



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ**

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

**MOŽNOSTI ÚSPORNÝCH OPATŘENÍ  
V BAZÉNOVÝCH PROVOZECH**

POSSIBILITIES OF SAVING MEASURES IN SWIMMING POOL OPERATIONS

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

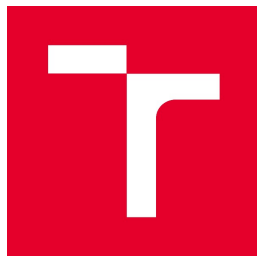
**Bc. Patrik Litschmann**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. RENATA BIELA, Ph.D.**

**BRNO 2019**



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

## FAKULTA STAVEBNÍ

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

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

|                        |                                                    |
|------------------------|----------------------------------------------------|
| <b>Student</b>         | Bc. Patrik Litschmann                              |
| <b>Název</b>           | Možnosti úsporných opatření v bazénových provozech |
| <b>Vedoucí práce</b>   | Ing. Renata Biela, Ph.D.                           |
| <b>Datum zadání</b>    | 31. 3. 2019                                        |
| <b>Datum odevzdání</b> | 10. 1. 2020                                        |

V Brně dne 31. 3. 2019

---

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

- [1] KRIŠ, J. Bazény a kúpaliská. 1. vydání. Bratislava: Jaga group, 2000. 199 s. ISBN 80-88905-30-3.
- [2] PERKINS, P. Swimming pools. 4. edition. London and New York: Taylor & Francis, 2000. 231 p. ISBN 0-419-23590-6.
- [3] BIELA, R., BERÁNEK, J. Úprava vody a balneotechnika. 1. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. 164 s. ISBN 80-214-2563-6.
- [4] ŠŤASTNÝ, B. Stavba a provoz bazénů. 1. vydání. Praha: ABF, a.s. – Nakladatelství ARCH, 2003. 137 s. ISBN 80-86165-56-6.
- [5] LHOTÁKOVÁ, Z. Bazény. 2. vydání. Brno: Vydavatelství ERA, 2005. 119 s. ISBN 80-7366-015-6.
- [6] 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.
- [7] Odborné články ze sborníků konferencí a seminářů.

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

V úvodní části diplomové práce bude proveden popis klasické technologie úpravy bazénové vody včetně ohřevu, v další části práce student zpracuje přehled možných úspor jak vody, tak tepla při provozu bazénů (např. znovuvyužití vod ze sprch, umyvadel, atd.). V praktické části diplomové práce bude proveden návrh úsporných opatření na konkrétním bazénovém provozu a jejich ekonomické posouzení.

## STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

---

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

## ABSTRAKTY A KLÍČOVÁ SLOVA

### ***Abstrakt***

Bakalářská práce zpracovává dosavadní poznatky v oblasti úsporných opatření v bazénových provozech. Teoretická část práce popisuje typologii bazénů a následně se zabývá technologickou stránkou včetně tepelného hospodářství. Dále jsou v teoretické části podrobně popsány možnosti úsporných opatření na bazénových provozech, a to především v sociálních zařízeních včetně znovuvyužití odpadní vody ze sprch jako zdroje vody, nebo získávání tepla z odpadní vody. Poznatky z teoretické části jsou následně aplikovány v části praktické, kde jsou navržena úsporná opatření na plaveckém bazénu.

### ***Klíčová slova***

veřejný bazén, úsporná opatření, technologie znovuvyužití, šedá voda, bílá voda

### ***Abstract***

The diploma thesis deals with the current knowledge in the field of saving measures in swimming pool services. The theoretical part describes the typology of swimming pools and subsequently deals with the technological aspect, including heat management. Furthermore, the theoretical part describes in detail the possibilities of saving measures in public swimming pool operations, especially in sanitary facilities, including reuse of wastewater from showers as a water source, or heat recovery from wastewater. The knowledge from the theoretical section is then applied in the practical part, where saving measures are proposed on the public swimming pool.

### ***Keywords***

public swimming pool, saving measures, re-use technology, greywater, whitewater

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP**

Bc. Patrik Litschmann *Možnosti úsporných opatření v bazénových provozech*. Brno, 2020. 88 s., Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Renata Biela, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Možnosti úsporných opatření v bazénových provozech* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 10. 1. 2020

---

Bc. Patrik Litschmann  
autor práce

## PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Možnosti úsporných opatření v bazénových provozech* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10. 1. 2020

---

Bc. Patrik Litschmann  
autor práce

## PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat panu Pavlu Ševčíkovi, vedoucímu provozu plaveckého bazénu v Blansku, za ochotu, pánům Ing. Martinu Šrámkovi a Bc. Václavu Kučerovi ze společnosti ASIO NEW, spol. s r.o. za nedocenitelnou pomoc při návrhu technologie, vedoucí práce Ing. Renatě Biele, Ph.D. za trpělivost, vedení, odborné rady a konečně rodině a přátelům za neskonalou podporu po celou dobu mého studia.

# OBSAH

|            |                                                       |           |
|------------|-------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>   | <b>ÚVOD.....</b>                                      | <b>4</b>  |
| <b>2</b>   | <b>HISTORIE LÁZEŇSTVÍ.....</b>                        | <b>5</b>  |
| <b>3</b>   | <b>LÁZEŇSTVÍ A JEHO TYPOLOGIE .....</b>               | <b>7</b>  |
| <b>3.1</b> | <b>Umělé, veřejné bazény .....</b>                    | <b>7</b>  |
| <b>3.2</b> | <b>Konstrukce bazénů a jejich požadavky.....</b>      | <b>8</b>  |
| 3.2.1      | Betonové bazény .....                                 | 8         |
| 3.2.2      | Kovové bazény .....                                   | 9         |
| 3.2.3      | Bazény z plastu .....                                 | 10        |
| 3.2.4      | Bazény z ostatních materiálů .....                    | 10        |
| <b>4</b>   | <b>VODNÍ HOSPODÁŘSTVÍ BAZÉNŮ.....</b>                 | <b>11</b> |
| <b>4.1</b> | <b>Vodní zdroje .....</b>                             | <b>11</b> |
| <b>4.2</b> | <b>Kvalita vody.....</b>                              | <b>11</b> |
| <b>4.3</b> | <b>Znečištění bazénových provozů .....</b>            | <b>13</b> |
| <b>4.4</b> | <b>Úprava vody v legislativě.....</b>                 | <b>14</b> |
| 4.4.1      | Úprava bazénové vody ve Vyhlášce č. 238/2011 Sb. .... | 14        |
| <b>4.5</b> | <b>Recirkulační úprava vody .....</b>                 | <b>14</b> |
| 4.5.1      | Kapacita úpravny .....                                | 15        |
| 4.5.2      | Akumulační nádrž.....                                 | 16        |
| 4.5.3      | Mechanické předčištění – lapače vlasů .....           | 17        |
| 4.5.4      | Recirkulační čerpadlo .....                           | 17        |
| 4.5.5      | Filtrace .....                                        | 18        |
| 4.5.6      | Chemické hospodářství.....                            | 19        |
| <b>5</b>   | <b>TEPELNÉ HOSPODÁŘSTVÍ BAZÉNŮ .....</b>              | <b>23</b> |
| <b>5.1</b> | <b>Tepelné ztráty.....</b>                            | <b>23</b> |
| 5.1.1      | Ztráty výparem.....                                   | 23        |
| 5.1.2      | Ztráty přestupem.....                                 | 24        |
| 5.1.3      | Ztráta zářením.....                                   | 24        |
| 5.1.4      | Ztráta připouštěním čerstvé vody.....                 | 24        |
| <b>5.2</b> | <b>Tepelné zisky .....</b>                            | <b>25</b> |
| <b>5.3</b> | <b>Ohřev vody .....</b>                               | <b>25</b> |
| 5.3.1      | Výměníky tepla.....                                   | 25        |
| 5.3.2      | Elektrické kotle a akumulační zásobníky.....          | 26        |
| 5.3.3      | Sluneční zařízení.....                                | 27        |

|            |                                                             |           |
|------------|-------------------------------------------------------------|-----------|
| 5.3.4      | Tepelná čerpadla .....                                      | 29        |
| <b>6</b>   | <b>ÚSPORNÁ OPATŘENÍ V BAZÉNOVÝCH PROVOZECH.....</b>         | <b>30</b> |
| <b>6.1</b> | <b>Úsporná opatření ve sprchách .....</b>                   | <b>30</b> |
| 6.1.1      | Ovládání sprch a sprchové hlavice .....                     | 30        |
| <b>6.2</b> | <b>Úsporná opatření na toaletách.....</b>                   | <b>31</b> |
| 6.2.1      | Splachovače dvoutlačítkové.....                             | 31        |
| 6.2.2      | Splachovače tlakové .....                                   | 32        |
| 6.2.3      | Splachovače infračervené .....                              | 32        |
| 6.2.4      | WC stop .....                                               | 32        |
| 6.2.5      | Suché pisoáry .....                                         | 32        |
| <b>6.3</b> | <b>Tepelné úspory na bazénových provozech.....</b>          | <b>33</b> |
| 6.3.1      | Tepelné úspory zakrytím bazénové plochy.....                | 33        |
| 6.3.2      | Tepelné úspory z odpadních vod .....                        | 33        |
| <b>6.4</b> | <b>Znovuvyužití odpadní vody .....</b>                      | <b>36</b> |
| 6.4.1      | Splaškové odpadní vody .....                                | 36        |
| 6.4.2      | Ředící a vypouštěcí vody .....                              | 36        |
| 6.4.3      | Šedé vody .....                                             | 37        |
| <b>7</b>   | <b>VYUŽITÍ ÚSPORNÝCH OPATŘENÍ NA BAZÉNU V BLANSKU .....</b> | <b>39</b> |
| <b>7.1</b> | <b>Popis současného stavu.....</b>                          | <b>40</b> |
| <b>7.2</b> | <b>Vstupní data pro úsporná opatření .....</b>              | <b>42</b> |
| 7.2.1      | Návštěvnost.....                                            | 42        |
| 7.2.2      | Výpočet spotřeby vody ze sprch .....                        | 43        |
| <b>7.3</b> | <b>Úsporná opatření .....</b>                               | <b>43</b> |
| 7.3.1      | Úsporná opatření v sociálních zařízeních .....              | 43        |
| <b>7.4</b> | <b>Jednotka úpravy šedé vody .....</b>                      | <b>45</b> |
| 7.4.1      | Výpočet potřeby šedé vody.....                              | 45        |
| 7.4.2      | Výpočet produkce šedé vody.....                             | 46        |
| 7.4.3      | Bilanční rovnice šedé vody.....                             | 48        |
| 7.4.4      | Návrh technologie.....                                      | 48        |
| 7.4.5      | Technické řešení a uspořádání .....                         | 55        |
| <b>8</b>   | <b>EKONOMICKÉ POSOUZENÍ.....</b>                            | <b>57</b> |
| <b>8.1</b> | <b>Položkový rozpočet .....</b>                             | <b>57</b> |
| 8.1.1      | Rozpočet kanalizace .....                                   | 57        |
| 8.1.2      | Rozpočet vnitřního vodovodu.....                            | 57        |
| 8.1.3      | Rozpočet zednických prací .....                             | 59        |
| 8.1.4      | Rozpočet na přesun hmot.....                                | 59        |
| 8.1.5      | Rozpočet použitých technologií.....                         | 60        |
| 8.1.6      | Celkové pořizovací náklady.....                             | 60        |

---

|            |                                                 |           |
|------------|-------------------------------------------------|-----------|
| <b>8.2</b> | <b>Náklady na výrobu bílé vody .....</b>        | <b>60</b> |
| 8.2.1      | Vývoj cen elektrické energie .....              | 61        |
| 8.2.2      | Budoucí náklady na výrobu bílé vody .....       | 61        |
| <b>8.3</b> | <b>Výpočet návratnosti investice .....</b>      | <b>62</b> |
| 8.3.1      | Prostá návratnost investice.....                | 62        |
| 8.3.2      | Úspora.....                                     | 63        |
| 8.3.3      | Prostá doba návratnosti a cash-flow .....       | 63        |
| 8.3.4      | Čistá současná hodnota investice (NPV) .....    | 65        |
| <b>9</b>   | <b>ZÁVĚR.....</b>                               | <b>67</b> |
| <b>10</b>  | <b>POUŽITÁ LITERATURA.....</b>                  | <b>69</b> |
|            | <b>SEZNAM TABULEK .....</b>                     | <b>76</b> |
|            | <b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>                      | <b>77</b> |
|            | <b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ .....</b> | <b>79</b> |
|            | <b>SUMMARY.....</b>                             | <b>80</b> |

# 1 ÚVOD

Sucho. Věčné téma, které více a více rezonuje naší společností. Například v Čennai, v pátém největším městě Indie (s asi 4 milióny obyvatel), je vidět masivní vysoušení jezera Puzhal u přehrady Chembarambakkam dokonce z vesmíru. Toto jezero slouží jako jeden z hlavních rezervoárů vody. [1] V Kapském městě dokonce vypočítali den 0. Tedy den, kdy této jihoafrické metropoli dojde voda úplně. Díky mnoha opatření ovšem dokázali tuto katastrofu odvrátit. Prozatím. [2]

V České republice jsme na tom o trochu lépe, a to především díky příznivější geografické poloze. Nicméně i nás může brzy dostihnout dluh minulosti, a i nám nezbude než se uspokojit s pár litry denně. Proto je třeba začít s úspornými opatřeními „již včera“.

V České republice je potřeba jít příkladem především veřejnými prostranstvími. S největším množstvím vody se setkáváme v bazénech a koupalištích. Problém je, že je stále obrovské množství těchto provozů zastaralých. Pocházejí zejména ze 70. a 80. let minulého století, kdy docházelo k velkému rozmachu tohoto odvětví díky málo vídané podpoře více oborů naráz. Tehdy jmenovitě díky ministerstvu zdravotnictví, ministerstvu školství a Československého svazu tělesné výchovy a sportu. Nutno podotknout, že tato podpora byla nejen finanční, ale i komplexně programová. [3] Což může být při správném plánování extrémně efektivní.

Od sametové revoluce jsme se setkali s úbytkem koncepční práce v tomto odvětví. Začaly se objevovat aquaparky. Troufnu si poznamenat, že i tyto stavby by mohly mít za následek zanedbání našich plaveckých bazénů. Ty totiž stále v téměř nezměněném stavu stojí desítky let v našem sousedství.

## 2 HISTORIE LÁZEŇSTVÍ

Voda a historie lidstva jsou odjakživa spjaty. Ne nadarmo se v učivu o začátcích lidské kultury a její vyspělosti mluví v souvislosti s vodou. [9] Lázně a bazény získaly během tisíciletí obrovský kulturní význam.

Již 3000 let před naším letopočtem sloužila v údolí řeky Indus první koupel ku prospěchu člověka. Sloužila především k rituálnímu umývání a byla pod dohledem kněze. Údajně také sloužila k očištěním i terapeutickým účinkům. [4] Nutno přidat, že většina řek, u kterých se budovala civilizace, kterou dnes známe, je brána jako posvátná dodnes. Namátkou lze dále jmenovat Gangu, Eufrat, Jordán a Nil. [5] [6] Že je koupel v minerálních vodách účinný lék je dost možná jeden z prvních pokusů léčby vůbec. Všeobecně se předpokládá, že člověk v nejstarších dobách jeho civilizace si všimnul, že některá zvířata cíleně vyhledávají některé z vodních pramenů a léčí si zde svoje choroby. Dodnes se lze setkat s primitivními kmeny, které využívají léčivé schopnosti minerálních vod jen na základě získaných zkušeností. [5]

Pravděpodobně největší rozmach v historii lidstva ovšem toto odvětví zažilo v období starověkého Řecka a později Říma. Již Hippokrates z Kósu, nazývaný též jako otcem medicíny, vyzdvihoval význam pití léčebných vod a využíváním koupelí. Mezi další velikány, kteří se minimálně o pití minerálních vod zmiňují, patří také Sokrates a Aristoteles. [5] [6]

Teplé koupele byly ve starověkém Řecku vcelku běžnou záležitostí. Nacházely se namátkou v Thermopylách, Hypotě, nebo třeba v Ionii. Zajímavostí je tehdejší propojení se školstvím. V částečně zachovaném gymnasiu v Priéné bylo nalezeno koupadlo 7 x 7 m hned vedle míčovny. [5] [6]

V Římě byly lázně značně luxusnější. Byly často monumentální a primární účel byl ke koupání. Mohlo je používat až několik tisíc návštěvníků současně. Za největší lázně jsou považovány Caracalovy. Bylo zde několik druhů koupelí a studený bazén měl obsah dokonce 1208 m<sup>2</sup>. Římané jsou pravděpodobně také první národ, který začal praktikovat koupele domácí. Po úpadku říše Římské byla kultura lázeňství na mnoho let zapomenuta. [5] [6] Jako důvod se mimo nutné délky pobytu v lázních, která tehdy dosahovala až několik desítek hodin, objevuje překvapivě také rozšíření infekčních chorob. Jako příklad bývá uváděn syfilis. [7]

Lázeňství v Evropě bylo „znovuobjeveno“ pravděpodobně během křižáckých výprav, kdy se tu začaly praktikovat lázně orientálního způsobu. V Paříži tedy byly v 11. století otevřeny první veřejné lázně a následně byly dokonce zakládány lázeňské cechy. [5] [6]

V českých zemích začal pomalu opětovný rozvoj lázeňství. Je zajímavé, že první zmínka o českých lázních by měla být již z roku 800, kdy za legendárního, a především historicky nedoloženého, knížete Křesomysla, mýtického pokračovatele Přemysla Oráče, byla zřízena první česká lázeň Gunebaldova, která se nacházela u Jílového. Písemně doložena je v roce 999 v souvislosti s pokusem Boleslava II. o vraždu svého bratra Oldřicha. Další zmínka je z roku 1283, kdy zde byla udušena manželka Přemysla Otakara II. [8] Další písemnosti o tomto mýtickém počátku lázeňství v Čechách nebyly mnou nalezeny.

Další lázně, které u nás především založily celosvětově proslulou tradici lázeňství, byly již pozitivněji laděné. Například v roce 1057 teplé lázně v Litoměřicích. Vřídlo v Karlových

Varech je využíváno již od roku 1309, nicméně město a pravděpodobně i organizované využívání pramenů je datované až do poloviny století 14. Podobný průběh následoval i v dalších městech, kde bylo prvně objeveno a využíváno zřídlo a následně okolo bylo zbudováno město. [5] [6]

Moderní vývoj jsme zaznamenali až koncem 18. století, kdy se začínají používat metody specializované, tedy využívání jiných zdrojů než vod minerálních, ale také bahna, či rašeliny. Moderní historie českého lázeňství by rozhodně nebyla kompletní bez zmínky Vincenza Priessnitze, který na začátku 19. století založil v dnešním Jeseníku vůbec první vodoléčebný ústav na světě. Jeho metody byly následně rozšířeny do celé Evropy. [7] Následoval rozmach přerušovaný válkami a obdobím komunismu, kdy zde bylo masivně vystavěno mnoho bazénů a koupališť, ale to bylo zmíněno již v úvodu této práce. Dalším cílem by tedy nemělo být primárně vystavět nové komplexy, ale především renovovat ty staré tak, aby odpovídaly momentálním trendům technickým a s tím v ruku v ruce rovněž ekologickým.

### 3 LÁZEŇSTVÍ A JEHO TYPOLOGIE

Bazény lze rozdělit podle mnoha faktorů. Úplně základní rozdělení by mohlo být na přírodní a umělé. Tady se ovšem zaměřím pouze na bazény umělé. Bazény lze dále základně rozdělit na:

- otevřené,
- zastřešené. [4] [10]

Další základní rozdělení, od kterého následně již budu usměrňovat práci k bazénovým provozům, může rovněž být na:

- bazény léčebné,
- bazény komunální, znamenající rovněž veřejné;
  - rekreační,
  - plavecké,
  - dětské,
  - bazény pro výcvik neplavců,
  - vířivé,
  - komerční, zábavné bazény,
- bazény soukromé. [4]

Jelikož je v druhé části práce za úkol vytvořit úsporná opatření na konkrétním bazénovém provozu, zaměřím tuto část práce na bazény komunální, tedy veřejné.

Základem této práce tedy bude umělý veřejný bazén. Ten, na rozdíl od bazénu přírodního, garantuje mnohem lepší kvalitu vody s větší, mimo jiné mikrobiologickou zabezpečeností. Dalším efektem by měla být celková estetika upravené vody. [10]

#### 3.1 UMĚLÉ, VEŘEJNÉ BAZÉNY

Umělé bazény bývají často navrhovány v místech, kde je nedostatek povrchových zdrojů vody, nebo v případech, že tyto zdroje nevyhoví kvalitativně. [4] Nekryté bazény jsou vhodnou volbou v měsících letních. Zde ovšem „číhá“ několik záležitostí. Bazény pod širým nebem musí splňovat i ty nejvyšší standardy i při dosažení maximálního počtu návštěvníků. [3] Tyto bazény musí již při návrhu dodržovat několik základních pravidel, mezi které patří například:

- vhodná pozice umístění vzhledem ke slunečním paprskům,
- vyvarování se blízkosti především velkých listnatých stromů, jelikož kořeny mohou poškodit konstrukci bazénu a listy mohou zbarvit vodu tak, že je velmi obtížné tuto vadu odstranit,
- dbát na větrné mapy a využívat terén, popřípadě budovy při plánování,
- je rovněž velmi důležitá poloha ke stávající vodovodní a rovněž kanalizační síti. [11]

Kryté bazény se naopak budují tam, kde klimatické podmínky nepřejí koupání venku po celý rok. Využívány jsou především k plaveckému výcviku, na sportovní plavání, ale i k rekreačním účelům. Kdybychom je porovnali s bazény nekrytými, tak mají mnohem méně, nebo dokonce nemají vůbec žádné zelené plochy a prostor k pohybu v areálu bývá omezenější. Výjimkou

nebývají ani tribuny na sledování sportovních událostí. Při veřejném a školním plavání často disponují hromadnými sprchami a šatnami. [4]

Trendem při stavění bazénů je nyní tyto dva druhy, tedy uzavřené a otevřené bazény, kombinovat. Udrží se tak i rentabilita daných projektů, kdy jsou využívány celoročně.

### **3.2 KONSTRUKCE BAZÉNŮ A JEJICH POŽADAVKY**

Naprostý základ každého bazénu je samotný bazén. Dle požadavků musí být mimo jiné správně zvolena velikost, tvar, konstrukční materiál a povrchová úprava. [4] Nejedná se totiž o jednoduchou stavbu, pouhou nádrž, nýbrž o komplexní stavbu, na které se podílí celá řada profesí jak u návrhu, tak u provozu bazénu. [3]

Prvním aspektem, nad kterým musíme uvažovat u návrhu bazénu, je zakládání. Odvíjí se totiž od správného návrhu základové konstrukce. Je třeba zohlednit například únosnost základové zeminy, její velikost i druh samotného základu. Ten závisí na mnoha parametrech jako například na hloubce a rozměrech bazénu a na ekonomickém hledisku. [4]

Parametr, který je jeden z nejdůležitějších, je jednoznačně materiál. Určuje celý stavební proces, ekonomické hledisko výstavby bazénu a následné zvolení povrchové úpravy. Máme tyto základní materiály, ze kterých je možné bazén vystavět:

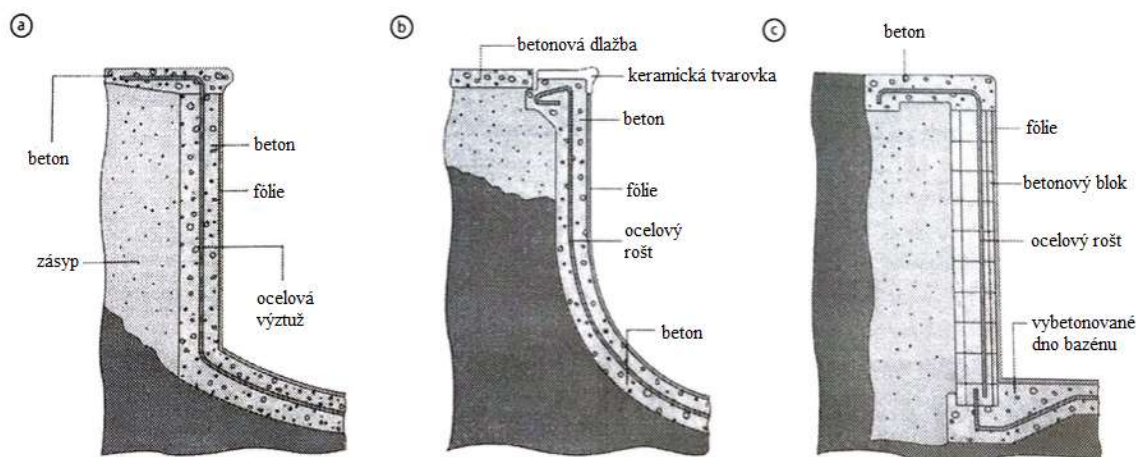
- beton,
- kov,
- plast,
- ostatní materiály,
- kombinace zmíněných materiálů. [3]

#### **3.2.1 Betonové bazény**

Naprostá většina bazénů je právě z betonu. Je to především díky jeho vlastnostem, jako je pevnost, trvanlivost, pružnost, odolnost proti agresivním vlivům a zemině. Další jeho obrovská výhoda je libovolná velikost a tvar. Dá se tedy jakkoliv architektonicky ztvárnit. Mezi nevýhody ovšem patří delší doba výstavby, citlivost, objemové změny betonu, pracnost (je třeba dodržovat přesné technologické postupy), sezónnost výstavby a také větší pořizovací cena. [3] [4]

Nejčastěji bývá vyhotovován v těchto variantách (Obr. 3.1):

- a) monolitické bazény:
  - z prostého betonu,
  - z železového betonu,
  - z předpjatého betonu.
- b) bazény ze stříkaného betonu,
- c) bazény prefabrikované. [3] [4]



Obr. 3.1 Konstrukce různých typů monolitických bazénů [4]

### 3.2.2 Kovové bazény

Bazény kovové jsou u nás používány již velmi dlouho, a to i ve veřejném prostoru. Největší vzestup nastal přibližně v 70. letech. Momentálně je to ale opět velmi rozvíjející se odvětví lázeňství. Je to dáno především rychlou montáží, možností prefabrikace a výrobou jakéhokoliv tvaru. Momentálně se používají v těchto provedeních:

- z ocele,
- ze slitin hliníku,
- z nerez. [3] [4]

#### *Ocelové bazény*

U ocelových bazénů často hrozí koroze. Proto je nutné jejich povrchy ošetřovat nátěry. A to i z venkovní strany, kde se běžně používají dvojnásobné, nebo i trojnásobné bitumenové nátěry na které lze nalepit nepískovanou lepenku, popřípadě fólii z PVC. Z vnitřní strany je nutné pravidelně natírat povrch, který je odolné proti vodě (i chemicky upravené). Co se týče barvy, je důležité zvolit vhodnou vzhledem k lomu světla. Doporučují se barvy bleděmodré, tyrkysově modré, popřípadě bílé. [3] [4]

Velmi důležité je nezapomenout na tepelnou vodivost ocele. Je nutné z venkovní strany použít vhodnou tepelnou izolaci. [4]

#### *Hliníkové bazény*

Tyto bazény mají obrovskou výhodu v nižší hmotnosti, která umožňuje i ruční montáž. Další výhodou je vyšší odolnost proti korozi. I u tohoto materiálu je nutné použít tepelnou izolaci vnější strany bazénu. [4]

### ***Nerezové bezény***

Dalo by se říct, že nerez je momentálně velmi „trendy“ materiál. Používá se zejména díky mnoha výhodám oproti jiným materiálům. Mimo možnosti vyrobení téměř jakéhokoliv tvaru a velikosti, členitosti, lze k nim také velmi jednoduše přistavovat další atrakce. Má rovněž ideální vlastnosti i co se týče celoročního provozu, a to i v exteriérech. [3] [4]

Mezi největší přednosti tohoto materiálu patří snadná údržba a skoro neomezená životnost. Je to dáno neustálou tvorbou neviditelné pasivní vrstvy obsahující chrom, nikl a molybden. [12]

Mezi nevýhody patří vysoká pořizovací cena (i díky vysokým nárokům na pracovní sílu, kdy jsou potřeba kvalifikovaní svářeči). Další je nutnost sladění interiéru s často fádňí šedostí. [3]

### **3.2.3 Bazény z plastu**

Nejčastěji používaný materiál bývá PVC, laminát, polypropylén, nebo akryl. Bazény menších rozměrů se vyrábějí jako jeden celek. Pokud jsou ale větší než 25 metrů, sestavují se z jednotlivých unifikovaných dílů osazovaných do ztraceného bednění případně do bazénové vany z prostého betonu. Díly jsou následně spojovány svařováním. [3] [4]

Bazénové vany z plastů mívají relativně nižší investiční náklady, nízkou hmotnost, hladký povrch stěny a mají i požadovanou pevnost, mechanickou a chemickou stálost. Další výhodou je, že nepotřebují barevné nátěry, protože je možné je vyrobit v požadovaném odstínu. Mezi nevýhody těchto bazénů patří těžká opravitelnost stěn v případě vzniku trhlin, náročnost čištění stěn, nižší životnost materiálu a nemožnost barevné změny. [3] [4]

### **3.2.4 Bazény z ostatních materiálů**

Mezi materiály, které bývají používány na veřejné bazény, mohu zmínit tvárnice. Ty představují variantu k bazénům betonovým. Mají velkou životnost a jsou vhodné jak do exteriérů, tak interiéru. Výhoda oproti betonovému bazénu je, že jsou o dost kratší technologické pauzy. Tvárnice ovšem velmi výrazně omezují tvarovou variabilitu. Cenově je možné srovnání s bazény betonovými. I povrchová úprava je stejná. [3] [4]

Další materiály, jako je například dřevo, nebo bazény nafukovací, se u veřejných bazénů nevyužívají, nebo jen velmi málo. [3] [4]

## 4 VODNÍ HOSPODÁŘSTVÍ BAZÉNŮ

### 4.1 VODNÍ ZDROJE

Působení člověka na planetě Zemi vyústilo k znehodnocení kvality povrchové vody a tím se výrazně snížila možnost využívat povrchové toky, nádrže, či jezera na koupání. To samozřejmě zapříčinilo stavbu nádrží, které se zásobují ze zdrojů ke koupáním vhodných. Dalo by se říct, že umístění zdroje vody je jedna z hlavních položek při rozhodování o umístění nového veřejného bazénu.

Je důležité říct, že ani zdánlivě čistá přírodní voda dosti pravděpodobně není vhodná k zásobování umělého koupaliště. Je to zejména proto, že obsahuje zárodky mikroorganismů, jako jsou řasy, bakterie a další. Mimo zmíněné obsahuje rovněž velké množství koloidních látek, které můžou být vidět až po několika dnech po usazení na dně nádrže. Je důležité zmínit i anorganické látky jako je mangan a železo. Ze zdravotního hlediska by tyto látky při normálních koncentracích neměly být pro člověka zdravotně závadné. Je důležité ale myslet i na provoz bazénu, kdy se tyto látky mohou usazovat na dně a stěnách bazénu a následně se může i nepříznivě změnit vzhled používané vody. V současné době dokážeme upravit snad jakoukoliv vodu. Otázkou ale zůstává, zda se nám to v určitých případech vyplatí. [4] [14]

Na zásobování koupališť se používají tyto vodní zdroje:

- vodní toky, rybníky a nádrže,
- prameny,
- podzemní vody,
- odpadové vody z chlazení v průmyslu,
- termální a minerální vody,
- voda z veřejného vodovodu. [4]

V rámci této práce je ale nutné zmínit Vyhlášku č. 238/2011Sb.: Vyhláška o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch, která jasně doporučuje dávat přednost vodě z veřejného vodovodu. Výhodou v tomto případě je, že daný bazén nemusí kontrolovat sledované ukazatele, jako například celkový organický uhlík a dusičnany. Jako směrodatné poté lze určit ty od provozovatele vodovodu. V jiném případě je potřeba, aby je provozovatel vodovodu během provozu zjistil sám. [15]

### 4.2 KVALITA VODY

Kvalita vody určená ke koupání je asi nejvíce limitujícím faktorem bazénů. Voda, která je k tomuto účelu použita musí vykazovat vlastnosti velmi podobné vodě pitné, jinak je třeba ji upravit v jiných zařízeních. [4]

Vodu posuzujeme z hlediska:

- fyzikálního,
- fyzikálně-chemického,

- chemického,
- bakteriologického,
- biologického. [4]

Kvalita vody určená ke koupání je jasně stanovena ve vyhlášce č. 238/2011 Sb. a její novelizaci vyhlášce 97/2014 Sb. Tyto hodnoty lze vidět v Tabulce 4.1.

**Tabulka 4.1 Požadavky na mikrobiologické a fyzikálně-chemické ukazatele jakosti vod v umělých koupalištích [34]**

| Ukazatel                         | Jednotka  | Upravená voda na<br>přítoku do bazénu | Bazénová voda během provozu              |                           |
|----------------------------------|-----------|---------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------|
|                                  |           | Mezní hodnota                         | Mezní hodnota                            | Nejvyšší mezní<br>hodnota |
| Escherichia coli                 | KTJ/100ml | 0                                     | 0                                        |                           |
| počet kolonií při 36 °C          | KTJ/1ml   | 20                                    | 100                                      |                           |
| Pseudomonas aeruginosa           | KTJ/100ml | 0                                     | 0                                        |                           |
| Staphylococcus aureus            | KTJ/100ml | 0                                     | 0                                        | 100                       |
| Legionella spp.                  | KTJ/100ml | 10                                    | 10                                       | 100                       |
| průhlednost                      |           |                                       | nerušený průhled<br>na celé dno          |                           |
| zákal                            | ZF        |                                       | 0,5                                      |                           |
| pH                               |           |                                       | 6,5 - 7,6                                |                           |
| celkový organický uhlík<br>(TOC) | mg/l      |                                       | 2,5 mg/l nad<br>hodnotou plnicí<br>vody  |                           |
| dusičnany                        | mg/l      |                                       | 20,0 mg/l nad<br>hodnotou plnicí<br>vody |                           |
| volný chlór                      | mg/l      |                                       | 0,3 - 0,6                                |                           |
|                                  |           |                                       | 0,5 - 0,8                                |                           |
|                                  |           |                                       | 0,7 - 1,0                                |                           |
| vázaný chlór                     | mg/l      |                                       |                                          | 0,3                       |
| chloritany, chlorečnany          | mg/l      |                                       |                                          | 20                        |
|                                  |           |                                       |                                          | 30                        |
| ozon                             |           | ≤0,5                                  | ≤0,5                                     |                           |
| redox-potenciál                  | mV        |                                       |                                          |                           |
| -v rozsahu pH 6,5-7,3            |           | ≥750                                  | ≥700                                     |                           |
| -v rozsahu pH 7,3-7,6            |           | ≥700                                  | ≥720                                     |                           |

Je rovněž velmi důležité tyto hodnoty dostatečně často kontrolovat. I to ošetřuje Vyhláška č. 238/2011 Sb. a hodnoty lze nalézt v Tabulce 4.2. I tyto hodnoty mají určité výjimky, které lze nalézt přímo ve zmíněné vyhlášce.

**Tabulka 4.2 Kontrola jakosti vody umělého koupaliště [15]**

| kontrolovaný ukazatel                                                                                                                                                                                                                                                                                   | četnost kontroly                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| obsah volného a vázaného chloru (při použití přípravku na bázi chloru), oxidu chloričitého, chlorečnanů, chloritanů a vázaného chloru (při použití oxidu chloričitého), účinné složky jiného dezinfekčního přípravku a k němu příslušných vedlejších produktů dezinfekce (při použití jiných přípravků) | hodinu před zahájením provozu a každou čtvrtou hodinu    |
| redox-potenciál                                                                                                                                                                                                                                                                                         | hodinu před zahájením provozu a každou čtvrtou hodinu    |
| teplota vody v bazénu                                                                                                                                                                                                                                                                                   | tříkrát denně                                            |
| průhlednost                                                                                                                                                                                                                                                                                             | průběžně, nejméně však tříkrát denně                     |
| pH                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | jednou denně                                             |
| zákal                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | jednou za 14 dnů                                         |
| dusičnany                                                                                                                                                                                                                                                                                               | jednou za 14 dní                                         |
| celkový organický uhlík (TOC)                                                                                                                                                                                                                                                                           | jednou měsíčně<br>jednou za 14 dnů                       |
| ozon                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | jednou měsíčně                                           |
| mikrobiologické ukazatele:                                                                                                                                                                                                                                                                              | nejméně jednou měsíčně                                   |
| Escherichia coli, počet kolonií při 36° C, Pseudomonas aeruginosa                                                                                                                                                                                                                                       | nejméně jednou za 14 dnů                                 |
| Legionella spp.                                                                                                                                                                                                                                                                                         | jednou za 3 měsíce<br>jednou měsíčně<br>jednou za 14 dnů |
| Staphylococcus aureus                                                                                                                                                                                                                                                                                   | jednou za 3 měsíce<br>jednou měsíčně                     |
| Absorbance A254(1 cm)                                                                                                                                                                                                                                                                                   | kontinuální měření nebo podle potřeby                    |

### 4.3 ZNEČIŠTĚNÍ BAZÉNOVÝCH PROVOZŮ

Samozřejmě nejčastějším zdrojem znečištění bazénových provozů je samotný návštěvník. Podíl na celkovém znečištění je třeba ale přičíst i dalším faktorům. U venkovních bazénů je to třeba prach, zemina, písek a tráva. [4]

Člověk znečišťuje vodu především těmito třemi způsoby:

- nečistotou na lidské pokožce,
- kosmetikou používanou návštěvníky,
- tělními tekutinami jako je třeba moč, sliny, hleny, pot a podobně. [4]

Aby bylo jasné, jak se liší počet bakterií v normálních a extrémních podmínkách, zmíním zde výsledky University College Hospital v Londýně pro časopis Men's Fitness magazine. Zatímco v dopravním prostředku, kde je jistě velká koncentrace lidí, dosahoval počet bakterií šestnáct miliónů, ve sportovišti, v tomto případě byla zvolena posilovna, jich bylo nalezeno miliónů sto

třicet dva. [18] [19] Literatura [18] rovněž potvrzuje vysoké mikrobiologické znečištění jak v bazénech samotných, tak na bazénových plochách. Hlavními riziky pro návštěvníky jsou patogenní organismy, viry a plísňe, které mohou způsobovat vážná onemocnění. [4]

## **4.4 ÚPRAVA VODY V LEGISLATIVĚ**

Úprava vody v bazénových provozech má svá specifika. Klasická úprava se liší a může mít mnoho modifikací dle druhů zdroje vody. [17] U vody bazénové se počítá, jak již bylo řečeno, především s vodou pitnou, která následně proudí do recirkulačního cyklu. [10]

### **4.4.1 Úprava bazénové vody ve Vyhlášce č. 238/2011 Sb.**

I na úpravu vody myslí Vyhláška č. 238/2011 Sb. Zde se jasně píše, že všechny veřejné bazény musí být vybaveny recirkulačním systémem a recirkulační úpravou vody. Dle této vyhlášky má tato úprava obsahovat:

- mechanickou filtraci pro zachycení hrubých nečistot (pokud ji neobsahuje jiný stupeň úpravy vody),
- koagulaci nebo jiný technologický stupeň úpravy (odstraňující zejména koloidní látky);
- pískovou filtraci, nebo filtraci na jiném vhodném médiu,
- desinfekci,
- dopravní systém mezi bazénem a technologickými prvky bazénu. [15]

Tato vyhláška dále popisuje, že by u sestav bazénů měla být recirkulovaná voda rozdělena podle jejich typů a provozních parametrů. Množství ředící vody dle vyhlášky je dáno následovně:

- 30 litrů vody na návštěvníka u krytých plaveckých bazénů,
- 45 litrů vody na návštěvníka u krytých koupelových bazénů,
- 60 litrů vody na návštěvníka u nekrytých bazénů a brouzdališť. [15]

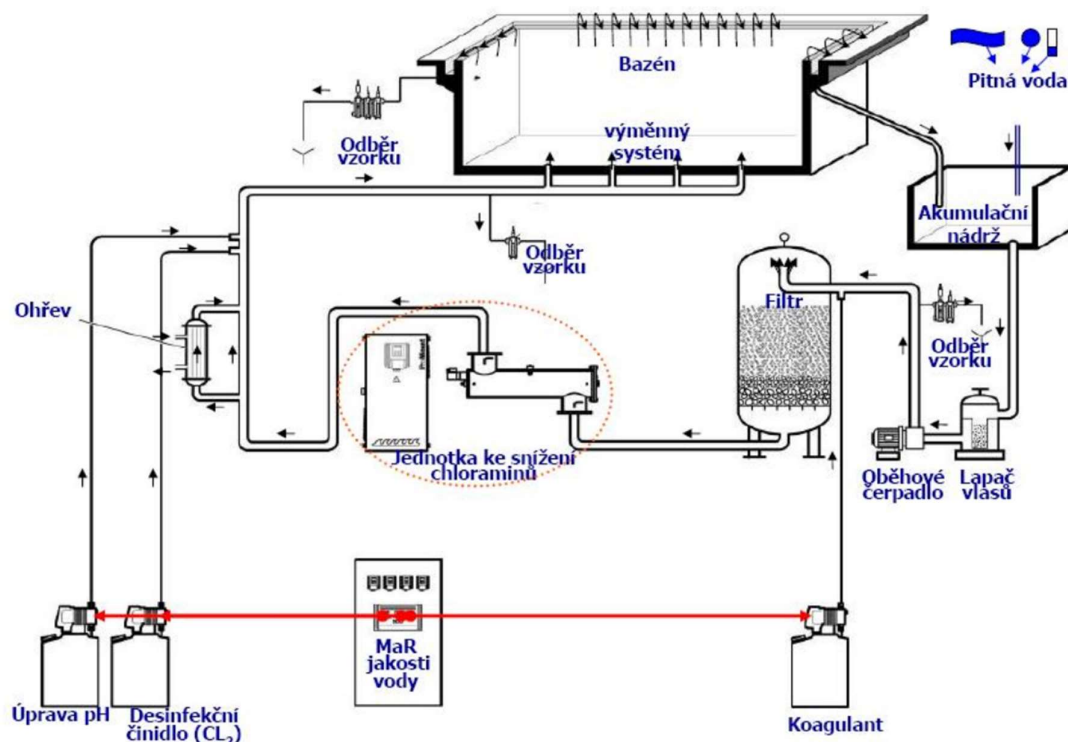
Množství této vody musí být měřeno vlastním samostatným registračním vodoměrem, nebo průtokoměrem s registrací proteklého množství vody. [15]

K desinfekci tato vyhláška doporučuje a odkazuje na obsáhlejší Zákon č. 120/2002 Sb., Zákon o podmínkách uvádění biocidních přípravků a účinných látek na trh a o změně některých souvisejících zákonů. Dále nařizuje používání jiných než chlorových přípravků pouze v případě, že jsou stejně, nebo více účinné jako požadované koncentrace volného chloru stanovené v této vyhlášce. Důležité je, že přípravky desinfekce se musí dávkovat pouze do příslušného místa, které je stanoveno v provozním řádu, v recirkulačním systému, a to mimo bazén. Desinfekce nesmí být nikdy dávkována přímo do bazénu, nebo plovoucích bójí. [15]

## **4.5 RECIRKULAČNÍ ÚPRAVA VODY**

Hlavní úlohou recirkulačního systému je, aby voda v každém bazéně byla upravovaná a desinfikovaná tak, aby splňovala příslušné normy a vyhlášky. Tou nejdůležitější zásadou při navrhování recirkulačního systému úpravy bazénové vody je nutnost splnit kapacitní potřeby sportoviště tak, že technologické zařízení je schopné optimálně zabezpečovat vyžadovanou

kvalitu vody v průběhu provozu. [4] Schéma obvyklé recirkulační úpravy vody lze vidět na Obrázku 4.1



Obr. 4.1 Technologické schéma bazénu [23]

#### 4.5.1 Kapacita úpravy

Vyhláška č. 238/2011 Sb. jasně nestanovuje kapacitu úpravy vody v bazénových provozech. Pouze nařizuje splnění hodnot v Tabulce 4.3. Co lze ale obecně říci je, že je podmíněna objemem bazénu a intenzitou recirkulace. Objem bazénu je navržen na množství návštěvníků [10] a intenzitu nám již dává vyhláška č. 238/2011 Sb. a lze ji vidět v tabulce 4.3.

Tabulka 4.3 Stanovení intenzity recirkulace [15]

| Průměrná hloubka bazénu v metrech | Doba výměny vody (zdržení vody) v hodinách |                   |
|-----------------------------------|--------------------------------------------|-------------------|
|                                   | v krytém bazénu                            | v nekrytém bazénu |
| 0,5                               | 2,0                                        | 2,0               |
| 1,0                               | 3,0                                        | 3,5               |
| 2,0                               | 5,0                                        | 8,0               |
| 3,0                               | 6,0                                        | 8,0               |
| 3,5                               | 6,5                                        | 8,0               |
| 4,0                               | 7,0                                        | 8,0               |

Kapacitu úpravy vody ale lze spočítat pomocí průtoku přes úpravnu  $Q_{rec}$ , a to pomocí vztahu:

$$Q_{rec} = V_{baz} \cdot T_{zdr}^{-1} \quad (4.1) [10]$$

$Q_{rec}$ ... průtok přes úpravnu [ $m^3 \cdot hod^{-1}$ ]

$V_{baz}...$  objem bazénu [ $m^3$ ]

$T_{zdr}...$  doba zdržení (intenzita recirkulace) [hod]

## 4.5.2 Akumulační nádrž

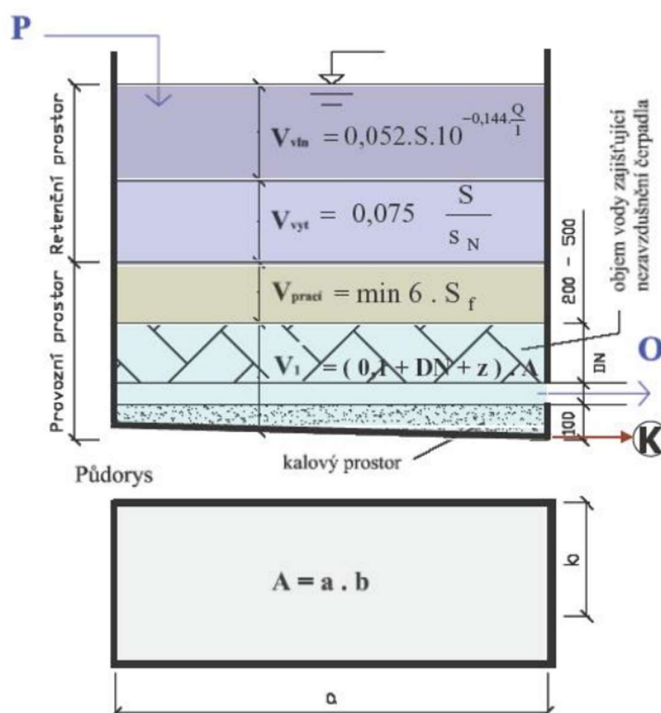
Akumulační, nebo také vyrovnávací nádrž se používá k těmto účelům:

- k akumulaci, ke kontinuálnímu doplňování vody do bazénu, k vyrovnání nerovnoměrnosti mezi nárazovým gravitačním odtokem a tlakovým přívodem,
- k akumulaci vody určené k praní filtrů,
- jako vyrovnávací nádrž pro čerpadla. [4] [10] [23]

Je velmi důležité, aby vyrovnávací nádrž byla umístěna tak, aby voda z bazénu mohla gravitačně do akumulace odtéct. Dno musí mít spád tak, aby z nádrže voda odtékala gravitačně směrem k odpadu, a to především proto, aby bylo umožněné vypouštět usazeniny. Na nejnižším místě by teda měla být odbočka, která je následně vyústěna do odpadu, aby bylo možné čistit odtokové žlábký bez nutnosti vypustit bazén. [4]

Na obrázku 4.2 je schéma akumulace nádrže s popisem jednotlivých kubatur včetně vzorců na jejich dílčí výpočty. Celkový objemu lze vypočítat dle vztahu:

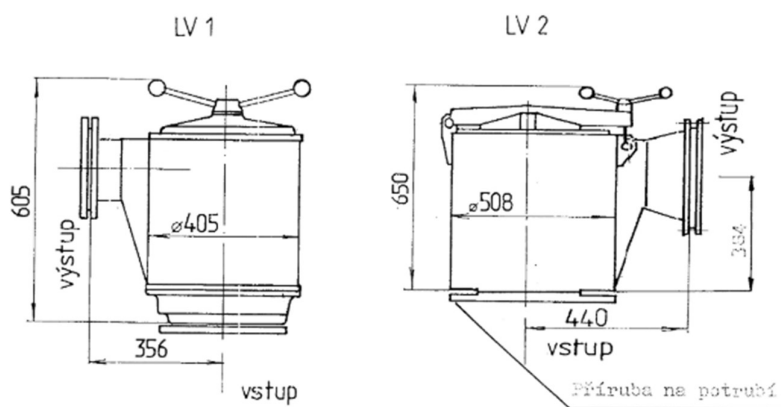
$$V = V_{provozní} + V_{retenční} \quad (4.2) [23]$$



Obr. 4.2 Řez a půdorys akumulace nádrže [23]

### 4.5.3 Mechanické předčištění – lapače vlasů

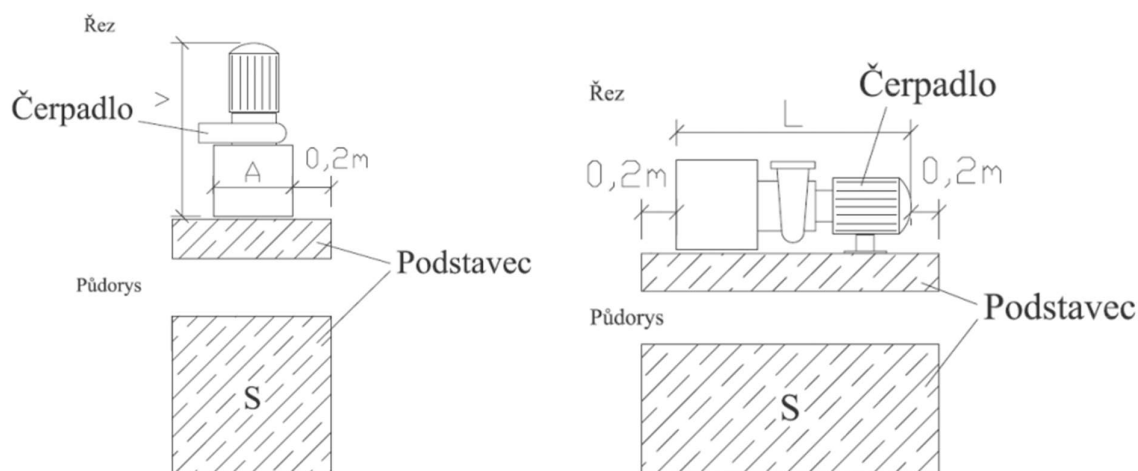
Jelikož je voda znečištěna různými způsoby, je třeba ji mechanicky předčistit, abychom chránili recirkulační systém před poškozením drobnými částmi. [25] Lapače vlasů zachytí většinu nečistot z vod určených k projití recirkulačním systémem. [4] [23] Principem je ocelová svařovaná nádoba se sítí o určité velikosti otvorů. Jejich velikost je závislá na recirkulovaném množství vody. Umístění lapače je těsně před recirkulačním čerpadlem na sacím potrubí. Není výjimkou, že je lapač vlasů součástí tohoto čerpadla. Na obrázku 4.3 jsou vidět dvě varianty tohoto lapače vlasů. V LV1 jsou celkem dvě sítě z nerezového plechu a v lapači LV2 je síťo jedno, a to válcového typu rovněž z nerezového plechu. [23]



Obr. 4.3 Lapač vlasů [24]

### 4.5.4 Recirkulační čerpadlo

Díky recirkulačnímu čerpadlu je možné celý proces recirkulace provést. Je to hlavní článek výměnného systému. Jsou dimenzovány tak, aby tento úkol bez problémů zvládly. Doporučuje se navrhovat i rezervní čerpadla pro případ poruchy hlavního. To by mohlo být pro bazén obzvlášť v letních měsících fatální. V případě nenavržení čerpadla rezervního se doporučuje čerpadla zdvojit. V praxi to znamená, že součet výkonů čerpadel tedy dělá 100 %. Většina čerpadel na trhu je v litinovém, nerezovém, nebo i bronzovém provedení. [4] [16] [23] Na obrázku 4.4 lze vidět dvě používaná provedení čerpadel. Nalevo je možné vidět čerpadlo vertikální a napravo je zobrazeno čerpadlo horizontální.



Obr. 4.4 Typy recirkulačních čerpadel [23]

### 4.5.5 Filtrace

Filtrace je v recirkulační úpravě vody používána především ke zmenšení zákalu a snížení CHSK. Na filtrech se rovněž zachytávají mikrobiologické součásti znečištění. Filtr využívá mechanické, sorpční a elektrostatické síly filtračních materiálů.

Nejčastěji je využívána koagulační filtrace. V tomto procesu jsou velmi důležitá koagulační činidla. Nejvíce bývá používán síran hlinitý. Koagulace slouží k odstranění koloidních a suspendovaných částic. Filtrační rychlost by neměla přesáhnout 30 m/hod, ale někteří výrobci uvádí rychlosti i vyšší. Vyšší rychlost ale znemožňuje kvalitní filtraci. Čím je rychlost vyšší, tím méně je filtrace účinná. Při návrhu musíme vzít v potaz několik vstupních parametrů jako je třeba návštěvnost, zmíněná filtrační rychlost, plocha, velikost, náplň a materiál filtru a recirkulované množství. Aby filtr vyhověl, je velmi důležité filtr navrhovat na maximální návštěvnost. Momentálním trendem je navrhovat koagulační rychlofiltraci v tlakovém režimu. Tyto filtry mají stejnou funkci jako otevřené filtry, ale liší se především v konstrukci filtru. Gravitační filtry (též zvané otevřené) jsou k vidění pouze na starších provozech a jsou nahrazovány filtry tlakovými. Mají nesporné výhody. [16] [23]

Mezi nejmodernější technologie v tuto chvíli patří takzvaná multivrstvá písková filtrace. Filtr tohoto druhu je zobrazen v obrázku 4.5. Tento druh filtrace má výhodu v tom, že nepoužívá praní vodou a vzduchem, ale pouze vodou. Tím lze vypustit z celého procesu dmychadla. Uspořádání tohoto filtru dokáže umožnit podstatně vyšší filtrační rychlosti a tím nižší prostorové nároky (při stejné filtrační rychlosti). Další výhodou je životnost náplně. Ta je dle výrobce prakticky neomezená, což je zapříčiněno regulátorem průtoku, který zamezuje vyplavení filtračních částic při praní. Další výhodou je možnost úpravy bazénové vody bez použití koagulantů u nižšího organického zatížení (k němu dochází při nižší návštěvnosti). Je to dáno především vysokým rozsahem zachycených částic (veškeré částice větší než 10  $\mu\text{m}$ ). To je u dalších filtrů nepředstavitelné. [20]



Obr. 4.5 Multivrstvý filtr [20]

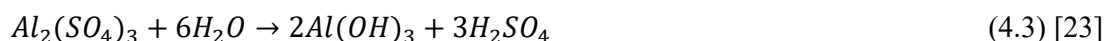
#### 4.5.6 Chemické hospodářství

Chemické procesy jsou při úpravě vody rovněž velmi důležité. Je třeba, aby byly doprovázeny zodpovědným přístupem provozovatele a proškolenou obsluhou. Slouží k tomu, aby byly zajištěny požadované procesy úpravy vody a k jejímu zdravotnímu zabezpečení.

##### *Koagulace*

Koagulace je proces destabilizace koloidů a nečistot ve vodě. Odstraňují se jí koloidní a nerozpustné látky o velikostech  $10^{-9}$  až  $10^{-6}$  m. Využívá se u toho neutralizace elektrického náboje znečištění. Tyto látky je nutné shlukovat do větších celků a následně z vody separovat. Celý proces je závislý na dávkování koagulantu a následném rozrušení stabilní suspenze, vytvoření mikrovloček, nárůstu vloček a následném zachycení na filtru. Pro úpravu vody se nejčastěji využívá koagulant síran hlinitý  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ . [4] [14] [16] [17] [23]

Ve vodě probíhá tento proces:



Síran hlinitý se rozkládá na hydroxid hlinitý a kyselinu sírovou. Vzniklý hydroxid hlinitý je dále nerozpustný. Stáním se vyvločkuje a následně na sebe váže částice zákalu. [23]

U koagulace je důležité nepodcenit hodnotu pH, místo dávkování, druh koagulantu a velikost dávky. [15] Koagulant se musí do oběhu převést dávkovacím čerpadlem tak, aby nenarušil proces filtrace. Dle zahraničních norem závisí dávka koagulantu na zatížení od návštěvníků. [23]

## ***Desinfekce***

Desinfekce, pravděpodobně nejdůležitější proces u úpravy bazénové vody, je důležitá především z důvodu, aby se zamezilo možnému riziku přenosu infekce z vody. Během desinfekce se usmrcují bakterie, viry i další choroboplodné zárodky, které se dostávají do vody spolu s návštěvníky a mohly by ohrozit lidské zdraví. [4] [23]

Pro desinfekci bazénové vody se nejčastěji využívají:

- chemické metody desinfekce;
  - metody používající látky na bázi chlóru,
  - metody používající chlórdioxid,
  - metody používající ozón,
  - metody používající peroxid vodíku,
- fyzikální metody desinfekce;
  - metody používající UV záření,
  - metody využívající tepelnou úpravu vody,
  - metody využívající vlastnosti těžkých kovů. [23]

Výběr správné metody je velmi závislý na konkrétním bazénu a na specifických podmínkách v daném místě. Žádná z těchto metod, výjimkou je pouze chlorace, není vyloženě univerzální, a tedy ta správná. V České republice se nejčastěji využívají metody chemické. [23]

Je velmi důležité počítat se správnou desinfekcí už při samém návrhu bazénu. Následná douprava vody je většinou jak technologicky, tak finančně neúměrně nákladná. [23]

## ***Úprava pH vody***

Hodnota pH výrazně ovlivňuje chemické a biochemické procesy ve vodách. Umožňuje rovněž rozlišovat jednotlivé formy výskytu některých prvků ve vodě. Je to jedno z hledisek, které nám stanovuje agresivitu vody. [4]

V našich podmínkách se požaduje za žádoucí udržet pH bazénové vody v rozmezí 6,5 – 7,6. Na dosažení tohoto výsledku musíme často do vody přidávat další látky, které jsou schopny tuto hodnotu ovlivňovat. Aby byla tato úprava účinná, je třeba neustále měřit pH vody a dle toho upravovat dávkovací zařízení. [4] [21]

Na úpravu hodnot pH se nejčastěji používá:

- hydroxid sodný,
- uhličitan sodný,
- hydrogenuhličitan sodný,
- hydrogensíran sodný,
- kyselina chlorovodíková,
- kyselina sírová,
- oxid uhličitý. [4]

## ***Snížení chloraminů***

Velmi důležité je i odstranění vázaného chloru z bazénové vody. Děláme to především kvůli jeho negativním účinkům jako je dráždění sliznice, nepříjemnému zápachu a podobně. [23] Chloraminy vznikají při reakci chloru a například amoniaku:



Odstranit chloraminy z bazénové vody lze několika způsoby:

- přechlorováním (přechlorování do bodu zlomu) – je pravděpodobně stále nejpoužívanější způsob v bazénových provozech. Tento způsob není vhodný pro odstraňování organických chloraminů. Probíhá podle vztahu:



- použitím silných oxidačních činidel,
- použitím filtračních náplní – nejpoužívanější filtrační náplní je aktivní uhlí,
- odstraňováním UV zářením,
- využitím principu elektromagnetického pole – jedná se o nový způsob, který se ale potýká s menší účinností. [23]

## ***Zabezpečení bazénové vody proti rozvoji řas***

Bazénová voda je ideálním prostředím pro růst a rozmnožování řas a plísňí. Řasy jsou nežádoucí především z důvodu znehodnocení vzhledu vody, kvůli nepříjemnému zápachu a dále například vytváří kluzký povlak na veškerém povrchu bazénu, který je pod vodou. [4] Jak může tento problém znehodnotit zážitek z koupání bylo vidět na letních olympijských hrách v Riu de Janeiru, jedné z nejsledovanějších událostí planety. Pořadatelé sice sváděli nevábnou barvu na změnu pH [26], nicméně byla nalezena korelace s procesy, které mají na svědomí právě řasy. [27]



Obr. 4.6 Olympijský bazén v Riu de Janeiru [28]

Největší vliv na jejich rozmnožování má teplota. V případě příznivého počasí především pro koupání, to znamená dlouhé letní dny s příznivou teplotou, intenzivně rostou mikroorganismy, a to především v koutech a celkově místech, kde méně proudí voda. Řasy se těžko odstraňují koagulací a filtrací. [4] K usmrcení řas se používají rozmanité způsoby, ale mezi základní patří jednoznačně:

- přechlorování bazénové vody (až do výše dvojnásobku maximálních dovolených hodnot, používá se po zavírací době, je důležité si dát pozor na volný chlór a tuto hodnotu uvést před znovuootevřením zpět),
- použití algicidních sloučenin (je nutné použít ty povolené) jako třeba:
  - kvartérní aminové soli,
  - polykvartérní aminové soli,
  - soli mědi,
  - soli stříbra. [23]

## 5 TEPELNÉ HOSPODÁŘSTVÍ BAZÉNŮ

Dle vyhlášky č. 238/2011 Sb. je nutné udržovat vodu v bazénu na určité teplotě. Přesné hodnoty jsou tyto:

- pro kojence a batolata (3 až 6 měsíců) je tato hodnota 30 až 36 °C,
- pro děti od 6 měsíců do 1 roku musí být v rozmezí 28 až 32 °C,
- pro děti od 1 roku do 3 let je to 28 až 32 °C,
- pro plavecké bazény do 28 °C. [4] [15]

Dále je teplo potřeba rovněž pro ohřev vody užitkové, tedy pro sprchy. [10] Jelikož se jedná o energicky velmi nákladnou položku, je třeba tepelnému hospodářství přisoudit velkou váhu.

### 5.1 TEPELNÉ ZTRÁTY

Jak bylo zmíněno, tepelné hospodářství může velmi ovlivnit ekonomickou stránku bazénového provozu. Celkové ztráty, které potřebujeme k výpočtu celkového příkonu tepla jsou:

- výparem (především u otevřených bazénů),
- přestupem (do konstrukce nebo od hladiny do vzduchu),
- zářením,
- připouštěním chladnější čerstvé vody. [4] [10]

#### 5.1.1 Ztráty výparem

U otevřených bazénových provozů tato ztráta tvoří 40–80 %. Největší vliv na tyto ztráty má vítr. Uvádí se, že slabý vítr dokáže tyto ztráty zvýšit až pětinasobně oproti ztrátám, které jsou způsobeny během bezvětří. Při návrhu nového nekrytého provozu je třeba nad prouděním vzduchu velmi důsledně uvažovat. [4] Ztráty výparem se počítají podle vzorce:

$$G_{odp} = S \cdot \sigma_v \cdot (1 + 0,76 \cdot v)(X_w - \varphi \cdot X_{vzd}) \cdot r \quad (4.5) [10]$$

$S$ ... plocha hladiny [m<sup>2</sup>]

$\sigma_v$ ... odpařovací koeficient vzduchu v klidu, tato hodnota je rovna 25 kg·(m<sup>2</sup>·hod)<sup>-1</sup>

$v$ ... rychlost větru nad hladinou [m·sec<sup>-1</sup>]

$X$ ... množství sytých par ve vzduchu [kg·kg<sup>-1</sup>]

$w$ ... za teploty vody (těsně nad hladinou)

$vzd$ ... za teploty vzduchu (výše nad hladinou)

$\varphi$ ... relativní vlhkost vzduchu [-]

$r$ ... skupenské teplo odpařování je rovno 2257 kJ·kg<sup>-1</sup>

### 5.1.2 Ztráty přestupem

Ztráty přestupem máme dva druhy. První, též zvaná jako konvekce, kdy přestupuje teplota vody do okolních chladnějších vrstev vzduchu nad hladinou jsou závislé především na větru, teplotě vzduchu a tvoří přibližně 0 až 30 % tepelných ztrát. [4] Dá se vypočítat podle vztahu:

$$G_{př} = S \cdot \alpha_R \cdot (1 + v \cdot 19 \cdot 25^{-1}) \cdot \Delta T \quad (4.6) [10]$$

$\alpha_R \dots$  koeficient přestupu vody do vzduchu, rovno  $25,15 \text{ kJ} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{hod} \cdot \text{deg})^{-1}$

$\Delta T \dots$  rozdíl teplot voda – vzduch

Další ztráta přestupem je způsobena přestupem tepla z vody do okolního materiálu. A to jak do samotné bazénové konstrukce, tak dále do zeminy tuto konstrukci obklopující. Tato ztráta se většinou zanedbává. Předpokladem pro to je vytvoření ustáleného tepelného prostředí. Jinak je tomu v případě neobklopení konstrukce zeminou, nebo osazením bazénové vany do podzemní vody. V případě podzemní vody proudící se uvádí ztráty 5 až 8 %. [4] [10] V tomto případě se ztráta počítá podle vztahu:

$$G_{pr} = S_{konstru} \cdot \frac{1}{\alpha_1^{-1} + \sum di \cdot \lambda_i^{-1} + \alpha_2^{-1}} \quad (4.7) [10]$$

$\alpha_{1,2} \dots$  součinitelé přestupu na vnitřním a vnějším povrchu konstrukce vany [-]

$\lambda_i \dots$  součinitel prostupu tepla materiálem konstrukce [-]

$di \dots$  tloušťka dílčí vrstvy konstrukce [mm]

### 5.1.3 Ztráta zářením

Ztráta zářením, nebo také ztráta sáláním z hladiny, vzniká odrazem na vodní hladině, na stěnách bazénů a ode dna bazénu za slunečního svitu i při vyzařování tepelné energie v noci a chladných dnech. Uvádí se, že tyto ztráty tvoří 15 až 30 % z celkových ztrát. [4] [10] Určuje se vztahem:

$$G_{sál} = S \cdot k_{sál} \cdot \Delta T \quad (4.8) [10]$$

$k_{sál} \dots$   $4,5 \text{ kJ} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{hod} \cdot \text{deg})^{-1}$

$T_1 \dots$  teplota hladiny vody v bazénu [°C]

$T_2 \dots$  u krytého bazénu –  $T_{stropu} = \text{cca } T_{vzduchu}$  [°C]

u otevřeného bazénu – při oblačnu  $T = T_{vzduchu}$  v úrovni mraků [°C]

### 5.1.4 Ztráta připouštěním čerstvé vody

Dle literatury je tato ztráta malá, odhadují se na 5 až 10 % z celkových ztrát. [4] [10] Lze ji vypočítat podle vztahu:

$$G_w = V_w \cdot \Delta T \cdot c_w \cdot t^{-1} \quad (4.9) [10]$$

$T_1 \dots$  teplota vody v bazénu [°C]

$T_2 \dots$  teplota vody ve zdroji [°C]

$V_w \dots$  denní objem ředící vody [kg]

$t \dots$  doba připouštění vody [hod]

$c_w \dots$  měrné teplo vody [ $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ ]

## 5.2 TEPELNÉ ZISKY

Při výpočtu ohřevu vody je třeba počítat i s teplem, které se dostane do vody pomocí slunečního záření a tělesnou teplotou návštěvníků. Při slunečním záření můžeme uvažovat s hodnotami  $700$  až  $900 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  v našich zeměpisných podmínkách a pro 24 - hodinový průměr  $115$  až  $230 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ . Tělesná teplota návštěvníků zhruba kompenzuje ztráty konvekci, nebo zářením a tvoří přínos  $580$  až  $1045 \text{ W}$  na plavce. [4]

## 5.3 OHŘEV VODY

Ohřev vody představuje velké provozní, a především investiční náklady. Vodu lze ohřívat několika způsoby, a proto je velmi potřebné navrhnout ten nejvhodnější. Mezi způsoby ohřevu bazénové vody patří:

- výměníky tepla,
- kotle ústředního topení,
- plynové, nebo elektrické průtokové ohřivače,
- elektrický ohřev stěn, nebo lze zabudovat tepelné těleso do bazénu,
- sluneční záření,
- rekuperační tepelné čerpadlo.

Průtokové ohřivače, nebo elektrický ohřev stěn je výhodný na vytápění především malých soukromých, nebo hotelových bazénů. [4] Proto se na ně v této práci nebudu zaměřovat.

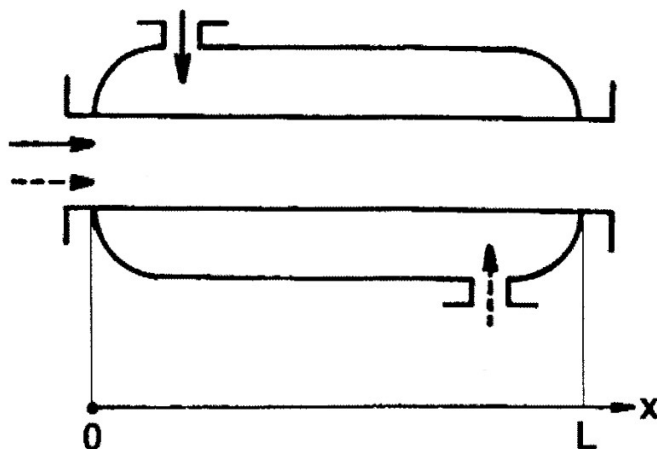
### 5.3.1 Výměníky tepla

Na ohřev bazénové vody se ve větších veřejných provozech nejčastěji používaly výměníky tepla. Jsou to zařízení vyhotovená horizontálně, nebo vertikálně s měděnou výhřevnou vložkou, ušlechtilé oceli, nebo z jiného vhodného materiálu. Vyrábí se ve výkonech  $20$  až  $30 \text{ W}$  a lze je zapojovat i sériově. Nejčastěji rozlišujeme:

- rekuperační výměníky tepla, v kterých jsou obě látky, mezi kterými dochází k přenosu tepla, odděleny teplovýměnnou plochou. Přenos probíhá neustále při nepřerušovaném toku látek. Tento výměník je nejčastější a lze ho vidět na Obrázku 4.7. Je zde naznačen šipkami plným výměník souproutový a čárkovaně výměník protiproutový,
- regenerační výměníky tepla, ve kterých proudí teplá látka a kumuluje teplo ve výměníku v jednom cyklu a v druhém cyklu se prouděním chladnější látky teplo této tekutiny odevzdává,
- mísící výměníky, ve kterých současně dochází k přenosu tepla a hmoty při mísení teplého a studeného proudu. [4] [29] [30]

Z konstrukčního hlediska rozeznáváme výměníky:

- trubkové, nejstarší, nejjednodušší a pravděpodobně nejpoužívanější typ, skládá se z paralelních trubek,
- deskové, také jednodušší konstrukce, je zde soustava paralelních desek,
- spirálové, jedná se o složitější typ, spirálové proudění v kanálech mezikruhového průměru. [4] [30]



Obr. 5.1 Rekuperační výměník tepla [29]

Potřebný výkon výměníku se počítá s přihlédnutím k požadovanému času ohřevu. Je možné použít vztah:

$$P = \frac{V \cdot \rho c \cdot (T_2 - T_1)}{t} f_b \quad (4.10) [4]$$

$P$ ... potřebný tepelný výkon [W]

$\rho$ ... hustota vody [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ]

$c$ ... specifické teplo vody [ $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ ]

$T_1$ ... teplota čerstvé vody [ $^\circ\text{C}$ ]

$T_2$ ... požadovaná teplota vody [ $^\circ\text{C}$ ]

$t$ ... doba ohřevu [hod]

$f_b$ ... koeficient vyjadřující ztráty v průběhu ohřevu (pro kryté bazény  $f_b = 1,2$ , pro otevřené  $f_b = 1,3$ )

### 5.3.2 Elektrické kotle a akumulční zásobníky

Kotle disponují větším výkonem než výměníky tepla (obvykle až 100 kW) a zapojují se do recirkulačního okruhu bazénu. Tyto rezervoáry se vyrábí až do objemu 16 000 litrů vody. Na určení příkonu se počítá 10 až 12 W na jeden litr objemu. Voda se v těchto nádržích ohřívá na 85  $^\circ\text{C}$ . Vyhotovují se buď vertikální, nebo horizontální. [4]

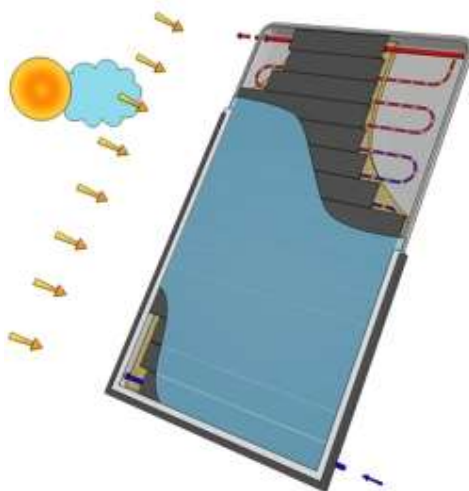
### 5.3.3 Sluneční záření

Jak vyplývá z Tabulky 4.5 přímý ohřev pomocí sluneční energie lze využívat pouze několik měsíců v roce, a proto se využívá solárních kolektorů. Toto řešení se v současnosti stává trendem, a to především z ekologických důvodů. [4]

**Tabulka 5.1 Průměrné měsíční množství energie slunečního záření  $Q_{s,mes}$  dopadající na ozářenou rovinu pro Prahu (50° s. z. š.) [4]**

| Měsíc       | $Q_{s,mes}$ [kW·h·m <sup>-2</sup> ] při úhlu sklonu ozářené plochy vodorovné roviny |       |        |        |       |       |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------|--------|-------|-------|
|             | 0°                                                                                  | 15°   | 30°    | 45°    | 60°   | 90°   |
| 1           | 9,6                                                                                 | 12,9  | 18,3   | 21,1   | 23,0  | 24,5  |
| 2           | 24,6                                                                                | 33,6  | 40,0   | 44,4   | 47,1  | 44,8  |
| 3           | 64,2                                                                                | 75,8  | 83,6   | 87,2   | 86,5  | 72,3  |
| 4           | 90,1                                                                                | 101,3 | 107,6  | 108,8  | 100,0 | 70,0  |
| 5           | 135,1                                                                               | 147,0 | 153,5  | 151,9  | 130,4 | 72,5  |
| 6           | 148,4                                                                               | 158,1 | 161,7  | 156,2  | 137,5 | 69,7  |
| 7           | 140,3                                                                               | 152,7 | 159,5  | 157,7  | 135,4 | 75,1  |
| 8           | 112,7                                                                               | 125,6 | 133,4  | 134,9  | 124,0 | 86,9  |
| 9           | 74,0                                                                                | 87,3  | 96,5   | 100,5  | 99,6  | 83,4  |
| 10          | 29,7                                                                                | 40,7  | 48,9   | 53,8   | 57,0  | 54,2  |
| 11          | 9,3                                                                                 | 13,8  | 17,7   | 20,4   | 22,3  | 23,8  |
| 12          | 4,7                                                                                 | 7,7   | 10,2   | 11,7   | 12,8  | 13,5  |
| $Q_{s,rok}$ | 842,7                                                                               | 956,5 | 1031,0 | 1048,0 | 975,6 | 690,7 |

Funkcí solárního ohřevu vody je shromažďovat solární energii z velké plochy a zabezpečit její přenos do vody. Asi neekonomičtější způsobem na shromažďování této energie je takzvaný deskový kolektor. Je nutné podotknout, že existují druhy na shromažďování solární energie, a to pomocí čoček a zrcadel, ale několikaletá analýza potvrdila, že deskový kolektor (Obrázek 4.8) je všeobecně nejvhodnější. [4]

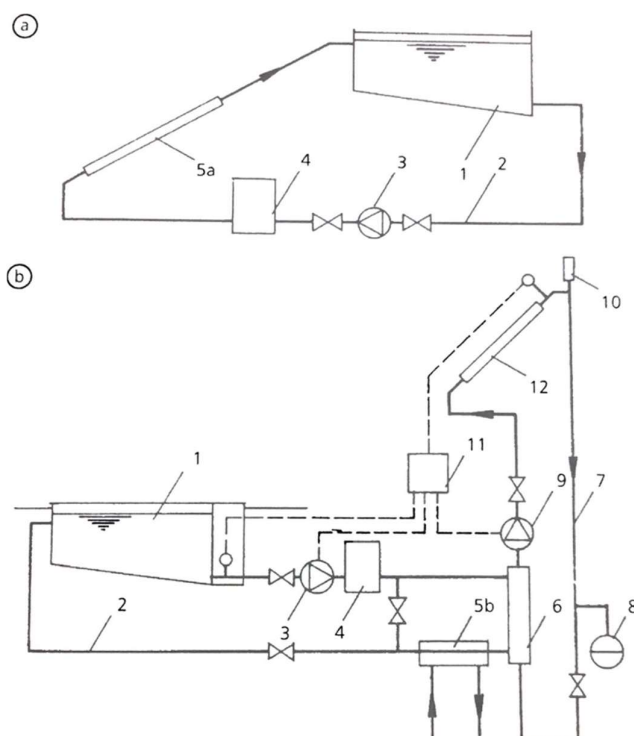


**Obr. 5.2 Deskový solární kolektor [31]**

Na účinnosti solárního ohřevu závisí hned několik faktorů jako například sklon kolektoru, počasí, roční období, zeměpisná šířka a mnoho dalšího. Jedním z nejdůležitějších faktorů účinnosti kolektorů je svrchní vrstva (ta se může sama o sobě skládat z dalších vrstev) kolektoru. Tato vrstva nemá rovný povrch, ale je dělána tak, aby měla maximální absorpci solárního záření a minimální odraz této energie do atmosféry. [4] Kolektory dělíme podle způsobu jejich výkonu na:

- vakuové, mají největší výkon, ale mají nejvyšší pořizovací náklady z dále jmenovaných,
- atmosferické s menším výkonem, ovšem levnější,
- absorbér bez transparentního krytu, ale nejlevnější. [4]

Máme dva způsoby ohřevu bazénové vody pomocí kolektorů. Na Obrázku 4.9 je pod písmenem „a“ označen přímý ohřev. Realizuje se poměrně jednoduše. Přímý ohřev je vcelku rozšířený systém, protože teplota vody je vcelku nízká, a proto se zde neusazuje vodní kámen. Problémem může být koroze, jelikož se zde v sezóně a mimo ni střídá vlhké a suché prostředí. Tento „oříšek“ lze vyřešit změnou kovového potrubí na plastové. [4]



**Obr. 5.3 Princip činnosti solárního kolektoru [4]**

1 – bazén, 2 – cirkulační okruh bazénové vody, 3 – čerpadlo bazénového okruhu, 4 – filtr, 5a – kolektor, 5b – průtokový ohřevač doplňkovým zdrojem, 6 – výměník tepla, 7 – solární okruh, 8 – expanzní tlaková nádoba s pojistným ventilem a manometrem, 9 – čerpadlo solárního okruhu, 10 – odvzdušnění solárního okruhu, 12 – kolektor

Pod písmenem „b“ u Obrázku 4.9 se schovává nepřímý ohřev. Je provozně i investičně náročnější než ohřev přímý, ale když se použijí solární kapaliny, umožňuje instalovat ocelové kolektory aplikací tepelných čerpadel a má obrovskou výhodu v možnosti tepelné regulace. [4]

### **5.3.4 Tepelná čerpadla**

Mezi další způsoby, jak můžeme získávat teplo pro bazénové provozy, je tepelné čerpadlo. Při vynaložení dostatečného množství energie lze odnímat tepelnou energii z jednoho prostředí (voda vzduch., nebo země) s nižší teplotou a převádět ho do další teplonosné látky, ta musí mít teplotu vyšší. Máme několik druhů čerpadel (například země/voda), ale v bazénových provozech se nejčastěji používají druhy voda/voda a vzduch/voda. [4] [32]

Jelikož je princip založen na chladícím okruhu, je velmi zajímavou možností spojit tepelné čerpadlo mezi vícero sportovišti. Například ho lze využít pro chlazení ledové plochy zimního stadionu a zároveň vytápění bazénu. K tomuto kroku je ale nutné, aby byly sportoviště ve vzájemné blízkosti a jistou osvědčenost investora. [4] [32] [33]

## 6 ÚSPORNÁ OPATŘENÍ V BAZÉNOVÝCH PROVOZECH

Jak již bylo v úvodu práce popsáno, zdejší bazény lze stále zdokonalovat. Často je jejich technologie zastaralá několik desítek let. To není příznivé jak z ekonomického hlediska, tak z hlediska ekologického. Inovace za poslední roky probíhají ve všech odvětvích téměř bez výjimky. Zde se zaměřím na technologie týkající se především vody čisté a vody odpadní.

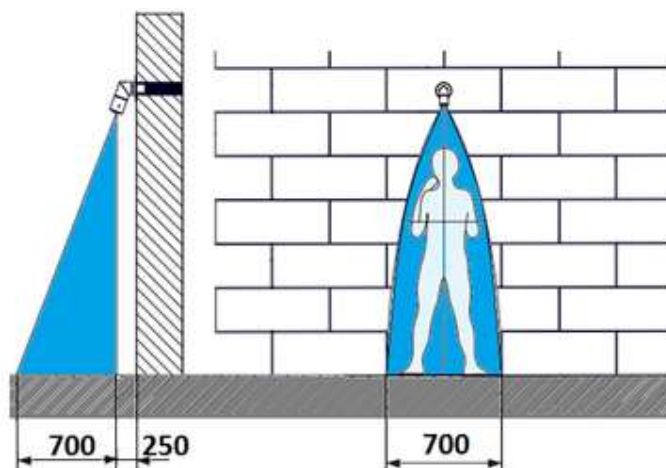
### 6.1 ÚSPORNÁ OPATŘENÍ VE SPRCHÁCH

Sprcha, zdá se být zařízení, kde není prostor pro inovace. Ale i zde se ušel od první sprchy značný kus cesty. Vždyť první sprcha, konstruovaná v roce 1767 jistým Williamem Feethamem, byla pouze nádoba nad hlavou, kam vodu tlačila pumpa a po následném zatažení za řetěz se nádoba vylila na tělo. [35] Dnes jsme v tomto segmentu samozřejmě o mílové kroky dále.

#### 6.1.1 Ovládání sprch a sprchové hlavice

Největší úsporu vody při sprchování lze docílit správným výběrem sprchové hlavice. Při využití správné hlavice lze ušetřit až 30–60 % teplé vody. [36] [64] [65] [66]

Správná úsporná sprchová hlavice dokáže ušetřit velké množství vody. Je to dáno několika parametry. Jako první by měla pouštět dostatečný proud, ale bez zbytečných ztrát vody. Lze toho docílit buď mísením vody se vzduchem, nebo vytlačováním vody několika pulzy za sekundu, čímž se výrazně omezí proud. Je důležité rovněž správně směřovat proud vody. Ten by měl být široký pouze tak, aby voda tekla pouze na sprchovanou osobu. To lze spatřit na Obrázku 6.1



Obr. 6.1 Tvar a rozsah proudu při sprchování [36]

Do úspory promlouvá rovněž doba sprchování. I tu lze ovlivnit správným projektováním. Dnešní systémy, především ty s infračerveným a piezometrickým způsobem ovládání (Obrázek 6.2), mohou mít nastavený časovač na dobu průtoku vody. Ovládání sprch dnes může být:

- pro vodu jedné teploty (lze ušetřit i na směšování s teplou vodou),

- se směšovací baterií,
- s termostatickým ventilem pro studenou a teplou vodu,
- s elektronikou s horním vývodem a termostatickým ventilem. [36]



Obr. 6.2 Infračervené a piezometrické ovládání sprch [37] [38]

## 6.2 ÚSPORNÁ OPATŘENÍ NA TOALETÁCH

Úsporu lze zajistit i na toaletách. Každý způsob splachování může zajistit nemalé úspory vody. Rada Evropské unie má pravomoc ekologicky šetrným výrobkům a službám udělit certifikát s názvem Ecolabel, mezi tyto výrobky se mohou řadit právě i splachovací zařízení. Předpoklad pro toto ocenění je dle směrnice splnění těchto požadavků:

*„Záchodové soupravy, jejichž úplný objem splachovací vody je více než 4,0 litry, a systémy splachování záchodů musí být vybaveny zařízením pro úsporu vody. Redukovaný objem splachovací vody při provozu zařízení pro úsporu vody musí být při uvádění na trh nižší než 3,0 l/spláchnutí, a to bez ohledu na tlak vody.*

*Systém splachování musí být opatřen seřizovacím zařízením, kterým může technik při instalaci nastavit objem splachovací vody s ohledem na místní parametry kanalizace. Úplný objem splachovací vody po seřízení podle návodu k montáži nesmí překročit 6 l/spláchnutí nebo 4 l/spláchnutí, pokud toaletní souprava není vybavena zařízením pro úsporu vody, a redukovaný splachovací objem po seřízení podle návodu k montáži nesmí překročit 3 l/spláchnutí.“ [49]*

Pro splachovací zařízení používané v ČR platí norma ČSN EN 14055+A1 91 4640 Nádržkové splachovače pro záchodové mísy a pisoáry. Od roku 2016 tedy musí všechny splachovače splňovat kritéria zde uvedená. [49]

### 6.2.1 Splachovače dvoutlačítkové

Nejdůležitějším kritériem splachovače je jeho těsnost a schopnost nepropouštět vodu do mísy. V posledních letech se ale objevily další inovace, které zajistí jejich další hospodárnost, a to

především ve spotřebě vody při splachování. Momentálně se setkáváme nejčastěji s používáním dvoutlačítkových splachovačů, které jsou také na trhu mezi ostatními úspornými opatřeními nejdéle. Menší tlačítko spotřebovává ke splachování 3 litry vody, zatímco tlačítko větší spotřebovává litrů 6. Tyto hodnoty se ale můžou lišit a lze je dále regulovat. [49]

### **6.2.2 Splachovače tlakové**

Další možnou úsporou může být osazení splachovače tlakového. Využívá se především při prostorových nedostatcích, kdy není možné nalézt místo pro splachovací nádržku. Samotný ventil je v tomto případě umístěn nad klozetem a je napojen přímo na vodovodní potrubí. Splachuje se pomocí stlačení ventilu a při krátkodobém stlačení lze tedy ušetřit vodu. Tlak vody se v těchto zařízeních pohybuje mezi 3-6 bary. [49]

### **6.2.3 Splachovače infračervené**

Jedná se o automatický splachovač, jehož nevýhodou je nutnost napájení elektrickou energií. Spustí se pouhým přiblížením ruky (princip jako u infračervených ovládání sprch v kapitole 6.1.1). Výhodou u těchto systémů je často možnost nastavení množství splachování vody, a to v rozsahu 3,5-9 l. Rovněž lze také nastavit automatické splachování po 24 hodinách od posledního spláchnutí, což umožňuje spláchnutí usazené vody. [49]

Toto zařízení se instaluje rovnou na vodovodní rozvod a není tedy možné ho připojit na splachovací nádržku. [49]

### **6.2.4 WC stop**

WC stop je zařízení, které lze umístit do téměř každé nádržky na splachování. Jedná se o jednoduchý systém, který se zavěsí a zafixuje do přepadové trubice. Lze ho použít jak na klasických jednotlačítkových splachovačích, tak i na splachovačích dvoutlačítkových. Množství uspořené vody lze vcelku jednoduše regulovat pomocí přidávání a odebrání jednotlivých válečků, přičemž jednotlivý váleček dokáže uspořit až 14 % vody, která je určena ke splachování. Maximálně se používá válečků 5 a lze tedy uspořit zhruba 70 % vody. Je nutné však myslet i na potřebu bezpečného spláchnutí, a tedy vyvážit množství válečků s objemem spláchnuté vody. [49]

### **6.2.5 Suché pisoáry**

Velmi zajímavým způsobem šetření vody je takzvaný suchý pisoár. Jak už název napovídá, není zde při splachování používána žádná tekutina. Nevýhodou ale je, že se musí až dvojnásobně zvýšit potřeba úklidu oproti pisoárům klasickým. Další nevýhodou může být nepříjemný zápach z těchto zařízení. [50]

V těchto zařízeních je ve speciální nádržce zavedena takzvaná bariérová kapalina, která má vyšší hustotu než moč. Moč se do této nádoby dostane a kapalina ji následně odizoluje a tím zabraňuje úniku zápachu zpátky do místnosti. [50] Tyto zařízení mají i několikanásobně vyšší pořizovací náklady oproti pisoárům klasickým.

## 6.3 TEPELNÉ ÚSPORY NA BAZÉNOVÝCH PROVOZECH

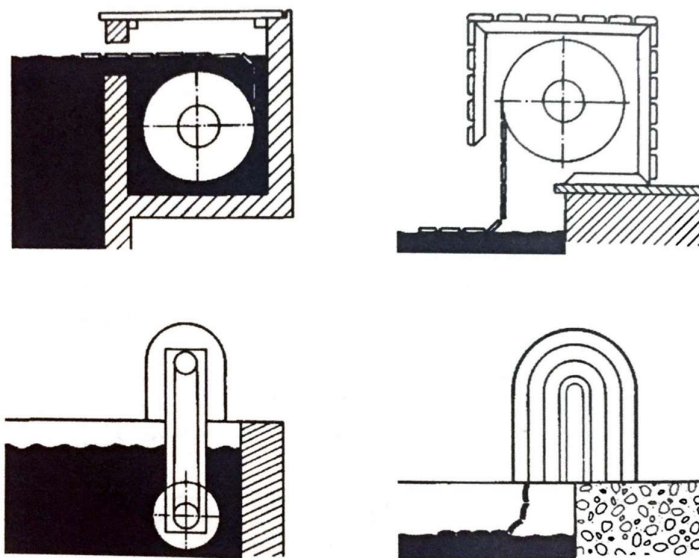
Jak bylo psáno, tepelné hospodářství je jedno z nejnákladnějších položek v rozpočtu bazénových provozů. Proto je třeba využít i úspor v tomto aspektu.

### 6.3.1 Tepelné úspory zakrytím bazénové plochy

Jako základní úspora tepla slouží pouhé zakrytí bazénové plochy, které pomáhá i proti znečištění. Nutno podotknout, že tento způsob je platný především pro venkovní bazény. Pro ty je obrovskou výhodou i prodloužení plavecké sezony. Každé zakrytí bazénu by mělo mít tyto základní vlastnosti:

- podstatně snižovat výpar vody,
- nižším koeficientem přestupu tepla snižovat ztráty tepla konvekci,
- nesmí udržovat dešťovou vodu (docházelo by k nepřímému odnímání tepla). [4]

Nejideálnější tepelně izolujícím krytem by byl ten, který plave na hladině, ale přitom by byl průhledný a nebránil by přes den slunečnímu svitu. Mezi používané druhy ovšem patří i neprůhledné kryty s tepelnou izolací, popřípadě plovoucí „matrace“, které zakrývají větší část plochy. Nelze vynechat i obyčejné plachty, které se zachytávají na krajích bazénu. Jelikož zakrytí celého bazénu není jednoduché v malém počtu lidí, jsou dnes používány automatické systémy (Obrázek 6.3). [4]



Obr. 6.3 Způsoby ovládání zakrytí bazénů [4]

### 6.3.2 Tepelné úspory z odpadních vod

Voda ze sprch je poměrně teplá, uvádí se asi 30-40 °C, přičemž sprchováním se tato teplota sníží přibližně o 5 °C, a díky této vysoké teplotě je možné ji využít pro předehřátí studené vody, rekuperaci tepla a tím lze snížit množství energie, kterou potřebujeme k jejímu ohřevu. [39] [40] [41] [48]

Zpětné získávání tepla z odpadní vody (jinak také rekuperace), je poslední dobou využíváno jako velmi účinný prostředek pro snížení nákladů při ohřevu tepla. Toto odvětví je velmi rozsáhlé a zde se zaměříme pouze na zpětné získávání tepla z odpadní vody (ZZTOV). V bazénových provozech by bylo možné využít například výměníky typu voda-voda, pro které je příznačná okamžitá předávka tepelné energie z odpadní vody přiváděnému médiu. Tuto vodu lze následně přivádět přímo do sprchové hadice. [39] [40] [41] Při tomto postupu je nutné postupovat podle ČSN EN 1717 Ochrana proti znečištění pitné vody ve vnitřních vodovodech a všeobecné požadavky na zařízení na ochranu proti znečištění zpětným průtokem, kde je jasné dáno, že teplosměnná plocha zařízení musí být v dvouplošném provedení, aby nedošlo k žádnému přenosu hmoty. [43]

Tyto zařízení jsou tedy vhodná ke sprchování, ale méně pro koupele a tím pádem i pro použití při vypouštění bazénových ploch, protože nenastává vypouštění a napouštění současně. Další výhodou tohoto zařízení je, že jeho součástí nejsou žádné pohyblivé části, směšovací ventily, nebo čerpadla, jelikož pracuje na principu gravitace a přetlaku. [39] [40] [41] Obrovskou výhodou je i vcelku nízká pořizovací cena a relativně snadné zapojení. [42] Další výhodou je, že nespotřebovává žádnou pomocnou energii. [39]

Tyto výměníky tepla zpravidla neobsahují žádné zásobníky na odpadní vodu, a to z důvodu vzniku tepelných ztrát při skladování tepla a rizika vzniku bakterií Legionelly. [39]

Existují dva druhy ZZTOV, které lze rozdělit na základě umístění výměníku a rozsáhlosti zásobování teplou vodou:

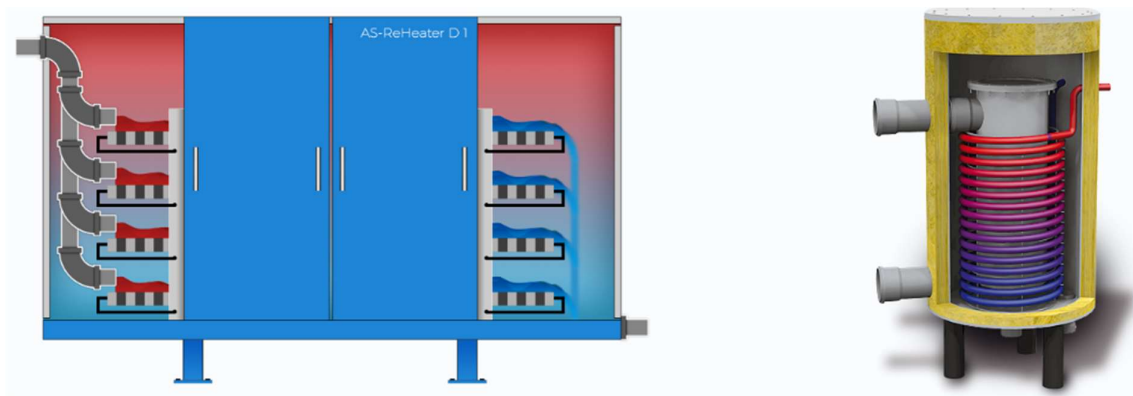
- centralizované systémy,
- decentralizované systémy. [44]

### ***Centralizované systémy ZZTOV***

Centralizované systémy ZZTOV jsou funkční na principu umístění výměníku tepla do nádrže s odpadní vodou odebranou ze stokového systému (princip je založen na metodě sewer mining), nebo lze umístit výměník tepla do stokového systému. [45]

Sewer mining je založen v principu na odběru a akumulaci vody odtékající do kanalizace, následné tepelné výměně a následného pokračování studené vody do kanalizace. Výhodou je, že použití tohoto systému není podmíněno sklonem ani průtokem v kanalizačním potrubí. Jediné, co je nutné zařadit do tohoto systému, je předčištění před nátokem do výměníku. Ve většině případů stačí perforovaný koš. [45] [46]

V bazénových provozech by bylo možné využít výměník tepla AS-REHEATER. Je to speciální výměník tepla, u kterého není potřeba úprava odpadní vody. Existuje ve dvou provedeních, které lze vidět na Obrázku 6.4. Nalevo je výměník deskový a napravo výměník spirálový. Obrovskou výhodou této technologie je, že ji lze využít již od 0,2 l/s do 8,0 l/s (lze vyrobit i pro průtoky větší). Dalším plusovým bodem je, že mají odolnost proti zanášení, proto zpravidla nevyžadují další investice. Využitím AS-REHEATER lze ušetřit 20–60 % nákladů vynaložených na ohřev vody. [45] [47]

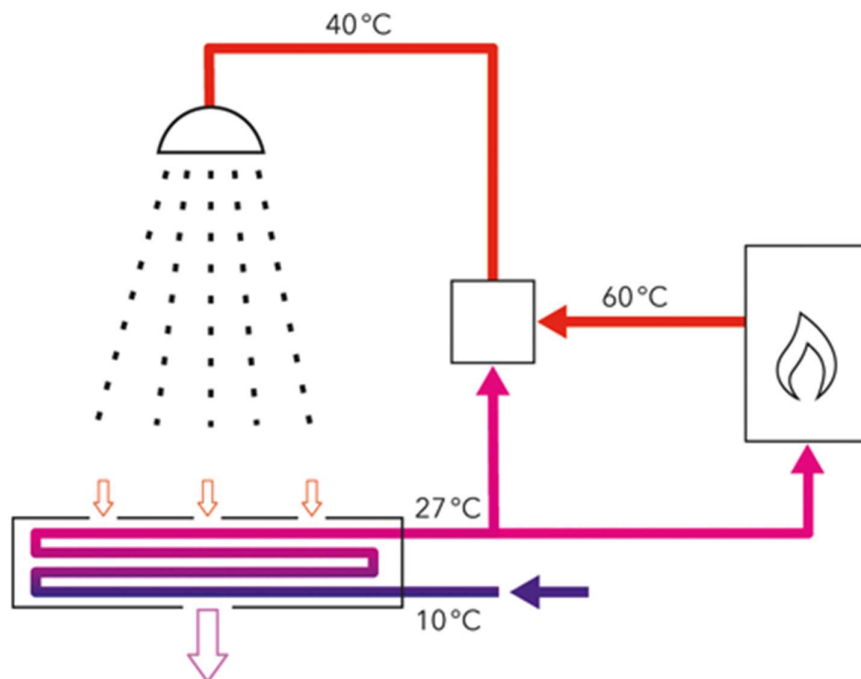


Obr. 6.4 Výměníky tepla AS-REHEATER [47]

### *Decentralizované systémy ZZTOV*

Lokální systémy ZZTOV využívají teplo z odpadní vody, které vznikne přímo na místě, a to okamžitým předáním tepelné energie vodě určené ke spotřebě, čímž se efektivně eliminuje tepelná ztráta jak vody odpadní, tak vody přiváděné. [45] Princip tohoto systému lze vidět na Obrázku 6.5.

Tento výměník je tedy instalovaný co nejblíže za sifon, jako nejlepší se považuje v těsné blízkosti směšovací baterie. Následně je doporučeno využít termostatické sprchové baterie obsahující termostatický článek, který automaticky reguluje poměr teplé a studené místo klasické baterie, tedy baterie pákové. [45]



Obr. 6.5 Princip zpětného získávání tepla za pomoci horizontálního výměníku [41]

Tímto výměníkem lze předehřívat:

- vodu teplou a studenou zároveň (nejúčinnější způsob),
- vodu studenou,
- vodu teplou. [45]

Existují dva druhy decentralizovaných výměníků ZZTOV:

- vertikální,
- horizontální. [39] [45]

Vertikální systémy výměníků ZZTOV jsou založeny na dvouplášťových měděných trubkách, přičemž středem protéká voda odpadní (teplá) jako tenký film po obvodu, což zajišťuje nejlepší předání tepelné energie vodě studené. Nevýhodou těchto výměníků je potřeba je umístit pod výtok ze sprchy, přičemž s jeho vlastní délkou stoupá jeho účinnost. Při délce 1,6, nebo 2,2 m je tedy potřeba větší prostor pod sprchami, pravděpodobně tedy o patro níže. Výrobce těchto výměníků deklaruje ale až 60 % účinnost tepelné výměny. [45]

Horizontální výměník se oproti tomu dá umístit přímo do podlahy, nebo do sprchové vaničky. Oproti výměníkům vertikálním jsou technologicky odlišné, jelikož horizontální výměníky tepla fungují na principu protiproudu (Obrázek 6.5). [45]

## 6.4 ZNOVUVYUŽITÍ ODPADNÍ VODY

V bazénových provozech je také velký potenciál pro znovuvyužití odpadní vody. Je nutné vymezit, jaké vody lze dále znovu využívat. Z provozů bazénových areálů máme odpadní vody:

- splaškové,
- ředící a vypouštěcí,
- šedé. [51]

### 6.4.1 Splaškové odpadní vody

Definici lze nalézt přímo v normě ČSN 75 6101, kde jsou tyto vody doslova popsány jako „*odpadní vody obsahující splašky z kuchyní, koupelen, prádel, WC, technické občanské vybavenosti apod.*“ a lze je rovněž považovat za součásti městských odpadních vod. Co se týče jejich charakteru, jsou založeny na původu pitné vody, zbytcích jídel, pracích prostředcích, ale především na metabolických produktech obyvatelstva. [39] [52]

### 6.4.2 Ředící a vypouštěcí vody

Voda vypouštěcí je voda, která vznikne vypouštěním bazénu. Voda ředící se, jak už název napovídá, používá k ředění, tedy obměně a doplňování vody v bazénu, nebo celých systémů bazénů. Bývá měřena vodoměrem, na základě čehož lze po zavírací době vybilancovat dle denní návštěvy potřebný objem této vody. [51]

Jelikož veškerá voda, která přiteče do bazénů, musí projít úpravnou, je povětšinou voda ředící dopouštěna do vyrovnávací nádrže. [51]

### 6.4.3 Šedé vody

Jelikož jsou šedé vody velmi komplexním tématem, je třeba ho základně popsat.

Šedé odpadní vody dostaly svůj název především díky svému šedému zbarvení a dalo by se říct „druhořadé“ jakosti. Jako šedou vodu označujeme podle ČSN EN 12056 [53] a DIN 4045 Abwassertechnik – Grundbegriffe [54] odpadní vodu, která neobsahuje vody hnědé a žluté, tedy moč a vody fekálního charakteru z toalet. Šedé vody jsou tedy méně znečištěné vody z koupelen (pračky, umyvadla, dřezy, sprchy apod.). [39]

Šedá voda může být následně rozdělena do dalších dvou podskupin:

- světlá šedá voda (ze sprch, umyvadel), obsahuje jen malou míru nutrietů dusíku a fosforu,
- tmavá šedá voda (z kuchyní a praček), je znečištěna zbytky jídla, oleji, saponáty a tenzidy z pracích prostředků, její čištění je technologicky a ekonomicky náročnější [39] [55]

Přečištěná šedá voda se nazývá vodou bílou. [56] Bílá voda musí splňovat čtyři základní kritéria pro její znovuvyužití. Jako první a zároveň nejdůležitějším faktorem je hygienická zabezpečenost. Následuje estetika, environmentální tolerance a ekonomická proveditelnost. [39]

Při návrhu je třeba zohlednit více faktorů. Jako nejdůležitější v tomto případě není produkce šedé vody. Je to především z důvodu, že při nadbytku šedé vody by se nespotřebovala a tím by se neúnosně zvýšily provozní náklady. Naopak nedostatek vody bílé lze vyřešit jednoduše použitím vody z vodovodu, tedy pitné. [56]

Bílou vodu lze následně využít mnoha způsoby:

- nekontaktní, jako například zavlažovací systémy,
- nízkokontaktní, jako například splachování toalet a praní prádla,
- kontaktní, jako například úklid,
- speciální využití, užití průmyslové, ve speciálních provozech. [39]

V této práci je nutné poznamenat, že je opravdu klíčové se správně rozhodnout, jak bude bílá voda využívána. V případě, že budeme tuto vodu používat na závlahy, kde může dojít ke styku s lidskou pokožkou, nebo také existuje riziko vdechnutí, což může nastat na travnatých plochách u bazénů, je třeba ji upravit lépe, a především svědomitěji desinfikovat. Následně je třeba počítat s nutností pravidelných odběrů vzorků, který bude zkoumat, zda tato voda není pro toto použití závadná, což mimo jiné navyšuje náklady na provoz. I když je šedá voda definována jako voda bez fekálií a moči, určité mikrobiologické znečištění samozřejmě obsahuje. [39] [57]

#### *Možnosti úpravy šedé vody*

V úpravě šedé vody jsme již ušli mílové kroky od prvních pokusů v 70. letech minulého století, kdy byly zaznamenány případy čištění hrubou fyzikální filtrací (hrubá, nebo membránová filtrace) doplněnou o desinfekci. [56] [58]

Výběr postupu záleží především na požadované kvalitě bílé vody. Šedou vodu dnes můžeme upravovat mnoha způsoby:

- jednoduchá úprava (mechanické čištění apod.)
- fyzikální úprava (písková filtrace, adsorpce, membrány apod.)
- chemická úprava (fotokatalýza, elektro-koagulace, koagulace apod.)
- biologická úprava (biologické provzdušňované filtry, rotující kontaktní bioreaktor, membránový bioreaktor apod.)
- přírodní postupy čištění (mokřady, kořenové čistírny, rákosová pole apod.)
- popřípadě kombinace výše zmíněného. [39] [56]

Je doporučeno, aby po přečištění vody následovalo doplnění této technologie o desinfekci. [39]

### ***Dešťová voda***

Při využívání šedé vody lze počítat rovněž s vodou dešťovou. Nehodí se ve všech objektech, výhodou je velká sběrná plocha, kterou u krytého bazénu disponujeme. Problémem u této vody je, že už v atmosféře přichází do styku s všemožnými chemickými látkami. Kvalita je tedy značně ovlivněna místním znečištěním vzduchu. Lze zmínit fenomén kyselých dešťů, kdy pH klesá dokonce až pod hodnotu 4,5. [56]

### ***Využití šedé vody v aquaparku v Poreči***

Mezi praktické případy využití šedé vody nám slouží projekt realizovaný společností Asio v aquaparku „Aquacolors“ v chorvatské Poreči. Zde se podařilo využít část ředící vody z tohoto objektu. Jednalo se o 120 m<sup>3</sup> vody denně, která by normálně bez užitku otekla do kanalizační stoky. Z tohoto objemu nejvíce procent obsahuje voda určená k praní filtrů. Proto byla navržena membránová technologie, která takto znečištěnou vodu dokáže vyčistit prakticky na kvalitu pitné vody. Z této vyčištěné vody je následně ze 2/3 pokryta potřeba ředící vody (zbylá třetina je voda pitná). Velmi prozíravé bylo rovněž odvedení šedé vody z praní filtrů do membrán až po jedné čtvrtině cyklu, jelikož tato voda bývá mnohem méně znečištěna. Tím se dosáhlo dalších úspor v provozních nákladech na čištění šedé vody oproti stavu čištění celého objemu. [59]

Společnost Asio uvádí, že investice do této technologie se navrátí do cca 4 let i po započítání provozních nákladů za čištění odpadních vod. [59]



Foto z montáže nádrží



Membránové moduly

**Obr. 6.6 Použitá technologie [59]**

## 7 VYUŽITÍ ÚSPORNÝCH OPATŘENÍ NA BAZÉNU V BLANSKU

Praktická část této diplomové práce je zaměřena na aplikaci poznatků z rešerše na krytý bazén v Blansku. Blansko leží v Jihomoravském kraji v údolí řeky Svitavy asi 30 km severně od Brna. Obrázek 7.1 zobrazuje zájmové území pro navrhnutá úsporná opatření.



Obr. 7.1 Poloha krytého bazénu v Blansku [60]

Předmětem této studie je objekt krytý bazén v Blansku. Tato budova byla postavena na základě tradice plavání v Blansku. Ta započala v roce 1936, kdy byl otevřen venkovní plavecký bazén LIDO. O 4 roky později byl založen plavecký oddíl, který funguje bez přerušení dodnes. V roce 1976 byla vystavěna budova pro krytý bazén s pohyblivým dnem. Dnes tento objekt provozuje městská firma Služby Blansko, s.r.o. V této budově se mimo bazénu nachází rovněž finská sauna, infra sauna, solárium, vířivá vana, posilovna, rehabilitační zařízení a masážní služby. Dominantou je stále nicméně plavecký bazén o rozměru 25 x 12,5 m. Zajímavostí je, že tepelné hospodářství pro tento objekt provozuje jiná společnost.

Dalo by se říct, že bazén leží přímo ve sportovním centru Blanska. V těsné blízkosti se totiž nachází aquapark (ten má samostatnou technologii nezávislou na starším, krytém bazéně), zimní stadion, skatepark, tenisové kurty, fotbalové hřiště, sportoviště pro atletiku a hřiště na baseball.

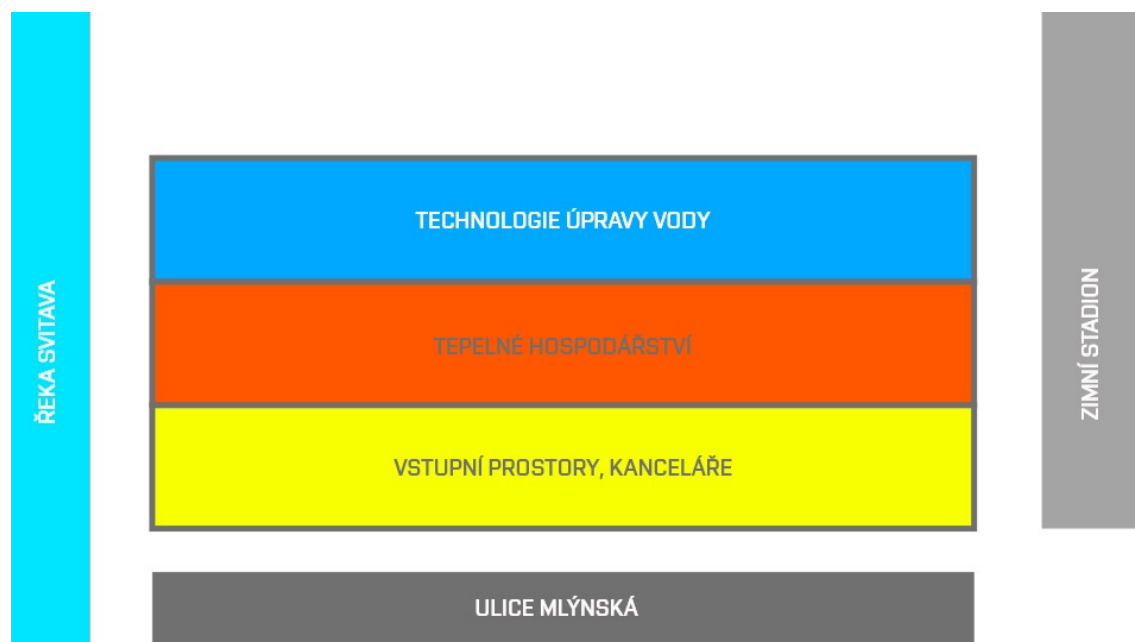
## 7.1 POPIS SOUČASNÉHO STAVU

Krytý bazén Blansko je nyní bohužel v žalostném stavu. Momentálně neexistuje žádná projektová dokumentace, která by mapovala tento objekt. Probíhá tedy zaměřování objektu, které by mělo sloužit jako podklad pro generální rekonstrukci.



Obr. 7.2 Budova krytého bazénu Blansko

Uspořádání tohoto objektu můžeme vidět na schématu (Obrázek 7.3). Objekt není podsklepen, proto se veškerá technologie nachází v přízemí (Obrázek 7.4)

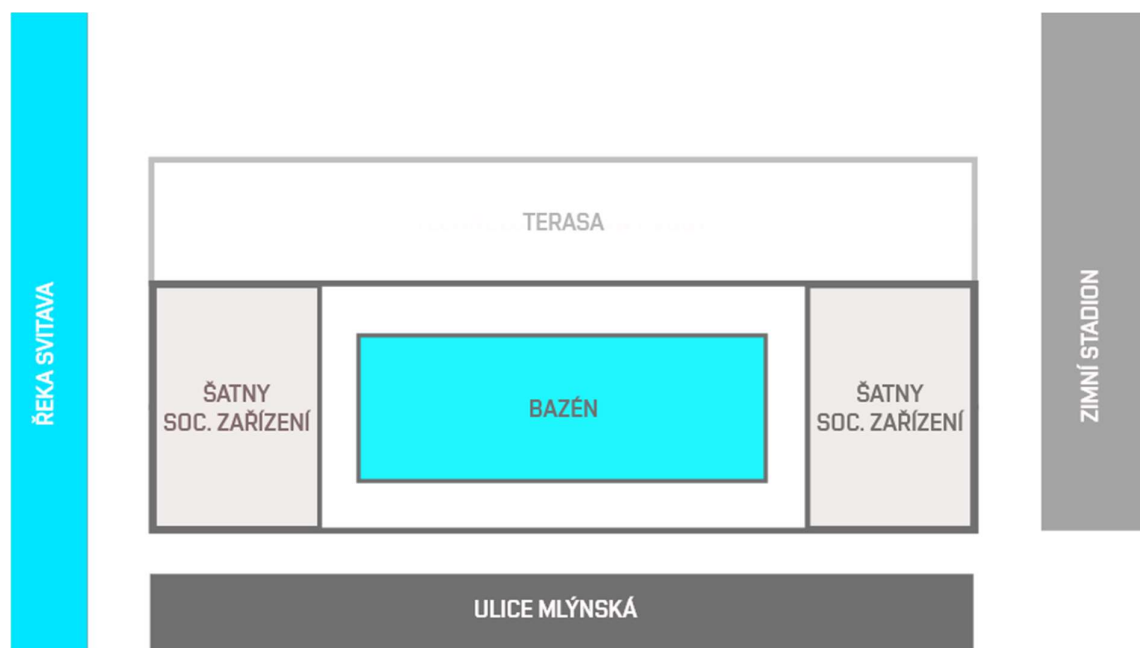


Obr. 7.3 Schéma budovy plaveckého bazénu (přízemí)



**Obr. 7.4** Přízemí objektu (vstupní hala, tepelné hospodářství, technologie úpravy vody)

1. nadzemní podlaží je středobodem pro návštěvníky (Obrázek 7.5). Nachází se zde totiž bazén o rozměrech 25 x 12,5 m se skokanskými můstky. Velkou výhodou tohoto bazénu bylo posuvné dno, které sloužilo především k plaveckým výcvikům. Bohužel je toto dno momentálně nefunkční a v pohyblivé části bazénu je nyní „zaseklé“ na 90 cm od hladiny vody.



**Obr. 7.5** Schéma 1. NP

Velmi důležitou součástí pro tuto práci jsou sociální zařízení, jelikož zde lze najít opravdu velké úspory. V tomto objektu jsou vcelku zanedbané. Sprchy jsou sice vyvedeny nové, ale nezvykle vedle starých, kterým se ucpalo potrubí. Je zde tedy klasická sprcha hubice běžná

v domácnostech a pákové ovládání. Záchody jsou naopak v pořádku. Vcelku moderní splachovadla šetří značné množství vody.



Obr. 7.6 Pohled na bazén, sprchy a pisoáry

## 7.2 VSTUPNÍ DATA PRO ÚSPORNÁ OPATŘENÍ

### 7.2.1 Návštěvnost

Vyčíslit návštěvnost v tomto objektu nebylo jednoduché. Tento bazén je často určen k pronájmu a veřejné koupání tu nemá pravidelnou dobu (viz. Obrázek 7.7). Což může být i jeden z důvodů nepříliš vysoké využitelnosti veřejností.

| Pondělí                                          | Úterý                                                        | Středa                                                                             | Čtvrtek                                          | Pátek                                                        | Sobota                                                                | Neděle                                                                |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 06:00 - 08:30<br>VEŘEJNOST -<br>kondiční plavání | 06:00 - 08:30<br>VEŘEJNOST -<br>kondiční plavání             | 06:00 - 08:30<br>VEŘEJNOST -<br>kondiční plavání                                   | 06:00 - 08:30<br>VEŘEJNOST -<br>kondiční plavání | 06:00 - 09:00<br>VEŘEJNOST -<br>kondiční plavání             | 07:30 - 10:00<br>VEŘEJNOST -<br>kondiční plavání<br>(pouze v dráhách) | 07:30 - 10:00<br>VEŘEJNOST -<br>kondiční plavání<br>(pouze v dráhách) |
| 08:30 - 12:00<br>Plavecká škola                  | 08:30 - 12:45<br>Plavecká škola                              | 08:30 - 12:00<br>Plavecká škola                                                    | 08:30 - 12:00<br>Plavecká škola                  | 09:00 - 12:00<br>VEŘEJNOST                                   | 10:00 - 19:00<br>VEŘEJNOST                                            | 10:00 - 11:00<br>VEŘEJNOST 4<br>dráhy ( 2 dráhy<br>pronájem)          |
| 12:00 - 15:30<br>VEŘEJNOST                       | 12:45 - 14:30<br>VEŘEJNOST                                   | 12:00 - 15:30<br>VEŘEJNOST                                                         | 12:00 - 15:30<br>VEŘEJNOST                       | 12:00 - 14:00<br>Uklid                                       | 19:00 - 21:00<br>VEŘEJNOST -<br>kondiční plavání<br>(pouze v dráhách) | 11:00 - 18:00<br>VEŘEJNOST                                            |
| 15:30 - 16:00<br>Pronájem                        | 14:30 - 15:30<br>VEŘEJNOST 4<br>dráhy ( 2 dráhy<br>pronájem) | 15:30 - 17:00<br>Pronájem                                                          | 15:30 - 16:00<br>Pronájem                        | 14:00 - 15:30<br>VEŘEJNOST                                   |                                                                       | 18:00 - 20:00<br>Pronájem                                             |
| 16:00 - 18:00<br>VEŘEJNOST                       | 15:30 - 19:30<br>Pronájem                                    | 17:00 - 18:00<br>VEŘEJNOST                                                         | 16:00 - 17:00<br>VEŘEJNOST                       | 15:30 - 16:30<br>VEŘEJNOST 3<br>dráhy ( 3 dráhy<br>pronájem) |                                                                       |                                                                       |
| 17:00 - 20:00<br>Pronájem                        | 19:30 - 22:00<br>VEŘEJNOST -<br>kondiční plavání             | 18:00 - 20:00<br>Pronájem                                                          | 17:00 - 20:00<br>Pronájem                        | 16:30 - 17:00<br>Pronájem                                    |                                                                       |                                                                       |
| 20:00 - 22:00<br>VEŘEJNOST -<br>kondiční plavání |                                                              | 20:00 - 20:30<br>VEŘEJNOST -<br>kondiční plavání 3<br>dráhy ( 3 dráhy<br>pronájem) | 20:00 - 22:00<br>VEŘEJNOST -<br>kondiční plavání | 17:00 - 18:00<br>VEŘEJNOST 3<br>dráhy ( 3 dráhy<br>pronájem) |                                                                       |                                                                       |
|                                                  |                                                              | 20:30 - 22:00<br>VEŘEJNOST -<br>kondiční plavání                                   |                                                  | 18:00 - 20:30<br>Pronájem                                    |                                                                       |                                                                       |
|                                                  |                                                              |                                                                                    |                                                  | 20:30 - 22:00<br>VEŘEJNOST -<br>kondiční plavání             |                                                                       |                                                                       |

Obr. 7.7 Rozpis bazénu od 16. 12. 2019 do 22. 12. 2019 [62]

Návštěvnost je tedy odhadnuta s pomocí zkušeností pana Pavla Ševčíka, vedoucího provozu. Bylo tedy posouzeno kolik lidí využívá hodiny pro veřejnost a následně i počet návštěvníků v případě pronájmů a využívání plaveckou školou. V zahrnutí jsme se dostali zhruba na 4 220 návštěvníků měsíčně, tedy přibližně 140 návštěvníků denně.

## 7.2.2 Výpočet spotřeby vody ze sprch

Pro další postup této práce je nutné vypočítat potřebu pitné vody pro sociální zařízení.

U sprch budeme počítat standardní průtok u běžně používaných hlavice, tedy  $12 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ . Doba sprchování v bazénových provozech je standardně  $2 \cdot 60 \text{ s}$ . Použijeme vzorec:

$$V_{\text{soc. zař.}} = Q \cdot t \quad (7.1)$$

$V_{\text{soc. zař.}}$  ... objem vody použitý ve sprchách na jednoho návštěvníka [ $\text{l} \cdot \text{návštěvník}^{-1}$ ]

$Q$  ... průtok vody běžnou sprchovou hlavici [ $\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$ ]

$t$  ... doba sprchování jednoho návštěvníka [min]

Dle toho jednoduchého vztahu vychází pro tento bazén spotřeba  $24 \text{ l} \cdot \text{návštěvník}^{-1}$ .

## 7.3 ÚSPORNÁ OPATŘENÍ

Jak již bylo napsáno, v objektu veřejného plaveckého bazénu v Blansku je opravdu velký prostor pro zlepšení. Víceméně lze říct, že největších úspor můžeme dosáhnout především na sociálních zařízeních. V kapitole 7.3 se budu věnovat především úspoře vody v této části bazénového provozu a následně znovuvyužitím šedé vody.

### 7.3.1 Úsporná opatření v sociálních zařízeních

Jelikož bylo vyhodnoceno, že záchody jsou ve vyhovujícím stavu a úspora by zde nebyla rentabilní, tato práce se zaměří především na sprchy.

Bylo spočítáno, že zde používaná sprcha má spotřebu celkem 24 litrů na návštěvníka, budeme tedy počítat s tímto parametrem.

Data úsporných hlavice sprch se různí. Zdroje uvádí, že lze ušetřit něco mezi 30–60 % pitné vody. [63] [64] [65] [66] Jelikož bylo navržena celková doba sprchování na  $2 \cdot 1$  minutu (jedná se o průměr na návštěvníka), hodlám tuto dobu sprchování zpřesnit navržením piezometrického spouštěče sprchy.

Navržené automatické ovládání sprch je od společnosti SANELA spol. s.r.o. SLS 01P (možné vidět v kapitole 6.1.1. a na Obrázku 7.8)



**Obr. 7.8 Piezo ovládání sprchy pro jednu vodu SLS 01P [37]**

Současně používané pákové sprchy jsou pro tento typ objektu jako je bazén zcela nevhodné. Je to především z důvodu brzkého opotřebování páky a možného nedovírání vody, a tedy k možným únikům. Oproti tomu výrobek společnosti Sanela nemá žádné pohyblivé části a poškození či následná nefunkčnost je tímto snížena na minimum.

Další velkou výhodou je možnost nastavení doby sprchování v rozsahu (10–310 s). Nastavením tohoto přístroje na 60 sekund dosáhneme zpřesnění výpočtu a pravděpodobně i slušné úspory teplé vody. Mezi další úsporu, v této práci ovšem nepočítanou, dosáhneme i úsporu na tepelném hospodářství. Přednastavením jedné vody lze docílit neplýtváním vody teplé, a tedy nižší spotřeby energií.

Dalším úsporným opatřením navrženým ve sprchách je úsporná sprchová hadice. Jejich přínos je popsán v kapitole 6.1.1. Momentálně je na bazéně v Blansku používána standartní hlavice běžná v českých domácnostech. Jako velká nevýhoda se jeví velké množství pohyblivých částí. V komerčních prostorech není ani vhodná gumová hadice, která je náchylnější na poruchy. Při upuštění této hlavice je rovněž šance na poškození samotné hlavice. Při velké koncentraci dětí na tomto sportovišti se tento scénář jeví jako vcelku pravděpodobný.

Tato hlavice mívá často průtok 12 l/min se kterým jsem počítal i v kapitole 7.2.2. Navržením nové hlavice dosáhneme menšího průtoku vody a rovněž vhodného nastavení úhlu výtoku. Při správném nastavení obou těchto parametrů nebude tedy nutné vody spotřebovat tolik.



Obr. 7.9 Sprchová hlavice SLA 13 [67]

Navržená hlavice je opět od společnosti SANELA spol, s.r.o. a jedná se o typ SLA13 (Obrázek 7.9). Její velkou výhodou je možnost nastavení úhlu výtoku (při správném nastavení je možné snížit průtok). Tato hlavice je navržena jako „antivandalová“, což znamená možnost další úspory ve formě snížení nutnosti tyto hlavice často obnovovat z důvodu poškození zařízení. Mezi výhody patří rovněž nastavitelný průtok touto hlavicí. Můžeme si vybrat mezi 6 a 12 l · min<sup>-1</sup>. V případě navržení první varianty, tedy 6 l · min<sup>-1</sup>, dosáhneme naprosto výborné úspory 50 %.

## 7.4 JEDNOTKA ÚPRAVY ŠEDÉ VODY

Jako nejzajímavější úsporné opatření v tomto objektu jsem zvolil využití šedé odpadní vody jako alternativního zdroje pro splachování toalet a úklid podlahových ploch.

Jednotka k úpravě šedé vody je vhodná alternativa pro tento objekt. Je zde i dostatek volného prostoru pro umístění této jednotky. Navržen je prostor v přízemním podlaží (vhodné i z důvodu odkanalizování a vyloučení nutnosti čerpat) vedle filtrů a zásobníku pro ředící vodu. Prostor je zde především z důvodu rekonstrukce technologie úpravy vody a zmenšení technologické linky.

### 7.4.1 Výpočet potřeby šedé vody

Aby bylo možné navrhnout jednotku pro úpravu šedé vody je nutné nejprve spočítat potřebu šedé vody na den pro tento objekt. Výpočet proběhl dle vztahu:

$$Q_{24} = q_{wc} \cdot n + q_{pis} \cdot n + q_{úkl} \cdot n \quad (7.2)$$

$q_{wc}$ ... potřeba vody na jedno spláchnutí toalety [m<sup>3</sup>]

$q_{pis}$ ... potřeba vody na jedno spláchnutí pisoáru [m<sup>3</sup>]

$q_{úkl}...$  potřeba vody pro úklid [ $m^3$ ]

$n...$  počet měrných jednotek [počet osob, použití,  $m^2$ ]

Ve vztahu 7.2 je zahrnuta i potřeba pro úklid. Budou umístěny kohouty v sanitárních místnostech, kde tedy bude následně možné napustit vodu pro úklid všech dostupných ploch.

Pro stanovení měrných jednotek jsem vycházel z denní návštěvnosti, kterou jsem stanovoval v kapitole 7.2.1.

Pro výpočet byly zavedeny tyto předpoklady:

- počet mužů je roven jedné polovině návštěvníků,
- počet žen je roven jedné polovině návštěvníků,
- každá žena využije jednu toaletu,
- každý muž použije jednu pisoár,
- každý 6. využije velké splachování na toaletě.

Samotný výpočet je možné vidět v Tabulce 7.1.

**Tabulka 7.1 Výpočet potřeby provozní vody pro splachování toalet a pisoárů**

| Uživatelé | WC                       |          |                           |          | Pisoáry     |           | Celkem<br>[l/den] |
|-----------|--------------------------|----------|---------------------------|----------|-------------|-----------|-------------------|
|           | $q_{wc-malé}$ spláchnutí | n        | $q_{wc-velké}$ spláchnutí | n        | $q_{pis}$   | n         |                   |
|           | [l/použití]              | [os/den] | [l/použití]               | [os/den] | [l/použití] | [os/den]  |                   |
| muži      | -                        | -        | 6                         | 11,667   | 3           | 70        | 280               |
| ženy      | 3                        | 70       | 6                         | 11,667   | -           | -         | 280               |
|           |                          |          |                           |          |             | $\Sigma=$ | 560               |

S vodou potřebnou pro úklid je to problematické. Z důvodu chybějící veškeré dokumentace k objektu plaveckého bazénu v Blansku je nutné použít odborný odhad. Bylo využito znalostí objektu a náhledu do katastrální mapy z důvodu určení přibližné výměry. [68] Nakonec byla určena potřeba 1000 litrů. Celková potřeba byla stanovena na 1560 litrů, tedy  $1,56 m^3$ .

## 7.4.2 Výpočet produkce šedé vody

V kapitole 6.4.3 bylo jmenovitě vysvětleno jaké šedé vody umíme čistit. Proto byly provedeny tyto výpočty pro produkci vody z praní filtrů a odpadní vody ze sprch.

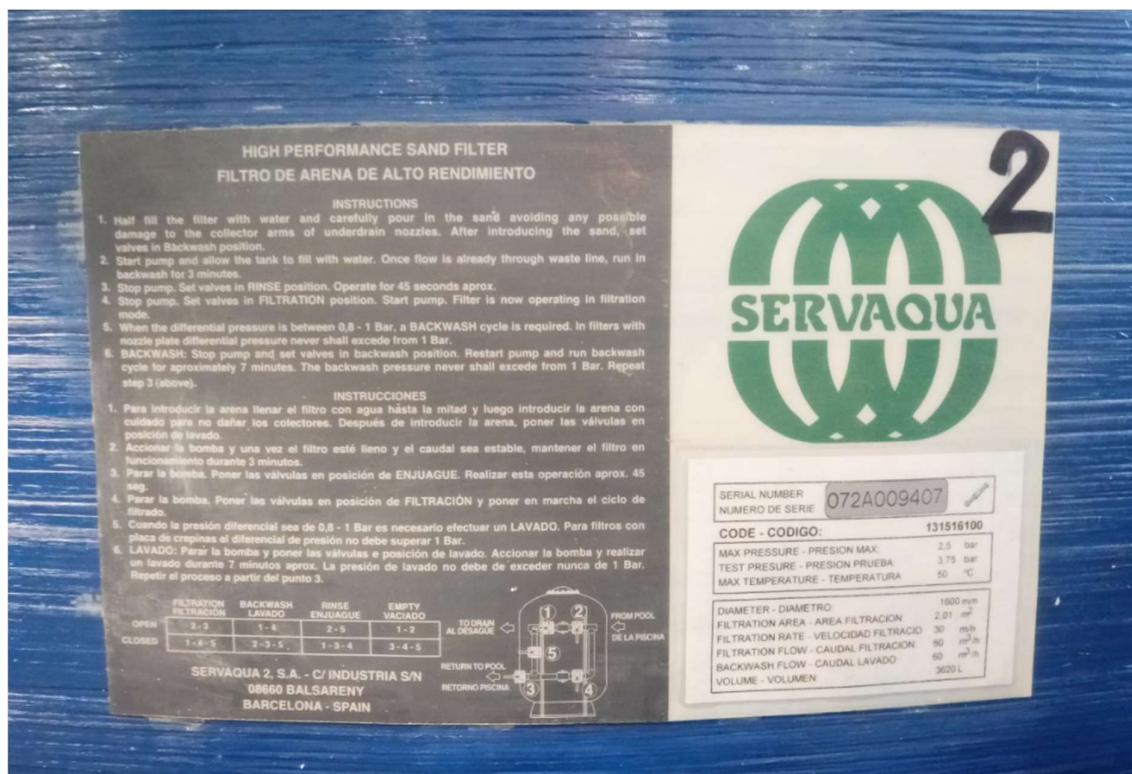
Pro výpočet množství vody byl určen průměr filtru 1,6 metru (Obrázek 7.10) a standartní rychlost praní 60 m/hod. Po vypočtení plochy filtru ( $2,01 m^2$ ) dosadíme do jednoduchého vzorce (7.3):

$$Q_{praní\ filtru} = A_{filtru} \cdot v_{praní\ filtru} \quad (7.3)$$

$Q_{praní\ filtru}...$  množství vody potřebné k praní filtru [ $m^3 \cdot hod^{-1}$ ]

$A_{filtru}...$  plocha filtru [ $m^2$ ]

$v_{praní\ filtru}...$  rychlost praní filtru [ $m \cdot hod^{-1}$ ]



Obr. 7.10 Štítek filtru bazénu v Blansku [76]

Z průtoku, který vyšel 120,64 m<sup>3</sup>/hod bylo následně pomocí vztahu 7.4 vypočítáno množství vody potřebné k praní filtru. Bylo použito předpokladu, že filtr se pere 7 minut (Obrázek 7.10).

$$V_{\text{šedé vody z praní}} = Q_{\text{praní filtru}} \cdot t_{\text{praní filtru}} \quad (7.4)$$

$V_{\text{šedé vody z praní}}$ ... objem šedé vody z praní filtru [m<sup>3</sup>]

$Q_{\text{praní filtru}}$ ... množství vody potřebné k praní filtru [m<sup>3</sup> · hod<sup>-1</sup>]

$T_{\text{praní filtru}}$ ... doba praní filtru [hod]

Bylo spočteno, že z praní jednoho filtru ze tří je třeba 14,07 m<sup>3</sup> vody. Z praní všech tří filtrů máme tedy 42,22 m<sup>3</sup> šedé vody. Při využití poznatků z kapitoly 6.4.3 společnosti Asio, tedy využití pouze 2/3 celkové ho množství šedé vody z praní filtru [59] máme stále 28,15 m<sup>3</sup> šedé vody, což je více než 17krát více, než potřebujeme (kapitola 7.4.1). Šedou vodu z praní filtrů nebudeme tedy využívat.

Další možnost využití máme díky šedé vodě ze sprch. Vycházím zde ze vztahu 7.1 a s předpokladem nové sprchové hlavice. Na jednoho návštěvníka nám tedy vychází 6 l/min. Celkovou produkci šedé vody vypočteme podle vztahu (7.5):

$$V_{\text{šedé vody ze sprch}} = Q \cdot t \cdot n \quad (7.5)$$

$V_{\text{šedé vody ze sprch}}$ ... objem vody použitý ve sprchách [m<sup>3</sup>]

$Q$ ... průtok vody úspornou sprchovou hlavici [m<sup>3</sup> · min<sup>-1</sup>]

$t$ ... doba sprchování jednoho návštěvníka [min]

$n...$  počet návštěvníků

Při předpokladu 140 návštěvníků denně a doby sprchování 60 sekund při vstupu do bazénu a 60 sekund při odchodu z bazénu vychází spotřeba vody ze sprch  $1,69 \text{ m}^3$  denně.

K této hodnotě by se měla přičíst spotřeba vody z umyvadel v sociálních zařízeních. Jedná se o podobně, či málo znečištěné vodě. Problematické bylo stanovení objemu této vody. I ze zkušeností je to velmi složité, a proto jsem použil opravný součinitel  $k$  ( $k=1,05$ ) a postupoval tedy dle vztahu:

$$V_{\text{šedé vody ze soc.zař}} = V_{\text{šedé vody ze sprc}} \cdot k \quad (7.6)$$

$V_{\text{šedé vody ze soc. zař...}}$  celková produkce šedé vody ze sprch a umyvadel [ $\text{m}^3$ ]

$V_{\text{šedé vody ze sprch...}}$  objem vody použitý ve sprchách [ $\text{m}^3$ ]

$k...$  opravný součinitel roven 1,05 [-]

Po využití vztahu 7.6 byla určena produkce šedé vody  $1,77 \text{ m}^3$  denně a byla vybrána jako dostačující k potřebě bílé vody vhodné ke splachování a umývání podlah.

### 7.4.3 Bilanční rovnice šedé vody

Využití šedé vody je nejrentabilnější tehdy, jeli produkce šedé vody a její následná potřeba v přibližně stejných hodnotách.

**Bilanční rovnice:**

$$1,77 - 1,56 = 0,21 \text{ m}^3/\text{den}$$

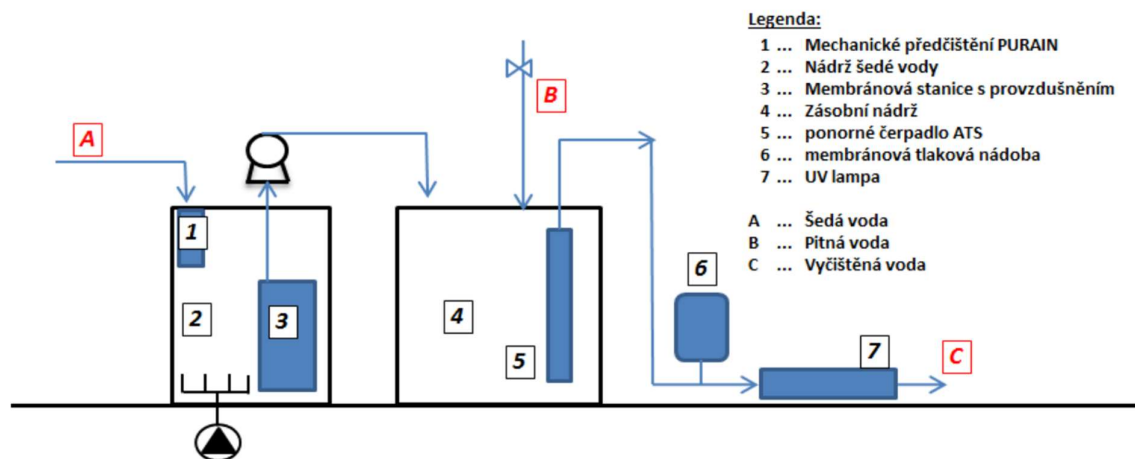
Dle bilanční rovnice zde vychází drobný přebytek šedé vody, který může být využit jinak a v případě nevyužití bude tato voda odvedena do kanalizace pomocí bezpečnostního přepadu.

### 7.4.4 Návrh technologie

Pro pomoc s návrhem jsem oslovil společnost ASIO, spol. s.r.o., která se touto problematikou zabývá několik let a májí tedy zkušenosti vhodné pro tento úkol.

Po konzultaci se nejrentabilnější jevila dimenze jednotky 1800 litrů denně, což je pro tento konkrétní případ vyhovující (produkce šedé vody je 1770 litrů denně). Tento objem je navíc jeden z největších, který dokáže vyčistit systém AQUALOOP od zmíněné společnosti. Tato společnost dodává i jiné, větší systémy, nicméně tento je naprosto vyhovující.

Na konzultacích byly probrány všechny technické specifikace a toto zapojení a tyto součásti byly vyhodnoceny jako nejvhodnější. Schéma zapojení lze vidět na Obrázku 7.11.

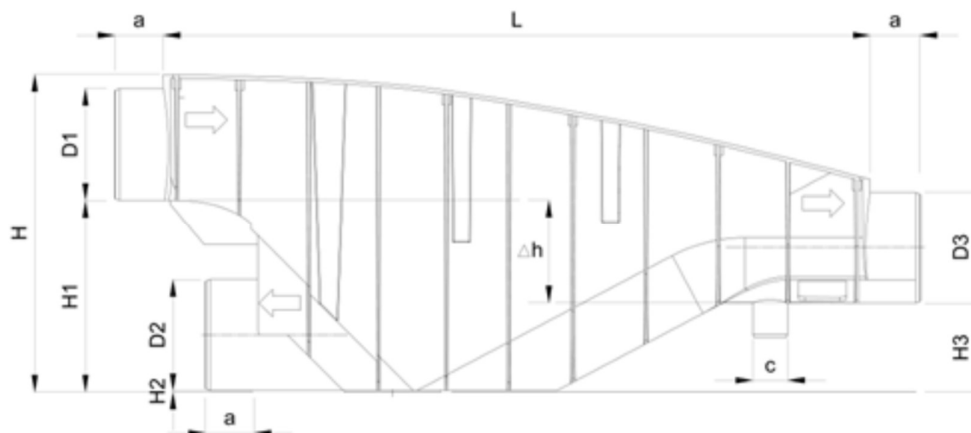


Obr. 7.11 Schéma zapojení jednotky na čištění šedé vody [71]

### *Mechanické předčištění*

Pro mechanické předčištění šedé vody byl vybrán filtr PURAIN. Jeho velkou výhodou je jeho konstrukce, která simuluje hydraulický vodní skok. Ten umožňuje samočištění filtrů. Další velkou předností je robustní síto v tomto filtru, které zaručuje téměř nezničitelnost, a tedy vylučuje nutnost výměny tohoto dílu. Pozitivum je i lichoběžníkový tvar tohoto síta. Díky tomu se nezanášá a neusazují se zde nečistoty. Nečistoty se poté stahují pomocí skimmeru. [69] [70]

Pro náš případ byl vybrán PURAIN PR150.



Obr. 7.12 Mechanické předčištění PURAIN PR150 [70]

**Tabulka 7.2 Technické údaje PURAIN PR150 [70]**

| AS-PURAIN                                                     | PR 150 S         |
|---------------------------------------------------------------|------------------|
| Rozměry (LxBxH) [mm]                                          | 1018x243x485     |
| Nátok (D1) [mm]                                               | DN 150<br>(ø160) |
| Odtok do akumulární nádrže (D2) [mm]                          | DN 150           |
| Odtok do kanalizace (D3) [mm]                                 | DN 150           |
| Výška nátok (H1) [mm]                                         | 277              |
| Výška odtoku do akumulární nádrže (H2) [mm]                   | 2                |
| Výška odtoku kanalizace (H3) [mm]                             | 128              |
| Rozdíl výšek nátok a odtoku do kanalizace ( $\Delta h$ ) [mm] | 149              |
| Délka potrubí a [mm]                                          | 69               |
| Velikost průlin síta [mm]                                     | 0,8              |
| Účinnost [%]                                                  | 98               |
| Materiál                                                      | PP               |
| Hmotnost [kg]                                                 | 6,25             |

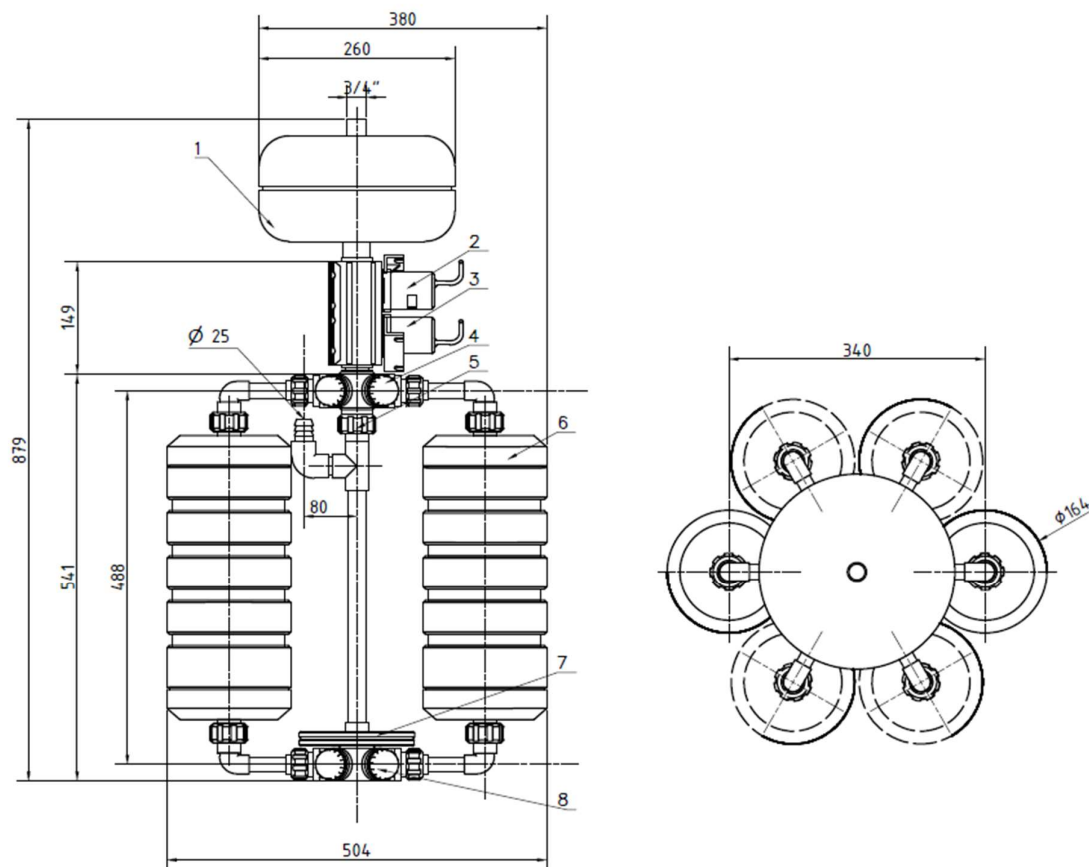
### ***Nádrž šedé vody***

Šedá voda po mechanickém předčištění nateče do biologického reaktoru o objemu 3 m<sup>3</sup> (válcová nádrž o průměru 1600 mm a výšce 1500 mm). Kontinuální biodegradace probíhá v provzdušněném fluidním loži pomocí bakterií. Pro plnou funkčnost je nutno několikátý denního provozu, kdy se bakterie usazují na nosiči biomasy. [71]

Tato nádrž musí být napojena na bezpečnostní přepad do kanalizace.

### ***Membránová technologie***

V nádrži na šedou vodu bude umístěna stanice AQUALOOP 36 (Obrázek 7.13) o šesti membránách, což je maximum tohoto systému. Stanice je umístěna vertikálně a je k ní připojena hadice na odtah permeátu. Jelikož jsou membránové patrony umístěny symetricky, je možné rovnoměrný odtah vyčištěné vody do nádrže vyčištěné provozní vody. Všechny membrány jsou čištěny automaticky, a to za pomoci zásobní nádrže proplachové vody, která je umístěna nad čerpadlem. Mimo čištění proplachem je membrána pravidelně oplachována vzduchem, aby se uvolnila vlákna z vkladů. Proto musí být napojena na zdroj tlakového vzduchu, neboli dmychadlo, které je umístěno mimo samotnou nádrž. Dmychadlem je rovněž zaručeno dostatečné množství kyslíku pro biologické procesy. [73]

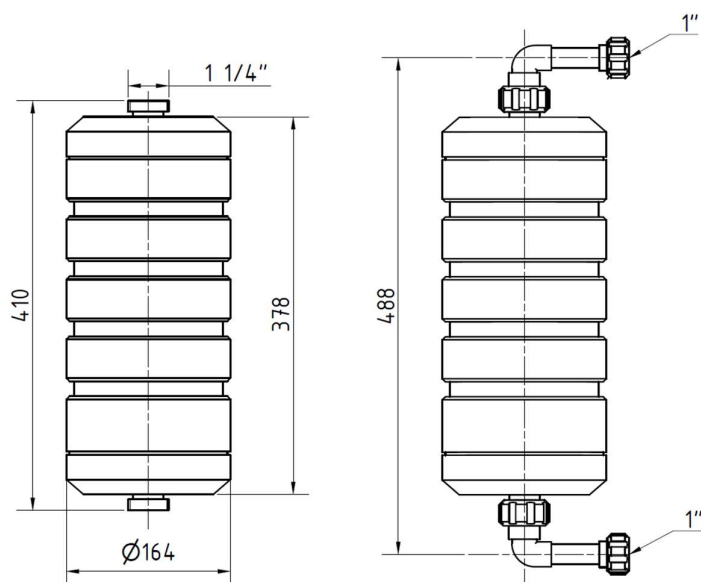


Obr. 7.13 Membránová stanice [72]

1 – nádoba zpětného proplachu, 2 – čerpadlo proplachu, 3 – čerpadlo permeátu, 4 – sběrný port permeátu, 5 – připojení tlakového vzduchu, 6 – membránové patrony, 7 – závaží, 8 – rozdělovací port provzdušňování

Součástí systému je 6 membránových patron C-MEM (Obrázek 7.14). Ty využívají patentově chráněná organická vlákna (dutá, porézní s mikropóry). Vnější průměr těchto vláken je menší než 1 mm. Těchto vláken jsou v jedné patrole stovky. Jsou svázaný dohromady a vytváří dostatečnou plochu ( $6 \text{ m}^2$ ) a tím pádem vlastně dostatečný průtok. Tyto membrány dokáží odstranit až 99,99 % bakterií a 99,7 % virů. Životnost patrole je více než 10 let. Mezi další výhody patří:

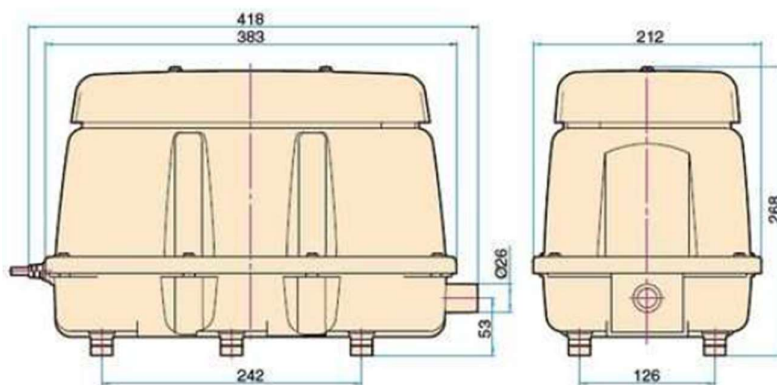
- jednotlivá vlákna jsou hydrofilní, nehrozí tedy vysušení,
- speciální přísady v PE membráně zabraňují růstu mikroorganismů,
- proplachovací tlak může být až 3 bary,
- při filtraci nevznikají další vedlejší produkty,
- jelikož jsou vlákna uložena v kazetě, je zaručena ochrana před mechanickým poškozením. [73]



Obr. 7.14 Membránová patrola C-MEM [73]

### ***Dmychadla***

Navržené dmychadlo je AL-BL200 (Obrázek 7.15). Je to také velmi důležitá součást celé jednotky. Dodává totiž kyslík do bioreaktoru a zároveň je veden pod membránovou stanicí, kde průchodem kolem membrán čistí membrány od usazenin. Každá z patrol může spotřebovat zhruba 30 litrů vzduchu za minutu. [73]



Obr. 7.15 Dmychadlo AL-200L [73]

**Tabulka 7.3 Technická specifikace dmyhadla AL-200L [73]**

|                        |                |
|------------------------|----------------|
| Napájecí napětí        | 230 V AC       |
| Frekvence              | 50 Hz          |
| Tlak                   | 200 mbar       |
| Provozní rozsah tlaku  | 0,05 - 0,3 bar |
| Příkon                 | 215 W          |
| Hmotnost včetně držáku | 12,5 kg        |
| Připojení hadice       | Ø 26 mm        |
| Krytí                  | IP 54          |

### ***Zásobník vyčištěné vody***

Nádrž pro již vyčištěnou, bílou vodu dodá rovněž společnost Asio. Navržena je v objemu 2 m<sup>3</sup> (válcová nádrž o průměru 1300 mm a výšce 1500 mm).

### ***Další součásti AQUALOOP***

Mezi další nezbytné součásti této jednotky patří tlakový senzor (AL-BPS), který měří tlak v rozsahu 0 – 0,6 bar a kalová pumpa VIP130-6 s maximálním výtlakem 6 metrů.

### ***Provozní a monitorovací jednotka***

Pro provoz celého systému byla vybrána jednotka RAINMASTER FAVORIT 40 (Obrázek 7.16). Jedná se o plně automatizovanou jednotku s čerpadlem, řídicí jednotkou s integrovaným systémem pro přepojení na pitnou vodu z řadu (dle EN1717), což je nezbytné v případě nedostatku upravené šedé vody. [74] Technické specifikace a celkové vlastnosti Rainmasteru Favorit 40 lze vidět v Tabulce 7.4

Součástí této jednotky je:

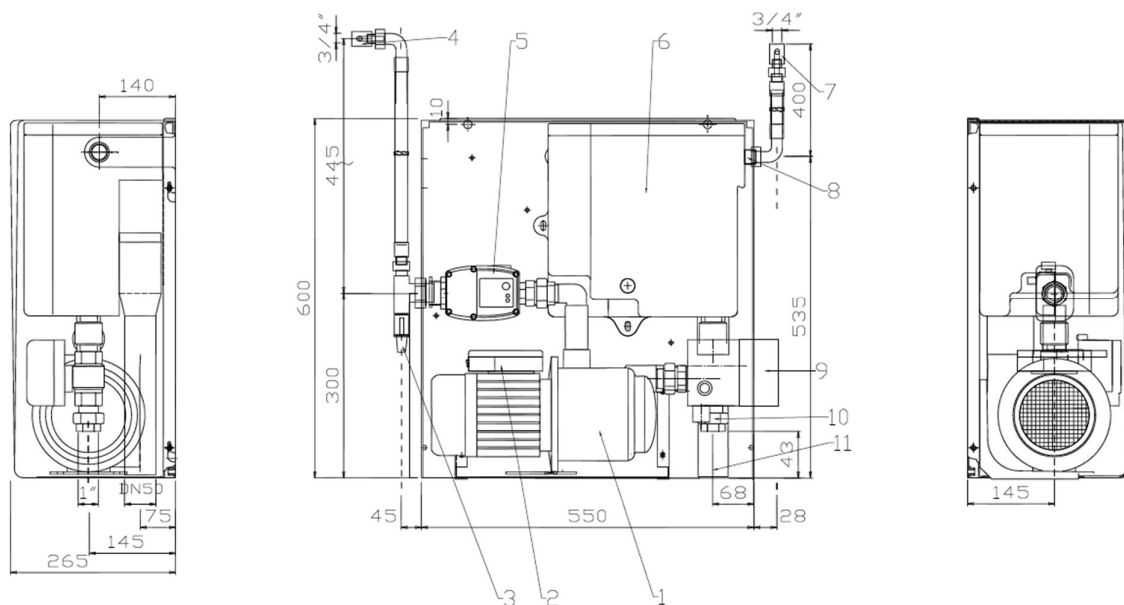
- modul pro dešťové vody RM Favorit (lze využít i pro vody šedé),
- materiál pro uchycení na zeď a montážní návod k obsluze,
- sada pro připojení pitné vody,
- sada pro tlakové připojení,
- plovákový spínač.

Tato jednotka má dva režimy. V automatickém si přivádí samonasávací membránová čerpadla z nádrže k právě používaným spotřebičům. V případě nedostatku upravené, bílé vody se automaticky přepne elektrický třicestní kulový ventil na režim zásobování pitnou vodou. Jakmile se bílá voda doplní, dojde opět k přepnutí na vodu bílou. [74]

V režimu údržbovém pracuje elektrický třicestný kulový ventil nepřetržitě na pitnou vodu. [74]

**Tabulka 7.4 Technická specifikace Rainmasteru Favorit 40 [74]**

|                          |                                           |
|--------------------------|-------------------------------------------|
| Rozměry v x š x h        | 595 x 550 x 265 mm                        |
| Hmotnost                 | 33 kg                                     |
| Síťové napětí            | 230 V AC/50Hz                             |
| Příkon                   | 1,25 kW                                   |
| Spotřeba proudu          | 5,8 A                                     |
| Kondenzátor motoru       | 20 µF                                     |
| Max. provozní tlak       | 5,5 bar                                   |
| Max. průtok              | 110 l/min                                 |
| Hluková hladina          | ca. 65 dBA                                |
| Nastavení tlaku čerpadla | 1,0 - 2,2 bar (tovární nastavení 1,5 bar) |
| Typ ochrany              | IP54                                      |
| Tlak pitné vody          | 2,5 - 6 bar                               |
| Max. výtlačná výška      | 15 m                                      |
| Plovákový spínač/plovák  | 15 m x Ø9 mm                              |
| Typ ochrany plováku      | IP68                                      |



**Obr. 7.16 Rainmaster Favorit [74]**

1 – vícestupňové odstředivé čerpadlo k zařízení RM Favorit 40, 2 – svorkovnice čerpadla, 3 – odvzdušňovací kohout, 4 – tlakový uzavírací ventil (3/4"), 5 – ovládání čerpadla, 6 – zásobní nádržka, 7 – uzavírací ventil pro pitnou vodu (3/4"), 8 – ventil pro přívodu pitné vody, 9 – třicestný kulový ventil, 10 – napojení na sací potrubí (1"), 11 – napojení na nouzový přepad (DN 50)

## UV lampa

K desinfekci bílé vody je nutné zařadit za úpravu vody UV lampu. Byla vybrána WATEX VH410/2 (Obrázek 7.17). Tato lampu zařídí odstranění bakterií, cyst a virů z vody pomocí UV záření. [75] Technické specifikace nalezneme v Tabulce 7.5.



Obr. 7.17 UV lampa Watex VH410/2 [75]

Tabulka 7.5 Technické specifikace UV lampy WATEX VH410/2 [75]

|                                                             |                       |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Napájení                                                    | 230 V                 |
| Teplota tekutiny                                            | 2 až 40°C             |
| Výkon zářivky<br>při 253,7nm                                | 60 W                  |
| Max. provozní tlak                                          | 8,6 bar               |
| Životnost                                                   | až 9000 h             |
| Jmenovitý průtok<br>při ozařování T10=95%<br>dávka 300 J/m2 | 4,2 m <sup>3</sup> /h |
| Průměr přípojky                                             | 1"                    |
| Rozměry                                                     | 89 x 159 x 596 mm     |

### 7.4.5 Technické řešení a uspořádání

Celá technologie úpravy šedé vody bude umístěna v přízemí objektu v prostoru technologie úpravy vody (Obrázek 7.3). Z důvodu technologické inovace v minulosti zde došlo k úspoře prostoru.

Bohužel z důvodu chybějící projektové dokumentace není možné přesně zakreslit umístění jednotky úpravy šedé vody, bylo vytvořeno pouze schéma umístění (Obrázek 7.18). Odkanalizování bezpečnostního přepadu bude vybudováno gravitačně. Možné je to z důvodu umístění technologie v přízemí objektu.



Obr. 7.18 Umístění úpravny šedé vody

## 8 EKONOMICKÉ POSOUZENÍ

V poslední části této diplomové práce se věnuji ekonomické posouzení vybraných úsporných opatření. Nutno podotknout, že zaměření objektu pro potřeby vytvoření projektové dokumentace stávajícího stavu nejsou v době odevzdání práce stále ještě hotové. Proto jsou metráže orientačně změřeny pásmem, popřípadě odhadnuty.

### 8.1 POLOŽKOVÝ ROZPOČET

K rozpočtu byla ve většině položek využita cenová soustava od společnosti RTS, a. s. pro rok 2019, v některých případech byla cena dána dle zkušenosti a dostupných pramenů. Uvedené ceny jsou bez DPH.

#### 8.1.1 Rozpočet kanalizace

Kanalizace (tedy svod odpadní vody ze sprch a umyvadel) musí být pro šedou vodu vyvedena nová. Nová musí být rovněž přípojka bezpečnostního přepadu z úpravny šedé vody.

Tabulka 8.1 Rozpočet vnitřní kanalizace

| Číslo           | Název                                                           | Množství | MJ  | Cena / MJ | Celkem Kč        |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------|----------|-----|-----------|------------------|
| 721 15-2207.R00 | Potrubí Geberit PE odpadní - svislé, D 90 x 3,5 mm              | 8,50     | m   | 1 028,00  | 8 738,00         |
| 721 15-4207.R00 | Potrubí Geberit PE svodné (ležaté) v zemi D 90x3,5              | 6,00     | m   | 725,00    | 4 350,00         |
| 721 15-4209.R00 | Potrubí Geberit PE svodné (ležaté) v zemi 125x4,9               | 7,50     | m   | 961,00    | 7 207,50         |
| 721 17-4063.R00 | Větrací potrubí DN110                                           | 12,00    | m   | 32,00     | 384,00           |
| 721 29-0111.R00 | Zkouška těsnosti kanalizace vodou DN 125                        | 38,00    | m   | 23,60     | 896,80           |
| 721 27-1106.R00 | Hlavice ventilační kameninová DN 125                            | 1,00     | kus | 1 249,00  | 1 249,00         |
| 721 10-0011.RAA | Kanalizace vnitřní, PVC, D 110 mm, zemní práce, rýha 30 x 40 cm | 29,00    | m   | 1 158,00  | 33 582,00        |
| <b>Celkem</b>   | <b>721 Vnitřní kanalizace</b>                                   |          |     |           | <b>56 407,30</b> |

Celkové náklady na výstavbu vnitřní kanalizace jsou tedy 56 407,30 Kč.

#### 8.1.2 Rozpočet vnitřního vodovodu

Pro rozvod bílé vody byly použity položky pro vodovod. Je třeba navrhnout nový vodovod téměř ke všem zařízením (toalety). Následně je navržen svod do sanitárních místností společně s ventilem pro napouštění vody.

Do této části je zahrnuta i montáž úpravny vody od společnosti ASIO.

**Tabulka 8.2 Rozpočet vnitřního vodovodu**

| Číslo                       | Název                                                                              | Množství | MJ     | Cena / MJ | Celkem Kč        |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|-----------|------------------|
| 722 17-2310.R00             | Potrubí z PPR Instaplast, D 16x2,2 mm, včt zedn.                                   | 21       | m      | 301,5     | 6 331,50         |
| 722 17-2311.R00             | Potrubí z PPR Instaplast, D 20x2,8 mm, včt. zedn.                                  | 30       | m      | 318,5     | 9 555,00         |
| 722 17-2313.R00             | Potrubí z PPR Instaplast, D 32x4,4 mm, včt. zdn                                    | 12       | m      | 470,5     | 5 646,00         |
| 286-550500R                 | Nástěnka MZD 16 x 3/8" PP R Instaplast, nástěnné koleno s kovovým závitem vnitřním | 10       | kus    | 192,5     | 1 925,00         |
| 286-550502R                 | Nástěnka MZD 20 x 1/2" PP R Instaplast, nástěnné koleno s kovovým závitem vnitřním | 7        | kus    | 190       | 1 330,00         |
| 722 18-1111.R00             | Ochrana potrubí plstěnými pásy do DN 20                                            | 51       | m      | 58,2      | 2 968,20         |
| 722 18-1114.R00             | Ochrana potrubí plstěnými pásy DN 40                                               | 12       | m      | 103       | 1 236,00         |
| 722 28-0107.R00             | Tlaková zkouška vodovodního potrubí DN 40                                          | 63       | m      | 15,1      | 951,30           |
| 722 20-2513.R00             | Ventil přímý PP-R INSTAPLAST D 25x3/4"                                             | 3        | kus    | 431       | 1 293,00         |
| 722 29-0234.R00             | Proplach a dezinfekce vodovod.potrubí DN 80                                        | 63       | m      | 31,3      | 1 971,90         |
| 722 00-0000.R00             | Demontáž sprch a montáž hlavíc a piezo tlačítek                                    | 4        | hod    | 200       | 800,00           |
| <b>722 Vnitřní vodovod</b>  |                                                                                    |          |        |           | <b>34 007,90</b> |
| 724 23-9108.R00             | Montáž ventilu zpětných závitových G 3/4                                           | 3,00     | kus    | 74,20     | 222,60           |
| 551-41100R                  | Ventil rohový mosazný IVAR.KING 1/2" x 3/8" , s filtrem, bez matky                 | 3,00     | kus    | 165,00    | 495,00           |
| 724 21-1192.R00             | Montáž domovní vodárny, bez potrubí a čerp.stanice                                 | 1,00     | soubor | 3 720,00  | 3 720,00         |
| 551-13404.AR                | Kohout kulový rohový R780 1/2" plnoprūt. GIACOMINI                                 | 15,00    | kus    | 288,00    | 4 320,00         |
| 551-13405.AR                | Kohout kulový rohový R780 3/4" plnoprūt. GIACOMINI                                 | 3,00     | kus    | 422,00    | 1 266,00         |
| <b>724 Strojní vybavení</b> |                                                                                    |          |        |           | <b>10 023,60</b> |
| <b>Celkem</b>               |                                                                                    |          |        |           | <b>44 031,50</b> |

Celkové náklady na výstavbu vnitřního vodovodu a strojního vybavení byly stanoveny na 66 530,90 Kč.

### 8.1.3 Rozpočet zednických prací

Do rozpočtu zednických prací bylo započítáno i uvedení do původního stavu. V případě rozsáhlejší rekonstrukce rozvodů by bylo možné tuto položku zanedbat.

Tabulka 8.3 Rozpočet zednických prací

| Číslo           | Název                                                 | Množství | MJ  | Cena / MJ | Celkem Kč        |
|-----------------|-------------------------------------------------------|----------|-----|-----------|------------------|
| 612 10-0010.RAA | Hrubá výplň rýh ve stěnách, včetně omítky a malby     | 29,00    | m2  | 1 115,00  | 32 335,00        |
| 612 10-0031.RA0 | Oprava omítek stěn vnitřních vápenocem. štukových     | 29,00    | m2  | 182,00    | 5 278,00         |
|                 | <b>61 Úpravy povrchů vnitřní</b>                      |          |     |           | <b>37 613,00</b> |
| 630 90-0030.RAB | Vybourání dlažby a podkladního betonu, tloušťka 10 cm | 12,00    | m2  | 604,00    | 7 248,00         |
|                 | <b>63 Podlahy a podlahové konstrukce</b>              |          |     |           | <b>7 248,00</b>  |
| 974 04-2533.R00 | Vysekání rýh betonová, monolitická dlažba 5x10 cm     | 20,00    | m   | 152,00    | 3 040,00         |
|                 | <b>97 Prorážení otvorů</b>                            |          |     |           | <b>3 040,00</b>  |
| 781 44-1906.R00 | Oprava obkladů z hutných glazovaných 300x200          | 40,00    | kus | 146,00    | 5 840,00         |
|                 | <b>781 Obklady keramické</b>                          |          |     |           | <b>5 840,00</b>  |
| <b>Celkem</b>   |                                                       |          |     |           | <b>53 741,00</b> |

Celkové náklady zednických prací byly spočítány na 53 741,00 Kč.

### 8.1.4 Rozpočet na přesun hmot

Cena stavebního přesunu hmot je stanovena podle odhadu hmotnosti přepravovaného materiálu.

**Tabulka 8.4 Rozpočet přesunu hmot**

| Číslo           | Název                                             | Množství | MJ | Cena / MJ | Celkem Kč      |
|-----------------|---------------------------------------------------|----------|----|-----------|----------------|
| 998 72-2102.R00 | Přesun hmot pro vnitřní vodovod, výšky do 12 m    | 5,67     | t  | 635       | 3600,45        |
| 998 72-1102.R00 | Přesun hmot pro vnitřní kanalizaci, výšky do 12 m | 3,27     | t  | 635       | 2076,45        |
| <b>Celkem</b>   | <b>99 Stavební přesun hmot</b>                    |          |    |           | <b>5676,90</b> |

Celková cena přesunu hmot je stanovena na 5 676,90 Kč.

### 8.1.5 Rozpočet použitých technologií

K vyčíslení použitých technologií byl použit rozpočet od společnosti ASIO a katalogové ceny výrobků.

**Tabulka 8.5 Rozpočet použitých technologií**

| Zařízení                              | Dodavatel | Množství | Cena/MJ    | Celková Kč        |
|---------------------------------------|-----------|----------|------------|-------------------|
| AL-AQUALOOP 36, Rainmaster Favorit 40 | ASIO      | 1        | 260 200,00 | 260 200,00        |
| UV lampa VH410/2                      | WATEX     | 1        | 14 000,00  | 14 000,00         |
| SLS 01P                               | Sanela    | 14       | 4 650,00   | 65 100,00         |
| SLA 13                                | Sanela    | 13       | 1 540,00   | 20 020,00         |
| <b>Celková cena</b>                   |           |          |            | <b>359 320,00</b> |

Celkové náklady pro použité technologie byly stanoveny na 359 320,00 Kč.

### 8.1.6 Celkové pořizovací náklady

V následující tabulce je přehled veškerých pořizovacích nákladů.

**Tabulka 8.6 Celkové pořizovací náklady**

| Položka                     | Cena Kč           |
|-----------------------------|-------------------|
| Rozpočet vnitřní kanalizace | 56 407,30         |
| Rozpočet vnitřního vodovodu | 66 430,90         |
| Rozpočet zednických prací   | 53 741,00         |
| Rozpočet přesunu hmot       | 5 676,90          |
| Rozpočet technologií        | 359 320,00        |
| <b>Celkem</b>               | <b>541 576,10</b> |

Celkový rozpočet na pořizovací náklady je stanoven na 541 576,10 Kč bez DPH.

## 8.2 NÁKLADY NA VÝROBU BÍLÉ VODY

V Tabulce 8.7 lze naléznout náklady na výrobu bílé vody. Do nákladů na výrobu bílé vody z vody šedé jsou zahrnuty tyto položky:

- cena elektrické energie,
- náklady na provoz UV lampy,
- regenerace MBR modulů,
- práce člověka.

Je dán předpoklad výroby 1,77 m<sup>3</sup> bílé vody denně.

**Tabulka 8.7 Cena vyčištěné, bílé vody**

| Položka                    | Popis              | MJ     | Hodnota         | Náklady<br>Kč/rok |
|----------------------------|--------------------|--------|-----------------|-------------------|
| elektrická energie         | instalovaný příkon | kW/hod | 2,1             | 3679              |
|                            | UV lampa           | kW/hod | 0,06            | 1017,04           |
| UV lampa                   | Výměna zářiče      | Kč/kus | 3200            | 780,488           |
| Regenerace                 | MBR moduly         | Kč/kus | 1500            | 3000              |
| Pracovní síla              |                    | Kč/hod | 10              | 1500              |
| <b>Celkem</b>              |                    |        |                 | <b>9976,52</b>    |
| <b>Cena vyčištěné vody</b> |                    |        | <b>15,44 Kč</b> |                   |

Díky Tabulce 8.7 je tedy spočteno, že náklady na výrobu 1 m<sup>3</sup> bílé vody vyjdou na 21,3 Kč.

## 8.2.1 Vývoj cen elektrické energie

Pro potřebu stanovení budoucích nákladů je třeba stanovit budoucí cenu elektrické energie.

**Tabulka 8.8 Ceny elektrické energie [79]**

| Rok  | DPH  | 1kWh vč.<br>DPH | 1kWh bez<br>DPH | Nárůst<br>cen |
|------|------|-----------------|-----------------|---------------|
|      |      | [Kč]            | [Kč]            | [%]           |
| 2013 | 21 % | 4,66            | 3,85            | -             |
| 2014 | 21 % | 4,17            | 3,45            | -10,39        |
| 2015 | 21 % | 4,06            | 3,36            | -2,61         |
| 2016 | 21 % | 3,94            | 3,26            | -2,98         |
| 2017 | 21 % | 3,96            | 3,27            | 0,31          |
| 2018 | 21 % | 4,27            | 3,53            | 7,95          |
| 2019 | 21 % | 4,68            | 3,87            | 9,63          |

Dle této tabulky byl vypočítán průměrný nárůst cen elektrické energie o 0,3 % ročně.

## 8.2.2 Budoucí náklady na výrobu bílé vody

V další tabulce je spočítán odhad vývoje cen v budoucnu na základě nárůstu ceny elektrické energie a připočtení inflace v dalších položkách. Inflace byla stanovena konstantně každý rok na 2,5 %.

**Tabulka 8.9 Vývoj nákladů na úpravu šedé vody v Kč**

| Rok  | Elektrická energie | UV lampa | Regenerace MBR | Pracovní síla | Celkem    |
|------|--------------------|----------|----------------|---------------|-----------|
| 2019 | 4 696,04           | 780,49   | 3 000,00       | 1 500,00      | 9 976,52  |
| 2020 | 4 836,92           | 800,00   | 3 075,00       | 1 537,50      | 10 225,94 |
| 2021 | 4 982,02           | 820,00   | 3 151,88       | 1 575,94      | 10 481,59 |
| 2022 | 5 131,49           | 840,50   | 3 230,67       | 1 615,34      | 10 743,62 |
| 2023 | 5 285,43           | 861,51   | 3 311,44       | 1 655,72      | 11 012,22 |
| 2024 | 5 443,99           | 883,05   | 3 394,22       | 1 697,11      | 11 287,52 |
| 2025 | 5 607,31           | 905,13   | 3 479,08       | 1 739,54      | 11 569,71 |
| 2026 | 5 775,53           | 927,75   | 3 566,06       | 1 783,03      | 11 858,95 |
| 2027 | 5 948,80           | 950,95   | 3 655,21       | 1 827,60      | 12 155,43 |
| 2028 | 6 127,26           | 974,72   | 3 746,59       | 1 873,29      | 12 459,31 |
| 2029 | 6 311,08           | 999,09   | 3 840,25       | 1 920,13      | 12 770,79 |
| 2030 | 6 500,41           | 1 024,07 | 3 936,26       | 1 968,13      | 13 090,06 |
| 2031 | 6 695,42           | 1 049,67 | 4 034,67       | 2 017,33      | 13 417,32 |
| 2032 | 6 896,29           | 1 075,91 | 4 135,53       | 2 067,77      | 13 752,75 |
| 2033 | 7 103,18           | 1 102,81 | 4 238,92       | 2 119,46      | 14 096,57 |
| 2034 | 7 316,27           | 1 130,38 | 4 344,89       | 2 172,45      | 14 448,98 |
| 2035 | 7 535,76           | 1 158,64 | 4 453,52       | 2 226,76      | 14 810,21 |
| 2036 | 7 761,83           | 1 187,60 | 4 564,85       | 2 282,43      | 15 180,46 |
| 2037 | 7 994,69           | 1 217,29 | 4 678,98       | 2 339,49      | 15 559,97 |
| 2038 | 8 234,53           | 1 247,73 | 4 795,95       | 2 397,98      | 15 948,97 |
| 2039 | 8 481,56           | 1 278,92 | 4 915,85       | 2 457,92      | 16 347,70 |
| 2040 | 8 736,01           | 1 310,89 | 5 038,75       | 2 519,37      | 16 756,39 |

### 8.3 VÝPOČET NÁVRATNOSTI INVESTICE

V této kapitole uvádím výpočet návratnosti investice. Probíhá zde zhodnocení a rozumová investice projektu.

#### 8.3.1 Prostá návratnost investice

Tato studie zahrnuje prostou dobu návratnosti investice navržené technologie. Počítá s 15letou životností technologie a 30letou životností stavební části, tedy vnitřních rozvodů. Tato část je počítána z cen bez DPH.

Pro výpočet je použito vyjádření prosté doby návratnosti:

$$T_p = \frac{IN}{CF} \quad (8.1) [80]$$

$T_p$ ... prostá doba návratnosti [rok]

$IN$ ... náklady na investici – investiční výdaj [Kč]

$CF$ ... Cash-flow [Kč]

### 8.3.2 Úspora

Abych mohl vyčíslit finanční úsporu na pitné vodě, je třeba uvažovat meziroční nárůst vody za vodné a stočné. Vodné a stočné v zájmové oblasti je popsáno v Tabulce 8.10.

Tabulka 8.10 Vývoj ceny vody v zájmové oblasti [77] [78]

| Rok  | DPH  | Vodné        | Stočné | V+S*  | Vodné        | Stočné | V+S*   | Nárůst cen** |
|------|------|--------------|--------|-------|--------------|--------|--------|--------------|
| [-]  | [%]  | [Kč bez DPH] |        |       | [Kč vč. DPH] |        |        | [%]          |
| 2010 | 10 % | 32,90        | 33,85  | 66,75 | 36,19        | 37,24  | 73,43  | -            |
| 2011 | 10 % | 32,90        | 33,85  | 66,75 | 36,19        | 37,24  | 73,43  | 0,00         |
| 2012 | 14 % | 35,70        | 35,70  | 71,40 | 40,70        | 40,70  | 81,4   | 6,96         |
| 2013 | 15 % | 37,80        | 37,10  | 74,90 | 43,47        | 42,67  | 86,14  | 4,90         |
| 2014 | 15 % | 37,90        | 40,33  | 78,23 | 43,59        | 46,38  | 89,96  | 4,45         |
| 2015 | 15 % | 38,60        | 40,33  | 78,93 | 44,39        | 46,38  | 90,77  | 0,90         |
| 2016 | 15 % | 40,65        | 40,60  | 81,25 | 46,75        | 46,69  | 93,44  | 2,94         |
| 2017 | 15 % | 40,65        | 41,08  | 81,73 | 46,75        | 47,24  | 93,99  | 0,59         |
| 2018 | 15 % | 41,87        | 42,31  | 84,18 | 48,15        | 48,66  | 96,81  | 3,00         |
| 2019 | 15 % | 43,17        | 43,65  | 86,82 | 49,65        | 50,20  | 99,84  | 3,13         |
| 2020 | 15 % | 46,57        | 45,60  | 92,17 | 53,56        | 52,44  | 106,00 | 6,16         |

\* V+S=vodné a stočné; \*\*nárůst ceny vodného a stočného je vypočten z cen bez DPH

Průměrný nárůst ceny vodného a stočného byl tedy vypočten na 3,30 % ročně.

Další úsporu nutnou započítat je ušetřením 50 % na vodě při sprchování.

### 8.3.3 Prostá doba návratnosti a cash-flow

Jako první je třeba vypočítat cash-flow. Musí se tedy od roční úspory, kde je zahrnuta úspora na šedé vodě (52 481,60 Kč) a úspora na výměně technologií (56 009,87 Kč), odečíst suma rovná provozním nákladům (9 976,52 Kč). Následně pokračujeme dosazením do vztahu pro vypočtení prosté doby návratnosti (8.1):

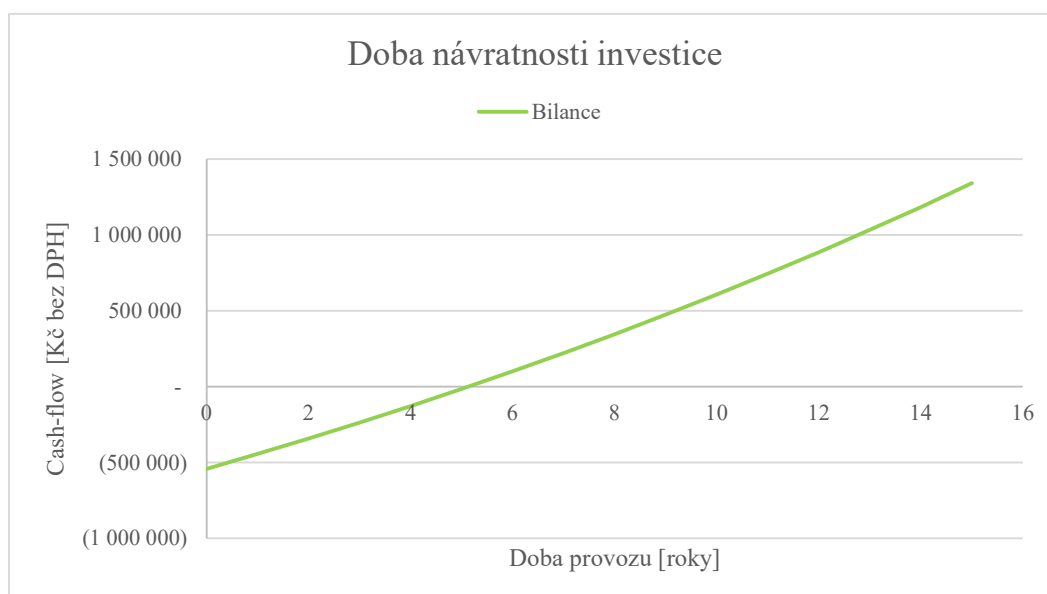
$$T_p = \frac{541\,576,10}{98\,514,95}$$

Stanovena tedy byla na 5,5 let, což zapříčiňuje především levná výměna technologií ve sprchách.

Ještě zajímavější je to s vypočtením celkového cash-flow, kam se započítává nárůst ceny vodného a stočného o 3,3 % ročně. „Pozitivně“ se na době návratnosti odrazí i velmi vysoká cena této položky (pro rok 2020 stanovena na 92,17 Kč bez DPH). Výsledek je tedy zobrazen v Tabulce 8.11. Graficky je to znázorněno v Obrázku 8.1.

**Tabulka 8.11 Cash-flow využívání systému čištění šedých vod**

| Rok | Provozní náklady | Úspora na úpravě šedé vody | Úspora na výměně technologií | Balance      |
|-----|------------------|----------------------------|------------------------------|--------------|
| [-] | [Kč bez DPH]     | [Kč bez DPH]               | [Kč bez DPH]                 | [Kč bez DPH] |
| 0   | -                | -                          | -                            | - 541 576,10 |
| 1   | 9 976,52         | 52 481,60                  | 56 009,87                    | - 443 061,16 |
| 2   | 10 225,94        | 54 213,49                  | 57 858,19                    | - 341 215,42 |
| 3   | 10 481,59        | 56 002,54                  | 59 767,51                    | - 235 926,95 |
| 4   | 10 743,62        | 57 850,62                  | 61 739,84                    | - 127 080,12 |
| 5   | 11 012,22        | 59 759,69                  | 63 777,25                    | - 14 555,39  |
| 6   | 11 287,52        | 61 731,76                  | 65 881,90                    | 101 770,75   |
| 7   | 11 569,71        | 63 768,91                  | 68 056,01                    | 222 025,96   |
| 8   | 11 858,95        | 65 873,28                  | 70 301,85                    | 346 342,14   |
| 9   | 12 155,43        | 68 047,10                  | 72 621,82                    | 474 855,63   |
| 10  | 12 459,31        | 70 292,65                  | 75 018,34                    | 607 707,31   |
| 11  | 12 770,79        | 72 612,31                  | 77 493,94                    | 745 042,77   |
| 12  | 13 090,06        | 75 008,52                  | 80 051,24                    | 887 012,46   |
| 13  | 13 417,32        | 77 483,80                  | 82 692,93                    | 1 033 771,88 |
| 14  | 13 752,75        | 80 040,76                  | 85 421,80                    | 1 185 481,70 |
| 15  | 14 096,57        | 82 682,11                  | 88 240,72                    | 1 342 307,96 |



**Obr. 8.1 Doba návratnosti investice**

### 8.3.4 Čistá současná hodnota investice (NPV)

Net Present Value (NPV), neboli čistá současná hodnota se od prosté doby návratnosti liší počítáním s budoucími peněžními toky, přičemž jejich hodnota v čase závisí na takzvaném diskontu. Diskontování peněžních toků probíhá na roční bázi, proto se diskantová míra stanovuje takzvaně per annum (p. a.), tedy ročně. Úroková sazba, také diskont, byla stanovena na 3 %. [81] Hodnotu NPV lze následně vyjádřit dle vztahu:

$$NPV = \sum_0^t \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad (8.2) [39]$$

$t...$  doba životnosti [rok]

$CF_t...$  generovaný peněžní tok (cash-flow) v roce  $t$  [Kč]

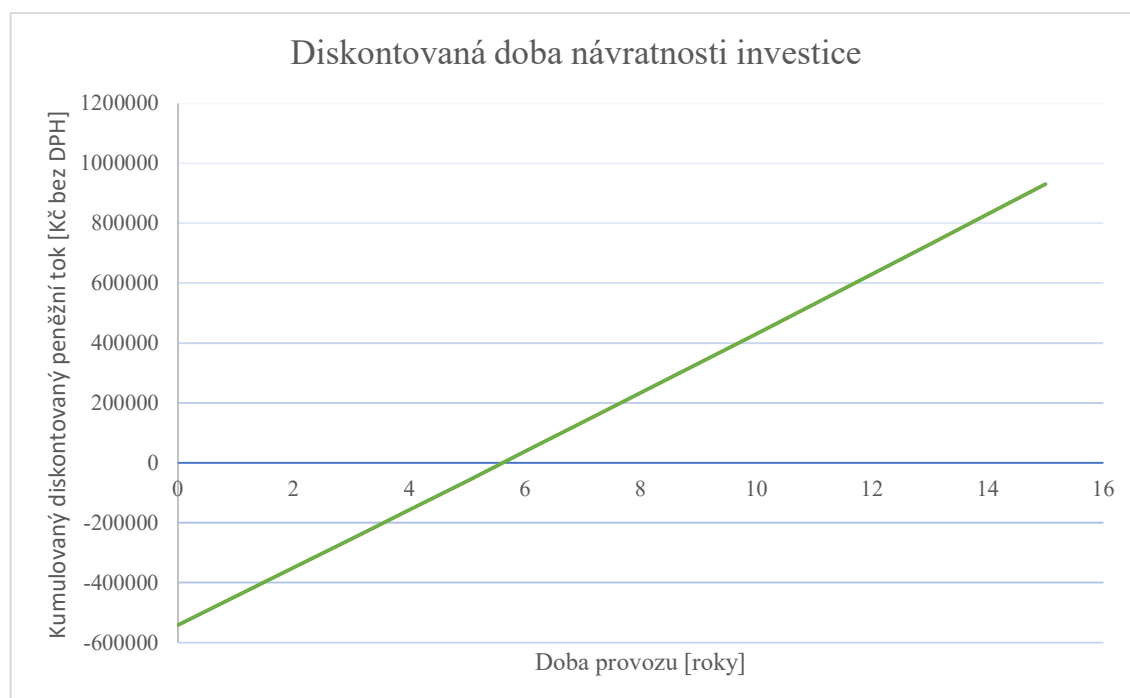
$r...$  úroková míra [%]

Tabulka 8.12 znázorňuje celkovou analýzu peněžních toků a výpočet současné hodnoty systému využití odpadní šedé vody dle vztahu (8.2). Hodnoty čistých peněžních toků (NFC) jsou tvořeny součtem provozních nákladů a hodnot roční úspory. Diskontní faktor  $r^*$  představuje  $(1 + r)^{-t}$ . Diskontovaný peněžní tok (DCF) dále označuje součin  $CF_t$  a  $(1 + r)^{-t}$ . KDFC je označeno jako kumulovaný diskontovaný peněžní tok. [39]

**Tabulka 8.12 Analýza peněžních toků a čistá současná hodnota investice**

| Rok                                                       | 0            | 1            | 2            | 3            | 4            | 5           |
|-----------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| NFC                                                       | - 541 576,10 | 98 514,94    | 101 845,74   | 105 288,46   | 108 846,83   | 112 524,73  |
| $r^*$                                                     | 1            | 0,97087      | 0,94260      | 0,91514      | 0,88849      | 0,86261     |
| DFC                                                       | - 541 576,10 | 95 645,57    | 95 999,38    | 96 353,86    | 96 709,00    | 97 064,82   |
| KDFC                                                      | - 541 576,10 | - 445 930,53 | - 349 931,14 | - 253 577,29 | - 156 868,28 | - 59 803,47 |
| Rok                                                       | -            | 6            | 7            | 8            | 9            | 10          |
| NFC                                                       | -            | 116 326,14   | 120 255,21   | 124 316,18   | 128 513,49   | 132 851,68  |
| $r^*$                                                     | -            | 0,83748      | 0,81309      | 0,78941      | 0,76642      | 0,74409     |
| DFC                                                       | -            | 97 421,31    | 97 778,49    | 98 136,34    | 98 494,89    | 98 854,13   |
| KDFC                                                      | -            | 37 617,85    | 135 396,33   | 233 532,68   | 332 027,57   | 430 881,69  |
| Rok                                                       | -            | 11           | 12           | 13           | 14           | 15          |
| NFC                                                       | -            | 137 335,46   | 141 969,70   | 146 759,42   | 151 709,81   | 156 826,26  |
| $r^*$                                                     | -            | 0,72242      | 0,70138      | 0,68095      | 0,66112      | 0,64186     |
| DFC                                                       | -            | 99 214,06    | 99 574,69    | 99 936,02    | 100 298,06   | 100 660,81  |
| KDFC                                                      | -            | 530 095,75   | 629 670,44   | 729 606,46   | 829 904,52   | 930 565,33  |
| Čistá současná hodnota systému (NPV) = 930 565 Kč bez DPH |              |              |              |              |              |             |

Z analýzy zobrazené v tabulce 8.12 je jasné, že po 15 letech využívání systému čištění šedých vod, při uvažovaném diskontu 3 %, lze uspořit 930 tisíc korun českých. Průběh diskantové doby návratnosti je zobrazen v grafu na Obrázku 8.2.



**Obr. 8.2 Diskontovaná doba návratnosti investice**

## 9 ZÁVĚR

V rámci teoretické části diplomové práce byla vypracována rešerše, která se zpočátku zabývala historií lázeňství jako takového. Následně byla popsána typologie bazénů. Dále jsem se zabýval samotným vodním hospodářstvím a procesy v balneotechnice začínající vodními zdroji a kvalitou vody, byly popsány druhy možného znečištění bazénových provozů a konče následnou úpravou bazénové vody a jejím ukotvením v české legislativě.

Další část jsem věnoval tepelnému hospodářství. K tomu bylo nutné popsat tepelné ztráty a zisky z bazénového provozu. Dále jsem se zabýval výměnou tepla do vody pomocí tepelných výměníků, kotlů a tepelných čerpadel.

V poslední části teorie jsem popsal některé z možností úspor na bazénovém provozu. Většina této kapitoly se soustředila na sociální zařízení. Byly zde zmíněny konkrétní technologie, které lze využít, jako například ekologičtějšími sprchovými hlavicemi, úspoře na splachování toalet, a především znovuvyužitím odpadní vody ze sprch a umyvadel jako zdroje užitkové vody. Zmíněna byla i možnost upravovat a znovu využívat vody určené k praní bazénových filtrů. Prostor byl rovněž věnován úspoře na tepelném hospodářství, především výměníkům tepla z odpadní vody.

V praktické části bylo za úkol aplikovat konkrétní úsporná opatření na bazénový provoz. K tomuto účelu mi posloužil plavecký bazén v Blansku, který je momentálně vcelku zanedbaný a nevyužívá žádné způsoby úspor (až snad na tlačítkové splachování a používání pisoárů).

Jako první jsem se zaměřil na sprchy v tomto provozu. V současné době se zde využívají sprchy běžné v českých domácnostech, což při masovém užívání není vhodné a především úsporné. Navrhl jsem zde tedy změnu sprchových hlavic a výměnu spouštění sprch na piezometrické, a především časově nastavitelné. Tím lze ušetřit 50 % nyní spotřebované vody.

Velmi zajímavé pro mě bylo navrhovat další část. Rozhodl jsem se zde aplikovat jednotku úpravy šedé vody ze sprch. Tento objem sám o sobě bohatě stačil na pokrytí potřeby splachování toalet, pisoárů a možnosti využít ho k umývání podlah. Bylo spočteno, že by se tímto způsobem zde dalo ušetřit ročně zhruba 569 m<sup>3</sup> vody.

V poslední části jsem se zaměřil na návratnost této investice. Ta vyšla relativně lichotivě v každé z využitých metod. Při životnosti technologie 15 let se investice vrátí zhruba už za 5,5 roku. Nutno ovšem podotknout, že při dovršení životnosti technologie lze využít rozvody na bílou vodu, která tvoří necelou polovinu pořizovacích nákladů. Doba návratnosti pořízení další technologie by se tedy snížila. Velmi zajímavé by mohlo být tuto technologii instalovat v případě kompletní rekonstrukce. Nebylo by tedy třeba počítat náklady spojené s vytvořením rozvodů bílé vody.

Další možností úspor by pro tento bazén mohla být rekuperace tepla z odpadní vody, kterou jsem zde také popsal. Bylo by zajímavé a rovněž vhodné pro další studie vypočítat změnu návratnosti investice. Při získávání informací k této práci jsem došel k závěru, že tato varianta by pravděpodobně byla ještě rentabilnější než technologie na úpravu šedé vody.

Na závěr bych rád podotknul, že bazénu v Blansku by „slušela“ kompletní rekonstrukce. Je to velmi velkorysý prostor, který byl vystavěn za minulého režimu a jeho prostory jsou značně předimenzované. V současné době by bylo jen velmi obtížné něco podobného realizovat.

## 10 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] NAYAR, Varun, Kunal SEHGAL a Rajini VAIDYANATHAN. Chennai, the city where drought is visible from space. BBC [online]. 2019 [cit. 2019-09-01]. Dostupné z: [https://www.bbc.com/news/av/world-asia-49017062/chennai-the-city-where-drought-is-visible-from-space?intlink\\_from\\_url=&link\\_location=live-reporting-map](https://www.bbc.com/news/av/world-asia-49017062/chennai-the-city-where-drought-is-visible-from-space?intlink_from_url=&link_location=live-reporting-map)
- [2] MCKENZIE, David a Brent SWAILS. Day Zero deferred, but Cape Town's water crisis is far from over [online]. březen 2018 [cit. 2019-09-01]. Dostupné z: <https://edition.cnn.com/2018/03/09/africa/cape-town-day-zero-crisis-intl/index.html>
- [3] ŠŤASTNÝ, Bohumil. Stavba a provoz bazénů. Praha: ABF-ARCH, 2003. ISBN 80-861-6556-6.
- [4] KRÍŠ, Josef. Bazény a koupaliska. Bratislava: Jaga group, 2000. ISBN 80-88905-30-3.
- [5] SVOBODA, František. *Balneotechnika I. 2.*, dopln. a upravené vyd. Brno: VUT, 1989. ISBN 80-214-1040-X.
- [6] PIVODA, Bohuslav a František SVOBODA. *Balneotechnika*. Brno: VUT, 1983, 325 s.
- [7] NĚMČÍK, Lukáš. *Lázeňství v České republice: Se zaměřením na lázně Jeseník, Luhačovice, Třeboň a Františkovy Lázně*. Praha, 2010. Diplomová práce. Univerzita Karlova. Vedoucí práce PhDr. Jana Duffková, CSc.
- [8] STRÁNSKÝ, Josef B. Z vývoje české technické tvorby: sborník vydaný k 75. výročí založení Spolku českých inženýrů v Praze. V Praze: Spolek českých inženýrů, 1940.
- [9] LHOTÁKOVÁ, Zdeňka. *Bazény*. 2. vyd. ERA group, 2005. Stavíme. ISBN 80-736-6015-6.
- [10] BIELA, Renata a Josef BERÁNEK. *Úprava vody a balneotechnika*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2563-6.
- [11] PERKINS, Philip Harold. *Swimming pools*. 4th ed. New York, 2000. ISBN 04-192-3590-6.
- [12] CIESLAR, Rudolf. Výhody nerezové oceli v bazénech - rychlejší montáž a snadnější údržba [online]. 3.8.2005, Praha: Topinfo, [cit. 2019-09-19]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/2626-vyhody-nerezove-oceli-v-bazenech-rychlejsi-montaz-a-snadnejsi-udrzba>
- [13] LÁTAL, Milan a František SVOBODA. *Komplexní projekt Z I: vodárenství a balneotechnika*. Praha: Mezinárodní organizace novinářů, 1991. ISBN 80-214-0242-3.

- [14] TUHOVČÁK, Ladislav, Pavel ADLER, Tomáš KUČERA a Jaroslav RACLAVSKÝ. Vodárenství: A. Úprava vody. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2006.
- [15] Vyhláška č. 238/2011 Sb.: Vyhláška o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch. 2011, 87/2011, číslo 238.
- [16] STRYKOVÁ, Iva. Opatření pro úsporu provozu bazénů. Brno, 2011. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Renata Biela, Ph.D.
- [17] LITSCHMANN, Patrik. Využití flotace v úpravnách vody. Brno, 2018. 62 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Renata Biela, Ph.D.
- [18] POSPÍCHAL, Zdeněk. Desinfekce - cílená a bez vedlejších vlivů. TZB-info [online]. 20.7.2010, Praha: Topinfo, [cit. 2019-10-11]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/provoz-a-udrzba-voda-kanalizace/6653-desinfekce-cilena-a-bez-vedlejsich-vlivu>
- [19] BEE, Peta. Talking dirty. The Times [online]. The Times, 28. srpna 2007 [cit. 2019-10-11]. Dostupné z: <https://www.thetimes.co.uk/article/talking-dirty-bqpd5xzl0r9>
- [20] Multivrstvá písková filtrace. CULLIGAN.CZ s r.o. [online]. Rudná u Prahy [cit. 2019-10-25]. Dostupné z: <http://www.culligan.cz/index.php/upravy-vod/bazeny/multivrstva-piskova-filtrace-bazeny>
- [21] TŘEŠKA, Michal. Úprava vody v bazénech: 8.7.2015. TZB-info [online]. EuroClean, Praha: Topinfo, [cit. 2019-10-25]. ISSN 1801-4399 Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/bazeny/12949-uprava-vody-v-bazenech>
- [22] SKLENÁŘ, Josef. Balneotechnika - I. Praha: České vysoké učení technické, 1987.
- [23] ŠŤASTNÝ, Bohumil. Úprava bazénových vod. Praha, 2010. Habilitační spis. České vysoké učení technické v Praze.
- [24] Lapač vlasů LV 1 - LV2. Toma Opava [online]. Opava [cit. 2019-10-18]. Dostupné z: <http://www.tomaopava.wz.cz/9.htm>
- [25] Andrea Wagnerová Uplatnění chlorace při dezinfekci veřejných bazénových vod. Brno, 2014. 63 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Renata Biela, Ph.D.
- [26] DE MENEZES, Jack. Rio 2016: Green Olympic pool drained as organisers reveal hydrogen peroxide caused colour change: 80 litres of hydrogen peroxide was dumped into the two pools in the Aquatics Centre without organisers' knowledge. Independent [online]. Londýn [cit. 2019-10-26]. Dostupné z: 14.8.2016
- [27] COTOVICZ, Luiz C., Bastiaan A. KNOPPERS, Nilva BRANDINI, Dominique POIRIER, Suzan J. COSTA SANTOS, Renato C. CORDEIRO a Gwenaël ABRIL.

- Predominance of phytoplankton-derived dissolved and particulate organic carbon in a highly eutrophic tropical coastal embayment (Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil). *Biogeochemistry*. 2018, **137**(1-2), 1-14. DOI: 10.1007/s10533-017-0405-y. ISSN 0168-2563. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s10533-017-0405-y>
- [28] PRETTY, Adam. General view of the diving pool at Maria Lenk Aquatics Centre on Day 4 of the Rio 2016 Olympic Games on August 9, 2016 in Rio de Janeiro, Brazil. *Gettyimages* [online]. Rio de Janeiro: gettyimages, 2016, 9.10.2016 [cit. 2019-10-28]. Dostupné z: <https://www.gettyimages.com/detail/news-photo/general-view-of-the-diving-pool-at-maria-lenk-aquatics-news-photo/587765334?adppopup=true>
- [29] NEUBERGER, Pavel, Daniel ADAMOVSKEÝ a Radomír ADAMOVSKEÝ. Termomechanika. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 978-80-213-1634-8.
- [30] ROSYPAL, Š. Výměníky tepla. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 32 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Marek Baláš.
- [31] Solární ohřev vody. *TZB-info* [online]. A-Z výstavba fotovoltaických elektráren na klíč od PRE, 12.8.2013, Praha: Topinfo [cit. 2019-11-03]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/8526-solarni-ohrev-vody>
- [32] Tepelná čerpadla. *TZB-info* [online]. Praha: Topinfo [cit. 2019-11-03]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla>
- [33] Tepelná čerpadla: Aplikace. *TZB-info* [online]. Topinfo, Praha [cit. 2019-11-03]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/328-aplikace#sportoviste>
- [34] Vyhláška č. 97/2014 Sb.: Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 238/2011 Sb., o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch. 2014, 41/2014, číslo 97.
- [35] Historie sprchování: Už Babyloňané vynalezli mýdlo, mechanická sprcha vznikla až v 18. století. *TZB-info* [online]. Praha: Topinfo, 24.6.2017 [cit. 2019-11-10]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/koupelny-a-wc/15955-historie-sprchovani-uz-babylonane-vynalezli-mydlo-mechanicka-sprcha-vznikla-az-v-18-stoleti>
- [36] DŘEVOJÁNKOVÁ, Zdeňka. Úspora vody používáním moderních spotřebičů. *TZB-info* [online]. Praha: Topinfo, 2017 [cit. 2019-11-10]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/koupelny-a-wc/16572-uspora-vody-pouzivanim-modernich-spotrebicu>
- [37] SLS 01P. *Sanela* [online]. Lanškroun [cit. 2019-11-12]. Dostupné z: <https://www.sanela.cz/img/482x402/1585/0-sls-01p>
- [38] SLS 02. *Sanela* [online]. Lanškroun [cit. 2019-11-12]. Dostupné z: <https://www.sanela.cz/img/482x402/1580/0-sls-02>

- [39] Bc. Kristýna Velikovská Technologie znovuvyužití odpadních vod. Brno, 2019. 96 s., Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce prof. Ing. Petr Hlavínek, CSc., MBA
- [40] PAVEL, Švela a Dagmar ČESKÁ. UŠETŘETE AŽ 60 % ENERGIE PŘI SPRCHOVÁNÍ. Asio [online]. Brno: Asio, 21.5.2019 [cit. 2019-11-12]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/961.usetrete-az-60-energie-pri-sprchovani>
- [41] PAVEL, Švela a Čechová DAGMAR. VYUŽIJTE ENERGII PŘI SPRCHOVÁNÍ JEDNODUŠE VÍCKRÁT. Asio [online]. Brno, 26.6.2019 [cit. 2019-11-12]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/988.vyuzijte-energii-pri-sprchovani-jednoduse-vickrat>
- [42] BŘINDOVÁ, Romana. Využití tepla odpadních vod. Praha, 2016. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Praze, fakulta stavební. Vedoucí práce Ing. Roman Vavříčka, Ph.D.
- [43] ČSN EN 1717. Ochrana proti znečištění pitné vody ve vnitřních vodovodech a všeobecné požadavky na zařízení na ochranu proti znečištění zpětným průtokem. 2002
- [44] MORONG, Miroslav. Rekuperace tepla ve sprchách. Praha, 2016. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Praze, fakulta strojní. Vedoucí práce Ing. Roman Vavříčka, Ph.D.
- [45] VELIKOVSKÁ, K., PLOTĚNÝ, K., RAČEK, J. a HLAVÍNEK, P. Možnosti využití tepelné energie z odpadních vod. Vodovod.info – vodárenský informační portál [online]. 12.4.2019, 04/2019, [cit. 2019-11-14]. ISSN 1804-7157 Dostupné z: <http://www.vodovod.info/index.php/kanalizace-a-cov/420-moznosti-vyuziti-tepelne-energie-z-odpadnich-vod#.XcljGCTQjes>
- [46] SCHMID, Felix. SEWAGE WATER INTERESTING HEAT SOURCE FOR HEAT PUMPS AND CHILLERS. [online]. 2008. vyd. Zürich, Switzerland: SwissEnergy Agency for Infrastructure Plants. Dostupné z: <http://www.scribd.com/doc/123320392/SEWAGE-WATER-INTERESTING-HEAT-SOURCE-FOR-HEAT-PUMPS-AND-CHILLERS> British Standard BS 8525-1:2010. Greywater systems – Part 1: Code of practice. UK: BSI, 2010.
- [47] Výměníky AS-ReHeater. Asio [online]. Brno [cit. 2019-11-14]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/as-reheater-vymeniky>
- [48] TLÁŠEK, Miroslav. Využití tepla z odpadní vody. Brno, 2014. 65 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce prof. Ing. Petr Hlavínek, CSc., MBA.
- [49] DŘEVOJÁNKOVÁ, Zdeňka. Úspora vody při splachování WC. TZB-info [online]. Praha: Topinfo, 30.10.2017 [cit. 2019-11-14]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/koupelny-a-wc/16489-uspore-vody-pri-splachovani-wc>

- [50] KALINOVÁ, Sylvie. Suché pisoáry z pohledu správy a uživatelů. TZB-info [online]. Praha: Topinfo, 24.9.2013 [cit. 2019-11-14]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/koupelny-a-wc/10371-suche-pisoary-z-pohledu-spravy-a-uzivatelu>
- [51] MAKOVÁ, Petra. Hospodaření s vodou na plaveckém stadionu Lužánky. Brno, 2013. 126 s., 7 s příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Renata Biela, Ph.D..
- [52] P., HLAVÍNEK, MIČÍN J., PRAX P., MIFEK R. a HLUŠTÍK P. Stokování a čištění odpadních vod. Brno: VUT v Brně, FAST, 2006.
- [53] ČSN EN 12056-1 až 5: Vnitřní kanalizace – Gravitační systémy – část 1 až 5. Praha: Český normalizační institut, 2001. 14 s, 35 s, 36 s, 22 s, 12 s.
- [54] DIN 4045: Abwassertechnik – Grundbegriffe (Wastewater engineering), 2003
- [55] EGYPTIAN-GERMAN PRIVATE SECTOR DEVELOPMENT PROGRAMME. Grey water recycling & reuse: Towards a sustainable unitization of domestic water [online]. Deutsche Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit, 2011 [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: <http://www.yemenwater.org/wpcontent/uploads/2015/11/Grey-Water-Treatment.pdf>
- [56] RAČEK, Jakub. Metodika návrhu systému využití šedých vod ve vybraných objektech. Brno, 2016. 198 s., 2 přílohy, Dizertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.
- [57] KOŽÍŠEK F.; Jak by měli hygienici přistupovat k návrhům na využití vyčištěných odpadních vod. Benáková A., Johanidesová I., Wanner J. (eds). Sborník přednášek a posterových sdělení z 11. bienální konference a výstavy VODA 2015; str. 9–16. Vydal Tribun EU, Brno 2015. ISBN 978-80-263-0971-0. (sborník příspěvků z 11. bienální konference a výstavy VODA 2015, konané v Poděbradech, 16.–18. 9. 2015).
- [58] PIDOU, M.: Hybrid membrane processes for water reuse, Cranfield university, School of Applied Science, Department of Sustainable Systems, Centre for Water Science, PhD Thesis, 2006, supervisor: Dr. Bruce Jefferson.
- [59] PIŇOS, Stanislav. Využití pracích vod z filtrace bazénů v aquaparku v Poreči. Asio [online]. Brno: Asio, 21.8.2014 [cit. 2019-11-28]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/301.vyuziti-pracich-vod-z-filtrace-bazenu-v-aquaparku-v-poreci>
- [60] ČÚZK: Státní správa zeměměřictví a katastru [online]. Praha, 2019 [cit. 2019-11-28]. Dostupné z: <https://www.cuzk.cz/>
- [61] Současné město Blansko. *Město Blansko* [online]. Blansko, 18.04.2017 [cit. 2019-12-02]. Dostupné z: <https://www.blansko.cz/mesto-blansko/>

- [62] ŠEVČÍK, Pavel. Týden od 16.12.2019 do 22.12.2019. Služby Blansko, s.r.o. [online]. Blansko, 2019 [cit. 2019-12-21]. Dostupné z: [https://www.sluzby-blansko.cz/kryty\\_bazen\\_rozpis.html](https://www.sluzby-blansko.cz/kryty_bazen_rozpis.html)
- [63] PETRŮ, Zdeněk. Úsporné sprchy - nové možnosti v úspoře vody. TZB-info [online]. Praha: Topinfo, 23.4.2007 [cit. 2019-11-12]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/koupelny-a-wc/4079-usporne-sprchy-nove-moznosti-v-uspore-vody>
- [64] Hansgrohe EcoSmart šetří vodu a peníze: Úspora vody v koupelně. *Hansgrohe* [online]. Brno [cit. 2019-12-21]. Dostupné z: <https://www.hansgrohe.cz/koupelna/pruvodce/technologie/ecosmart>
- [65] Úsporné sprchy. *Hydrostop* [online]. Staré Hradiště: HODRtechnic [cit. 2019-12-21]. Dostupné z: <https://www.hydrostop.cz/eshop/usporne-sprchy/kat48.html>
- [66] Úspory vody v koupelně - jak je to se sprchováním a plnou vanou vody? *Ekolist.cz* [online]. Praha, 23.3.2012 [cit. 2019-12-21]. ISSN 1802-9019. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/zelena-domacnost/rady-a-navody/uspory-vody-v-koupelne-jak-je-to-se-sprchovanim-a-plnou-vanou-vody>
- [67] SLA 13. *Sanela* [online]. Lanškroun [cit. 2019-12-21]. Dostupné z: <https://www.sanela.cz/img/482x402/1252/0-sla-13>
- [68] ČÚZK. *Český úřad zeměměřický a katastrální* [online]. Praha 8, 2019 [cit. 2019-12-23]. Dostupné z: <https://www.cuzk.cz>
- [69] PLOTĚNÝ, Karel. Nádrže a filtry pro akumulaci a využití srážkových vod. *TZB-info* [online]. Praha: Topinfo, 31.8.2016 [cit. 2019-12-27]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/14621-nadrze-a-filtry-pro-akumulaci-a-vyuziti-srazkovych-vod>
- [70] FILTR NA DEŠŤOVOU VODU AS-PURAIN. *Asio* [online]. Brno [cit. 2019-12-27]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/as-purain>
- [71] KUČERA, Václav. *Nabídka: NV - Bazén*. Brno, 2019.
- [72] ASIO. *AS-GW/AQUALOOP\_STANICE*. ASIO, 2018. Dostupné také z: [https://www.asio.cz/?download=\\_/materialy-as-gw-aqualoop/al\\_ms\\_station.dwg](https://www.asio.cz/?download=_/materialy-as-gw-aqualoop/al_ms_station.dwg)
- [73] ASIO. *AS-GW/AQUALOOP: Projekční a instalační podklady*. Brno, 2019. Dostupné také z: [https://www.asio.cz/?download=\\_/materialy-as-gw-aqualoop/as-gw\\_aqualoop\\_pip.pdf](https://www.asio.cz/?download=_/materialy-as-gw-aqualoop/as-gw_aqualoop_pip.pdf)
- [74] ASIO. *AS-RAINMASTER FAVORIT: NÁVOD K INSTALACI A POUŽITÍ ZAŘÍZENÍ*. Brno, 2016. Dostupné také z: [https://www.asio.cz/?download=\\_/materialy-as-rainmaster/rainmaster-favorit\\_2016-03-23.pdf](https://www.asio.cz/?download=_/materialy-as-rainmaster/rainmaster-favorit_2016-03-23.pdf)
- [75] UV lampa WATEX VH410/2. *WATEX* [online]. Praha [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <https://www.watex.cz/obchod/uv-lampa-watex-vh4102/>

- [76] ŠEVČÍK, Pavel. Štítek filtru na plaveckém bazénu v Blansku. Blansko, 2019.
- [77] *Vývoj vodného a stočného ve VODÁRENSKÉ AKCIOVÉ SPOLEČNOSTI, a.s. - "Svazek vodovodů a kanalizací" měst a obcí okresu Blansko*. Černá Hora, 2017. Dostupné také z: [http://www.mestyscernahora.cz/prilohy/1982/2014/1013727\\_Vodne\\_a\\_stocne\\_od\\_roku\\_1998\\_\(nova\\_cena\\_2014\).pdf](http://www.mestyscernahora.cz/prilohy/1982/2014/1013727_Vodne_a_stocne_od_roku_1998_(nova_cena_2014).pdf)
- [78] Jihomoravský kraj. *Cenavody.cz* [online]. Praha, 2019 [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <http://www.cenavody.cz/kategorie/jihomoravsky-kraj>
- [79] Vývoj cen silové elektřiny. *TZB-info* [online]. Topinfo [cit. 2019-12-30]. Dostupné z: <https://kalkulator.tzb-info.cz/cz/vyvoj-cen-silove-elektriny>
- [80] GULYAS, Holger a Claudia WENDLAND. Characteristic, analytic and sampling of wastewater[online]. [cit. 2019-01-09]. Dostupné z: [https://cgi.tuharburg.de/~awwwweb/wbt/emwater/documents/slides\\_a1.pdf](https://cgi.tuharburg.de/~awwwweb/wbt/emwater/documents/slides_a1.pdf)
- [81] SRDEČNÝ, Karel. *Obnovitelné zdroje energie*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2009. ISBN 978-80-7212-519-7.

## SEZNAM TABULEK

|                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabulka 4.1 Požadavky na mikrobiologické a fyzikálně-chemické ukazatele jakosti vod v umělých koupalištích [34] .....                        | 12 |
| Tabulka 4.2 Kontrola jakosti vody umělého koupaliště [15] .....                                                                              | 13 |
| Tabulka 4.3 Stanovení intenzity recirkulace [15] .....                                                                                       | 15 |
| Tabulka 5.1 Průměrné měsíční množství energie slunečního záření $Q_{s,mes}$ dopadající na ozářenou rovinu pro Prahu (50° s. z. š.) [4] ..... | 27 |
| Tabulka 7.1 Výpočet potřeby provozní vody pro splachování toalet a pisoárů .....                                                             | 46 |
| Tabulka 7.2 Technické údaje PURAIN PR150 [70] .....                                                                                          | 50 |
| Tabulka 7.3 Technická specifikace dmychadla AL-200L [73] .....                                                                               | 53 |
| Tabulka 7.4 Technická specifikace Rainmasteru Favorit 40 [74] .....                                                                          | 54 |
| Tabulka 7.5 Technické specifikace UV lampy WATEX VH410/2 [75] .....                                                                          | 55 |
| Tabulka 8.1 Rozpočet vnitřní kanalizace .....                                                                                                | 57 |
| Tabulka 8.2 Rozpočet vnitřního vodovodu .....                                                                                                | 58 |
| Tabulka 8.3 Rozpočet zednických prací .....                                                                                                  | 59 |
| Tabulka 8.4 Rozpočet přesunu hmot .....                                                                                                      | 60 |
| Tabulka 8.5 Rozpočet použitých technologií .....                                                                                             | 60 |
| Tabulka 8.6 Celkové pořizovací náklady .....                                                                                                 | 60 |
| Tabulka 8.7 Cena vyčištěné, bílé vody .....                                                                                                  | 61 |
| Tabulka 8.8 Ceny elektrické energie [79] .....                                                                                               | 61 |
| Tabulka 8.9 Vývoj nákladů na úpravu šedé vody v Kč .....                                                                                     | 62 |
| Tabulka 8.10 Vývoj ceny vody v zájmové oblasti [77] [78] .....                                                                               | 63 |
| Tabulka 8.11 Cash-flow využívání systému čištění šedých vod .....                                                                            | 64 |
| Tabulka 8.12 Analýza peněžních toků a čistá současná hodnota investice .....                                                                 | 65 |

## SEZNAM OBRÁZKŮ

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Obr. 3.1 Konstrukce různých typů monolitických bazénů [4] .....                              | 9  |
| Obr. 4.1 Technologické schéma bazénu [23] .....                                              | 15 |
| Obr. 4.2 Řez a půdorys akumulární nádrže [23] .....                                          | 16 |
| Obr. 4.3 Lapač vlasů [24] .....                                                              | 17 |
| Obr. 4.4 Typy recirkulačních čerpadel [23] .....                                             | 18 |
| Obr. 4.5 Multivrstvý filtr [20] .....                                                        | 19 |
| Obr. 4.6 Olympijský bazén v Riu de Janeiru [28] .....                                        | 21 |
| Obr. 5.1 Rekuperační výměník tepla [29] .....                                                | 26 |
| Obr. 5.2 Deskový solární kolektor [31] .....                                                 | 27 |
| Obr. 5.3 Princip činnosti solárního kolektoru [4] .....                                      | 28 |
| Obr. 6.1 Tvar a rozsah proudu při sprchování [36] .....                                      | 30 |
| Obr. 6.2 Infračervené a piezometrické ovládání sprch [37] [38] .....                         | 31 |
| Obr. 6.3 Způsoby ovládání zakrytí bazénů [4] .....                                           | 33 |
| Obr. 6.4 Výměníky tepla AS-REHEATER [47] .....                                               | 35 |
| Obr. 6.5 Princip zpětného získávání tepla za pomoci horizontálního výměníku [41] .....       | 35 |
| Obr. 6.6 Použitá technologie [59] .....                                                      | 38 |
| Obr. 7.1 Poloha krytého bazénu v Blansku [60] .....                                          | 39 |
| Obr. 7.2 Budova krytého bazénu Blansko .....                                                 | 40 |
| Obr. 7.3 Schéma budovy plaveckého bazénu (přízemí) .....                                     | 40 |
| Obr. 7.4 Přízemí objektu (vstupní hala, tepelné hospodářství, technologie úpravy vody) ..... | 41 |
| Obr. 7.5 Schéma 1. NP .....                                                                  | 41 |
| Obr. 7.6 Pohled na bazén, sprchy a pisoáry .....                                             | 42 |
| Obr. 7.7 Rozpis bazénu od 16. 12. 2019 do 22. 12. 2019 [62] .....                            | 42 |
| Obr. 7.8 Piezo ovládání sprchy pro jednu vodu SLS 01P [37] .....                             | 44 |
| Obr. 7.9 Sprchová hlavice SLA 13 [67] .....                                                  | 45 |
| Obr. 7.10 Štítek filtru bazénu v Blansku [76] .....                                          | 47 |
| Obr. 7.11 Schéma zapojení jednotky na čištění šedé vody [71] .....                           | 49 |
| Obr. 7.12 Mechanické předčištění PURAIN PR150 [70] .....                                     | 49 |
| Obr. 7.13 Membránová stanice [72] .....                                                      | 51 |
| Obr. 7.14 Membránová patrola C-MEM [73] .....                                                | 52 |

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| Obr. 7.15 Dmychadlo AL-200L [73] .....                | 52 |
| Obr. 7.16 Rainmaster Favorit [74] .....               | 54 |
| Obr. 7.17 UV lampa Watex VH410/2 [75] .....           | 55 |
| Obr. 7.18 Umístění úpravny šedé vody.....             | 56 |
| Obr. 8.1 Doba návratnosti investice .....             | 64 |
| Obr. 8.2 Diskontovaná doba návratnosti investice..... | 66 |

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

|                                                |                                                                    |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| °C                                             | stupně celsia                                                      |
| μm, nm, mm, m, m <sup>2</sup> , m <sup>3</sup> | mikrometr, nanometr milimetr, metr, metr čtvereční, metr krychlový |
| A                                              | ampér                                                              |
| AC                                             | střídavý proud                                                     |
| BSK <sub>5</sub>                               | mikrobiální spotřeba kyslíku za 5 dní při 20 °C                    |
| Cl                                             | chlor                                                              |
| ČR                                             | Česká republika                                                    |
| dBA                                            | decibel                                                            |
| deg                                            | úhlové stupně                                                      |
| DFC                                            | diskontovaný peněžní tok                                           |
| EU                                             | Evropská unie                                                      |
| F                                              | farad                                                              |
| g, kg                                          | gram, kilogram                                                     |
| H                                              | vodík                                                              |
| Hz                                             | hertz                                                              |
| CHSK                                           | chemická spotřeba kyslíku                                          |
| IP                                             | stupeň krytí                                                       |
| J, kJ                                          | joule, kilojoule                                                   |
| Kč                                             | koruny české                                                       |
| KDFC                                           | diskontovaný peněžní tok                                           |
| l                                              | litr                                                               |
| Mj                                             | měrná jednotka                                                     |
| N                                              | dusík                                                              |
| NFC                                            | hodnota čistých peněžních toků                                     |
| NPV                                            | čistá hodnota investice                                            |
| O                                              | kyslík                                                             |
| ø                                              | průměr, průřez                                                     |
| pH                                             | vodíkový exponent                                                  |
| s, sec, h, hod, min                            | sekunda, sekunda, hodina, hodina, minuta                           |
| Sb.                                            | sbírka zákonů                                                      |
| UV                                             | ultrafialové                                                       |
| V                                              | volt                                                               |
| W, kW                                          | watt, kilowatt                                                     |

## SUMMARY

This diploma thesis briefly deals with the history of spas and describes the typology of swimming pools. Afterwards, in the following part water management of public swimming pools is described. This section describes water resources and water quality. There are also mentioned the types of pollution that are a threat to these services. The section about water management ends with the description of water treatment in swimming pools.

After that, this work deals with the characteristics of heat management of swimming pools, especially heat exchangers.

The last part of the theoretical section is devoted to saving measures in public swimming pools, especially in sanitary facilities. Following with a description of the technology of reusing waste water.

In the practical part, the knowledge concerning saving measures was applied to the public swimming pool in Blansko. The most interesting element is the reuse technology of waste water from showers and washbasins to flush toilets and wash the floors. Subsequently, everything was economically evaluated with a return of approximately 5.5 years.