

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE, FAKULTA STAVEBNÍ  
CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE, FACULTY OF CIVIL  
ENGINEERING

**Ing. Bohumil Šťastný, Ph.D.**

ÚPRAVA BAZÉNOVÝCH VOD  
SWIMMING POOLS WATER TREATMENT

## **Summary**

The habilitation paper deals with a swimming pool water treatment. This is the question of description of one the most important technologies of swimming pool building, at what depends the final water quality of swimming pool and visitor satisfaction. Relationship of single water treatment steps is characterized in technology schema, which contains balance tank, circulation pump, filter, heat, exchange system and chemicals used by a swimming pool water treatment.

Each swimming pool water treatment step is described and in the conclusion of this paper the research orientations in swimming pools are mentioned.

Within swimming pool disinfectants application the whole part deals mainly with advantages and disadvantages of individual disinfectants used in pool. The exchange system is focused on a method of mixing inflow disinfected water with basin water.

In experimental part of focused research is described a control system for a circulation of water in basin. The goal of this was to evaluate the system design and determination of places with poor water mixing in basin. The make up of methodology of exchange system control was also made. Large amount of acquired data was evaluated and recommendations for public swimming pools were made.

The last part of habilitation paper deals with very difficult question of disinfection by-products origin and chloramines removal. As well as in previous parts the whole problem was described at first abstractly and then also completed by an experimental work in laboratory and in swimming pool plants. In laboratory there were examined some of advised oxidative agents. Some of chloramines remove technologies were tested in swimming pools.

Gained results and information from each part of this paper were published in conferences, articles and there were used as official announcement.

## Souhrn

Habilitační spis se zabývá technologií úpravy bazénové vody. Jedná se o popis jedné z nejdůležitějších technologií bazénového provozu, na které značně závisí výsledná kvalita bazénového díla a celková spokojenost návštěvníka. Návaznost jednotlivých stupňů úpravy bazénové vody je charakterizována v technologickém schématu úpravy vody, které zahrnuje akumulací systém, čerpací jednotku, filtrační jednotku, ohřev, výměnný systém a aplikaci chemického hospodářství při úpravě bazénové vody. U každého stupně je následně popsán podrobný popis problematiky a v závěru práce jsou zmíněny záměry současného a plánovaného výzkumu v komunálním lázeňství včetně uvedení některých výsledků poloprovozních, příp. provozních experimentů.

V rámci použití dezinfekčních činidel se uvádí jejich přehled, charakteristické vlastnosti a výčet výhod a nevýhod jednotlivých způsobů desinfekce bazénových vod. Výměnný systém je zaměřen na způsob směšování bazénové vody s vodou upravenou. Závěry vycházejí z výsledků rozsáhlých měření na různých provozech a z teoretických zkušeností získaných nejen v komunálním lázeňství, ale i v příbuzných oborech, kterým je např. vodárenství.

V experimentální části zaměřeného výzkumu je popsán doposud méně známý systém kontroly proudění vody v bazénu. Cílem bylo ověření návrhu systému, určení míst se špatným směšováním vody v bazénu a sestavení metodiky kontroly výměnného systému na jednotlivých bazénech v ČR. K testování tohoto systému bylo vybráno několik reálných provozů. Získaná data byla vyhodnocena s následnými doporučeními pro veřejný provoz.

V poslední části se habilitační spis zabývá velmi závažnou otázkou, kterou je vznik a odstraňování vedlejších produktů desinfekce - chloraminů. Podobně jako v předcházejících okruzích byla provedena kritická literární rešerše a na jejím základě přikročeno k experimentálnímu ověření tvorby vedlejších produktů desinfekce a jejich odstraňování z vody v laboratorních i provozních podmínkách. Experimenty byly zaměřeny na snížení vázaného chloru v bazénové vodě.

**Klíčová slova:**

bazén, intenzita recirkulace, dezinfekce, koagulace, filtrace, chloraminy, výměnný systém, akumulární nádrž, úprava bazénové vody

**Keywords:**

swimming pool, recirculation rate, disinfection, coagulation, filtration, chloramine, exchange systém, storage tank, water treatment

## OBSAH

1.	ÚVOD .....	6
2.	CÍLE PRÁCE .....	6
3.	SCHÉMA ÚPRAVY BAZÉNOVÉ VODY .....	6
3.1.	<b>Akumulační nádrž .....</b>	<b>7</b>
3.2.	<b>Lapač vlasů.....</b>	<b>8</b>
3.3.	<b>Recirkulační čerpadlo.....</b>	<b>8</b>
3.4.	<b>Filtrační jednotka .....</b>	<b>9</b>
3.5.	<b>Chemické hospodářství.....</b>	<b>10</b>
3.6.	<b>Ohřev vody.....</b>	<b>13</b>
3.7.	<b>Výměnný systém.....</b>	<b>13</b>
3.8.	<b>Kontrola jakosti bazénové vody .....</b>	<b>14</b>
4.	ORIENTACE VE VÝZKUMU .....	15
4.1.	<b>Ověření funkčnosti výměnného systému.....</b>	<b>16</b>
4.2.	<b>Účinnosti různých technologií na snížení vázaného chloru .....</b>	<b>17</b>
5.	ZÁVĚRY .....	18
6.	VIZE PŘEDMĚTU BALNEOTECHNIKA .....	18
7.	REFERENCE .....	19
8.	OSOBNÍ ÚDAJE - CURRICULUM VITAE .....	20

## 1. Úvod

Při návrhu a výběru technologické části bazénu je nutné si uvědomit, že se nejedná o jednoduché dílo. Nejedná se o pouhou nádrž naplněnou vodou, ale jde o vodohospodářské dílo na němž se podílí celá řada odborníků různých profesí, přičemž jejich práce musí být vzájemně koordinovány, aby výsledkem byl opravdu dokonalý, bezchybný, funkční a provozně levný objekt s kvalitně zabezpečenou vodou splňující požadavky legislativy. Návrh kvalitní technologie je první důležitou podmínkou, pokud se rozhodneme bazén postavit.

Technologie bazénu zahrnuje několik různých specifických okruhů, které zajišťují bezpečný a bezporuchový provoz celého bazénu. Patří sem především vytápění bazénu, vzduchotechnika, měření a regulace, vstupní a výstupní systém (výměnný systém) a úprava vody. Poslední z jmenovaných však hraje nejdůležitější roli ve výsledné kvalitě vody a tím i v celkové spokojenosti návštěvníků. Proto právě na úpravu bazénové vody, a s ní související problémy, byla zaměřena největší pozornost. V rámci této práce bylo získáno i nejvíce nových poznatků a zkušeností, které nejsou v rámci české legislativy u bazénové problematiky vůbec řešeny a v praxi málo uplatňovány. Jedná se především o nástup a využití nových technologií na principu membránové separace (nanofiltrace, ultrafiltrace, reversní osmóza, aplikace nových desinfekčních činidel, odstraňování THM, snižování hodnoty vázaného chloru, apod.).

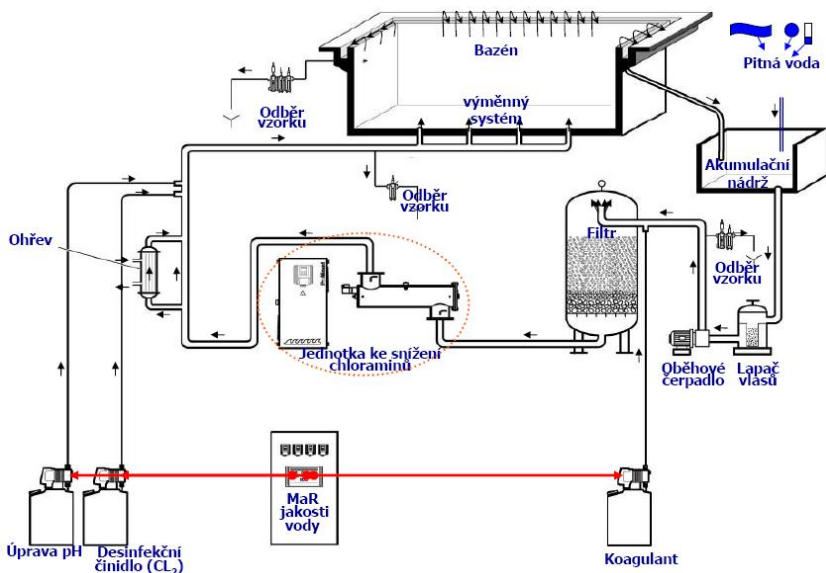
## 2. Cíle práce

Hlavním cílem je popsat jednu z nejdůležitějších technologií, která je součástí návrhu bazénových provozů, a na které závisí výsledná kvalita díla a následně i spokojenost návštěvníků a provozovatele. Návrh vychází z vyhlášky **MZ č. 135/2004** (dále jen vyhláška 135/2004), kterou se stanoví hygienické požadavky na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch“. Vyhláška je prováděcím zákonem podle § 108 odst. 1 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění zákona č. 274/2003 Sb., (dále jen "zákon") k provedení § 6 odst. 3 písm. a) až c), § 6 odst. 4 a 5 a § 13 odst. 2 zákona.

## 3. Schéma úpravy bazénové vody

Kvalita vody v bazénu závisí ve velké míře na recirkulačním systému, tj. na čerpání vody, koagulaci a desinfekci, trubních rozvodech a na výměnném systému tj. způsobu přívodu vody do bazénu a jejím odtoku z bazénu. Recirkulačním systémem rozumíme navržený a dispoziční uspořádání zmiňovaných základních objektů a zařízení tj. bazénu, akumulární nádrže, čerpadla, filtru, měření a regulace, ohřevu vody, a to jak ve sledu pořadí, tak i výškového umístění. Jedná se o jednu z důležitých činností, která významně

zodpovídá za výslednou kvalitu bazénové vody. Celkové schéma recirkulace včetně popisu jednotlivých částí je v následném schématu.



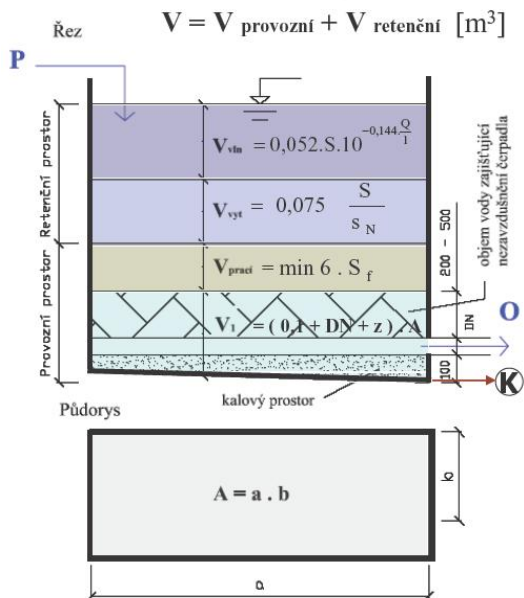
**OBR. I.** Technologické schéma bazénu [1]

Podrobný popis jednotlivých stupňů úpravy bazénové vody je uveden v následných odstavcích počínaje akumulací jímky a konče výměnným systémem v bazénu.

### 3.1. Akumulační nádrž

Akumulační nádrž je víceúčelové zařízení, které kromě toho, že plní funkci retenční a akumulací nádrže, plní další důležité funkce, tj. slouží k napouštění plnicí a dopouštění ředící a doplňkové vody do recirkulačního systému. Akumulační jímka musí zachytit vlnu vzniklou vstupem návštěvníků do bazénu, zajistit trvalý chod čerpadel a zabezpečit potřebné množství vody k praní filtrů. Návrh akumulací nádrže závisí na ploše bazénu, čerpaném množství, počtu atrakcí, velikosti filtrů apod.

Na následném obr.2 jsou schématicky znázorněny jednotlivé objemy nádrže včetně uvedení vzorců na výpočet dílčích a celkového objemu.



**OBR. 2.** Řez a půdorys akumulární nádrží

### 3.2. Lapač vlasů

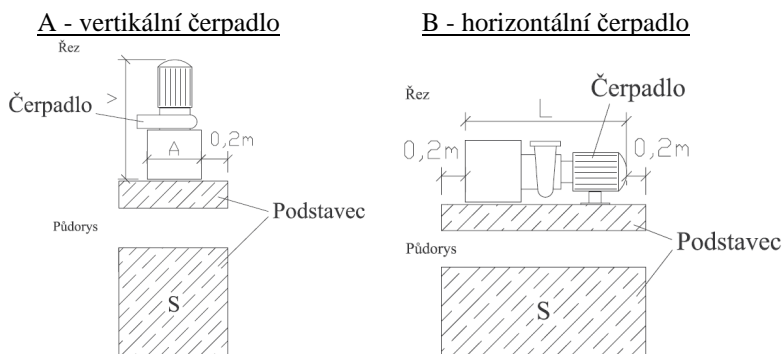
Lapač vlasů slouží k ochraně recirkulačního čerpadla před vniknutím hrubých nečistot na oběžné kolo a jeho poškození. Principem je perforovaná nádoba - síto o dané velikosti otvorů zachycující mechanické nečistoty, které mohou být ve vodě recirkulačního systému bazénu obsaženy. Velikost lapače vlasů je dána intenzitou recirkulovaného množství. Umístění lapače vlasů (LV) je před recirkulačním čerpadlem na sacím potrubí, přičemž je LV buď samostatně nebo je součástí recirkulačního čerpadla. Nejpoužívanější jsou válcové lapače vlasů u tlakových systémů nebo deskové u otevřených gravitačních systémů.

### 3.3. Recirkulační čerpadlo

Zajišťuje legislativou požadovanou výměnu vody v bazénu a průtok přes filtr do bazénu. Je hlavním hnacím článkem celého recirkulačního systému. Bez jeho pomoci by voda nemohla cirkulovat a být upravována. Čerpadla se výrazně liší v závislosti na velikosti, kapacitě a typu bazénu. Kapacita čerpadel musí být navržena tak, aby byla schopna pokrýt v daných provozních podmínkách a ve spolupráci s ostatními prvky maximální znečištění a zajistila dopravu návrhového recirkulovaného množství mezi bazénem a úpravnou vody. V návrhové kapacitě musí být uvažován i vliv změn hydraulických charakteristik celého recirkulačního systému. Čerpadla pracují s napětím 220 nebo i 380 V.



Většina nabízených bazénových čerpadel je v provedení plastovém, litinovém, případně bronzové nebo nerezové konstrukce, aby byla zajištěna dlouhá životnost i pro prostředí bazénové vody. Tvarové provedení recirkulačních čerpadel je horizontální a vertikální, přičemž vertikální čerpadlo nevyžaduje velkou plochu na osazení v rámci dispozičního umístění.

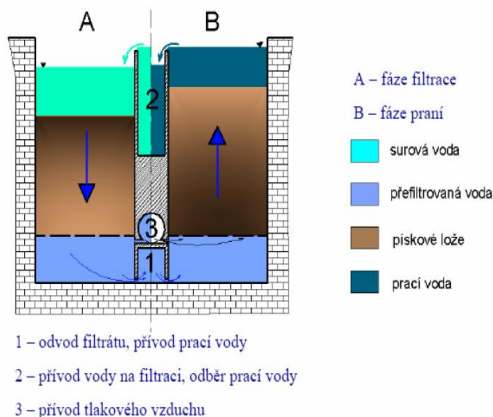


**OBR. 3.** Typy recirkulačních čerpadel: A-vertikální, B-horizontální

### 3.4. Filtrační jednotka

Průhlednost vody je úzce spojena se zákalem vody, který je způsoben koloidními částicemi a suspendovanými látkami ve vodě. Tyto částice a látky lze zachytit, při splnění určitých podmínek, na filtračním zařízení, které pracuje na principu uplatnění mechanických, sorpčních a elektrostatických sil porézních materiálů, kterými se filtr plní. Nejčastějšími filtračními materiály jsou křemičitý písek, křemelina nebo aktivní uhlí či antracit. Aby bylo možno efektivně odstranit zákal je potřeba dávkovat vhodná koagulační činidla. Pro kontaktní rychlofiltraci se používá síranu hlinitého jako hlavní čiricí chemikálie. Koagulaci se odstraní při jednodušné separaci na filtrech koloidní a suspendované částice včetně některých organických látek, které se dostaly do vody s koupajícími. Filtrační rychlost se u bazénových vod navrhuje v závislosti na vstupních parametrech. Běžně se pohybuje mezi 25-35m/h. Čím je větší rychlost filtrace, tím je nižší účinnost filtru a naopak. Při návrhu filtru se musí vzít v úvahu celá řada faktorů jako jsou návštěvnost, filtrační rychlost, plocha filtru, velikost filtru, náplň filtru, recirkulované množství a materiál filtru. Kapacita návrhu filtru musí být vždy navrhována na maximální návštěvnost. V současné době se u bazénových vod prosazuje koagulační rychlofiltrace, převážně tlaková, se zrněním křemičitého písku 1 až 2 mm a použitím technického síranu hlinitého (sole na bázi železa se z estetických důvodů zabarvení nedoporučují). V zásadě mají filtry stejnou funkci, liší se pouze výškou, tvarem, materiálem, filtračním médiem a konstrukčním provedením. Gravitační tzv. otevřené filtry se vyskytují pouze u starších provozů a postupně jsou nahrazovány tlakovými filtry pro jejich nespornou řadu výhod, které tlakové filtry mají. Jako materiál je používána šedá ocel, ušlechtilá ocel, polypropylén a laminát. Na následném obrázku jsou znázorněny

dvě základní fáze filtru. Jedná se o fázi filtrace, kdy jsou odstraňovány vzniklé vločky nečistot a fáze prací, kdy se odstraňují zachycené nečistoty z filtru.



**OBR. 4.** Otevřený filtr s jednotlivými fázemi filtrace [2]

V poslední době se uplatňují membránové prosesy, z nichž se nejvíce používá při úpravě bazénových vod mikrofiltrace a ultrafiltrace.

### 3.5. Chemické hospodářství

Jedná se o jednu z nejdůležitějších částí úpravy bazénových vod a proto vyžaduje zodpovědný přístup provozovatele a znalou obsluhu. Slouží k zajištění požadovaných procesů úpravy vody a ke zdravotnímu zabezpečení vody. Chemická úprava zahrnuje:

- A. Koagulaci a filtraci
- B. Desinfekci
- C. Úpravu pH
- D. Snížení chloraminů
- E. Zabezpečení vody proti rozvoji řas

#### A. Koagulace:

Koagulace výrazně přispívá k dobré kvalitě bazénové vody. Používá se k odstranění znečištění ve formě koloidních a nerozpuštěných látek o velikosti částic od  $10^{-9}$  až do  $10^{-6}$  m a proto je nutné tyto částice shlukovat do větších celků a následně z vody separovat [3]. Celý proces je založen na dávkování koagulantu, rozrušení stabilní suspenze, vytvoření mikrovloček, nárůst vloček, ve kterých se zachytí výše zmíněné látky, které jsou snadněji zachyceny na filtru. Pro úpravu bazénových vod se používá nejvíce flokulantu síranu hlinitého  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ . Ve vodě se rozkládá na hydroxid hlinitý a kyselinu sírovou [4]:



Vzniklý hydroxid hlinitý je dále nerozpustný a stáním se vyvločkuje a koaguluje na sebe částice zákalu. Koagulační efekt značně závisí na hodnotě pH, místu dávkování, druhu koagulantu a velikosti dávky koagulantu. Proto se doporučuje, aby hodnota pH byla v rozmezí 6,5-7,6 [5]. Koagulant je do systému přiváděn pomocí dávkovacího čerpadla, které musí být schopno dodávat potřebné množství koagulační látky. Velikost dávky nesmí narušit proces filtrace, čehož je dosaženo použitím optimálního množství koagulantu a dodržení intervalu praní filtru. Optimální nastavení dávky koagulantu vyžaduje velké zkušenosti, neboť koloidní znečištění je závislé na aktuálním množství a „znečištění“ návštěvníků, které se však neustále mění. Proto dávka koagulantu pro většinu zahraničních norem odpovídá zatížení od návštěvníků. Dávka se doporučuje upravit podle vyšetřené předchozí návštěvnosti, a to v množství cca 2-3g / návštěvníka za den [6].

### B. Desinfekce:

Je nejdůležitějším procesem úpravy bazénové vody, který zajišťuje zdravotní nezávadnost vody, tj. její zabezpečení před choroboplodnými zárodky. Jedná se o proces, při kterém jsou ve vodě usmrcovány zejména bakterie, viry i další choroboplodné zárodky, které se do vody dostávají s návštěvníky bazénu. S účinnou dezinfekcí je zapotřebí počítat už při samotném návrhu bazénového provozu, protože dodatečné úpravy bývají většinou nejen technologicky obtížné, ale zejména neúměrně finančně nákladné. Použití desinfekčního činidla by mělo být takové, aby byla voda desinfikována v rozsahu celého recirkulačního systému, a zvláště pak přímo v bazénu (vytvoření rezidua), kde koupající přichází do styku s nejvíce znečištěnou vodou. K tomu slouží desinfekční metoda založená na dávkování halogenů a jejich produktů, čímž dojde k vytvoření požadované zbytkové hodnoty přímo v bazénu. V ČR patří k nejvíce rozšířeným používání chloru a jeho derivátů. V zahraničí se používá vedle chloru i brom a jod.

Metody zajišťující dezinfekci bazénových vod se dají rozdělit do dvou základních skupin:

- a) chemické metody používané pro dezinfekci jsou především
  - metody s použitím látek na bázi chlóru ( $\text{Cl}_2$ )
  - metody s použitím chlórdioxidu ( $\text{ClO}_2$ )
  - metody s použitím ozónu ( $\text{O}_3$ )
  - metody s použitím peroxidu vodíku ( $\text{H}_2\text{O}_2$ )
- b) fyzikální metody používané pro dezinfekci jsou především
  - metody s použitím UV záření
  - metody s využitím tepelné úpravy vody
  - metody s využitím vlastností těžkých kovů

Výběr jedné nebo více těchto metod pro použití k dezinfekci vody v konkrétních bazénech se řídí specifickými podmínkami v místě provozu.

Žádná z metod kromě chlorace není zcela univerzální, a tedy nejsprávnější. V našich podmínkách se prozatím nejvíce uplatňují metody chemické.

### C. Úprava pH:

Hodnota pH je definována jako záporný logaritmus obsahu vodíkových iontů a pro zajištění požadovaných procesů úpravy je požadováno rozpětí pH v rozsahu 6,5-7,6. Neutrální reakce vody je při  $\text{pH} = 7$ . Při nižším pH je voda kyselá, při vyšším pH je zásaditá. Udržování pH vody v bazénu v požadovaných mezích je velmi důležité pro zajištění efektivní desinfekce, koagulace a ochrany přístrojů. Jestliže je pH příliš nízké, tj. pod 6,5, tak se voda stává agresivnější na použítá technologická zařízení a materiál. Jakmile se pH přiblíží hranici 8,0, ztrácí volný chlor svoji aktivitu. Pouze 20% volného chloru je okamžitě k dispozici jako kyselina chlorná, která je požadována k usmrcení choroboplodných zárodků. Ideální je proto udržovat hodnotu pH kolem neutrální oblasti. Jedná se o úroveň blízkou hodnotě pH lidského oka, čímž nedochází k jeho dráždění [6]. Druh požadovaného činidla pro udržení pH v uvedených mezích závisí na chemické reakci vody a vodním zdroji. K bazickým sloučeninám patří nejvíce uhličitán sodný. Ke snížení pH se používá kyselina chlorovodíková nebo kyselina sírová.

### D. Snížení chloraminů:

Velkou pozornost je nutné též věnovat způsobům odstraňování vázaného chloru z bazénové vody, zvláště pro jeho negativní účinky (dráždění sliznice, nepříjemný zápach, apod.), které má na návštěvníka bazénu. Vznik a nárůst chloraminů je dán reakcí chloru a ve vodě se vyskytujících prekurzorů (amoniak, amoniakální dusík, apod.).

Odstraňování chloraminů z vody lze provádět několika způsoby :

- Prechlorování (chlorace do bodu zlomu) je jedním a stále nejužívanějším způsobem, který se používá dodnes. Není však vhodné pro odstraňování organických chloraminů, které jsou stabilní a přebytkem chloru se odstraňují jen velmi pomalu.
- Použití silných oxidačních činidel patří mezi nové způsoby.
- Zkoumají se také různé druhy filtračních náplní, které by adsorpcí odstraňovaly z vody vázaný chlor a zanechaly co největší množství chloru volného. Nejužívanější je adsorpce na aktivním uhlí.
- Aplikace UV záření
- Nové způsoby – uplatnění principu elektromagnetického pole, které však zatím nemá velké účinnosti.

### E. Zabezpečení vody proti rozvoji řas:

Spočívá v zajištění vody proti rozvoji řas v bazénu. Pro eliminaci řas je velmi důležitá prevence. Podmínky pro rozvoj řas jsou: dostatečné množství živin,

vysoké pH, sluneční světlo a teplá voda. K usmrcení řas se používají různé způsoby, z nichž základními jsou:

- přechlorování bazénové vody ve výši dvojnásobku maximálních dovolených hodnot (používat v době, kdy nejsou v bazénu návštěvníci, obsah volného chloru musí být před provozem uveden na předepsané hodnoty)
- použití algicidních sloučenin, přičemž je nutno aplikovat ty, které jsou povolené

K usmrcení řas se používají algicidní prostředky, které se podle účinnosti dělí do několika skupin. Zpravidla se používají činidla, která zajistí usmrcení řas nebo zpomalení jejich růstu. K neznámějším činidlům patří:

Kvartérní amoniové soli – nejvíce rozšířené, zvláště pro svoji nízkou prodejní cenu.

Polykvartérní amoniové soli – na rozdíl od předcházejících kvartérních solí se netvoří při jejich aplikaci ve vodě pěna.

Soli mědi – ionty mědi ( $\text{Cu}^{2+}$ ) se k eliminaci a prevenci řasy ve vodě používají velmi dlouho. Jedná se o efektivní algicidní činidlo.

Soli stříbra – stříbro podobně jako měď působí svými ionty na odstranění řas a některých mikroorganismů

### 3.6. Ohřev vody

Ohřev vody je zajištěn pomocí uzavřeného tepelného primárního okruhového systému, na který je napojen dalším sekundárním okruhem bazén, nebo jde o přímý ohřev bazénové vody. V prvním případě se jedná o primární okruh, ve kterém je ohříváno médium (voda, pára) pomocí nafty, pevných paliv nebo plynu. Přenos tepla na sekundární okruh, ve kterém cirkuluje bazénová voda, se děje pomocí různých výměníků. Nejpoužívanější jsou trubkové a deskové výměníky. Ve druhém případě, kdy je přímý ohřev bazénové vody, existuje zpravidla jeden okruh, ve kterém je bazénová voda přímo ohřívána. Ohřev bývá zpravidla pomocí elektrické energie. Alternativním zdrojem ohřevu vody bývají taktéž tepelná čerpadla a solární kolektory [4]. Návrh výměníků ve všech případech je takový, aby byl schopen ohřát bazénovou vodu o  $0,5^{\circ}\text{C}$  za jednu hodinu.

### 3.7. Výměnný systém

Výměnný systém bazénu včetně trubních rozvodů má za úkol zajistit takový způsob přívodu a odběru vody z bazénu, aby byla zajištěna stejná kvalita vody v každém místě bazénu, bez tzv. "mrtvých koutů" a zkratových proudů. Z mnoha navržených systémů vychází nejvýhodnější systém vertikální s plno kapacitním přívodem vody do dna bazénu v návaznosti na odběr vody v úrovni hladiny pomocí přelivných žlabů s co nejdelší přelivnou hranou [7]. Ani nejlepší filtrační zařízení nemůže zajistit kvalitní zdravotně nezávadnou vodu

v bazénu pokud nebude voda v bazénu proudit a směřovat se tak, aby se upravená voda, t.j. filtrovaná a zdravotně zabezpečená, dostala co nejrychleji do všech míst bazénu a znečištěná voda naopak co nejrychleji otekla z bazénu. Při nesprávném rozmístění vstupních a výstupních trysek se může stát, že bude neustále filtrována stejná voda a zbývající objem bude bezúčelně kroužit případně stát v tzv. mrtvých zónách. Těmito místy jsou zvláště kouty, schůdky a schodiště bazénu. Je to však individuální, záleží na mnoha faktorech. U veřejných bazénů se proudění dá kontrolovat pomocí speciálních barviv a vyhodnocuje se vizuálně. Výměna vody je nejvíce ovlivněna hloubkou, tvarem a objemem bazénu. Velkou roli hraje rychlost proudění, počet vstupních trysek a jejich umístění. Efektivní recirkulace požaduje skloubit návrh přepadového žlábků, vstupních trysek, odtokových trysek, výkon čerpadel, průtok, návrh potrubí, dobu zdržení a intenzitu recirkulace. Obecně formulovaný požadavek na moderní výměnný systém je takový, aby v době, kdy je bazén v provozu, docházelo k co nejvyššímu stupni směšování přiváděné, upravené a zdravotně zabezpečené vody s vodou v bazénu, a aby při tom nevznikala zkratová proudění a místa s pomalejší výměnou vody tzv. „mrtvé prostory“ [7]. Naproti tomu v mimoprovozní době, kdy nejsou bazény otevřeny pro návštěvníky, musí být zajištěna, pokud možno, co nejrychlejší dokonalá výměna vody, avšak bez směšování [7].

#### Zásady návrhu výměnného systému:

- Zajistit co nejdokonalější směšování vody v bazénech s přiváděnou upravenou vodou zdravotně zabezpečenou, a tak docílit stejnou koncentraci chloru v celém objemu bazénu. Toho lze docílit dostatečným počtem a vhodným rozmístěním přívodních trysek a jim odpovídajícím počtem a rozmístěním dnových odběrů.
- Zamezit v co největší možné míře usazování jemných suspenzí na dně bazénu a stagnaci vody vyšší hustoty v dolních vrstvách. Řešení spočívá v rozmístění a dimenzi dnových odběrů, čímž se docílí intenzivnější „spodní odběr“.
- Zajistit, aby přepadová hrana bazénu byla trvale funkční. K tomu je třeba mít dostatečně dimenzovány přelivné žlábků včetně gravitačního potrubí a akumulární nádrže.
- Zajistit plynulé a dokonalé odstraňování vzplývajících látek z vodní hladiny bazénu. Vzplývající látky tvoří na hladině hygienicky závadný „film“, který je možno účinně a rychle odstraňovat pouze hydraulicky, a to odběrem vody z úrovně hladiny, a přepadem vody přes přepadovou hranu po celém obvodu bazénu. Aby byla celá hrana trvale ve funkci, musí být přepad řešen jako dokonalý.

### **3.8. Kontrola jakosti bazénové vody**

Jedná se o zajištění nezávadnosti vody z hlediska fyzikálních, chemických a mikrobiologických ukazatelů. Princip je založen na dávkování reakčních

činidel v závislosti na kvalitě vody v bazénu, což je zajištěno jednotkou měření a regulace (MaR).

Měření a regulace slouží k celkové kontrole jednotlivých částí celého systému recirkulace bazénové vody. Na správné funkci dílčích částí a její kontrole značně závisí výsledná kvalita bazénové vody, spokojenost návštěvníků a provozní náklady bazénového provozu. Vývoj výpočetní techniky a její aplikace v bazénových provozech v posledních letech tyto požadavky a nároky na MaR dostatečně splňuje. Bez pravidelné kontroly jakosti vody není možné zajistit kvalitní zdravotně nezávadnou a vyhlášece odpovídající bazénovou vodu a odpovídající provozní náklady. Rozeznáváme kontrolu a měření:

- ❑ kontinuální, kde se měří teplota, pH, redox potenciál, vázaný a volný chlor na odebírané vodě z bazénu natékající do měřicí jímky, ve které jsou umístěny jednotlivé sondy uvedených měřených ukazatelů. Měření provádí a zaznamenává provozovatel.
- ❑ pravidelné, kdy se měří zákal, barva, O<sub>3</sub>, CSK-Mn, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Měření provádí provozovatel.
- ❑ kontrolní měření, kdy se měří mikrobiologické ukazatele a výše uvedené chemické a fyzikální ukazatele. Měření provádí akreditované orgány.

K zjištění jednotlivých ukazatelů se používají zpravidla fotometry nebo komparátory. Oba přístroje používají ke zjištění chemických ukazatelů indikační látky tzv. reagenty, které jsou ve formě prášku nebo tablet. Některé jsou i v kapalné formě. Princip měření je v zabarvení vzorku a kolorimetrickém měření. Přesnost měření je ovlivněna typem použitého měřidla a osobou, která měření provádí.

#### 4. Orientace ve výzkumu

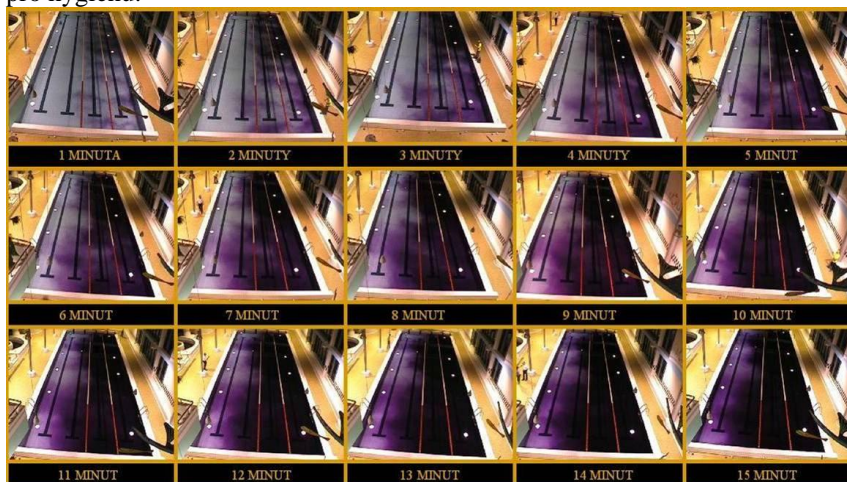
Velmi důležitou součástí úpravy bazénových vod je výzkum, který je z důvodů potřeb praxe zaměřen na řadu okruhů, které vyžadují zvýšenou pozornost, zvláště u nových dosud nezpracovaných informací. Výzkum je orientován na:

- Výběr vhodného koagulačního činidla.
- Zamezení vzniku řas v dilatačních spárách.
- Zhodnocení a kombinace různých způsobů filtrace.
- Renovace ocelových a betonových bazénů.
- Zpětné využití odpadních vod z praní filtrů na mytí dlažeb.
- Zpětné získávání tepla z odpadních vod ze sprch a z praní filtru.
- Rekuperace tepla ze strojů a zařízení v úpravně bazénové vody.
- Snížení výparu z vodní hladiny.
- Výběr vhodného místa na dávkování činidla na úpravu pH.
- Kontrola výměny vody v bazénu prostřednictvím stopovacích látek.
- Zhodnocení účinnosti různých technologií na snížení chloraminů.

Z hlediska úpravy bazénové vody jsou v rámci této práce podrobněji popsány poslední dva body měření, přičemž dosavadní výsledky jsou publikovány v různých materiálech. Jedná se experimentální měření – výzkum výměnného systému a ověření účinnosti různých technologií na snižování vázaného chloru.

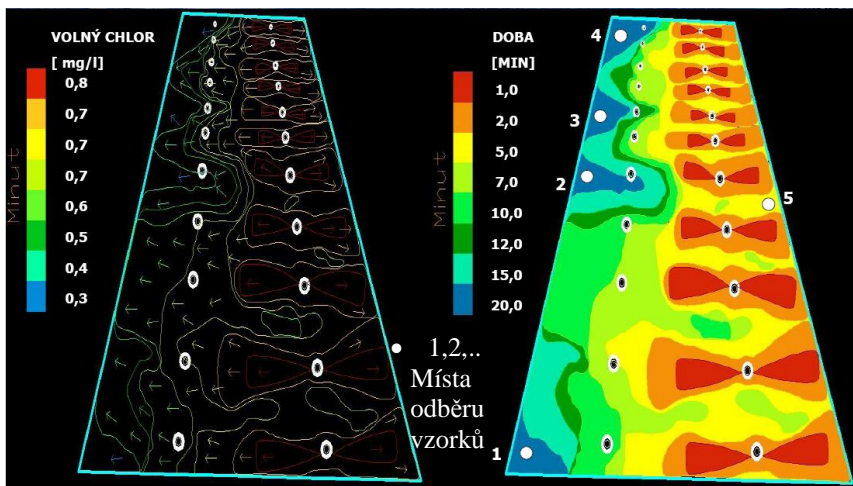
#### 4.1. Ověření funkčnosti výměnného systému

Účelem ověřování výměnného systému je kontrola jeho návrhu a funkčnost. Princip ověření je v aplikaci stopovací látky a jejího časového vyhodnocení při šíření v objemu vody bazénu. Vhodnými stopovači jsou barviva, která díky zabarvení vody dobře charakterizují proudění vody v nádrži a průběh rozptýlení v celém objemu v závislosti na čase. V rámci výzkumu byla odzkoušena různá barviva, přičemž se nejvíce osvědčilo, z hlediska cenového a jednoduchosti aplikace, barvivo z názvem Eriochromová čern. Použití barviva a jeho měření probíhá ve dvou fázích. V první fázi se jedná o odstranění zbytkového dezinfekčního činidla z bazénu, následuje dávkování barviva do recirkulačního systému a sleduje se časově fotografický záznam rozptýlení a homogenizace v bazénové vodě. Ze zpracované rešerše vyplývá základní požadavek, aby k rozptýlení barviva v celém objemu vody došlo do 15 min [8]. Druhou fází je dávkování dezinfekčního činidla a měření jeho koncentrace v čase v jednotlivých částech vodního pole. Výstupem ověřování výměnného systému je zjištění míst se špatným směřováním, která lze volit jako odběrná místa vzorků pro kontrolní orgán, neboť se jedná o nejkritičtější místa z hlediska nedostatečného množství dezinfekčního činidla a tudíž velkého potenciačního nárůstu mikroorganismů. Průběh první fáze ověřování funkčnosti výměnného systému na plaveckém bazénu (PB) a celkové vyhodnocení obou fází je na následných obrázcích obr. 7, 8. Z následných obrázků je patrný nefunkční výměnný systém ve vybraném příkladu včetně určení odběrných míst 1 až 5 pro hygienu.



**OBR. 5.** Průběh první fáze ověřování funkčnosti výměnného systému v PB [8].

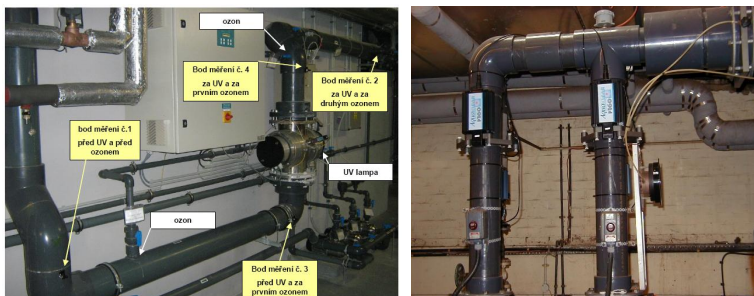




**OBR. 6.** Příklad vyhodnocení první a druhé fáze výměnného systému v PB [8].

#### 4.2. Účinnosti různých technologií na snížení vázaného chloru

Hodnota vázaného chloru v bazénové vodě je vyhláškou MZ 135/2004 Sb. limitována na čísle 0,3 mg/l. Důvodem této mezní hodnoty jsou nežádoucí účinky vázaného chloru na použité materiály, na obsluhu bazénu a na návštěvníky. Koncentrace vázaného chloru někdy dosahují extrémních hodnot, proto je důležité snížit hodnotu na výše uvedenou mez a stabilně ji udržovat. K tomu slouží různé technologie, které se liší nejen cenou, ale především účinností ve snížení vázaného chloru. Porovnání různých technologií je náplní výzkumné práce zaměřené na snižování chloraminů v bazénech. Hodnoceny byly technologie, které fungují na principu sorpce, oxidace a elektromagnetického pole. Hodnocenými technologiemi jsou aktivní uhlí, UV záření, ozonizace, oxidační činidla a elektromagnetické pole. Z výsledků výzkumu vychází jako nejúčinnější aplikace aktivního uhlí, následuje UV záření a ozonizace. Použití chemických oxidačních činidel vyžaduje kvalifikovanou osobu na jejich aplikaci. Magnetické pole neprokázalo významné snížení chloraminů při jeho použití.



**OBR. 7.** Pohled na jednotku UV záření (vlevo) a elektromagnetu (vpravo)

## 5. Závěry

Závěrem lze konstatovat, že úprava bazénových vod se jako specifická disciplína neustále rozvíjí, včetně hledání jiných technologií a jejich uplatnění. Při návrhu úpravy bazénové vody je nutné vycházet z platné legislativy, při čemž je důležité klást důraz na intenzitu recirkulace, způsob desinfekce a koagulace, a při dispozičním řešení neopomínat ani komunikační prostor pro kontrolu, výměnu a obsluhu jednotlivých technologických zařízení úpravy vody. Pro kontrolu jakosti bazénových vod je žádoucí navrhnout automatickou řídicí jednotku. Z hlediska úspory provozních nákladů se doporučuje aplikovat nové technologie, které vedou k jejich snížení. Důležitá je spolupráce teorie a praxe se zaměřením na řešení společných úkolů a zavádění výsledků výzkumu do praxe.

## 6. Vize předmětu balneotechnika

Zaměření předmětu Balneotechnika je dáno nejen současnou intenzivní a připravovanou výstavbou a rekonstrukcemi, ale především požadavkem na budoucí údržbu a bezproblémové řízení těchto provozů obsahujících řadu složitých technologií. Požadavek na inženýra zaměřeného na bazénovou problematiku vychází z jednotlivých technologií, které se na bazénech vyskytují, a z jejich vzájemné koordinace. Jedná se o univerzálního, vysoce kvalifikovaného odborníka schopného hodnotit důsledky své činnosti z pohledu řady profesí, jako architekt, stavební inženýr zaměřený na vodní hospodářství, strojní inženýr, chemik, mikrobiolog apod. Předmět Balneotechnika má na fakultě stavební ČVUT v Praze již dlouholetou tradici. Počátky předmětu určoval Doc. J. Sklenář, CSc, který se soustředil především na část výměnného systému vody v bazénu a na otázku výsledné kvality vody. V současnosti se předmět rozšířil o výuku některých důležitých stavebních částí, aplikací nových technologií, základy chemie a mikrobiologie, hledání možných úspor, poukazování na nedostatky během výstavby, evropskou legislativu apod. Vzhledem k rozšíření předmětu o nové výukové části vyvstává potřeba předání získaných informací novějšími formami výuky. Mezi vhodné výukové metody patří v době mohutného nástupu počítačů uplatnění e-learningu a rozšiřování projektově orientované výuky. Velmi důležitý je rozvoj spolupráce s českými i zahraničními univerzitami a soustavná vylepšování pedagogického procesu, zvyšování počtu doktorandů i jejich podílu na výuce a výzkumu. Kromě toho je nutné zlepšovat znalosti studentů i absolventů rozvíjením jejich samostatné práce, podporovat schopnosti týmové práce včetně vedení týmu, zapojovat nejlepší studenty do řešení výzkumných úkolů, grantů, včetně publikování studentských prací na vědeckých konferencích apod.. Pro hlubší rozvoj předmětu a předání praktických znalostí studentům je velmi důležitá spolupráce s praxí např. formou řešení konkrétních úkolů z praxe formou zpracování bakalářských a magisterských prací. Důležitou činností pro budoucí vývoj každého předmětu je v neposlední řadě osvěta formou vydávání skript, monografií i audiovizuálních a multimediálních programů.

## 7. Reference

- [1] **Říha J. :**  
Astralpool s.r.o., katalog Praha 2009,
- [2] **Perkins, H., P.:**  
Swimming pools. London: Elsevier Publishing Company Limited, 1971
- [3] **Tesařík I a kolektiv:**  
Vodárenství. SNTL-Nakladatelství technické literatury, Praha 1987.
- [4] **Kriš J.:**  
Bazény a kúpaliská. Bratislava 2000: Nakladatelství Jaga group, 2000.
- [5] **Ministerstvo zdravotnictví:**  
Vyhláška 135/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch. Sbírka zákonů ČR, 30. března 2004,
- [6] **Saunus, Ch.:**  
Planung von Schwimmbädern, Krammer Verlag Düsseldorf AG, 1998
- [7] **Sklenář J.:**  
Balneotechnika II skripta Praha 1989,
- [8] **Máca J.:**  
Technologie úpravy bazénové vody, Diplomová práce, ČVUT FSv Katedra zdravotního a ekologického inženýrství. 123-124, 2009.
- [9] **Šťastný B., :**  
Stavba a provoz bazénů. Kniha. Vydalo ABF, a.s.-nakladatelství ARCH, Praha

## 8. Osobní údaje - Curriculum Vitae

### OSOBNÍ INFORMACE

**Příjmení Jméno:** Šťastný Bohumil, Ing, Ph.D.  
**E-mail:** stastny@fsv.cvut.cz

### VZDĚLÁNÍ:

**1982 - 1987** Inženýrské studium na ČVUT FSv v Praze,  
**1992 – 1993** Postgraduální studium “Advanced Environmental Sanitation”, Delft, Holandsko,  
**2000 - 2003** Doktorské studium na ČVUT FSv v Praze

### PRACOVNÍ ZAŘAZENÍ:

**1987 - 1988** Stavební dozor výstavby atomové elektrárny Temelín  
**1990 - doposud** Odborný asistent KZEI ČVUT FSv v Praze

### PEDAGOGICKÁ ČINNOST:

**1990 - doposud** Odborný asistent ČVUT FSv KZI  
**2006 - doposud** Akademie tělesné výchovy a sportu PALESTRA  
**2001 - doposud** Asociace bazénů a saun ČR

### VĚDECKÁ ČINNOST:

**1995 - doposud** Řešitel 2 interních grantů, spoluřešitel 12 grantů spoluřešitel 3 výzkumných záměrů, spoluřešitel 4 mezinárodních projektů, 1x aplikovaný výzkum

### AKADEMICKÉ STÁŽE:

**1989-doposud** Odborná praxe v Německu, 1989 (4 měsíce)  
Mezinárodní kurz “Environmental Training Course” v Dánsku, Anglii, Francii, Německu, 1990 (3 měsíce)  
Postgraduální studium “Advanced Environmental Sanitation”, Delft, Holandsko, 1993-1994 (12 měsíců)

### ODBOBNÉ PŘEDNÁŠKY:

**1993 – doposud** Více jak 25 přednášek na mezinárodních konferencích, 30 přednášek na národních workshopech a seminářích.

### ODBOBNÉ PUBLIKACE:

**1993 – doposud** Autor a spoluautor více jak 160 odborných článků v časopisech a sbornících, autor 1 odborné knihy, spoluautor 2 knih, 1x skript se zaměřením na problematiku úpravy vody a výstavbu bazénů.