

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA ZDRAVOTNÍHO A EKOLOGICKÉHO
INŽENÝRSTVÍ



**VYHODNOCENÍ VYBRANÝCH PARAMETRŮ
NA BAZÉNOVÉM PROVOZU**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

MARIE PECHAROVÁ

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Bohumil Šťastný, Ph.D.

Květen 2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Pecharová Jméno: Marie Osobní číslo: 484498
Zadávací katedra: Katedra zdravotního a ekologického inženýrství
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Vyhodnocení vybraných parametrů na bazénovém provozu
Název bakalářské práce anglicky: Evaluation of selected parameters in swimming pool
Pokyny pro vypracování:
Rešerše literatury k dané tématice. Analýza dané lokality. Příprava a zpracování podkladů. Vyhodnocení a posouzení vybraných parametrů. Shrnutí výsledků. Závěry a doporučení.
Seznam doporučené literatury:
Sklenář J.: Balneotechnika II. Praha: ČVUT, 1992, ISBN 80-01-008006-1
Šťastný B. Stavba a provoz bazénů, Praha: ABF, 2006
Melichar J., Úvod do čerpací techniky. Praha: ČVUT, 2012, ISBN 9788001050569
Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. Bohumil Šťastný, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce: 16.02.2022 Termín odevzdání BP v IS KOS: 15.05.2022
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání Podpis studenta(ky)

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

V Praze dne _____

Marie Pecharová

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Bohumilu Šťastnému, Ph. D. za konzultace a odborné rady, čas a trpělivost. Dále bych ráda poděkovala panu Ing. Filipu Horkému za pomoc při konzultacích a provozovateli a obsluze radotínského bazénu za ochotu a poskytnuté informace.

Obsah

Abstrakt	7
Klíčová slova	7
Abstract.....	7
Keywords	7
Cíle práce	8
1. ÚVOD DO LÁZEŇSTVÍ.....	9
2. ROZDĚLENÍ KOUPACÍCH VOD	10
3. NÁVRHOVÉ PARAMETRY BAZÉNU.....	11
4. RECIRKULAČNÍ SYSTÉM BAZÉNU	12
4.1 SCHÉMA RECIRKULAČNÍHO SYSTÉMU	12
4.2 BAZÉNOVÁ VANA	13
4.3 AKUMULAČNÍ NÁDRŽ.....	15
4.4 LAPAČE VLASŮ	17
4.5 ČERPADLA	17
4.6 FILTRACE	18
4.7 OHŘEV	19
4.8 CHEMICKÉ HOSPODÁŘSTVÍ	20
4.9 TRUBNÍ ROZVODY	20
5. ZDROJE A KVALITA VODY	21
5.1 ZDROJE VODY	21
5.2 SLEDOVANÉ PARAMETRY KVALITY VODY	22
5.2.1 Fyzikální a chemické vlastnosti	22
5.2.2 Mikrobiologické vlastnosti.....	24
5.2.3 Zařízení pro osobní hygienu.....	24
6. MONITOROVÁNÍ KVALITY VODY	25
6.1 ODBĚR VZORKŮ	25
6.2 MONITOROVÁNÍ FYZIKÁLNÍCH A CHEMICKÝCH PARAMETRŮ	26

6.2.1 Zákaly.....	26
6.2.2 Teplota	26
6.2.3 Chlor volný a vázaný	27
6.2.4 pH.....	28
6.2.5 Celkový organický uhlík (TOC)	28
6.2.6 Dusičnany.....	28
6.3 MONITOROVÁNÍ MIKROBIOLOGICKÝCH UKAZATELŮ	29
6.3.1 Escherichia coli	29
6.3.2 Počet kolonií při 36 °C.....	29
7. KRITICKÁ ANALÝZA	31
8. OBECNÝ POPIS SLEDOVANÉHO BAZÉNU	33
9. TECHNOLOGIE BAZÉNŮ.....	36
10. SLEDOVANÉ PROVOZNÍ PARAMETRY	37
10.1 NÁVŠTĚVNOST	37
10.2 UKAZATELE KVALITY VODY	41
Zákaly	43
pH.....	44
Chlor volný	45
Chlor vázaný	46
Celkový organický uhlík.....	47
Dusičnany.....	48
Escherichia coli	49
Počty kolonií při 36 °C.....	50
11. ZÁVĚR.....	51
Bibliografie	53

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá vyhodnocením vybraných ukazatelů kvality vody bazénového provozu. Práce je rozdělena na část teoretickou a praktickou. Teoretická část práce ve svém úvodu zahrnuje stručnou historii lázeňství a následně se věnuje obecnému popisu recirkulačního systému, kvality a zdrojů bazénové vody, ukazatelů kvality vody a jejich monitorování a limitům. Část praktická se zabývá vyhodnocením vybraných ukazatelů na konkrétním bazénovém provozu. V závěru jsou popsány výstupy měření jednotlivých ukazatelů spolu s jejich vyhodnocením.

Klíčová slova

Bazén, recirkulační systém, kvalita bazénové vody, ukazatelé kvality vody, chlor

Abstract

This bachelor thesis deals with the evaluation of selected indicators of pool water quality. The thesis is divided into theoretical and practical part. In its introduction, the theoretical part includes a brief history of the spa and then deals with a general description of the recirculation system, quality and sources of pool water, water quality indicators and their monitoring and limits. The practical part deals with the evaluation of selected indicators for a specific pool. In the end, the outputs from the measurements of individual indicators are described together with their evaluation.

Keywords

Pool, recirculation system, quality of pool water, water quality indicators, chlorine

Cíle práce

Hlavním cílem této bakalářské práce je vyhodnocení naměřených hodnot vybraných ukazatelů kvality bazénové vody na konkrétním bazénovém provozu. Při vyhodnocování by měla být vynaložena snaha na porovnání naměřených hodnot s časy odběru a počtem osob v bazénu. Cílem práce je nalézt souvislost mezi naměřenými hodnotami jednotlivých ukazatelů a počtem osob v bazénu v době odběru vzorku. K takovému vyhodnocení by měly posloužit data od provozovatele. K analýze dat a jejich vyhodnocení by měly být využity znalosti získané během studia matematiky a statistiky. Dalším cílem bakalářské práce je poukázání na důležité parametry a jejich dosahovaných hodnot v bazénovém provozu.

1. ÚVOD DO LÁZEŇSTVÍ

Zmínky o lázeňství a lázeňských stavbách sahají do období starověku. Už tehdy bylo lázeňství nedílnou součástí životů jednotlivců i celých společností formou minimální hygieny. Mezi první civilizace, které znali léčebné účinky koupele a její vliv na udržení zdraví, patří Asyřané, Indové a Egypťané. Primárním a nejvýznamnějším smyslem koupelí však po dlouhá období zůstávaly náboženské obřady. Ty se odehrávaly v chrámech nebo na místech k obřadům určeným, zpravidla v blízkosti řek. Takové řeky byly poté často považovány a vyhlášovány za posvátné, např. řeka Ganga, Jamuna, Nil apod. [1] K velkému rozmachu lázeňství došlo ve starověkém Řecku, kde se za střed kultury ducha i těla považovala tzv. gymnasia s palestrou (cvičištěm), ke kterým patřily i teplovzdušné a vanové lázně s bazény. Za úplný vrchol lázeňství je považováno období a oblast starověkého Říma. Nejen, že Římané znali všechny druhy lázní, ale tehdy započalo budování soukromých lázní v bohatých rodinách. [1] Úpadek lázeňství nastal ve středověku. S lázněmi se v tomto období setkáváme pouze v palácích a bohatých městských domech. Přepychové lázně z dob Římanů se ocitly ve zpusťšeném stavu. Nově stavěné lázně obsahovaly pouze jednoduchá zařízení a byly umístěny na místech lázní původních nebo přímo vedle nich. Nedochozelo k hustému budování nových lázeňských oblastí. [2]

Cíl a smysl lázeňství se po století výrazně proměňoval v závislosti na kvalitě života lidí a vyspělosti civilizací. Lázeňství postupně přestával dominovat cíl osobní hygieny, a naopak se začal upřednostňovat smysl bazénů pro účely rekreační a sportovní. Plavání a koupání začaly představovat cestu k vylepšení a zpestření způsobu života a k utužení zdravotní stavu.

Počátkem období plaveckých bazénů se rozumí rok 1920; od té doby do současnosti vzniklo v průmyslových zemích Ameriky i Evropy tisíce veřejných i soukromých, krytých i nekrytých bazénů a koupališť. I na území České republiky vzniklo ve velkém množství obcí a měst tzv. sokolské koupaliště. S nárůstem zájmu o bazény během 20. století se přistoupilo k přísnějšímu monitorování a důkladnému vyhodnocování kvality vody. Postupem času se zpříšňovaly také podmínky na kvalitu bazénových vod a začali se používat i jiná dezinfekční činidla než jen chlor a skalice modrá. Dále se začaly vyvíjet i nové méně škodlivé technologie dezinfekce, jako např. ozonizace, UV záření, elektrolýza nebo stříbro.

Udržení dobré kvality vody se stalo základní podmínkou provozování bazénu. Celkový návrh veřejného bazénu musí být proveden v souladu s aktuálním zněním platného *Zákona č. 258/2002 Sb. - Zákon o ochraně veřejného zdraví*, které je v České republice v účinnosti od 1.2.2002 a *Vyhlášení MZ č. 238/2011 Sb. Vyhláška o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch*.

Současný stav bazénů v České republice je zastaralý a nemoderní. Provoz velkého množství bazénů je energeticky náročný, ekonomicky nenávratný a pro správnou funkčnost je nutné přistupovat k modernizacím a rekonstrukcím. Koncepce výstavby bazénových zařízení se v současnosti zaměřuje na jednoduchá, investičně nenáročná a provozně levná zařízení, která vyžadují minimální údržbu a co nejmenší potřebu lidské pracovní síly. [3]

2. ROZDĚLENÍ KOUPACÍCH VOD

Koupací vody můžeme obecně rozdělit do několika skupin:

- koupaliště ve volné přírodě,
- umělá koupaliště,
- biotopy,
- koupací oblasti. [3]

Tyto skupiny koupacích vod se od sebe liší svou lokalitou, provozovatelem a požadavky na sledování kvality vody.

Koupaliště ve volné jsou rekreační zařízení k účelu koupání, která jsou definovaná Zákonem č. 258/200 Sb., o ochraně veřejného zdraví a Vyhláškou MZ č. 238/2011 Sb. Kontrola jakosti koupališť ve volné přírodě je zajišťována provozovatelem zařízení. Koupaliště ve volné přírodě mohou být přírodní, nebo umělá. Vodní zdroj přírodních koupališť není upravovaný, pochází z vodních toků nebo jezer, rybníků, nádrží či pískoven a voda v koupališti má tak naprosto přírodní charakter. Umělá koupaliště ve volné přírodě tvoří člověkem vybudované vodní nádrže nebo jezírka, kde je voda upravována přírodní cestou. [4; 5; 6]

Umělými koupališti jsou kryté a nekryté stavby vybudované za účelem rekreace a sportu v místech s nedostatkem povrchových vod nebo nevyhovující kvalitou vodního zdroje. Umělá koupaliště jsou vždy vybavena úpravnou vody. Jakost vody je kontrolována provozovatelem. Mezi umělá koupaliště patří bazény rekreační, plavecké, dětské, bazény pro výcvik neplavců, whirlpools nebo bazény zábavní. [5]

Biotopy jsou vodní nádrže a jezírka, ve kterých je čistota vody zajištěna přírodní cestou. Úprava biotopové vody, jejíž kvalita musí být kontrolována provozovatelem, je zajištěna díky živým kulturám, které plně nahrazují chemické přípravky. Součástí biotopů jsou tzv. regenerační zóny osazené vodními rostlinami, které způsobem kořenového čištění udržují kvalitu vody. [3]

Koupací oblasti jsou definovány Zákonem č. 254/2001 Sb., podle kterého nemají provozovatele, jsou však využívány ke koupání větším počtem osob. [3]

3. NÁVRHOVÉ PARAMETRY BAZÉNU

Při rozhodování o smyslu výstavby bazénu jsou návrhovými parametry:

- urbanistický ukazatel,
- druh bazénu,
- kapacita bazénu,
- velikost bazénu. [7]

Urbanistický ukazatel definuje velikost plochy v metrech čtverečních, která odpovídá jednomu obyvateli. Rozdělujeme urbanistický ukazatel krytých a nekrytých objektů. Řešením tohoto parametru dokážeme stanovit vhodnou velikost vodní plochy plánovaného zařízení. Urbanistický ukazatel stanovíme podle rovnice 1 následovně:

$$U = \frac{S_v}{O_z} = \frac{k_z * s_v * t_f}{\alpha * t_B}$$

Rovnice 1

k_z je koeficient zájmu,

s_v je specifická vodní plocha na jednoho návštěvníka,

t_f je návštěvní frekvence,

α je součinitel vyjadřující počet osob mimo vodní plochu (1,5 – nekryté bazény, 3 – kryté bazény)

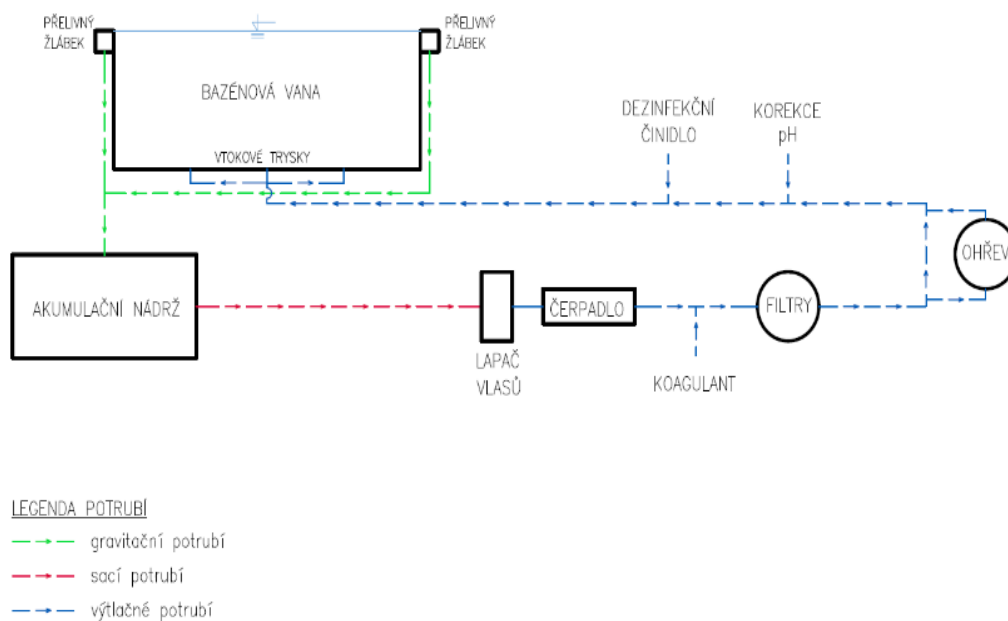
t_B je faktor reprezentující provozní dobu bazénu. [3; 8]

Před vybudováním bazénového zařízení je důležité mít jasně stanovený cíl a možné využití objektu. Od toho se potom odvíjí i druh bazénu. Důvody budování bazénových zařízení mohou být různé, např. komerční, rekreační, terapeutický nebo kondiční. [9] Volně plavající plavec využije plochu 3,0 m², zatímco neplavec 1,5 m². Trénující a vyučovaný plavec využije plochu 6,0 - 15,0 m², zatímco neplavec cca 3,0 m². Velikostní řada bazénů se určuje podle toho, zda se jedná o bazén výukový, plavecký, nebo bazén se speciálním využitím (potápění, skoky do vody). [10]

4. RECIRKULAČNÍ SYSTÉM BAZÉNU

4.1 SCHÉMA RECIRKULAČNÍHO SYSTÉMU

Recirkulační systém je soustava objektů spojených pomocí potrubí a uspořádaných podle logického pořádku. Recirkulační systém je nedílnou součástí umělých bazénů a koupališť. Slouží k výměně a úpravě bazénové vody a zajišťuje neustálé proudění vody v bazénu a její směšování s vodou upravenou. Obecné schéma recirkulačního systému je zobrazeno na obr. 1. [9; 10]



Obr. 1 Obecné schéma recirkulačního systému

Recirkulační systém můžeme dělit na tři části. První částí je část gravitační, která zahrnuje odběr vody z bazénu a potrubí vedoucí od místa odběru do akumulací nádrže. Další je část tlaková, začínající akumulací nádrží a vedoucí přes hrubé předčištění, recirkulační čerpadla, čištění, ohřev a prostor pro dávkování chemických činidel, za kterým je zakončena výtokovými tryskami v bazénové vaně. Třetí částí je chemické hospodářství, které se nachází mimo hlavní recirkulační okruh a je s ním spojeno pouze pomocí potrubí, ve kterých se dávkuje činidla do recirkulačního okruhu.

Hlavními částmi recirkulačního systému jsou [11]:

- Bazénová vana
- Přelivný žlábek

- Gravitační potrubí
- Akumulační nádrž
- Sací potrubí
- Lapač vlasů
- Recirkulační čerpadla
- Výtlačné potrubí
- Filtry
- Ohřev
- Dávkování dezinfekčního činidla a korekce pH
- Vtokové trysky

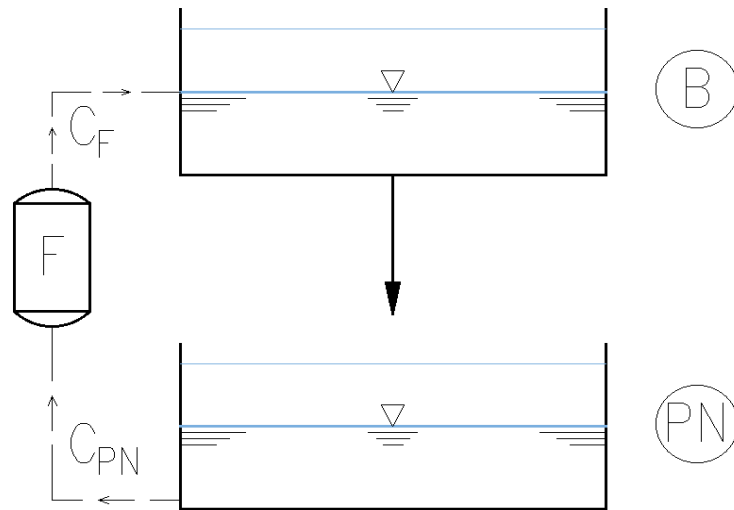
4.2 BAZÉNOVÁ VANA

Bazénové vany jsou u veřejných bazénů navrhovány především z železobetonové konstrukce. Dalšími využívanými materiály jsou například nerez, materiály na bázi plastů a sklolaminát. Nejčastější povrchovou úpravou železobetonové bazénové vany je keramický obklad nebo fólie z měkkého PVC. U ocelových a plastových bazénových van se můžeme setkat s ochranným nátěrem. Komponenty, které jsou osazeny v bazénové vaně a na ochozu bazénu, nazýváme koncovými prvky. Mezi koncové prvky patří přelivné žlábký, cirkulační trysky, sací trysky, dnové výpusti, startovací bloky, úchyty, různá zábradlí, podvodní osvětlení, chrliče, skokanské můstky a další.

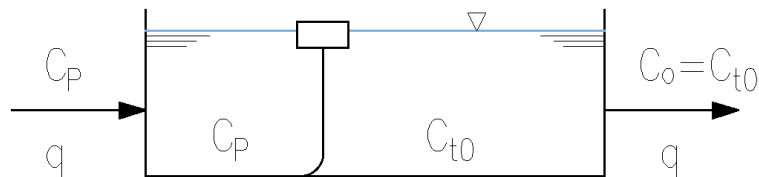
Při provozu bazénů se do vody nepřetržitě dostávají látky zhoršující její kvalitu. Takové látky se v bazénové vaně mohou hromadit a shlukovat až jejich koncentrace překročí přípustnou mezní hodnotu a voda se stane nevhodnou k dalšímu využívání. Pokud je voda prohlášena za nevhodnou k dalšímu využívání, musí být vyměněna za čerstvou. [6; 1] U bazénů se z hlediska obměny vody můžeme setkat se systémem cirkulačním nebo průtočným. Z hlediska hydraulického, tedy výměny vody v bazénu, hovoříme o výměně vody dokonalé a nedokonalé.

Dokonalá výměna vody je taková, při které je odstraněn původní objem vody v bazénu v co nejkratším čase. Při dokonalé výměně vody nedochází ke směšování bazénové vody. Dokonalá výměna může být zajištěna použitím přepouštěcích nádrží (PN) nebo tzv. pístovým tokem. Systém přepouštěcích nádrží byl poprvé použit v roce 1930 v Holandsku pro usnadnění čištění stěn a dna bazénu. PN umožňují téměř okamžitou výměnu vody tím, že se voda vypustí do níže umístěné nádrže, kde dojde k jejímu vyčištění a následné opětovné výměně. Tento proces je schematicky vykreslen na obr. 2. Druhou možností zajištění dokonalé výměny je pístový tok,

který je umožněn pomocí plovoucí norné stěny tlačící vodu před sebou ven z bazénové vany. Zároveň dochází k plnění oblasti za nornou stěnou vodou o vyšší jakosti. Tento proces je znázorněn na obr. 3. [12]



Obr. 2 Schéma dokonalé výměny vody pomocí přepouštěcí nádrže; B – bazén, PN – přepouštěcí nádrže; C_{PN} – kvalita vody přepouštěcí nádrže, F – úpravna, C_F – kvalita vody z úpravny do bazénu [12]



Obr. 3 Schéma dokonalé výměny pístovým tokem; C_p – přítoková kvalita vody, C_{t0} – původní kvalita vody v nádrži [12]

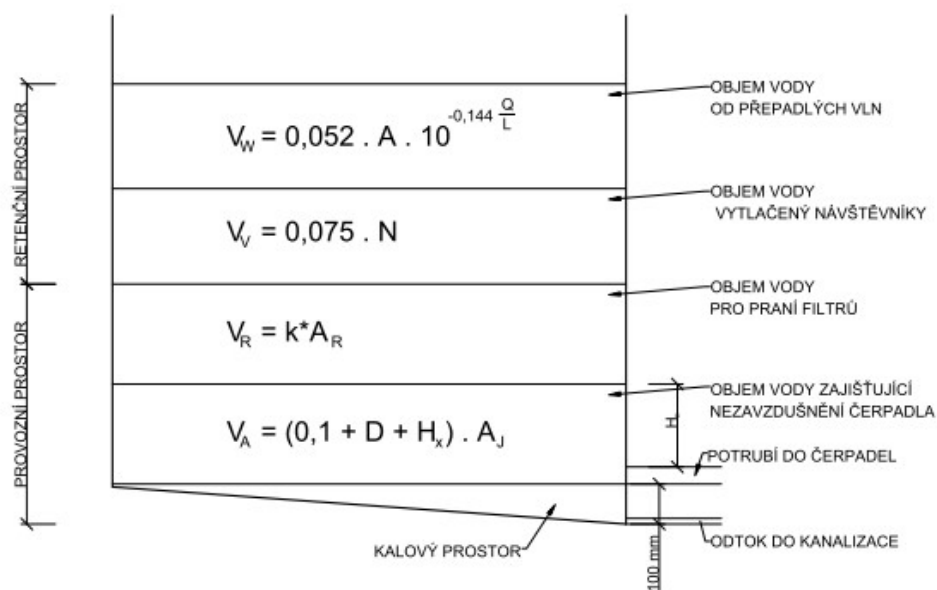
Nedokonalá výměna vody je zajištěna pomocí dnových či stěnových trysek a dochází při ní k postupné výměně a nahrazení vody o původní kvalitě vodou s kvalitou přítokovou (vyhovující). U nedokonalé výměny vody je velice důležité dbát na způsob směšování vody. Směšování vody znamená promísení vod o různých kvalitách. Naším cílem je, aby ke směšování docházelo ve všech místech bazénu (uprostřed, při krajích i v rozích). Ideálním stavem tak je, pokud je výměna vody zajištěna tryskami nedokonale, avšak směšování bylo dokonalé. Pokud

jsou koncové prvky, v tomto případě trysky, rozmístěny neuváženě a nesystematicky, může docházet ke směšování nedokonalému. V tom případě je velice pravděpodobné, že v některých částech bazénu dojde k nárůstu mikrobiologických ukazatelů znečištění.

4.3 AKUMULAČNÍ NÁDRŽ

Akumulační neboli retenční nádrž má několik funkcí. Hlavní funkcí je vyrovnávání rozkolísanosti přepadů vody z bazénu do recirkulačního systému. Jedním z objemů je objem, který je vytlačený osobami naráz vstupujícími do bazénové vany a v případě nekrytého bazénu i objem vody, který přepadne do přelivných žlábků z důvodu vln vyvolaných větrem. Tyto hodnoty nejsou během dne konstantní a akumulaci jímka tuto rozkolísanost vyrovnává, aby průtok na recirkulační čerpadlo konstantní byl. Další funkcí je akumulace vody pro praní filtrů. Tato voda je v nádrži akumulována z důvodu toho, že při praní filtrů se voda vypouští do kanalizace a nevrací se zpět do systému. Objem prací vody by poté v systému chyběl. Nádrž se dále využívá jako místo, kde se doplňuje ředící voda do systému. V nádrži se nachází několik čidel, které sledují polohu hladiny. [13] Pokud klesne pod určenou mez, je doplněna vodou ředící. Voda ředící se musí do bazénu doplňovat dle Vyhlášky MZ č. 238/2011 Sb. a to různě podle návštěvnosti. V krytém plaveckém bazénu je potřeba vyměnit 30 l na osobu, v krytém koupelovém bazénu je potřeba vyměnit 45 l na osobu a v nekrytém bazénu se jedná o 60 l na osobu. [11; 14; 3]

Nejčastějším materiálem akumulaci nádrže je železobeton, dále se používají i plasty nebo kov. Přítok a odtok do akumulaci nádrže by měl být navrhnut tak, aby v nádrži nevznikaly žádné mrtvé zóny, v kterých by docházelo ke zdržování vody. [9] Retenční nádrž musí být opatřena bezpečnostním přelivem a dnovou výpustí. [9] Dnová výpust by měla být navržena tak, aby mohla být retenční nádrž kompletně vypuštěna. Velikost akumulaci nádrže se počítá jako součet objemu vytlačeného návštěvníky bazénu, objemu přepadlých vln, objemu, který odpovídá zásobě vody pro praní filtrů, a objemu zajišťujícího, že nad potrubím pro sání na recirkulační čerpadla bude dostatečná výška hladiny, která zajistí, že recirkulační čerpadlo nebude nasávat vzduch. [12; 15; 16] Jednotlivé objemy akumulaci nádrže jsou znázorněny na obr. 4. Akumulaci nádrž musí být dobře přístupná, větratelná a osvětlená. [13; 9]



Obr. 4 Schéma akumulční nádrže

V_W – objem od přepadlých vln

V_V – objem vytlačený návštěvníky

V_R – objem pro praní filtrů

V_A – objem zajišťující správnou funkci recirkulačních čerpadel

A – plocha bazénu

A_R – filtrační plocha

A_J – plocha akumulční nádrže

Q – navržený recirkulační průtok

L – délka přelivných žlábků

N – návrhová kapacita vodní plochy

k – koeficient (4–6 m³)

D – průměr sacího potrubí

$H_x = D (1 + 2,3 D)$

4.4 LAPAČE VLASŮ

Lapač vlasů je velmi důležitou formou mechanického předčištění v rámci recirkulačního systému. Lapač vlasů se nachází před čerpadlem a jeho účelem je ochrana čerpací jednotky před vniknutím hrubých nečistot. Hrubými nečistotami se rozumí nejen vlasy, ale dále i plavky, šperky, plavecké brýle a další předměty, které by mohly poškodit čerpací jednotky a tím snížit její účinnost. Lapač vlasů je nádoba, ve které se nachází perforovaný koš sloužící k filtraci vody a kterým proudí voda do recirkulačního čerpadla. [14] Lapač je tvořen sítí o dané velikosti a je navržen na recirkulované množství vody. [3] Lapač vlasů vyžaduje pravidelné a důkladné čištění, při kterém vestavěné síto zbavíme zachycených nečistot, opláchneme jej a vrátíme zpět. [11; 13]

Můžeme se setkat s dvěma typy lapačů vlasů:

1. válcovými, které jsou umístěné před recirkulačními čerpadly nebo přímo součástí čerpadla,
2. deskovými, používané pouze u systémů s otevřenou hladinou. [3]

4.5 ČERPADLA

Čerpadla v bazénovém provozu zajišťují několik funkcí a jsou naprosto nezbytnou součástí recirkulačního systému. Čerpadla obecně zajišťují požadovanou výměnu vody danou Vyhláškou MZ 135/2004 Sb. [3; 9]

Nejdůležitější funkcí čerpadla je zajištění dopravy vody v rámci recirkulačního systému od bazénové vany přes akumulaci nádrží systémem potrubí do úpravny a zpět do bazénu. Čerpadla jsou dále využívána k přivedení vody k bazénovým atrakcím nebo fungují jako zrychlovací prvek pro přívod vody do míst, kde probíhá její rozbor. [14] V bazénovém provozu se můžeme setkat s čerpadly vertikálními nebo horizontálními, lišícími se směrem proudění, a dále nejen čerpadly recirkulačními, ale i čerpadly pro odběr vzorku, pro dávkování chemikálií, čerpadly pro atrakce a posilovacími čerpadly. [11] Při výběru čerpadla je vhodné dbát na jejich záruku, životnost, spolehlivost, protihlukovou ochranu, dále i náklady na údržbu, účinnost. [3]

4.6 FILTRACE

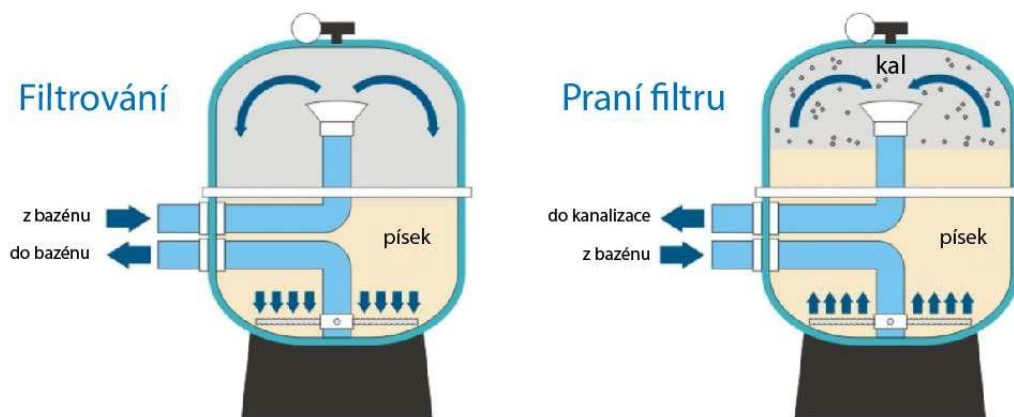
Hlavním procesem úpravy bazénové vody je filtrace. Účelem filtrace v recirkulačním systému je zachycení koloidních partikulárních částic rozpuštěných ve vodě. Přidáním chemikálií dochází ke snížení zákalu bazénové vody, čímž se stává voda průhlednou. Pokud dojde k dosažení a vyčerpání kalové kapacity filtrační vrstvy, musí se vyprat. Praní filtrační vrstvy je docíleno tak, že otočíme směr proudění vody přes filtr a zvýšíme prací rychlost. Tyto procesy jsou znázorněny na obr. 5. Voda využitá k praní filtru musí být následně odvedena z okruhu do kanalizace. [9] V recirkulačních systémech se můžeme setkat s filtry gravitačními a tlakovými. Gravitační filtry jsou otevřené a vyskytují se převážně u starších provozů. Postupně dochází k jejich nahrazování filtry tlakovými. Tlakové filtry jsou uzavřené, konstrukčně složitější a tvořené stojatou nádobou obsahující filtrační materiál. Podle filtračního materiálu uvnitř nádoby se rozdělují na filtry:

- a) pískové,
- b) náplavové,
- c) látkové, pěnové, kartušové. [9]

Pro veřejné bazény se používají pískové filtry, které jsou vysoce účinné a zároveň jednoduché. Pískové filtry fungují na principu postupného zachytávání mechanických nečistot na pískové vrstvě. Na spodu filtru dochází k odebrání přefiltrované vody. Životnost filtrační vrstvy je cca 10 až 20 let. Pořizovací cena pískových filtrů je oproti ostatním typům vyšší, naopak provozní náklady následně nižší. Náplavové filtry jsou založeny na principu nízkotlaké filtrace a jsou vysoce účinné i pro velmi malé nečistoty, které se pomocí naplavené tenké filtrační vrstvy tvořené rozsivkovými zeminami snadno zachycují. Filtrační materiál náplavových filtrů se musí často obměňovat, proto je jejich provoz nákladný a v České republice běžně nepoužívaný. Pro soukromé bazény se častěji používají filtry kartušové, látkové nebo pěnové, které jsou sice levnější variantou, ale za to náročnější na provoz. Jejich nevýhodou je nízká kalová kapacita, a tedy možnost jejich využití pouze u málo zatížených bazénových provozů. Setkáme se s nimi u rodinných bazénů nebo whirlpoolů. [9]

V České republice se nejčastěji používá tzv. tlaková koagulační rychlofiltrace. Ta se sestává ze dvou kroků. Prvním krokem je přidání koagulantu do recirkulačního potrubí mezi recirkulační čerpadlo a filtr. Druhým krokem je samotná filtrace, která probíhá tak, že koloidní částice, které jsou příliš malé a filtr je tak nedokáže zachytit, jsou spojené koagulačním činidlem do větších vloček, které se při průchodu vody přes filtr zachytí na filtrační náplni. Jako koagulant se nejčastěji používá síran hlinitý. Při koagulačním procesu u běžně používaných koagulantů vzniká kyselina sírová. Vznikem kyseliny sírové dochází ke snížení pH,

které je následně nutné usměrňovat. Filtračním materiálem je nejčastěji křemičitý písek, dále pak drcené sklo, antracit, aktivní uhlí, nebo drcené rozsivky. [14]



Obr. 5 Řez tlakovým koagulačním rychlofiltrem [15]

4.7 OHŘEV

Celoroční ohřev vody u krytých bazénů, které jsou v provozu po celý rok, je nutnou součástí bazénového provozu. U bazénů venkovních nekrytých by vlivem ohřevu vody mohlo docházet k úniku tepla do okolí, bazénový provoz by se tak stal vysoce neekonomickým, a proto se u nás nepoužívá. Míra ohřevu je dána požadovanou teplotou vody. Pro plavecké bazény je požadovaná teplota vody mezi 26–28 °C, pro koupelové bazény vyšší než 28°C. Teplota vzduchu by měla o jeden až tři stupně přesahovat teplotu vody. [10; 5; 9]

Ohřev vody v recirkulačních systémech bazénu je možné navrhnout dvěma způsoby. Jeden ze způsobů využívá převážně elektrickou energii ve formě topného drátu, který ohřívá přímo vodu proudící v recirkulačním systému. U tohoto způsobu může docházet ke kontaminaci bazénové vody. Druhý způsob využívá dva uzavřené okruhy vody. Voda v primárním okruhu nezávislém na okruhu recirkulačního systému se ohřeje pomocí kotlů nebo tepelných čerpadel a poté pomocí výměníku předává svoje teplo vodě v recirkulačním systému bazénu.

V současnosti je ohřev vody v bazénovém provozu důležitým tématem z pohledu úspory energie a financí. V minulosti se pro ohřev vody používaly kotle na tuhá paliva nebo na plyn. To je však v dnešní době nejen neekologické, ale i vysoce nákladné. Pro ohřev bazénové vody se tak hledají další způsoby, které by byly šetrnější k životnímu prostředí, účinné a finančně nenáročné. Mezi progresivní způsoby ohřevu bazénové vody patří využívání energie ze solárních

systémů, využívání tepelných čerpadel, ohřev pomocí odpadního tepla z recirkulačních čerpadel, sprch a záchodů. [7; 14]

4.8 CHEMICKÉ HOSPODÁŘSTVÍ

Chemické hospodářství slouží k zajištění požadovaných procesů úpravy vody a ke zdravotnímu zabezpečení vody. Chemické hospodářství je jednou z nejdůležitějších částí úpravy vody. Začíná uskladněním chemikálií a končí jejich dávkováním. Chemikálie se skladují v chemicky odolných nádobách, ze kterých se dávkuje do recirkulačního okruhu. Dávkování zajišťují dávkovací čerpadla, která jsou řízena automatickým zařízením pro kontrolu a řízení kvality vody, nebo nastavena na určité dávkované množství. Zařízení pro kontrolu kvality vody vyhodnocuje a zaznamenává parametry vody, podle čehož určí míru dávkování chemikálie. [17; 11]

Chemická úprava zahrnuje:

1. Koagulaci a filtraci
2. Desinfekci
3. Úpravu pH
4. Snížení chloraminů
5. Zabezpečení vody proti rozvoji čás

Dávkování činidel se soustřeďuje do dvou míst: před filtraci a před výtlač do bazénu. Před filtrací se dávkuje koagulační činidlo, činidlo pro korekci pH a dezinfekční činidlo se dávkuje před výtlačem do bazénu. [11]

4.9 TRUBNÍ ROZVODY

Trubní rozvody jsou hlavními tepnami recirkulačního systému bazénu. Potrubí je možné rozdělit do tří základních skupin:

- a) potrubí gravitační,
- b) sací,
- c) výtlačné.

Potrubí gravitační se v recirkulačním systému bazénu nachází mezi přelivnými žlábkami a akumulací nádrží. Voda v něm proudí samospádem. Sací potrubí spojuje akumulací jímku a recirkulační čerpadla. Potrubí výtlačné vede od recirkulačních čerpadel přes další části recirkulačního systému až k tryskám v bazénové vaně. Trubní rozvody jsou nejčastěji navrženy jako plastové, a to buď z polypropylenu (PP), nebo polyvinylchloridu (PVC). Dále je možné použít potrubí z tvárné litiny, ocele nebo nerezové ocele. Umístění jednotlivých potrubí je přehledně znázorněné na obr. 1. [14]

5. ZDROJE A KVALITA VODY

5.1 ZDROJE VODY

Zdrojem vody pro vodní hospodářství bazénů bývá nejčastěji veřejný vodovod. [13] Jeho výhodou oproti dalším možným zdrojům vody je kvalita vody, díky které nemusí být voda dále upravována. Problém může nastat s kvantitou vody z vodovodu. Nejen, že vodovodní síť musí být dostatečně kapacitní, ale musíme zároveň zajistit, že nedojde ke zpětnému vypouštění bazénové vody do veřejné vodovodní sítě. [1]

Dalšími zdroji vody jsou vodní toky, rybníky a nádrže, prameny, podzemní voda, termální a minerální voda a voda jako odpadní produkt chlazení v průmyslu. Tyto zdroje vody jsou však převážně využívány u venkovních koupališť a jejich vhodnost využití u krytých bazénů je minimální. Před jejich přivedením do bazénu by museli projít úpravou a ohřevem, což by z ekonomického hlediska nebylo výhodné. [1]

Zdroje vody musí zajišťovat dostatečnou kapacitu pro zabezpečení provozu bazénů a jejich příslušenství. Pro provoz bazénů potřebujeme vodu k napouštění a vodu přídatnou. Voda pro provoz příslušenství bazénů znamená zásobení vodou pitnou pro stravovací zařízení, pítka, šatny, sprchy, WC, umývárny atd. Její množství závisí na míře vybavenosti celého objektu. Obecně můžeme říct, že voda pro provoz zařízení se pohybuje mezi 150–200 litry na návštěvníka. [6]

5.2 SLEDOVANÉ PARAMETRY KVALITY VODY

Bazény s sebou mohou nést vysoké riziko zdravotního poškození. Při zanedbání péče o vodu se mohou vyskytovat kožní onemocnění či infekce. Proto je důležité jednotlivé části bazénové technologie správně, vhodně a citlivě navrhnout. [9]

Voda, kterou je bazén prvně napuštěn a doplňován musí splňovat vlastnosti pitné nebo užitkové vody a musí splňovat hygienické požadavky podle Vyhlášky MZ č. 238/2011 Sb. o stanovení hygienických požadavků na koupaliště. Vodu posuzujeme z hlediska [1]:

- fyzikálního a chemického,
- mikrobiologického.

5.2.1 Fyzikální a chemické vlastnosti

Fyzikální a chemické vlastnosti představují senzorické vlastnosti, které musí voda určená do koupacích bazénů splňovat. Mezi takové vlastnosti patří teplota, čírost, barva, zákal a zápach. Spolu s těmi do této skupiny patří hodnota pH, oxidačně-redukční potenciál a tvrdost vody. Na hladině vody se nesmí vyskytovat plovoucí předměty, slizké povlaky, oleje, pěny, tuky a dehet. [1]

Teplota vody krytého bazénu by měla být v průběhu roku stálá a měla by se pohybovat v rozmezí 24–29 °C; u dětských bazénků a brouzdališť může teplota vody dosahovat až 30°C. [1; 10]

Zákal je způsoben nerozpuštěnými látkami a koloidy anorganického i organického původu. U vod povrchových je zákal často způsoben výskytem jílu, oxidu křemičitého, hydrátových oxidů železa a manganu, organických koloidů a bakterií. Zakalená voda má především nežádoucí vzhled, což může mít za následek sníženou návštěvnost. Pro bazénovou vodu je limitní přípustná hodnota zákalu 5 ZF (formazinových jednotek). [1; 10]

Barva vody je ukazatelem čistoty vody a indikátorem účinnosti technického zařízení úpravy. Barvu vody ovlivňují rozpuštěné a nerozpuštěné látky a je silně ovlivněna znečištěním člověkem nebo korodováním samotného bazénu. Pro bazénovou vodu je přípustná hodnota méně než 20 mg. l⁻¹ Pt podle platinové kolorimetrické stupnice. [1]

Zápach vody je způsoben přítomnými prchavými látkami, které působí na čich. Bazénová voda by měla být bez zápachu. U vody přírodního charakteru se můžeme setkat se zápachem od sirovodíku.

Kyselost a zásadovost vody monitorujeme pomocí hodnoty pH. Optimální hodnota pH by se měla pohybovat v rozmezí 6,5 až 7,6. Udržování pH vody v požadovaném rozmezí je důležité pro zajištění efektivní dezinfekce, koagulace a ochrany přístrojů. [9] Pokud jsou naměřené hodnoty vyšší či nižší, může voda způsobit silné dráždění očí, pokožky a sliznice. Hodnota pH může mít vliv na korozi a tvorbu povlaku na konstrukčním vybavení bazénů. Vysoká hodnota pH může zapříčinit zvýšený růst bakterií a řas a zpomalení dezinfekčních účinků. [1]

Tvrdost vody způsobují hořečnaté a vápenaté soli. Pokud je voda tvrdá, může snadno docházet k usazování vodního kamene a zanášení technologického zařízení úpravy. Limitní hranice není určena, ale je silně doporučeno tvrdost vody sledovat. [6]

Důležitou vlastností vody je oxidačně-redukční potenciál (dále jen ORP), který určuje oxidační a redukční podmínky ve vodě. Hodnoty ORP použijeme při řízení některých technologických procesů úpravy vody a při kontrole jakosti vody. Pokud je ORP vyšší než 750 mV, je zaručena bakteriologická nezávadnost bazénové vody. [1]

Z chemického hlediska musí bazénová voda splňovat předepsané koncentrace železa, manganu, amoniaku, chloridů a organických látek a látek ohrožující zdraví návštěvníků. Tyto koncentrace jsou obsaženy ve Vyhlášce MZ 238/2011. [3]

Koncentrace železa v bazénové vodě je hygienicky nezávadná, způsobuje však změnu sensorických vlastností. Železo v bazénové vodě má za následek změnu její barvy, čirosti a chuti. Železo zanechává rezavé skvrny na materiálech a negativně ovlivňuje technologické procesy úpravy vody. Maximální obsah železa v bazénové vodě je 0,3 mg. l⁻¹. [1]

Nízká koncentrace manganu vyskytující se ve vodě je stejně jako železo hygienicky neškodná. Opět způsobuje změnu chuti, způsobuje skvrny na materiálech a působí rušivě na technologické procesy. Pokud se mangan vyskytuje ve vysokých koncentracích, je jeho přítomnost vysoce škodlivá a je proto přísně limitován. Maximální přípustná koncentrace manganu je 0,1 mg. l⁻¹. [1]

Amoniak vzniká jako produkt rozkladu organických dusíkatých látek, které se do vody nejčastěji dostanou člověkem. Může se vyskytovat i ve vodě určené k napouštění anebo může být důsledkem nedostatečné dezinfekce. Limitní hodnotou koncentrace amoniaku v bazénové vodě je 0,5 mg. l⁻¹. [1]

Doporučené rozmezí koncentrace chloridů v bazénové vodě je 10–100 mg. l⁻¹. Vyšší hodnoty sice nejsou zdravotně závadné, indikují však znečištění fekáliemi. [1]

Výskyt dusičnanů zapříčiňuje slanost vody, což může vést k rozkladu a oxidaci organických sloučenin. Vysoký výskyt dusičnanů může způsobit růst řas. Obsah dusičnanů ve vodě bazénů by měl dosahovat hodnot do 50 mg. l⁻¹. [1]

5.2.2 Mikrobiologické vlastnosti

Kvalitu bazénové vody posuzujeme podle druhu a množství obsažených bakterií a virů. Mikroorganismy, které se ve vodě nachází, slouží jako indikátory hygienické charakteristiky vody. Rozlišujeme indikátory:

- všeobecného znečištění,
- znečištění fekáliemi. [1]

Díky indikátorům dokážeme určit, v jaké míře působí látky obsažené ve vodě na lidské tělo nezávadně, či škodlivě. Indikátory všeobecného znečištění jsou bakterie mezofilní a psychrofilní. Indikátory fekálního znečištění jsou např. koliformní bakterie, enterokoky a anaerobní klostridie. [1] Vedle výskytu bakterií ve vodě se setkáme i s viry, které jsou nejčastěji přenášeny návštěvníky. Mezi nejčastější viry v bazénových vodách patří enteroviry, adenoviry, reoviry a virus způsobující hepatitidu. Výskyt virů v bazénové vodě je pro člověka velice zdravotně závadný a jejich shlukováním může dojít k narušení cirkulace vody v bazénu. Je tedy nutné viry z vody odstranit. [1]

5.2.3 Zařízení pro osobní hygienu

Nejčastějším zdrojem znečištění bazénových vod jsou samotní návštěvníci. [9] Zároveň je hlavním cílem provozovatelů bazénů, aby byla voda nejen nezávadná, ale i křišťálově čistá, bez zabarvení, zákalu a zápachu. [10] Z těchto dvou předpokladů vyplývá, že bazén musí být opatřen funkčními a kapacitními zařízeními pro osobní hygienu. Mezi takové zařízení lze zařadit šatny, umývárny a sprchy, hygienické zařízení, místnosti k osušení a další provozní místnosti.

Šatny jsou nezbytnou součástí každého krytého bazénu a jejich velikost se liší podle kapacity daného bazénu. V šatnách by se měly nacházet skříňky, lavice, zrcadlo, popř. věšák. V prostorách šaten by měli mít návštěvníci možnost provést konečnou úpravu zevnějšku před odchodem z bazénu. Proto je vhodné vybavit šatny vysoušeči vlasů, umyvadly či židlemi. [1] Umývárny a sprchy musí být umístěny tak, aby byl každý návštěvník po cestě k bazénu nucen jimi projít. Umývárny a sprchy mají očištnou funkci, jsou oddělené pro muže a ženy. [6] Pro zmenšení pravděpodobnosti přenosu znečištění z návštěvníka do vody bazénu je každý návštěvník povinný osprchovat se bez plavek a až poté smí vstoupit do bazénu. Záchody jsou

oddělené, v těsné blízkosti sprch a umývár. Pokud návštěvník použije záchod a míří zpět k bazénu, musí cestou potkat a použít umývárny se sprchami. Mezi ostatní provozní místnosti patří místnost pro plavčíka, místnost první pomoci, pokladna, vstup a správa bazénu, sklad a půjčovna prádla, relaxační zařízení, zařízení pro osobní hygienu zaměstnanců atd. Tyto místnosti nejsou podmínkou pro provoz bazénu.

6. MONITOROVÁNÍ KVALITY VODY

K zajištění kvalitní a zdravotně nezávadné vody je voda pravidelně kontrolována a posuzována podle státem vydaných zákonů, norem a vyhlášek. Základním kamenem bazénové legislativy je Zákon č. 258/2000 Sb. - Zákon o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. Tento zákon mimo jiné upravuje práva a povinnosti fyzických a právnických osob v oblasti ochrany a podpory veřejného zdraví a stanovuje hygienické požadavky na koupaliště ve volné přírodě, bazény, sauny a povinnosti jejich provozovatelů. [4] Konkrétní požadavky jsou uvedeny ve Vyhlášce MZ č. 238/2011 Sb. - Vyhláška o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch. [3]

V následujících odstavcích této kapitoly se budu věnovat popisu a vysvětlení parametrů kvality vody, které byly následně vyhodnoceny v rámci praktické části bakalářské práce. Těmito parametry jsou teplota, zákal, pH, chlor volný a chlor vázaný, celkový organický uhlík, dusičnany a mikrobiologické parametry *Escherichia coli* a počty kolonií. Mezní hodnoty a nejvyšší mezní hodnoty těchto vybraných ukazatelů jsou přehledně uvedeny v tabulka 1

6.1 ODBĚR VZORKŮ

K tomu, abychom mohli považovat výsledky laboratorních rozborů vody za správné a použitelné, musí být proveden korektní a odborný odběr vzorku vody a následné náležité a profesionální uchování odebraného vzorku vody až do začátku samotného laboratorního rozboru. Při odbírání vody musí dojít k vyplnění tzv. průvodního listu, který obsahuje přesný záznam o průběhu vykonávané činnosti. V záznamu je uvedený účel odběru, typ vzorku, přesné označení místa a bodu odběru, den a hodina odběru a označení vzorkovnice. Vzorkovnice jsou láhve z čirého, bezbarvého a chemicky odolného skla s těsníci zátkami, do kterých je každý vzorek jednotlivě odebírán. V záznamu o odběru by neměly chybět ani údaje o teplotě vody a vzduchu, údaje o zvoleném způsobu odběru, údaje o koncentraci vzorku, informace o rušivých vlivech a celé jméno s podpisem pracovníka, který odběr provedl. Při přepravě odběrů z místa

jejich provedení do laboratoře musí být zajištěna jejich naprostá bezpečnost. Proto se během dopravení vkládají do transportních beden nebo speciálních brašen, opatřenými přihrádkami, popřípadě výstelkou proti rozlití. Vzorek nesmí zmrznout, k takovým účelům se využívají tepelně izolované obaly umístěné v brašnách. Vzorky se skladují při 4 °C. [18]

6.2 MONITOROVÁNÍ FYZIKÁLNÍCH A CHEMICKÝCH PARAMETRŮ

6.2.1 Zákaly

Zákaly neboli turbidita znamená snížení průhlednosti kapaliny způsobené přítomnými nerozpuštěnými látkami. [5; 18] Stanovení míry zákalu se řídí normou ČSN EN ISO 7027-1 (75 7343). Stanovení zákalu je nutné provést ihned po odebrání vzorku, nebo se vzorek uchová ve tmě a chladu a k jeho stanovení dojde do 24 hodin od odběru a po důkladném promíchání. Základní mezinárodně zavedenou jednotkou zákalu je formazinová jednotka (ZF). [18]

Turbidimetrické měření zákalu se používá pro všechny typy vod, pro vodu pitnou a povrchovou je upřednostňovaná. [18] Metoda je vhodná k přímému stanovení zákalu od 1 do 40 ZF. Jejím principem je zákaly vzorku porovnat se zákalem standardní formazinové suspenze vizuálně nebo spektrofotometrickým měřením. Při jejím vyhodnocení musíme dávat pozor na rušivé vlivy, kterými může být barva vody. [18]

Nefelometrické měření zákalu se používá převážně pro vody s koloidním zákalem. Metoda je vhodná k přímému stanovení zákalu od 1 do 40 ZF. Mezi rušivé vlivy metody patří barva nezpůsobená zákalem, jelikož snižuje hodnotu výsledku. Principem nefelometrického měření je zjištění toku rozptýleného světla, který je ovlivněn úhlem světelných paprsků. K provedení měření se používá tzv. nefelometr s polychromatickým zdrojem světla, který tok rozptýleného světla, v zóně úhlů svíraných se směrem primárního světla 125° až 145°, změří. Postup této metody je následující:

- rozmíchání vzorku, nalití do kyvety,
- naměření intenzity rozptýleného světla,
- změření kalibračních suspenzí formazinu, a tím stanovení hodnot pro kalibrační graf,
- odečtení hodnot zákalu v ZF z kalibračního grafu.

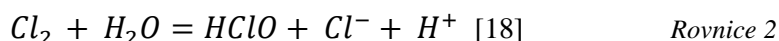
6.2.2 Teplota

Teplota vody je měřena při odběru vzorku. Její znalost je důležitá pro posouzení kyslíkových poměrů ve vodě a rychlost rozkladu organických látek. Dle Vyhlášky MZ

č. 238/2011 Sb. by měla být teplota vody v bazénu a teplota vzduchu v hale měřena alespoň třikrát denně, a to před zahájením provozu a po 4 a 8 hodinách provozu, a vyznačuje se na tabuli umístěné na viditelném místě, nebo jiným průkazným způsobem. Teplota bazénové vody se měří pomocí rtuťového nebo elektrického teploměru s odporovým nebo termistorovým čidlem. Zároveň je hodnota teploty vody automaticky a kontinuálně měřena pomocí instalované jednotky v rámci chemického hospodářství. Výsledky měření teploty vody se udávají v °C po zaokrouhlení na 0,1°C. Teplota plaveckých bazénů by se měla pohybovat kolem 28°C.

6.2.3 Chlor volný a vázaný

Chlor patří mezi nejčastěji používané dezinfekční činidlo k úpravě vody. Vyznačuje se značnou rozpustností ve vodě a tím, že v ní chemickou reakcí tzv. hydrolyzuje na kyselinu chlornou a chlorovodíkovou podle rovnice 2:



Významnou výhodou je jeho nízká cena v porovnání s jinými technologiemi a jeho snadné dávkování s lehkou kontrolovatelností. Mezi nevýhody chloru naopak patří jeho silný zápach, který může být následován pálením očí a sliznice a rychlé vysoušením pokožky. Důležité však je, že samotný volný chlor, v doporučených koncentracích, který vodu dezinfikuje, nezapáchá a nemá dráždivé ani škodlivé účinky. Pokud dojde k reakci volného chloru s organickými nečistotami obsahujícími dusík, vznikne chlor vázaný. Vázaný chlor je tvořen především chloraminy a je velice zdraví škodlivý, dráždivý a způsobuje nepříjemnosti jako například vysoušení pokožky. Vázaný chlor dokážeme z vody odstranit zvýšením dávky volného chloru.

Obsah volného a vázaného chlorů v bazénové vodě by měl být kontrolován hodinu před zahájením provozu a každou další čtvrt hodinu. Měření volného i vázaného chloru je prováděno spektrofotometrem a jejich jednotkou je mg/l. [19]

Mezní hodnota (MH) volného chloru pro plavecké bazény a pro bazény s teplotou vody nepřesahující 28 °C se nachází v rozmezí 0,3 – 0,6 mg/l, pro koupelové bazény a bazény s teplotou nepřesahující 32 °C se pohybuje v rozmezí 0,5 – 0,8 mg/l a pro koupelové bazény a bazény s teplotou vyšší než 32 °C je mezní hodnota stanovena 0,7 – 1,0 mg/l. [5]

Nejvyšší mezní hodnota vázaného chloru (NMH) je podle vyhlášky 0,3 mg/l. [5]

6.2.4 pH

Kyselost či zásaditost bazénových vod můžeme obecně vyjádřit hodnotou pH. Voda s pH o velikosti 7 je tzv. neutrální. Hodnoty nižší než 7 charakterizují kyselost, naopak vyšší než 7 znamenají zásaditost. Vyhláškou je stanovena mezní hodnota pH bazénové vody v rozmezí 6,5 – 7,6. Toto rozmezí je optimální pro maximální efektivnost dezinfekce. Nižší pH může způsobovat korozi kovových částí bazénů, rychlejší vymývání obkladů bazénu a zároveň i nepříjemné dráždění pokožky a kůže. Proto je při nízkém pH potřeba zvýšit dezinfekci a tím i spotřebu chloru. Vysoké pH může také způsobovat dráždění očí a tvoří vápenaté usazeniny, umožňuje zakalení vody a snižuje účinnost chloru. Hodnota pH by měla být měřena jednou denně a zároveň vyhodnocena ihned po odběru vzorků. Hodnota pH se určuje kolorimetricky a potenciometricky. Kolorimetrické stanovení je orientační, při kterém do odebrané bazénové vody kápneme určené činidlo, promícháme a poté na barevné škále porovnáme s barvami hodnot pH. Potencionální měření je prováděno pomocí elektrody a je přesnější, přičemž i náročnější. [20; 5]

6.2.5 Celkový organický uhlík (TOC)

Hodnota celkového organického uhlíku je nejpoužívanější způsob, jak vyjádřit celkový obsah organických látek ve vodě. Tímto ukazatelem rozumíme obsah organického uhlíku obsaženého v rozpuštěných i nerozpuštěných organických sloučeninách. Pro tento ukazatel se ve světě používá zkratka TOC (*Total Organic Carbon*), jejíž používání je běžné i v České republice. Jednotkou celkového organického uhlíku je mg/l. Mezní hodnotou bazénové vody v provozu je 2,5 mg/l nad hodnotu celkového organického uhlíku plnicí vody ze zdroje. Stanovení TOC je velice složité a pracné a je nejčastěji prováděno laboratorně po odběru vzorku. Vedle manuálních laboratorních metod se ještě můžeme setkat se stanovením pomocí analyzátorů.

6.2.6 Dusičnany

Přítomnost dusičnanů ve vodě není pro člověka příliš závadná. Jejich závadnost by však narůstala, pokud by došlo k jejich přeměně na dusitany. Stanovení dusičnanů je možné desítkami metod, které se liší svými výhodami a nevýhodami, avšak nelze považovat jednu metodu za jedinou nejsprávnější a nejpřesnější. Největší skupinou metod v praxi tvoří metody spektrofotometrické. Jednotkou dusičnanů je mg/l a mezní hodnotou je 20,0 mg/l nad hodnotu dusičnanů plnicí vody ze zdroje.

6.3 MONITOROVÁNÍ MIKROBIOLOGICKÝCH UKAZATELŮ

Při ověřování mikrobiologické nezávadnosti bazénové vody se nehledají bakterie či viry způsobující známá onemocnění přenášená vodou (infekční zánět jater, tyfus, průjmová onemocnění virového původu apod.), jelikož by to bylo technicky, časově i finančně neúnosné. Namísto toho se v České republice a všude ve světě používá metoda tzv. indikátorů fekálního znečištění, při které se hledají bakterie žijící ve střevním traktu člověka a teplokrevných živočichů. Mezi takové hledané bakterie patří *Escherichia coli*, koliformní bakterie a enterokoky. Pokud se ve vodě najdou některé z těchto bakterií, lze předpokládat kontakt vody s výkaly či zbytky živočichů a zároveň obsazení patogenních bakterií a virů. Vedle metody indikátorů fekálního znečištění se provádí i metoda tzv. indikátorů všeobecného znečištění, kterou získáme informace o celkovém bakteriálním znečištění vody. Těmito indikátory jsou počty kolonií při 22 °C a počty kolonií při 36 °C. [21]

Součástí praktické části bakalářské práce jsem se soustředila na sledování a vyhodnocení dvou mikrobiologických ukazatelů, kterými jsou: indikátor fekálního znečištění *Escherichia coli* a indikátor všeobecného znečištění počet kolonií při 36 °C.

6.3.1 *Escherichia coli*

Bakterie *Escherichia coli* pochází ze střevního traktu člověka a je nejčastějším původcem primárních močových infekcí a může způsobovat sekundární infekce u pacientů se špatnou imunitou. Bakterie je hlavním indikátorem fekálního znečištění. Kvůli své závažné a hygienicky škodlivé povaze je tak výskyt bakterie *Escherichia coli* v bazénových a pitných vodách velice přísně sledován. Výskyt v bazénové vodě a vodě pitné je naprosto zakázán, mezní hodnotou je tak 0 KJT/100 ml (KJT = kolonii tvořící jednotka). Pokud dojde k výskytu bakterie *Escherichia coli*, bazén musí být okamžitě uzavřen a voda náležitě upravena, aby splňovala hygienické předpisy. [22; 21]

6.3.2 Počet kolonií při 36 °C

Hodnota počtu kolonií při 36 °C je indikátorem obecného znečištění. Jejich výskyt ve vodě nemusí znamenat přítomnost choroboplodných zárodků a zvýšená hodnota počtu kolonií při 36 °C není bezprostředně spojena s ohrožením lidského zdraví. Počet kolonií při 36 °C můžeme považovat za ukazatel kvality vody především provozní, ne zdravotní. Mezní hodnotu upravené vody na přítoku do bazénové vany je 20 KJT/ml, zatímco v bazénové vodě z bazénové vany je to 100 KJT/ml.

Tabulka 1 Požadavky na mikrobiologické a fyzikálně-chemické ukazatele jakosti vod v umělých koupalištích podle přílohy č. 9 Vyhlášky MZ č. 238/2011, uvedeny jsou pouze parametry pozorované na konkrétním bazénovém provozu [5]

Ukazatel	Jednotka	Upravená voda na přítoku do bazénu Mezní hodnota	Bazénová voda během provozu	
			Mezní hodnota	Nejvyšší mezní hodnota
<i>Escherichia coli</i>	KTJ/100ml	0	0	*)
počet kolonií při 36 °C	KTJ/ml	20	100	*)
pH	-	-	6.5–7.6	9.5
zákal	ZF	-	0.5	
chlor volný	mg/l	-	0.3–0.6 (1)	
			0.5–0.8 (2)	
			0.7–1.0 (3)	
chlor vázaný	mg/l	-	-	0.3
celkový organický uhlík (TOC)	mg/l	-	2.5 mg/l nad hodnotu plnicí vody (4)	
dusičnany	mg/l	-	20 mg/l nad hodnotu plnicí vody (5)	

Vysvětlivky tabulka 1:

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

1. hodnoty *Escherichia coli* větší než 10 KTJ/100 ml a současně více než 100 KTJ/ml pro počty kolonií při 36 °C, a/nebo více než 10 KTJ/100 ml pro *Pseudomonas aeruginosa*,

2. hodnoty *Pseudomonas aeruginosa* větší než 50 KTJ/100 ml nebo hodnoty *Pseudomonas aeruginosa* větší než 10 KTJ/100 ml a současně počty kolonií při 36 °C větší než 100 KTJ/ml počty kolonií při 36°C.

- (1) *Platí pro plavecké bazény a pro bazény s teplotou vody nepřesahující 28° C. U dětských bazénů provozované osobami poskytujícími péči a brouzdališť je vhodné, aby se bez ohledu na teplotu vody obsah volného chloru ve vodě s ohledem na vyšší citlivost dětského organismu vůči chloru pohyboval při nižší hodnotě daného rozmezí, tj. při hodnotě 0,3 mg/l.*
- (2) *Platí pro koupelové bazény a bazény s teplotou nepřesahující 32°C.*
- (3) *Platí pro koupelové bazény a bazény s teplotou vyšší než 32°C. [5]*
- (4) *Mezní hodnota (MH) TOC ve zdrojové vodě (z vodovodní řady) je rovna 5,0 mg/l. [23]*
- (5) *Nejvyšší mezní hodnota (NMH) dusičnanů ve zdrojové vodě (z vodovodní řady) je rovna 50,0 mg/l.*

7. KRITICKÁ ANALÝZA

V České republice se při návrhu bazénového recirkulačního systému musíme řídit Vyhláškou MZ č. 238/2011 Sb., „Vyhláška o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch“. Tato vyhláška přehledně stanovuje podmínky, kterými se pro dosažení vyhovující kvality vody musíme řídit. Ve vyhlášce najdeme vedle hygienických limitů vody v bazénu a okolí bazénu i způsoby kontroly vody, četnost a rozsah kontrol a požadavky na odběry. Vyhláška však neobsahuje způsoby, jak hygienických limitů dosáhnout ani popis návrhu recirkulačního systému. Pro bezpečnostní hlediska bazénového provozu musíme využít další normy. Soubor norem ČSN EN 13 451 se věnuje bezpečnostním požadavkům a zkušební metodám vybavení plaveckých bazénů. Z vodařského pohledu je důležitá norma ČSN EN 13 451 – 3 „Další specifické bezpečnostní požadavky a zkušební metody pro vtoky a odtoky vody a vodní atrakce.“ Další normou používanou pro návrh bazénů je norma ČSN EN 15288-1 „Bezpečnostní požadavky pro navrhování bazénů.“ Tato norma se věnuje také jen bezpečnostnímu návrhu bazénové vany a jejího okolí. Normu, kterou lze použít pro návrh bazénové technologie je norma ČSN 75 5301 „Vodárenské čerpací stanice. Ve všech z výše jmenovaných norem a vyhlášek však chybí velká část stavebních doporučení pro objekt recirkulačního systému. Pro takové informace se tak musíme uchýlit k zahraničním normám. Nejlépe zpracovanou normu pro návrh recirkulačního systému je možné nalézt v Německu. Jedná se o normu DIN 19643 „Úprava vody v plaveckých bazénech a koupalištích.“ Norma je rozdělena na pět částí. V první části se věnuje všeobecným požadavkům z pohledu hygieny, chemického složení vody a podkladům pro dimenzování. Další části jsou popisy kombinací použitelných metod. Dalšími zahraničními normami, které se návrhu a provozování bazénu věnují, jsou švýcarská norma SIA 358/1 a rakouská právní norma Ö - NORM z roku 1998. [5; 14]

Přípustné rozmezí pH se ve všech výše jmenovaných normách (ČR, Německo, Švýcarsko a Rakousko) pohybuje v rozmezí 6,5 – 7,6. Mezní hodnota dusičnanů je v České republice a Německu 20 mg/l nad hodnotu plnicí vody, v Rakousku 30 mg/l nad hodnotu plnicí vody. Ve švýcarské normě není tento parametr řešen. Mezní hodnota volného chloru v plaveckých bazénech je v České republice, Německu a Rakousku stejná, a to 0,3 – 0,6 mg/l. Ve Švýcarsku je mezní hodnotou volného chloru v plaveckých bazénech hranice 0,2 – 0,4. Pokud se jedná o bazény s teplými vodami, mezní hodnoty jsou o něco vyšší. V České republice, Německu a Švýcarsku se jedná o rozmezí 0,7 – 1,0 mg/l, v Rakousku dokonce až 1,2 – 2,0 mg/l. Nejvyšší mezní hodnotou vázaného chloru je v České republice hranice 0,3 mg/l. V ostatních zemích je NMH 0,2 mg/l, přičemž ve Švýcarsku je hodnota 0,3 mg/l ještě tolerována. [14]

8. OBECNÝ POPIS SLEDOVANÉHO BAZÉNU

Veřejný bazén, který jsem v rámci praktické části bakalářské práce navštívila a ve kterém byla provedena měrná kampaň, se nachází v pražském Radotíně. Radotín je městskou částí Prahy 16 a nachází se na samotném rozhraní krajů Praha a Středočeský kraj, viz obr. 7. Jedná se o krytý plavecký bazén s relaxačními zónami, který je využíván základní školou, veřejností a plaveckými oddíly. Krytý bazén je součástí obecního areálu, který dále zahrnuje biotop a saunu, k vidění na obr. 6. Biotop byl postavený v letech 2013–2014, bazén v roce 2019.



Obr. 7 Mapa ČR s červeně označeným místem bazénu v Radotíně a detail Středočeského kraje s označeným umístěním bazénu



Obr. 6 Letecká mapa areálu koupaliště s oranžově označenou hranicí; 1 - krytý bazén, 2 - biotop, 3 - regenerační zóny biotopu, 4 – řeka Berounka

Bazén v Radotíně je nový krytý bazén postavený v roce 2019. Mezi jeho hlavní využití patří výuka plavání, kondiční plavání a relaxace. Bazénová hala obsahuje tři samostatné bazény: víceúčelový bazén, masážní bazén a dětský bazén.

Víceúčelový bazén, viz obr. 8, je rozdělen na plaveckou část a relaxační část s atrakcemi. Materiálem bazénové vany je nerez. Plocha vodní hladiny činí 312,5 m², objem 425,0 m³. Plavecká část je osazena čtyřmi plaveckými dráhami o délce 25 m. Na začátku každé dráhy se nachází startovní blok, pod kterým je hloubka 1,6 m. Směrem k druhému konci plaveckých drah dno stoupá na konečnou hloubku 1,3 m. Vedle plavecké části se nachází část relaxační, o stejné délce 25 m, která zahrnuje dva chrliče vody, spodní proudy, ponořenou lavici s tryskami vyrábějící bublinky a válec s divokou vodou. Po celé délce relaxační dráhy je hloubka 1,3 m. Teplota vody v celém bazénu je udržována kolem 28-30°C. Kapacita vodní plochy činí 74 osob. [19; 24]



Obr. 8 Pohled na víceúčelový bazén, který obsahuje plaveckou část s plaveckými drahami (vlevo) a relaxační zónu s atrakcemi (vpravo) [24]

V bazénové hale se vedle víceúčelového bazénu s plaveckou a relaxační částí dále nachází dětský bazén neboli brouzdaliště, s malou skluzavkou a atrakcemi se zvířátky, vodním ježkem a dnovou perličkou, zobrazeno na obr. 9. Plocha dětského bazénu činí 16,0 m² a jeho objem je 4,8 m³. Hloubka dětského bazénu je 0,3 m, teplota vody se pohybuje mezi 30 až 32 °C a jeho kapacita je 5 osob. [19]



Obr. 9 Dětský bazén s atrakcemi [24]

Třetím a posledním bazénem, který se v bazénové hale nachází, je bazén masážní neboli vířivka s maximální kapacitou 14 lidí, znázorněna na obr. 10. Teplota vody ve vířivce dosahuje teplot 34-36 °C, hloubka bazénu je 1,0 m, plocha bazénu činí 16,0 m² a objem bazénu je 12,5 m³. Atrakce umístěné uvnitř masážního bazénu jsou masážní trysky, sedací vzduchová masáž a dnová perlička, která je obr. 10 zrovna v provozu. [19]



Obr. 10 Pohled na masážní bazén s atrakcemi [24]

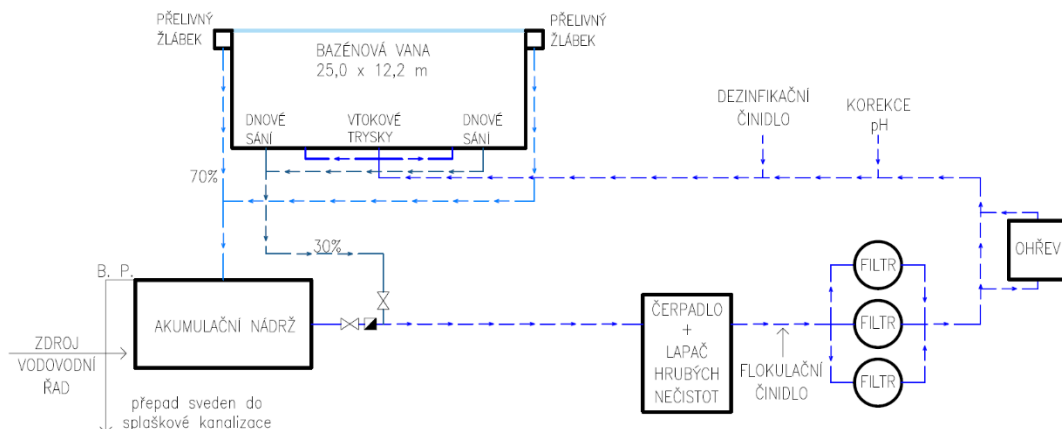
Návštěvníci radotínského krytého bazénu mohou kromě 3 oddělených bazénů využít i parní kabinu. Uvnitř parní kabiny dosahuje teplota vzduchu 45–50 °C. [24]

9. TECHNOLOGIE BAZÉNŮ

Jednotlivé bazény, které jsou součástí bazénové haly v Radotíně, jsou řešeny třemi oddělenými recirkulačními systémy úpravy vody. Víceúčelový bazén má svůj okruh A, masážní bazén okruh B a dětský bazén okruh C. V bakalářské práci se věnuji vyhodnocení vybraných ukazatelů kvality vody pouze bazénové vody ve víceúčelovém bazénu. Proto se nadále budu věnovat popisu recirkulačního oběhu pouze bazénu víceúčelového, tedy okruhu A, schematicky nakresleném na obr. 11.

Zdrojem vody pro první napuštění bazénu, praní filtrů a částečnou denní výměnu vody je přívod pitné vody z veřejného vodovodu k akumulární nádrži.

Technologická úprava bazénové vody víceúčelového bazénu je tvořena betonovou akumulární (vyrovnávací) nádrží, oběhovými čerpadly filtrace, čerpadly pro atrakce, tlakovými filtry s vícevrstvou filtrační náplní, automatickými dávkovacími zařízeními chemikálií a systémem dávkování aktivního uhlí. Výměna vody v nerezové bazénové vaně je zajištěna systémem dnových kanálů a trysek, které přivádí upravenou vodu do bazénu. Tímto systémem jsou zabezpečeny správné hydraulické poměry v bazénu a nedochází tak ke vzniku tzv. mrtvých zón, které by se mohly stát potencionálním zdrojem mikrobiologického znečištění. Do akumulární jímky se voda dostává z menší části (30 %) pomocí dnového sání a z větší části (70 %) gravitačně přes přelivné žlábků. Přepad z akumulární jímky je sveden do splaškové kanalizace. Akumulární jímka je vodotěsná a povrchově hygienicky a biocidně natřena tak, aby byla odolná proti tlení, plísním a stárnutí. Z akumulární jímky je voda čerpána oběhovými čerpadly na filtraci. Součástí oběhových čerpadel a čerpadel atrakcí jsou lapače hrubých nečistot a vlasů. Před tím, než voda doteče na samotné filtry, je ještě obohacena o flokulační činidlo. Flokulační činidlo způsobuje shluk velmi malých (koloidních) částic nečistot, které jsou jinak mechanickou filtrací neodstranitelné, a které se následně na filtrech zachytí. Na filtrech voda následně protéká přes filtrační lože z křemičitého písku o rozdílných frakcích (0,4 – 4,0 mm) a přefiltrovaná voda teče výtlačným potrubím k zařízení ohřevu. Ohřev bazénové vody je zajišťován přes výměník tepla. Pro částečnou energetickou nezávislost, ekonomičnost a ekologičnost se na střeše krytého bazénu nachází několik solárních panelů, které přispívají k ohřevu vody. Posledním krokem před vstupem přefiltrované vody zpět do bazénové vany chemické hospodářství, v rámci kterého dochází k automatickému dávkování dezinfekčního činidla a korekci pH. Pro chemickou úpravu všech bazénů je instalována automatická jednotka pro kontinuální měření a regulaci hodnot volného chloru, pH, ORP a teploty. Veškeré dávkování chemikálií je prováděno automaticky dle aktuálního vyhodnocení jednotlivých kvalitativních parametrů vody v bazénech kontinuálním měřicím zařízením. Voda na atrakce je odebírána přímo z bazénů dnovými nebo stěnovými výpustí. [19]



Obr. 11 Schéma recirkulačního systému víceúčelového bazénu v Radotíně

10. SLEDOVANÉ PROVOZNÍ PARAMETRY

Mezi sledované a porovnávané parametry radotínského bazénového provozu patří návštěvnost a následující ukazatele kvality vody: zákal, teplota, pH, chlor volný, chlor vázaný, celkový organický uhlík (TOC), dusičnany, *Escherichia coli* a počet kolonií. Použitá data a informace jsem získala od provozovatele bazénu. Obdržela jsem 4 dokumenty obsahující denní návštěvnosti jednotlivých let (2019, 2020, 2021 a 2022) a protokoly o hygienických zkouškách prováděné hygienickými laboratořemi z období 2019-2022.

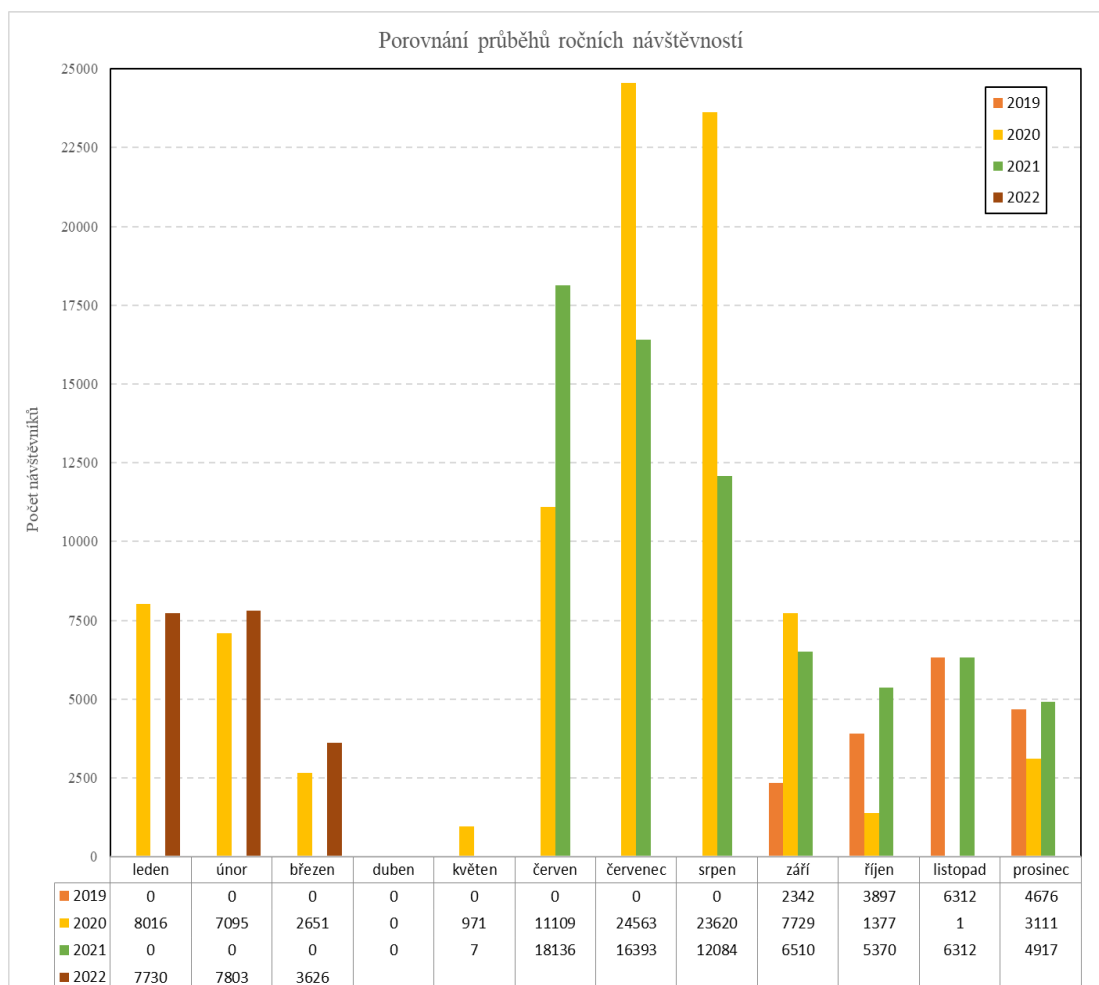
10.1 NÁVŠTĚVNOST

Pro porovnání ročních návštěvností byly využity dokumenty poskytnuté provozovatelem bazénu. Systém, který monitoruje počet návštěvníků v areálu, však nerozlišuje, zda míří návštěvník do venkovního přírodního biotopu, nebo do kryté bazénové haly. Proto nejsou získaná data stoprocentně přesná a musíme uvažovat s několika ovlivňujícími faktory.

Hlavním faktorem, který silně ovlivnil návštěvnost krytého bazénu v letech 2020 a 2021 byly protiepidemická opatření. Dne 14. března vešlo v platnost opatření zakazující činnost bazénů. Bazén tak fungoval od svého oficiálního otevření 2. září 2019 necelých sedm měsíců a došlo k jeho uzavření. Do jeho finálního otevření, které od pondělí 31. května 2021 trvá dodnes, byly bazény v České republice opakovaně otevírány a zavírány.

Přesné počty návštěvníků krytého bazénu získáme pravděpodobně pouze ze zimních měsíců. Tehdy je venkovní biotop nepřístupný, a tak můžeme předpokládat, že všichni napočítaní návštěvníci navštívili právě sledovaný krytý bazén. Naopak objektivní počty návštěvníků vnitřního krytého bazénu nemůžeme očekávat z měsíců letních. Od jara do podzimu jsou totiž v provozu oba dva bazény (krytý i biotop) a počty návštěvníků získané ze systému jsou celkové sumy pro obě dvě koupací plochy. Společný sčítací systém je tak druhým faktorem, který výrazně ovlivňuje přesnost vyhodnocení.

Graf 1 Porovnání měsíčních návštěvností roku 2019, 2020, 2021, 2022



Z grafu je patrné, že v létě je návštěvnost nejvyšší. Je však důležité si uvědomit, že tyto hodnoty jsou ovlivněny převažující návštěvností sousedního biotopu, jak již bylo popsáno výše. Zároveň si můžeme všimnout, že v zimních měsících jsou návštěvnosti podobné a dá se u nich tedy předpokládat větší míra přesnosti.

Abych stanovila průměrné měsíční a denní počty návštěvníků, provedla jsem následující úvahu. V říjnu, listopadu a prosinci roku 2019, dále v lednu a v únoru roku 2020 a 2022 a následně v říjnu, v listopadu a v prosinci roku 2021 vím jistě, že byl v provozu pouze krytý bazén a nedocházelo k žádnému ovlivnění provozu protiepidemickými opatřeními. Z těchto měsíců jsem získala následující hodnoty. Průměrná měsíční návštěvnost krytého bazénu v Radotíně se pohybuje kolem 6 115 osob/měsíc. Průměrná denní návštěvnost krytého bazénu v Radotíně je cca 200 osob. Maximální měsíční návštěvnost, uvažují-li pouze zimní měsíce, byla dosažena v lednu roku 2020.

Posledním faktorem, který může návštěvnost ovlivnit, je denní harmonogram krytého bazénu, přiložený jako obr. 12 Harmonogram obsahuje rozpis a obsazenost jednotlivých drah během dne a liší se pro každý den. V dopoledních hodinách je bazén využíván školami pro výuku plavání, v odpoledních hodinách nejčastěji plaveckými oddíly. Pro veřejnost jsou vymezeny hodiny 6 – 8 hod. a 14 -22 hod. Aktuální rozvrh víceúčelového bazénu pro rok 2021-2022 mi byl poskytnut provozovatelem bazénu.

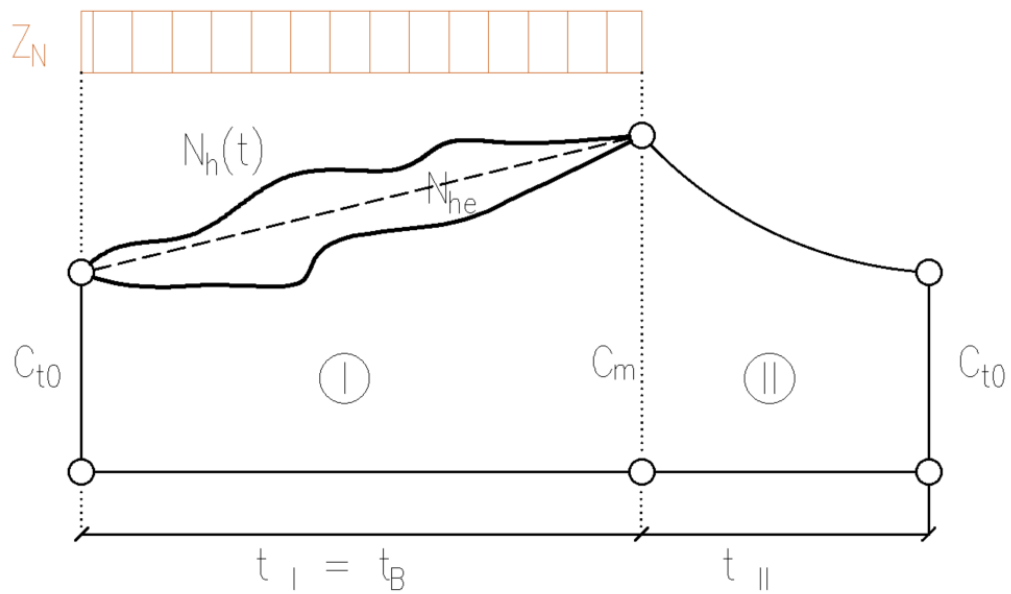
10.2 UKAZATELE KVALITY VODY

Sledovanými ukazateli kvality vody byly zákal, teplota, pH, chlor volný, chlor vázaný, celkový organický uhlík (TOC), dusičnany, *Escherichia coli* a počet kolonií při 36 °C. Od provozovatele bazénu jsem obdržela celkem 360 protokolů. Některé protokoly však neobsahovaly informace o vzorcích z víceúčelového bazénu, a proto nebyly použity pro další analýzu a následné vyhodnocení. Pro odpovídající vyhodnocení ukazatelů vody ve víceúčelovém bazénu v Radotíně jsem zpracovala data z 81 protokolů. Každý protokol obsahoval informace o prováděné zkoušce (termín odběru, místo odběru, způsob odběru, zhotovitel odběru atd.) a výsledky laboratorních zkoušek vody ke koupání.

Kontrolní měření ukazatelů kvality vody bylo v Radotíně do listopadu roku 2021 prováděno Ekologickou laboratoří PEAL s.r.o., nyní vodu kontroluje Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem. Provozovatel bazénu mi poskytl všechny jimi obdržené protokoly od těchto společností od prosince roku 2019. Den 20.12.2019 je prvním dnem, jehož kvalitu vody mohu zanalyzovat. Posledním dnem měření, který jsem obdržela, byl 14. duben 2022. V protokolech je možné dohledat hodnoty ukazatelů ve všech třech bazénech (víceúčelový, brouzdaliště a vířivka), stejně jako ve vodě zdrojové a upravené před vstupem do bazénových van. Pro co nejpřesnější vyhodnocení jsem se však zabývala kvalitou vody v jediném bazénu, kterým byl bazén víceúčelový. Důvodem tohoto rozhodnutí byl fakt, že právě víceúčelový bazén je navštěvován nejfrekventovaněji a mohu předpokládat, že většina denní návštěvnosti, kterou mám k dispozici, byla právě v něm. Naopak využití brouzdaliště a vířivky je v Radotíně minimální, často mimo provoz, a proto jsem analýzu těchto dat v rámci bakalářské práce neprováděla.

Před samotným zkoumáním jednotlivých ukazatelů bych ráda zmínila jeden důležitý faktor, kterým je průběh znečištění v čase. Díky funkčnímu recirkulačnímu systému na bazénovém provozu docílíme toho, že hodnoty ukazatelů znečištění jsou v ranních hodinách minimální a voda je hygienicky nezávadná. V tu chvíli se nacházíme v bodě C_{10} na obr. 13. Bazén je následně otevřen veřejnosti, uvnitř se střídají stovky lidí a dochází k nárůstu znečištění. Znečištění od návštěvníků je označeno zatížením Z_N , jeho délka trvání je přímo úměrná otevírací době bazénu. Konec provozní fáze ve chvíli uzavření bazénu (22:00) je označeno rozhraním mezi t_I a t_{II} a je patrné, že právě v tu chvíli je znečištění bazénové vody nejvyšší, označené bodem C_m . Během noci, kdy je bazén uzavřen, musí dojít ke snížení znečištění opět na hodnotu C_{10} . Dosažení této hodnoty znečištění je zajištěno právě recirkulačním systémem. Důvod, proč tuto závislost znečištění v čase na návštěvnosti zmiňuji je ten, že odběr vzorků provedený hygienickými laboratořemi neprobíhá pokaždé ve stejném čase. V některých případech dojde k odběru v ranních hodinách kolem 8 hodiny, jindy v poledne ve 12 hodin. Nestalo se však, že by k odběru vzorků došlo až v hodinách odpoledních. Můžeme obecně předpokládat, že čím později během

dne jsou odběry provedeny, tím nepříznivější hodnoty jednotlivých ukazatelů kvality vody můžeme očekávat.



Obr. 13 Průběh znečištění v čase [25]

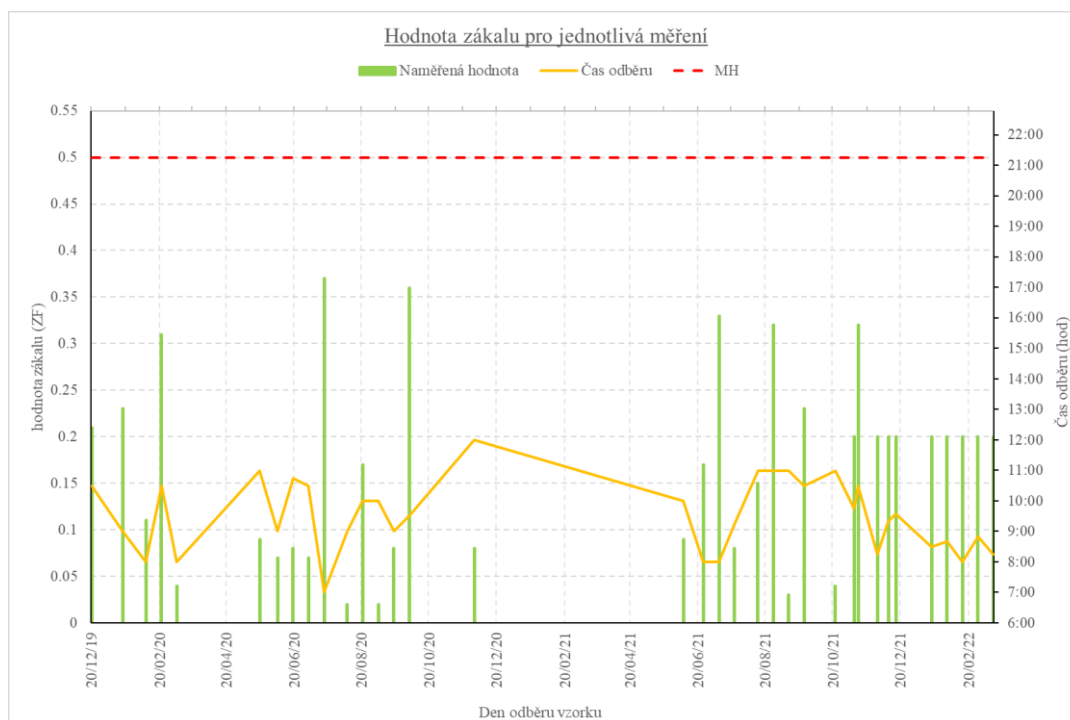
Vysvětlení parametrů na obr. 13:

- C_{t0} – minimální hodnota znečištění
- C_m – maximální hodnota znečištění
- $N_{h(t)}$ – hodinová návštěvnost
- N_{he} – náhradní ekvivalentní návštěvnost
- Z_N – znečištění od návštěvníků
- t_I, t_B – fáze první, provozní fáze bazénu
- t_{II} – fáze druhá, fáze bazénu mimo provoz

Zákal

V rámci vyhodnocování vybraných ukazatelů kvality vody a vypisování naměřených hodnot do přehledných tabulek jsem zjistila, že na radotínském bazénu je nejčastěji měřeným a kontrolovaným ukazatelem zákal. Během pravidelného provozu bazénu (bez protiepidemických opatření) je tento ukazatel kontrolován každých 14 dní bez výjimky. Jak je vidět z graf 2, k překročení mezní hodnoty (MH) 0,5 ZF nedošlo v žádném z provedených měření.

Graf 2 Vynesené hodnoty zákalu v jednotlivých dnech odběru



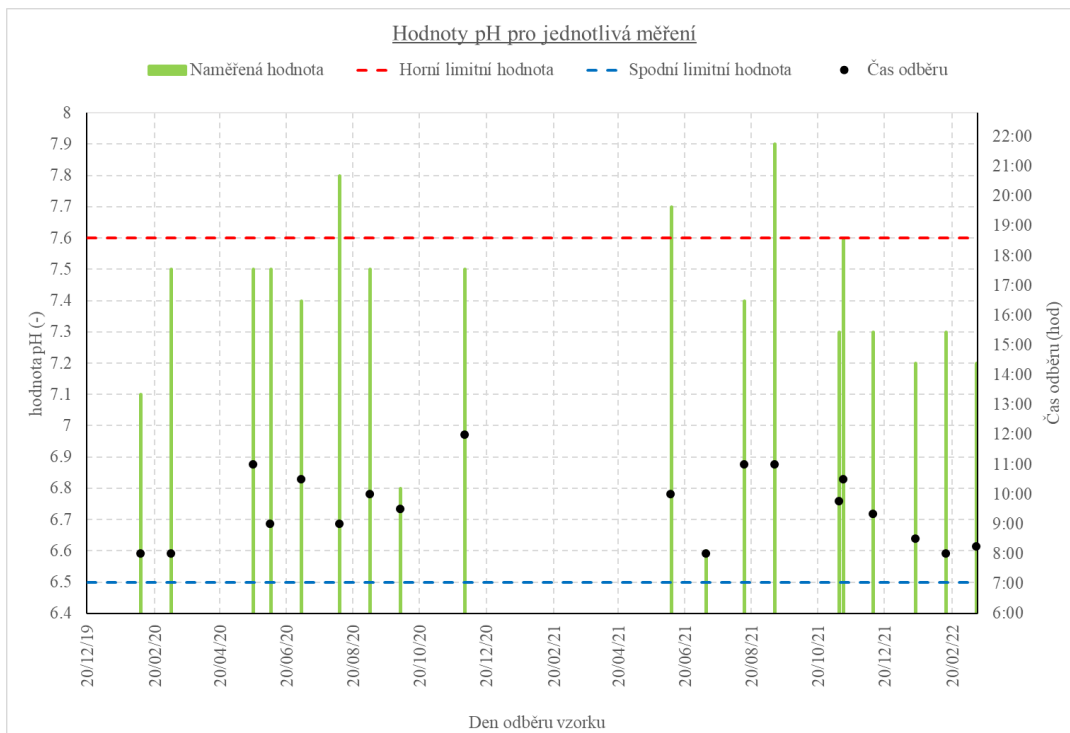
Na vyneseném grafu dále můžeme pozorovat možnou závislost naměřených hodnot zákalu (zeleně) na hodině ve které byl odběr proveden (žlutě). Moje počáteční úvaha byla následující: ve dny s vyšší hodnotou zákalu je pravděpodobné, že vzorek byl odebrán v pozdějších hodinách, tedy v době s již vyšší návštěvností. Tuto úvahu jsem se pokusila ověřit na měrných kampaních provedených ve dnech s nejnižším a nejvyšším výsledkem zákalu. Nejnižší zákal 0,02 ZF byl naměřen v pátek 7. srpna 2020, kdy byl odběr proveden v 9:00 hodin. Stejnou hodnotu dosáhl vzorek odebraný v pátek 4. září 2020 v 10:00. Naopak nejvyšší zákal byl naměřen u vzorku z pátku 17. července 2020, zákal dosáhl hodnoty 0,37 ZF a vzorek byl odebrán v 7:00 hodin. Je tedy zřejmé a viditelné i na samotném grafu, že při odběru nejranějším (7:00), byla získána hodnota zákalu nejvyšší. Toto vyhodnocení nepotvrzuje mou úvahu. Neznamená to však, že by tato ojedinělá závislost ze 17. července 2020 měla utvářet pravidlo. Je možné, že došlo k odchylce při měření nebo k jevům způsobeným závislostí na kalové kapacitě filtru. Dále je možné, že během dopoledních hodin provozu ještě není možné pozorovat výrazné výkyvy

a změny v zákalu. Zajímavé by tedy bylo znát hodnotu parametru z hodin večerních, např. po ukončení provozu. Tehdy by se již moje úvaha mohla aplikovat. Výsledkem vyhodnocení ukazatele zákalu je, že na hodnoceném provozu bazénu v Radotíně nebyla nalezena závislost hodnot zákalu na čase odběru. Hodnota zákalu u odebraných vzorků nepřekročila mezní hodnotu danou Vyhláškou MZ 238/2011 Sb.

pH

Měření pH proběhlo od 19. prosince 2019 do 14. března 2022 podle získaných protokolů od provozovatele v počtu 19. Nízký počet měření lze vysvětlit několikaměsíčním uzavřením během protiepidemických opatření a omezenému provozu během letních měsíců. Po vynesení dat ze všech poskytnutých protokolů do přehledné tabulky nebyla zjištěna jasná pravidelnost provádění zkoušky pH. Pravidelnost měření můžeme pozorovat až od listopadu 2021, odkdy je měření prováděno v rozmezí cca jednoho měsíce, jak vyžaduje Vyhláška MZ č. 238/2011 Sb. Místo odběru vzorku pro vyhodnocení pH bylo ve všech případech u kratších protějších stran víceúčelového bazénu. Informace o datumech a časech odběru spolu s naměřenými hodnotami jsou vyneseny níže, viz. graf 3.

Graf 3 Vynesené hodnoty pH v jednotlivých dnech odběru



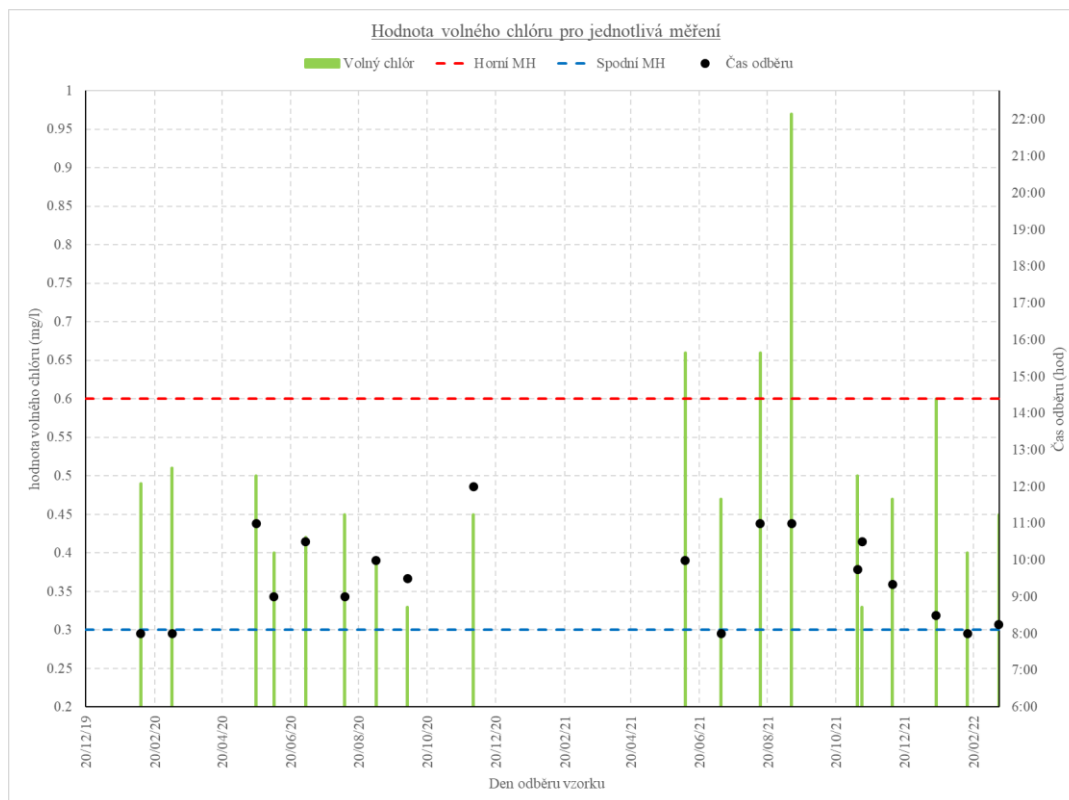
Rozmezí pH bazénové vody dané Vyhláškou MZ č. 238/2011 Sb. je od 6,5 do 7,6. Z grafu je patrné, že odebraná voda splnila podmínky spodní mezní hodnoty pH odpovídající 6,5 při všech kontrolních měření, avšak ve třech případech došlo k překročení horní hranice MH 7,6. V pátek 7. srpna došlo k překročení MH, při kterém pH odebrané bazénové vody dosahovalo hodnoty 7,8. Nevyhovující hodnota pH byla taktéž objevena u vzorku vody z pondělí 7. června 2021, kdy pH odpovídalo 7,7. Maximální hodnotu pH přineslo měření ze dne 10. září 2021, kdy byla naměřena hodnota pH 7,9. Průměr statistické řady hodnot pH byl vyčíslen na hodnotu 7,37, která vyhovuje MH spodní i horní, můžeme tedy považovat z hlediska pH za dlouhodobě nezávadný. Závislost hodnot pH na čase odběru vzorku nebyla v tomto případě potvrzena.

Chlor volný

Volný chlor byl během pozorovaného období měřen celkem devatenáctkrát, viz graf 4. Třikrát byla bazénová voda vyhodnocena negativně, tedy výsledek obsahu volného chloru v odebraném vzorku byl vyšší, než je pro bazény do 28 °C povoleno Vyhláškou MZ č. 238/2011 Sb. Mezní hodnota volného chloru je vyhláškou dána 0,6 mg/l. Vyhláškou je však také stanoveno, že jsou tolerovány odchylky od limitní hodnoty až do výše $\pm 20\%$, čímž se dostáváme do rozpětí MH 0,24 – 0,72 mg/l. [5] Pokud je tolerována dvacetiprocentní odchylka, hygienické požadavky na hodnotu volného chloru nebyly splněny pouze v jednom případě. Dne 10. září 2021 dosáhla hodnota volného chloru až 0,97 mg/l. Předpokládám, že provozovatel byl s touto informací srozuměn a provedl náležité kroky. Překvapivých zjištěním je však to, že další měření volného chloru proběhlo až po dvou měsících, 8. listopadu. Tehdy dosáhla hodnota volného chloru vyhovujících 0,5 mg/l. I přesto je prodleva mezi měřeními trvajících dva měsíce neobvyklá. Obvykle dochází ke kontrole tohoto ukazatele každý měsíc.

Statistickým výpočtem byl stanoven průměr hodnot volného chloru na hodnotu 0,5 mg/l, mediánem se stala hodnota 0,47 mg/l, modus byl vyčíslen na 0,45 mg/l. Vzhledem k tomu, že maximální hodnota je svojí hodnotou ojedinělá, můžeme to předpokládat za chybu při měření. Zároveň je vhodné tuto hodnotu pro statistické vyhodnocení zanedbat. Pokud výsledek zkoušky z dne 10. září ze svých dat odeberu, dojde k následujícím změnám: průměrná hodnota volného chloru klesne na 0,47 mg/l, mediánem se stane hodnota 0,46 mg/l a modus zůstane stejný, 0,45 mg/l.

Graf 4 Vynesené hodnoty volného chlóru v jednotlivých dnech odběru

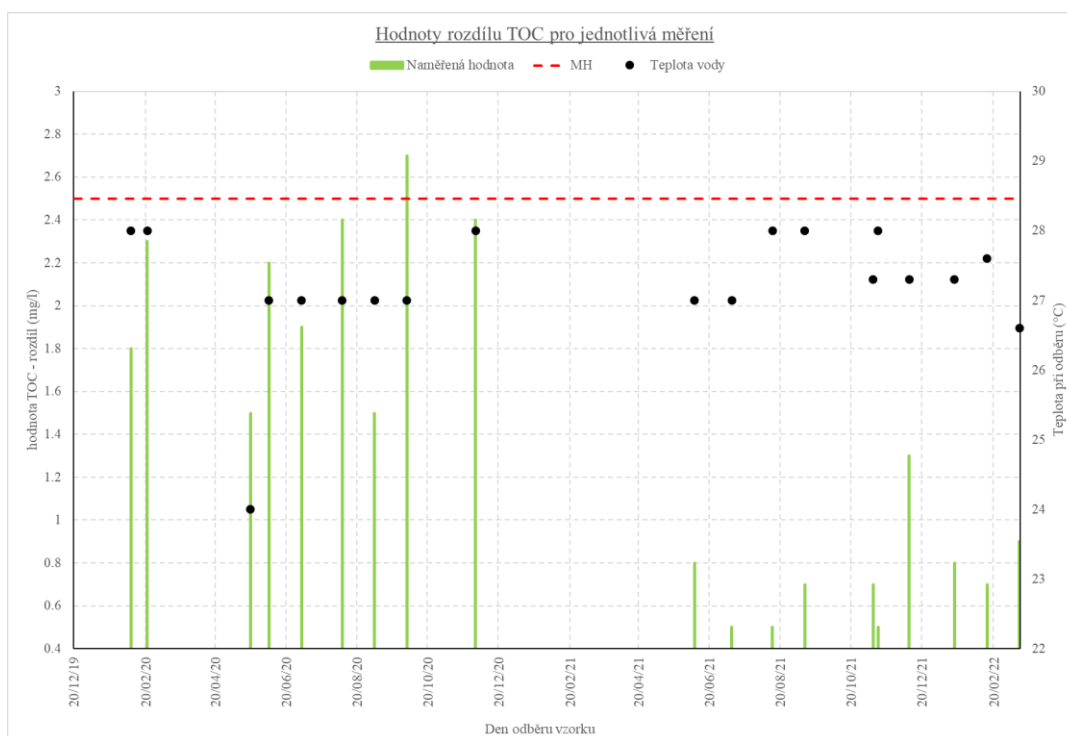


Chlor vázaný

Na rozdíl od chlóru volného je překročení NMH vázaného chlóru nebezpečné a zdraví škodlivé. Nejvyšší mezní hodnota vázaného chlóru je Vyhláškou MZ č. 238/2011 Sb. udávána 0,3 mg/l. Jeho hodnotu získáme z rozdílu mezi celkovým chlorem a volným chlorem. Získané výsledky měrných kampaní byly vyneseny do tabulek, ze kterých byl následně vynesena i graf 5. Celkový počet vyhodnocovaných měření vázaného chlóru je 19, stejně jako u volného chlóru. K překročení nejvyšší mezní hodnoty 0,3 mg/l však došlo hned v šesti případech. Obecně tak můžeme usoudit, že bazénová voda v Radotíně má v 31,6 % hygienicky nevyhovující vodu z hlediska obsahu vázaného chlóru, která může návštěvníkům způsobovat podráždění očí a pokožky. Z grafu dále vyplývá, že z posledních čtyř měrných kampaní dosáhla voda nadlimitních hodnot vázaného chlóru třikrát, tedy voda je častěji závadná než vhodná ke koupání. Z grafu dále není patrná závislost naměřených hodnot na čase odběru, stejně jako tomu je u předcházejících ukazatelů.

Aritmetický průměr celého souboru dat vázaného chlóru se rovná 0,34 mg/l. To znamená, že hodnota průměru je vyšší než NMH, což je velice alarmující zjištění. Pokud ze souboru dat odebereme nejvyšší hodnotu (0,76 mg/l z 7.2.2020) a nejnižší hodnotu (0,21 mg/l z 20.5.2020) s cílem zpřesnění statistických výpočtů, aritmetický průměr klesne na 0,32 mg/l. Stále je však průměrná hodnota vázaného chlóru po odebrání nejnižší a nejvyšší hodnoty nad hranicí

Graf 6 Vynesené hodnoty rozdílu TOC v jednotlivých dnech odběru



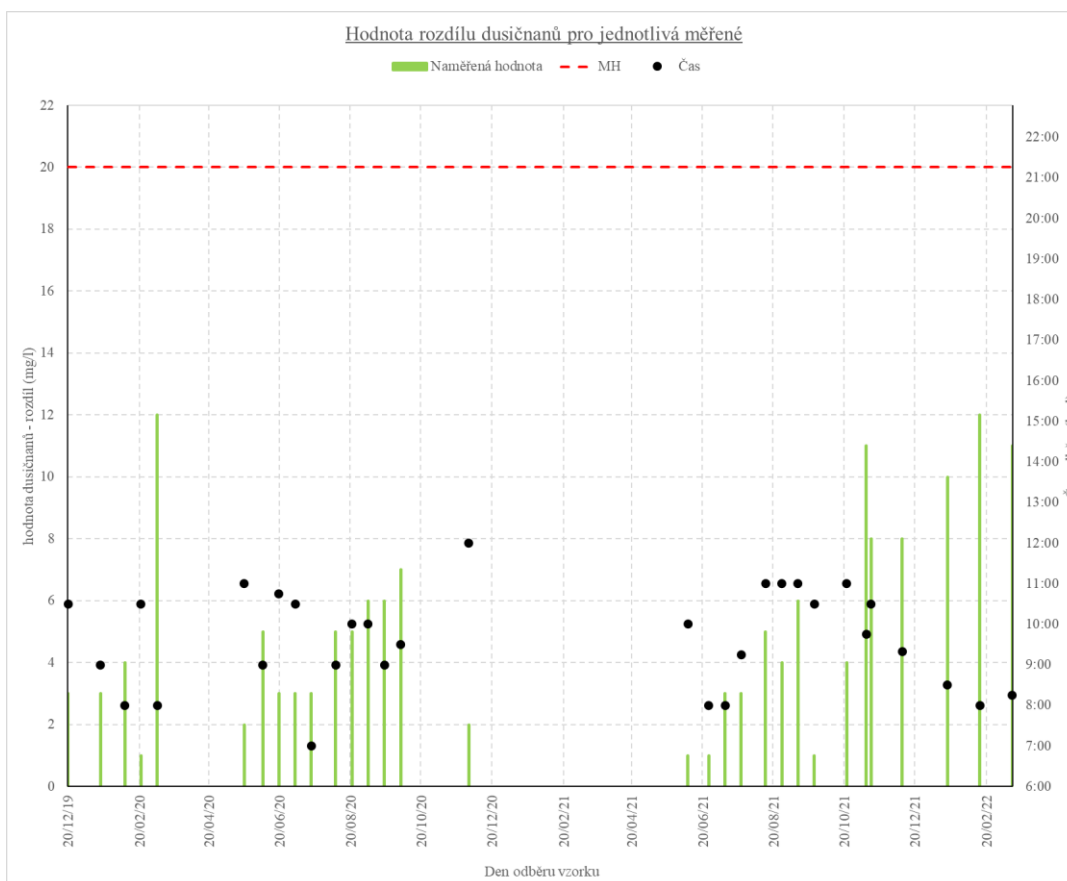
Z grafu je patrné, že z celkových 19 měření došlo k překročení MH (2,5 mg/l) pouze jednou. K překročení došlo 2. října 2020 a byla naměřena hodnota TOC – rozdíl 2,7 mg/l. Rozdíl mezi vodou plnicí a vodou v bazénu byl tak o 0,2 mg/l nad limitem. Zajímavým výstupem z grafu je i fakt, že hodnoty naměřené do konce roku 2021 jsou bez výjimky všechny výrazně vyšší než hodnoty od června roku 2021. Naopak hodnoty, které se moc neliší, jsou teploty odebrané vody, proto není možné hovořit o závislosti hodnot TOC – rozdíl na teplotě zkoumaného vzorku. Průměrná hodnota ukazatele TOC – rozdíl byla stanovena 1,37 mg/l, tedy splňuje MH z vyhlášky.

Dusičnany

Mezní hodnota dusičnanů obsažených v bazénové vodě je stejně jako celkový organický uhlík stanovena vyhláškou jako maximální povolený rozdíl plnicí vody a vody bazénové. MH rozdílu dusičnanů bazénové vody stanovena Vyhláškou MZ č. 238/2011 Sb. odpovídá 20 mg/l, viz. černá linie graf 7. Nejvyšší mezní hodnota (NMH) dusičnanů ve zdrojové (plnicí) vodě je rovna 50,0 mg/l. Pokud by tedy byla naměřena hodnota 50 mg/l plnicí vody, může voda bazénová obsahovat až 70 mg/l dusičnanů. Rozdíl dusičnanů se stal spolu se zákalem jediným fyzikálně-chemickým ukazatelem, u kterého nedošlo k překročení MH.

Všechny vzorky byly odebrány z kratších protějších stran víceúčelového bazénu a všechny odběry byly provedeny v dopoledních hodinách. Čas odběru je viditelný na vedlejší svislé ose grafu. Aritmetický průměr byl proveden z 31 měření a byla získána hodnota 5,1 mg/l. Dále byl určen medián a modus souboru, kdy medián byl vyčíslen na hodnotu 4 mg/l a modus 3 mg/l.

Graf 7 Vynesené hodnoty rozdílu dusičnanů v jednotlivých dnech odběru

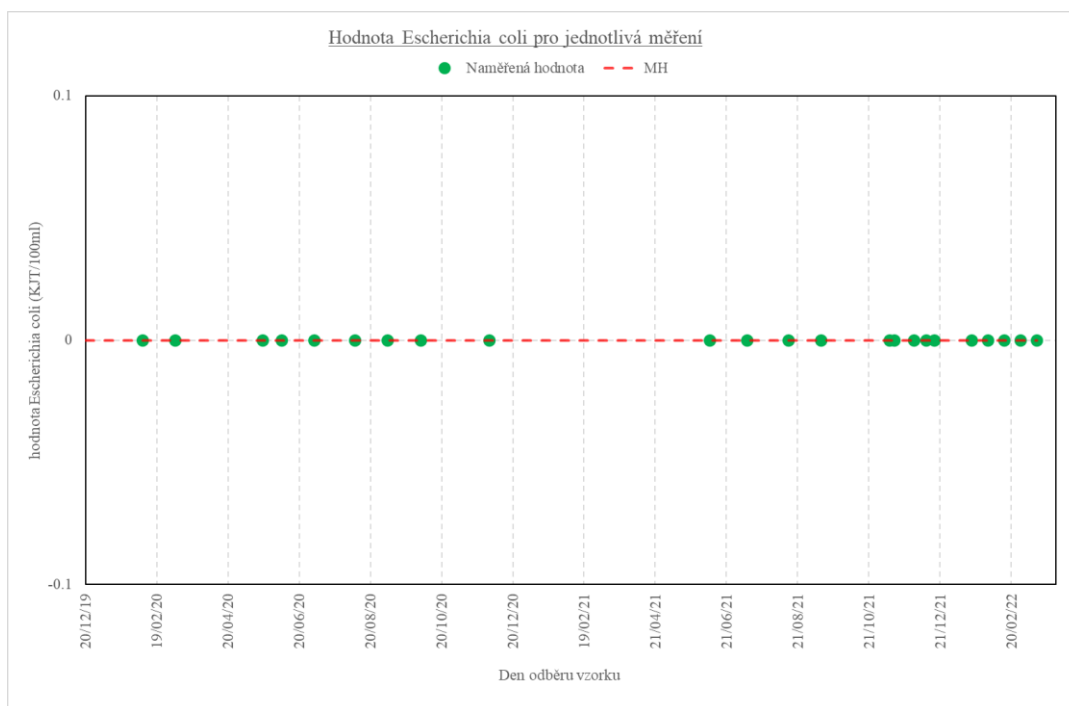


Escherichia coli

Prvním mikrobiologickým ukazatelem kvality vody, kterému jsem se ve své práci věnovala, je bakterie *Escherichia coli*. Vyhláška MZ č. 238/2011 Sb. stanovuje mezní hodnotu bakterie *Escherichia coli* 0 KTJ/100 ml. Na grafu níže jsou vyneseny všechny výsledky měření, kterým byla bazénová voda v Radotíně od prosince 2019 podrobena. V prvních dvou obdržovaných protokolech zmínka o kontrole vody na *Escherichia coli* nebyla, měření této bakterie proběhlo až 8. února 2020, viz graf 8. *Escherichia coli* je po zákalu a dusičnanech třetím nejčastěji kontrolovaným ukazatelem. Odběr vody probíhá z okrajů víceúčelového bazénu, přesné místo odběru nebylo určeno.

Na rozdíl od zbylých grafů neobsahuje tento graf vedlejší svislou osu s časem odběru vzorku, či teplotou vody při odběru. Je tomu proto, že naměřené hodnoty se nijak nelišily, vždy byly nulové, z čehož vyplývá, že čas odběru ani teplota ukazatel neovlivňují. Z grafu je patrné, že odebraná voda radotínského bazénu splnila podmínku stanovenou Vyhláškou MZ č. 238/2011 Sb. a v žádném z měření nebyla naměřena hodnota *Escherichia coli* jiná než nula.

Graf 8 Vynesené hodnoty Escherichia coli v jednotlivých dnech odběru



Počty kolonií při 36 °C

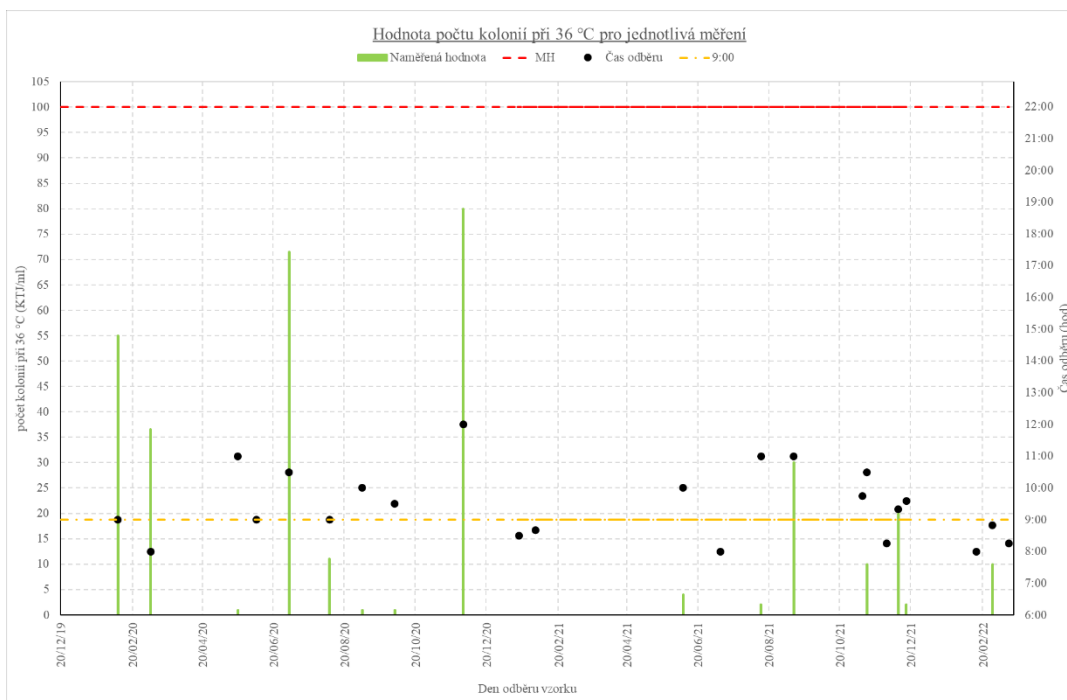
Druhým a zároveň posledním mikrobiologickým ukazatelem, který jsem v rámci bakalářské práce vyhodnocovala, byl počet kolonií při 36°C. Vyhláškou MZ č. 238/2011 Sb. je MH stanovená hodnotou 100 KTJ/ml. Prvním výstupem z protokolů byla informace, že měření tohoto ukazatele proběhlo ve stejných dnech jako měření *Escherichia coli*. Měření tak byl stejný počet a to 23. Den prvního měření, který mi byl poskytnut, bylo 8. února 2020. V grafu není viditelná část naměřených hodnot, a to z důvodu jejich nulové povahy.

Maximální naměřenou hodnotou bylo 80 KTJ/ml ze dne 30. listopadu 2020. V tento den došlo k odebrání vzorku v 12:00 hodin. To znamená, že voda s nejvyšším počtem kolonií při 36 C byla odebrána ke zkoušce zároveň v nejpozdějším čase, viz graf 9. Některé černé body označující čas odběru k sobě nemají příslušné zelené svislice. Svislice svou délkou odpovídají naměřené hodnotě, která lze odečíst na levé svislé ose. Důvodem chybějících svislic je naměření nulového počtu kolonií. V grafu je dále patrná žlutá linie označující 9:00 hodin. Můžeme si však všimnout, že všechny vzorky odebrané do 9:00 hodin (černý bod se nachází pod žlutou linií) obsahují

nejnižší počty kolonií při 36°C. Je možné, že počet kolonií při 36 °C je ovlivněn časem odběru vzorku a tím i počtem návštěvníků.

Průměrný počet kolonií při 36 °C odpovídá 14,6 KTJ/ml, zároveň nedošlo k žádnému překročení mezní hodnoty.

Graf 9 Vynesené hodnoty počtu kolonií při 36 °C v jednotlivých dnech odběru



11. ZÁVĚR

Z vyhodnocení praktické části bakalářské práce lze vyvodit tyto závěry:

- Krytý plavecký bazén v pražském Radotíně vyhovuje aktuálním standardům z hlediska bazénové technologie, obsahuje plaveckou zónu, relaxační zónu a několik atrakcí a od svého otevření v září 2019 se stal vysoce navštěvovaným sportovní centrem využívaným nejen obyvateli Radotína, ale i školami, plaveckými oddíly a veřejností ze spádové oblasti celého Poberouní.
- Veškerá odpadní voda, kterou bazén produkuje, odtéká do kanalizace. Odpadní voda není dále využita žádným způsobem. Bazénová technologie nezahrnuje tepelné čerpadlo a ohřev je tak docílen výměníky tepla a solárními panely umístěnými na střeše.

- Návštěvnost bazénu byla silně ovlivněna obdobím epidemie koronaviru, během kterého byl provoz přerušen a vstup na bazén zakázán. Průměrná měsíční návštěvnost dosahuje 6 115 osob, což znamená cca 200 osob/den.
- Kvalita vody v krytém bazénu je kontrolována pravidelně podle Vyhlášky MZ č. 238/2011. Zkoušky vody jsou aktuálně prováděny Zdravotním ústavem se sídlem v Ústí nad Labem, jejichž protokoly mi byly poskytnuty k vyhodnocení.
- Mikrobiologické ukazatele ani v jednom z pozorovaných měření nepřekročily mezní hodnoty stanovené Vyhláškou MZ č. 238/2011 Sb. a nejsou tak na radotínském provozu rizikovým ukazatelem.
- Ukazatelem, jehož hodnota nejčastěji (6krát z 19 měření) překročila nejvyšší mezní hodnotu byl vázaný chlor. Jeho nadlimitní výskyt ve vodě je zdraví závadný je vhodné hledat závadu v bazénové technologii. Možným řešením je navýšení dávky volného chloru, středotlaké UV záření, ozonizace nebo aplikace aktivního uhlí.
- Pouze k jedinému překročení z celkových 19 měření došlo u chloru volného. Zbytek naměřených hodnot byl poměrně daleko k horní mezní hodnotě 0,72 mg/l. Navýšení dávek volného chloru se tedy jeví jako možné řešení pro nadměrný výskyt chloru vázaného.
- Průměrná hodnota pH je rovna 7,37 a spadá do rozmezí mezní hodnoty (6,5-7,6). Hodnota průměrného pH je vyšší než neutrální (7) a bazénová voda v Radotíně je považována za vodu charakterem zásaditost. Vyšší pH může znamenat sníženou účinnost chloru a tím i možné vysvětlení vysokého obsahu chloru vázaného.
- Nebyla nalezena žádná souvislost mezi hodnotou celkového organického uhlíku v bazénové vodě, teplotou vody odebíraného vzorku a návštěvností.
- Dusičnany se ve vodě radotínského bazénu vyskytují ve velice malých koncentracích, maximální naměřená hodnota dosáhla 12 mg/l, tudíž žádné naměřené hodnoty nepřekročily MZ 20 mg/l.

Bibliografie

- [1] KRIŠ, Josef. *Bazény – sauny - soláriá*. První. Bratislava: Jaga group, 1998. ISBN 80-967676-7-4.
- [2] SKLENÁŘ, Josef. *Balneotechnika: Doplnkové skriptum*. První. Praha: Ediční středisko Českého vysokého učení technického, 1994. ISBN 80-01-01170-4.
- [3] ŠŤASTNÝ, Bohumil. *Vodní hospodářství obcí 2: část Balneotechnika*. Katedra zdravotního inženýrství. Praha, 2021. Vysokoškolská přednáška.
- [4] ČESKÁ REPUBLIKA. *Zákon 258/2000 Sb.* In: . 2001. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-258>
- [5] ČESKÁ REPUBLIKA. *Vyhláška MZ č. 238/2011 Sb.* In: . 2001. Dostupné také z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-238>
- [6] KRIŠ, Josef. *Bazény a koupaliska*. První. Bratislava: Jaga group, 2000. ISBN 80-88905-30-3.
- [7] LIESLER, Lukáš, Eduard SCHLEGER a Dušan ŠTĚTINA. *Bazény a koupaliště: principy využití sluneční energie*. První. Praha: ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02702-3.
- [8] SKLENÁŘ, Josef. *Balneotechnika I*. ISBN 9788001008065.
- [9] ŠŤASTNÝ, Bohumil. *Stavba a provoz bazénů*. První. Praha: Arch, 2003. ISBN 80-86165-56-6.
- [10] LHOTÁKOVÁ, Zdeňka. *Bazény*. Druhé. Brno: ERA, 2005. ISBN 80-7366-015-6.
- [11] VETEŠNÍK, Martin. *Posouzení recirkulačního systému bazénu*. Praha, 2021. Diplomová práce. ČVUT. Vedoucí práce Doc. Ing. Bohumil Šťastný, Ph.D.
- [12] SKLENÁŘ, Josef. *Balneotechnika I*. První. Praha: Ediční středisko Českého vysokého učení technického, 1987.
- [13] ŠRYTR, Petr. *Bazény: Konstrukce, příslušenství, kvalita vody*. První. Praha: GRADA, 1999. ISBN 80-7169-832-6.

- [14] VOJTĚCH, Tluček. *Posouzení vybraného bazénového provozu* [online]. Praha, 2021 [cit. 2022-04-02]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/99631>. Diplomová práce. ČVUT. Vedoucí práce Doc. Ing. Bohumil Šťastný, Ph.D.
- [15] SKLENÁŘ, Josef. *Balneotechnika II*. První. Praha: Ediční středisko Českého vysokého učení technického, 1992.
- [16] SKLENÁŘ, Josef. *Balneotechnika III*. První. Praha: Ediční středisko Českého vysokého učení technického, 1992.
- [17] ŠŤASTNÝ, Bohumil. *Úprava bazénových vod*. Praha: ČVUT.
- [18] HORÁKOVÁ, Marta, Peter LISCHE a Alexander GRÜNWARD. *Chemické a fyzikální metody analýzy vody*. První. Praha: SNTL / ALFA, 1986.
- [19] *Návrh provozního řádu: Krytý bazén Praha 16 - Radotín*. Zlín, 2018.
- [20] *Bazény shop: Vše pro Váš bazén* [online]. In: . [cit. 2022-04-15]. Dostupné z: <https://www.bazenishop.cz/poradna/co-to-je-ph-vody>
- [21] *Adamov: Ukazatelé rozboru vody* [online]. In: . [cit. 2022-04-25]. Dostupné z: https://www.adamov.cz/img/upload/zdrave-mesto/studanky/ukazatele_rozboru_vody-1.pdf
- [22] BENÁKOVÁ, Andrea. *Vodárenská hydrobiologie*. 2021.
- [23] ČESKÁ REPUBLIKA. *Vyhláška MZ č. 252/2004 Sb*. In: . Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-252>
- [24] *Bazén Radotín* [online]. In: . [cit. 2022-04-10]. Dostupné z: <https://www.bazenradotin.cz/>