system, which distributes operational (white) water to individual furnishings objects is designed of polypropylene PPR.

Technological line for treatment of gray water is consists of several separate devices and because of space reasons will be prepared on the site.

After the design of the system I calculated the total value of investment, which was set at 947 429 CZK including 21% VAT. After taking into account operating costs and inflation was established expected payback investment.

If I counted return only from the profit by saving of costs for drinking water, the initial investment would be back in 2027. If I calculated return from the profit from the whole area, the investment would be return after 4 years..