

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ**

**KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**



**VZDUCHOTECHNIKA BAZÉNOVÉ HALY**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Bc. LENKA POPELKOVÁ**

**Vedoucí diplomové práce :**

**doc. Ing. Karel Papež, CSc.**

**2015/2016**



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Popelková Jméno: Lenka Osobní číslo: 362935  
Zadávající katedra: Katedra technických zařízení budov (K125)  
Studijní program: Budovy a prostředí  
Studijní obor: Budovy a prostředí

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Vzduchotechnika bazénové haly

Název diplomové práce anglicky: Ventilation of swimming pool hall

Pokyny pro vypracování:

Problematika prostor s bazény. Základní požadavky a projekt vzduchotechniky pro bazénovou halu ve Strakonících.

Seznam doporučené literatury:

Ing. Günter GEBAUER, CSc., Ing. Olga RUBINOVÁ, Ph.D, Ing. Helena HORKÁ. Vzduchotechnika. 1.vyd. Brno. ERA group spol. s.r.o., 2005, ISBN 80-7366-027-X

Prof. Ing. Jaroslav CHYSKÝ, CSc., Prof. Ing. Karel Hemzal, CSc. a kol. Větrání a klimatizace. 3.vyd. Praha, Bolit-B press, 1993, ISBN 80-901574-0-8

Vyhláška č. 135/200

4 Sb. – o hygienických požadavcích na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích

Jméno vedoucího diplomové práce: doc. Ing. Karel Papež, CSc.

Datum zadání diplomové práce: 4.3.2016 Termín odevzdání diplomové práce: 22.5.2016

\_\_\_\_\_  
/ Podpis vedoucího práce

\_\_\_\_\_  
Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové 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“.*

15.3.2016  
\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta(ky)

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

Praha 22. 5. 2016

Lenka Popelková

## **Poděkování**

Ráda bych zde poděkovala vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Karlu Papežovi, CSc. za jeho rady a čas, který mi věnoval při řešení dané problematiky. Také bych ráda poděkovala vedení plaveckého bazénu ve Strakonících za prohlídku a zapůjčení projektové dokumentace. V neposlední řadě také děkuji své rodině za podporu během celého studia.

## Obsah

A. TEORETICKÁ ČÁST.....	8
1 Úvod.....	9
2 Bazénové haly.....	10
2.1 Požadavky .....	10
2.2 Problémy.....	10
2.2.1 Vlhkost .....	10
2.2.2 Vysoká koncentrace trichloraminu ( $\text{NCl}_3$ ) .....	13
2.3 Zásady návrhu větrání.....	13
2.4 Způsoby odvlhčování .....	14
2.4.1 Odvlhčování kondenzační jednotkou tepelného čerpadla (7) .....	14
2.4.2 Odvlhčování adsorbční jednotkou (8) .....	16
3 Plavecký stadion ve Strakonících.....	17
3.1 Umístění a historie objektu.....	17
3.2 Podklady.....	17
3.3 Využití objektu .....	18
3.4 Bazén.....	18
3.5 Provozní objekt .....	18
3.6 Technický stav objektu.....	18
3.6.1 Bazén .....	18
3.6.2 Provozní objekt.....	19
3.7 Koncepce rekonstrukce objektu .....	19
3.8 Koncepce rekonstrukce vzduchotechniky .....	20
3.8.1 Bazénová hala.....	20
3.8.2 Provozní objekt.....	20
B. VÝPOČTOVÁ ČÁST.....	21
1 TEPELNÁ BILANCE BAZÉNOVÉ HALY:.....	22
1.1 Tepelné zisky sluneční radiací.....	22

1.2	Prostup tepla stavebními konstrukcemi .....	22
1.3	Tepelné zisky od osob .....	22
1.4	Přestup tepla mezi vodní hadinou a okolním vzduchem.....	23
1.5	Zátěž vázaným teplem .....	23
1.5.1	Množství odpařené vody dle VDI 2089 .....	24
1.6	CELKOVÁ TEPELNÁ BILANCE .....	26
2	Návrh vzduchotechnických jednotek .....	26
2.1	Zařízení č. 1 – Bazénová jednotka.....	26
2.2	Zařízení č. 2 –č.4.....	27
3	Tlakové ztráty .....	27
	ZÁVĚR.....	28
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	29
	SEZNAM PŘÍLOH .....	30

## **Anotace**

Tato diplomová práce se zabývá větráním bazénové haly. V teoretické části práce jsou nejprve uvedeny obecné informace týkající se problematiky vzduchotechniky bazénové haly. Klíčový parametr je zde produkce vlhkosti z odparu z vodní hladiny. Dál se práce zabývá již konkrétním příkladem. Popisuje stávající objekt plaveckého bazénu ve Strakonících. Na tento objekt je následně v projektové části zpracován projekt nového systému větrání.

## **Klíčová slova**

bazén, vzduchotechnika, vlhkost, odvlhčování, odpařování, trichloramin

## **Annotation**

This Diploma Thesis deals with the ventilation of a swimming pool hall. The theoretical part consists of general information regarding the issue of ventilation of the swimming pool hall. The key parameter is the production of humidity from water. The second part includes the specific example. It describes the existing building of the swimming pool in Strakonice. The project part of this Thesis concerning the new ventilation system is processed on this object.

## **Keywords**

swimming pool, ventilation, humidity, dehumidification, evaporation, trichloramine

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ**

**KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**



**A. TEORETICKÁ ČÁST**

**VZDUCHOTECHNIKA BAZÉNOVÉ HALY**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Bc. LENKA POPELKOVÁ**



## 1 Úvod

V teoretické části se budu nejprve věnovat obecně problematice větrání bazénových hal, a to zejména menších hal s bazénem o délce 25m - 50m a bez tribuny. Následně pak popíši objekt plaveckého stadionu ve Strakonících. Nastíním jeho současný stav, a navrhu možnosti zlepšení. Ve výpočtové a projektové části pak zpracuji svůj návrh nové vzduchotechniky do tohoto objektu.

Při seznamování se s problematikou návrhu vzduchotechniky bazénové haly jsem čerpala informace hlavně z internetových článků, zejména webu tzb-info, článku časopisu Vytápění větrání a instalace, z přednášky Ing. Daniela Adamovského Ph.D., a také z knihy Vzduchotechnika od trojice autorů Gebauer, Rubinová, Horká – v níž je zmínka o tomto tématu. Vesměs všechny články odkazují na německou normu VDI 2089, podle níž lze vypočítat množství odpařené vody z vodní hladiny a následně pak množství vzduchu potřebného k odvlhčení.

Jediné požadavky dané českou legislativou jsou ve vyhlášce 238/2011 Sb. Ta stanovuje hygienické požadavky na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch. Jsou zde definovány mikroklimatické požadavky, osvětlení a vnitřní ovzduší bazénové haly a přilehlého prostoru. V žádné české normě není definován výpočet odpařované vody z vodní hladiny, tak jako to je v německé normě.

## 2 Bazénové haly

### 2.1 Požadavky

Závazné požadavky týkající se krytých bazénů a aquaparků jsou v České Republice dány vyhláškou 238/2011 Sb. o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch. Podle tabulky uvedené níže je nutné dodržet v hale maximální relativní vlhkost do 65% a intenzitu výměny vzduchu minimálně dvojnásobnou. Vyhláška také udává teplotu vzduchu a maximální doporučenou koncentraci trichloraminu ve vzduchu. Teplota vzduchu je uvedena o 1-3°C vyšší než teplota vody, čím větší je rozdíl mezi těmito teplotami, tím víc dochází k odpařování vody do vzduchu. V tabulce jsou taktéž uvedeny hodnoty pro přilehlé prostory a vstupní halu.

Faktor prostředí	Hala bazénu	Přilehlé prostory pro uživatele (šatny, WC, sprchy, chodby atd.)	Vstupní hala
Intenzita osvětlení	min. 200 luxů pro rekreační koupání, min. 300 luxů pro plavecký výcvik	200 luxů	100 luxů
Teplota vzduchu	o 1 - 3 °C vyšší než teplota vody v bazénu max. 34 °C	sprchy 24 - 30 °C šatny a místnosti pro pobyt osob 20 - 28 °C pobytové prostory 22 - 26 °C vstupní prostory 20 - 22 °C	min. 17 °C
Relativní vlhkost vzduchu	max. 65 %	sprchy max. 85 % ostatní prostory max. 50 %	
Intenzita výměny vzduchu	min. 2x za hodinu	sprchy min. 8x za hodinu šatny 5-6x za hodinu ostatní prostory tak, aby vyhovovaly limitním hodnotám relativní vlhkosti vzduchu	min. 1x za hodinu
Trichloramin	0,5 mg/m <sup>3</sup> (poznámka 1)	-	-

Obr. 1 Požadavky na vnitřní prostředí bazénové haly a přilehlých prostor (1)

Z uvedených požadavků a při tak velkých objemech vzduchu je jasné, že vnitřní mikroklima zatížené teplem, vodní párou a oděry vzniklé čisticími prostředky se neobejde bez vzduchotechniky. Vzduchotechnika musí zachytit a odvést nadměrnou vlhkost, zabránit kondenzaci vlhkosti na chladných površích, zejména prosklených, a také by měla částečně pokrývat tepelnou ztrátu prostoru.

### 2.2 Problémy

#### 2.2.1 Vlhkost

Při nezajištění správného odvodu vlhkostní zátěže se zvyšuje relativní vlhkost prostoru. Vodní pára může kondenzovat na povrchu prosklených konstrukcí. Důsledkem pak je, že

kondenzát může vážně poškodit stavební konstrukce a také může vést až ke vznikům plísní, což je samozřejmě nepříjemné. Při návrhu vzduchotechniky je nutné uvažovat o bazénové hale jako o prostoru s vysokou relativní vlhkostí a reálnou možností povrchové kondenzace.

### 2.2.1.1 Výpočet množství odpařované vody z vodní hladiny (2)

Výpočet je proveden dle německé normy VDI 2089

Množství odpařené vody se stanoví dle vztahu:

$$M_w = \frac{\beta}{R_v \cdot T} \cdot S_{hl} \cdot (p''_{v(tw)} - p_{v(ti)}) \quad [kg/h]$$

kde:

$\beta$  [m/h] součinitel přenosu hmoty, viz Tab. 1 Součinitel přenosu hmoty pro bazény dle VDI 2089

$R_v$  [J/kg · K] plynová konstanta pro vodní páru;  $R_v = 461,52 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$

$T$  [K] aritmetický průměr teploty vody a vzduchu

$S_{hl}$  [m<sup>2</sup>] plocha volné hladiny

$p''_{v(tw)}$  [Pa] tlak syté páry při teplotě vzduchu rovné teplotě vody, viz Tab. 2

$p_{v(ti)}$  [Pa] tlak páry při teplotě vnitřního vzduchu (z hx diagramu)

Charakter provozu	nepoužívaný bazén n [m/h]	používaný bazén p [m/h]
Zakrytý bazén (odpar pouze z přetokového žlábků)	0,7	-
Soukromý bazén	7	21
Veřejný bazén (hloubka vody > 1,35 m)	7	28
Veřejný bazén (hloubka vody < 1,35 m)	7	40
Bazén s umělými vlnami	7	50

Tab. 1 Součinitel přenosu hmoty pro bazény dle VDI 2089 (2)

Teplota $t$ [°C]	Syté páry $p_{vs}$ [kPa]	Teplota $t$ [°C]	Syté páry $p_{vs}$ [kPa]	Teplota $t$ [°C]	Syté páry $p_{vs}$ [kPa]
-15	0,1651	5	0,8718	25	3,167
-14	0,1810	6	0,9346	26	3,360
-13	0,1982	7	1,001	27	3,564
-12	0,2170	8	1,072	28	3,778
-11	0,2374	9	1,142	29	4,008
-10	0,2596	10	1,227	30	4,241
-9	0,2834	11	1,312	31	4,491
-8	0,3096	12	1,401	32	4,753
-7	0,3377	13	1,497	33	5,029
-6	0,3682	14	1,597	34	5,318
-5	0,4012	15	1,704	35	5,522
-4	0,4369	16	1,817	36	5,940
-3	0,4756	17	1,936	37	6,274
-2	0,5173	18	2,062	38	6,624
-1	0,5624	19	2,196	39	6,991
0	0,6107	20	2,337	40	7,375
1	0,6565	21	2,485	41	7,777
2	0,7054	22	2,642	42	8,198
3	0,7574	23	2,808	43	8,639
4	0,8129	27	2,982	44	9,100

Tab. 2 Tlak syté vodní páry (3)

Z Tab. 1 je zřejmé, že množství odpařené vody je ovlivněno typem bazénu – čím víc vodních atrakcí tím více odpařování, také hloubka bazénu má určitý vliv. Je také jasné, že když se bazén nepoužívá, tak je proces odpařování pomalejší – ale probíhá neustále. Nejvhodnější je bazén při nevyužívání zakrýt.

Teoreticky odpařená voda v hale působí jako regulační prvek, protože se stoupající vlhkostí klesá rozdíl parciálních tlaků. Vzestup vlhkosti nad maximální hranici je tak nižší než se předpokládá. Naopak to ale znamená, že čím nižší je vlhkost prostorového vzduchu, tím je vyšší odpařování.

## 2.2.2 Vysoká koncentrace trichloraminu ( $\text{NCl}_3$ )

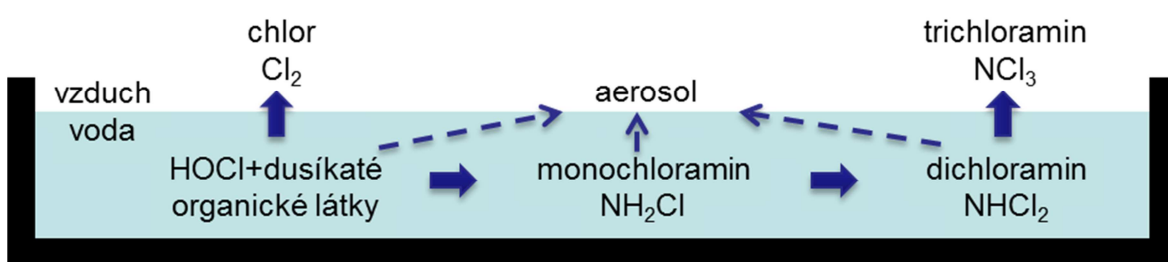
Bazénová voda se nejčastěji dezinfikuje chlórem – oproti jiným způsobům je levný a snadno se monitoruje jeho koncentrace. Čistící chlórové přípravky se ve vodě rozpustí a vzniká volný chlór, který s vodou a organickými nečistotami – zejména s dusíkem – reaguje a vytvoří se chlór vázaný. Produkty této reakce jsou zejména monochloramin, dichloramin a trichloramin. Poslední jmenovaný je velice špatně rozpustný ve vodě, a tak se společně s vodní párou odpařuje z vodní hladiny. Trichloramin je však těžší než vzduch a drží se při povrchu vodní hladiny.

Trichloramin je látka extrémně dráždící oči, nos, hltan a průdušky. Její pachový a chuťový práh činí 0,02 mg/l, vyprchává z bazénové vody a má na svědomí chlorový zápach typický pro kryté bazény. Některé studie poukazují na souvislost se zvýšenou koncentrací trichloraminu ve vzduchu krytých plováren a zvýšené riziko vzniku astmatických onemocnění u malých dětí. (4)

Od roku 2006 je trichloramin zařazen světovou zdravotnickou organizací mezi sledované ukazatele ve vzduchu krytých bazénů. Jeho limitní hodnota se doporučuje  $0,5\text{mg/m}^3$ . (5)

Tuto hodnotu u nás udává vyhláška 238/2011 Sb., ve vyhlášce je popsán i způsob měření, a také je uvedeno, že tato koncentrace je doporučená, a že provozovatel by měl usilovat o nižší hodnoty.

Tyto uvolněné aromatické látky musejí být co nejúčinněji odváděny z prostoru bazénu.



Obr. 2 Schéma rozkladu vázaného chlóru s jeho konečnou expozicí do vnitřního vzduchu bazénu (6)

## 2.3 Zásady návrhu větrání

Nejprve je dobré si uvědomit, že vzduchotechnika nemůže zachránit, špatný architektonický či stavební návrh. Od počátku návrhu bazénové haly, by se mělo dbát na to, že jde o prostor s reálnou možností kondenzace. Všechny konstrukce by měli být navrženy s nejlepšími tepelně technickými parametry, samozřejmostí je eliminace tepelných mostů a také dokonalé provedení parotěsných zábran stěn i stropů. Je dobré zvážit omezení velkých zasklených ploch, zcela nevhodné jsou prosklené střechy.

Jednoduchý pravoúhlý tvar bazénů, i celého vnitřního prostoru – aby šel co nejlépe provětrat, a nevznikali „hluchá“ místa. Napojení na další zázemí bazénu by pak mělo být výhradně přes těsné dveře, aby vlhkost nepronikala do dalších prostor. Při návrhu objektu je také vhodné uvažovat s místem pro technologii zakrývání vodní hladiny (tzn. vytvořit místo pro bazénovou „plachtu“). Možnost zakrytí vodní hladiny ušetří provozní finance jednak za snížený či vypnutý provoz systému vzduchotechniky ale také není za tu dobu nutné doplňovat do bazénu vodu, protože žádná neubývá.

Bazén by měl být odvětráván samostatnou jednotkou. Prostor by měl být trvale v podtlaku oproti ostatním prostorům. Tím se vyloučí pronikání vodní páry jednak do stavebních konstrukcí a také do přilehlých prostor. Podtlak by měl být asi tak 5-10%. Vzduchotechnika by měla zajistit dokonalé a rovnoměrné provětrání celé haly, čerstvý suchý vzduch přivádět zejména k proskleným konstrukcím, a pokrýt celý rozsah prosklení. Nikdy by neměl být přívod vzduchu nasměrován na vodní hladinu, tím by docházelo k většímu odparu z vodní hladiny. Odvodní potrubí je pak vhodné umístit nad vodní hladinu. Také by se mělo vyspádovat směrem k jednotce, a napojit odvod kondenzátu do kanalizace.

Vzduchotechnické jednotky i samotné potrubí by mělo být odolné proti agresivnímu prostředí – chlór. Rekuperační výměník by měl být z nerezů nebo plastů. Vzduchovody by také měly být nerezové, plastové či například textilní.

V případě bazénu s hledištěm je nutné navrhnout samostatný systém pro bazénový prostor a pro hlediště.

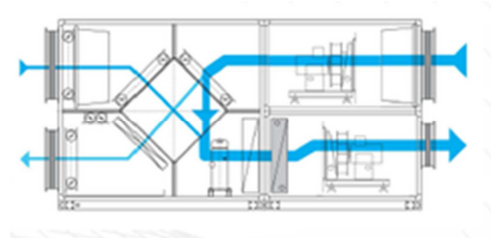
## **2.4 Způsoby odvlhčování**

Primárně je k odvlhčování vzduchu v bazénové hale využít přívod suchého venkovního vzduchu a odvod vlhkého ven. Pokud je to energeticky nevýhodné, a je lepší cirkulační vzduch zbavit vlhkosti můžeme odvlhčovat kondenzační jednotkou či adsorpční jednotkou. Energetickou úsporu zajistí zpětné získávání tepla. (základní či vícestupňové)

### **2.4.1 Odvlhčování kondenzační jednotkou tepelného čerpadla (7)**

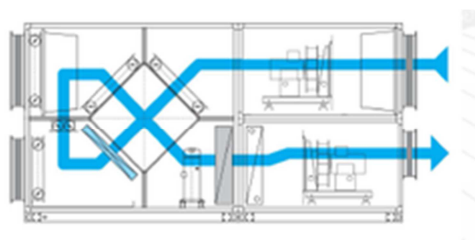
Tento typ odvlhčování je vhodný pro vyšší teploty odvlhčovaného vzduchu. Využije se zde kondenzace vodní páry ze vzduchu na chladném povrchu výparníku nebo kapalinového chladiče. Při nízkých teplotách cirkulačního vzduchu může docházet k namrzání výparníku.

V zimě jednotka pracuje jako směšovací, většina vzduchu cirkuluje a čerstvého vzduchu je přivedeno jen hygienicky nutné množství. Přivedený čerstvý vzduch se předeřeže v rekuperačním výměníku, po smíšení s cirkulačním je vzduch dohřátý ve vodním ohřivači na požadovanou přívodní teplotu.



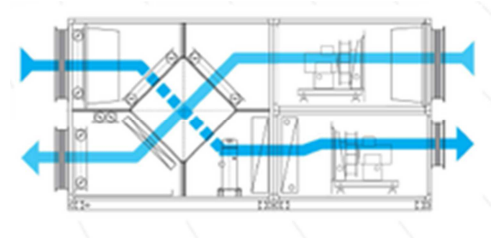
Obr. 3 Zimní provoz (zdroj: CIC Hřebec)

Pokud vlhkost v bazénové hale překročí určitou hranici tak jednotka přejde do režimu odvlhčování. Cirkulační vzduch přechází přes zapnutý kompresor TČ. Na deskovém rekuperačním výměníku se cirkulační vzduch předchladí, následně je na výparníku ochlazen pod teplotu rosného bodu a tím je z něj odvedena vlhkost. Kondenzát odchází přes sifon do kanalizace. Odvlhčený cirkulační vzduch je poté smísen s čerstvým vzduchem a na výměníku předeřežat a dohřeje se na kondenzátoru.



Obr. 4 Režim odvlhčování (zdroj: CIC Hřebec)

V letním provozu je do haly vháněn čerstvý suchý vzduch, až do výše 100%. Vzduch proudí obchodem mimo deskový výměník. Jednotka maximálně větrá bazénovou halu.



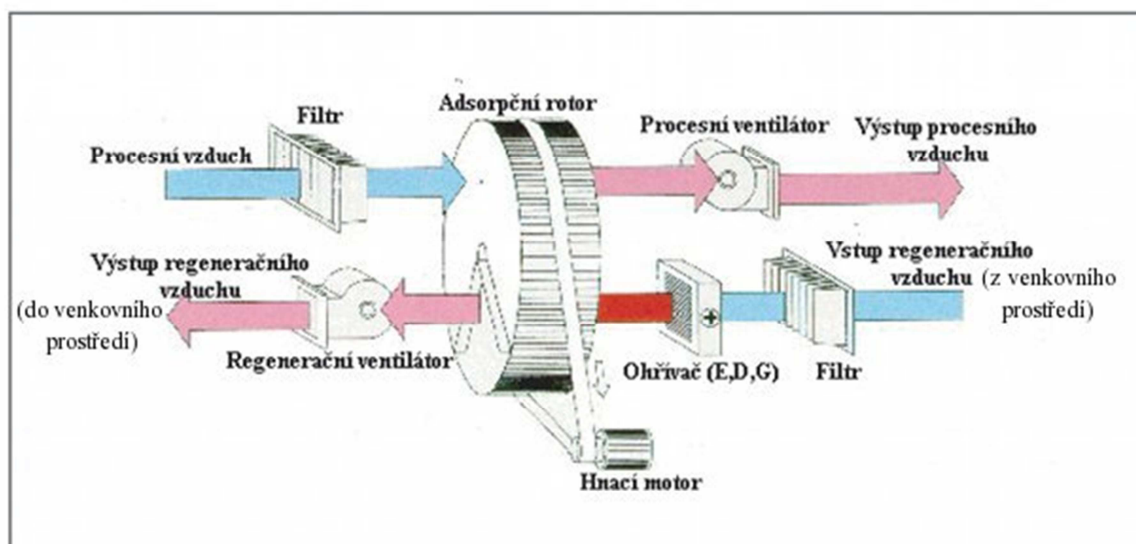
Obr. 5 Letní provoz (zdroj CIC Hřebec)

Úspory energie se zajistí také provozním režimem jednotky, který musí odpovídat aktuálním podmínkám – jednotka musí fungovat v útlumovém režimu, nebo zcela bez odvlhčování, pokud aktuálně není třeba (například v noci, kdy může být povrch vodní hladiny zakryt).

### 2.4.2 Odvlhčování adsorbční jednotkou (8)

Tento typ odvlhčování je vhodný i pro nižší teploty, nedochází zde k namrzání výparníku jako u kondenzační jednotky. Proto je rozšířeno u sportovních stadionů s ledovou plochou.

Z nasávaného vzduchu je odebírána voda na základě hydroscopické adsorpce. Vzduch je nasáván ventilátorem přes filtr a je veden přes pomalu rotující sorpční kolo, kde dochází k navázání vody na sorbent (tzn. k adsorpci). Sorbent je například silikagel, látka nerozpustná ve vodě ani ve vodní páře.



Obr. 6 Princip fungování adsorpčního odvlhčování (zdroj: <http://www.odvlhcovani.cz/adsorpni-odvlhcovace.p13.html>)

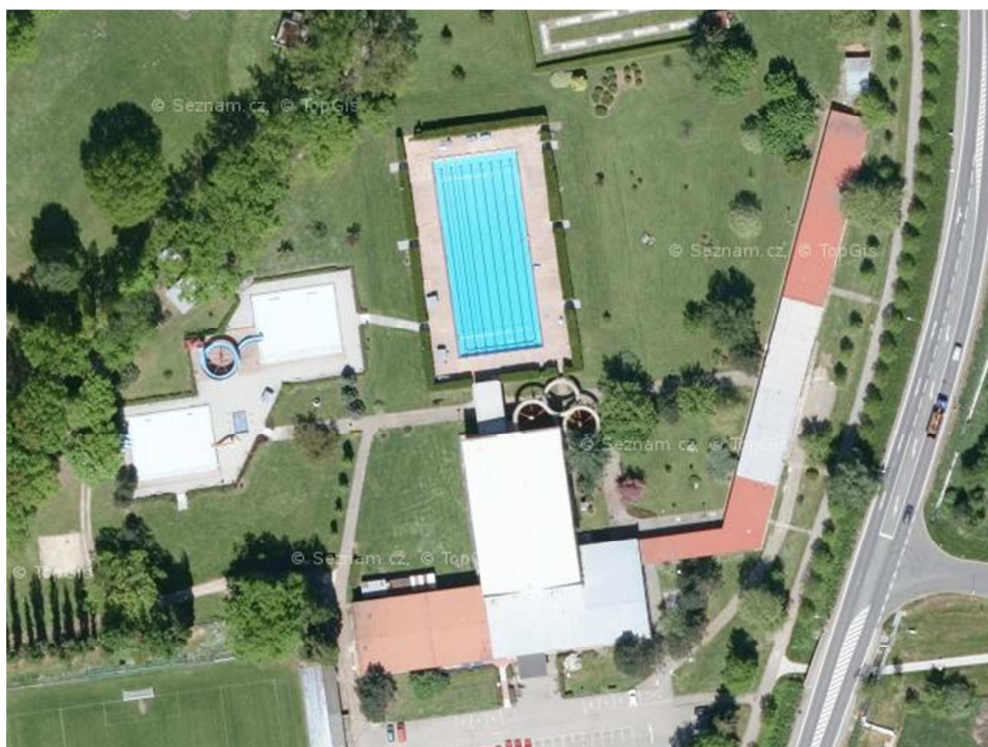


### 3 Plavecký stadion ve Strakoncích

#### 3.1 Umístění a historie objektu

Řešený objekt je plavecký bazén ve Strakoncích. Objekt je složen ze dvou celků – bazénové haly a k ní přilehlé nižší budovy, se šatnami a podpůrným provozem. Hned vedle krytého bazénu je navazující venkovní sportovní areál s několika venkovními bazény. V nižší budově je technické zázemí i pro provoz venkovního areálu. Areál byl vybudován v roce 1972. V roce 2000 byla bazénová hala zateplena, jak obvodové zdivo, tak střešní plášť. Zázemí haly však nikdy žádnou větší rekonstrukcí neprošlo.

V diplomové práci se budu zabývat jak samotnou bazénovou halou tak i jejím provozním zázemím.



Obr. 7 Letecký pohled na sportovní areál ([www.mapy.cz](http://www.mapy.cz))

#### 3.2 Podklady

Podkladem k zpracování diplomové práce mi byla původní výkresová dokumentace objektu a informace od ředitele bazénu a průzkum budovy a jejího provozu se správcem budovy.

### **3.3 Využití objektu**

Objekt je využíván od září do května případně až června, otevřen je denně od 6:00 - 22:00. Během léta je pak mimo provoz. Bazén je ráno využíván na kondiční plavání, během dne ho využívají školy, odpoledne a večer je přístupný veřejnosti. Bazén je také hojně využíván vodními pólisty.

### **3.4 Bazén**

V bazénové hale jsou dva bazény, velký plavecký 25x12,5m a malý bazén s masážními tryskami cca 5x3m. Dále jsou zde parní lázně. K bazénu ze severní strany přiléhá zázemí plavčků. Hala je podsklepená, ve sklepě kolem dna a stěn bazénu jsou umístěny technické místnosti. Jsou zde převážně strojovny vzduchotechniky. Ze severní strany pak k bazénu přiléhá zázemí pro plavčíky.

### **3.5 Provozní objekt**

Provozní objekt je jednopodlažní z části podsklepený. Zde se nachází zázemí pro bazénové návštěvníky i pro bazénové technologie. V tomto objektu je vstupní hala, šatny, fitness, bufet, několik kanceláří a také několik technických místností. Technické místnosti jsou převážně v sklepní části. Dále jsou zde dva menší obchody a rehabilitace.

### **3.6 Technický stav objektu**

#### **3.6.1 Bazén**

##### **3.6.1.1 Konstrukční řešení**

Bazénová hala má plochu asi 850m<sup>2</sup>. Její nosný konstrukční systém je sloupový, střecha je nesena ocelovými vazníky. Rekonstrukce pláště byla provedena v roce 2000. Obvodový plášť je zděný 450mm a zateplený 5 cm polystyrenu. Střešní plášť pak 10 cm XPS. Východní stěna haly je celoprosklená, tato stěna se nerekonstruovala.

##### **3.6.1.2 Technické zařízení**

Hala včetně zázemí je vytápěna CZT, je zde instalováno podlahové vytápění. Větrání zajišťuje vzduchotechnická jednotka umístěná v zázemí ve sklepě. Jako distribuční elementy jsou využity přívodní obdélníkové stěnové vyústky, umístěny na východní straně – míří na prosklenou plochu. Na západní straně jsou pak v lavicích v úrovni nohou.

Odvodní potrubí je zavěšené pod stropem, distribučním elementem jsou obdélníkové vyústky.

### **3.6.2 Provozní objekt**

#### **3.6.2.1 Konstrukční řešení**

Jednopodlažní provozní objekt, má stěnový konstrukční systém. Nosné stěny jsou cihelné, strop monolitický, obojí je nezateplené. Okna jsou také původní dřevěná s dvojsklem.

#### **3.6.2.2 Technické zařízení**

Provozní objekt je převážně vytápěn vytápěcími jednotkami „SAHARAMI“. Ty byly asi tak před pěti lety nově nainstalovány v šatnách. Původně i zde bylo podlahové topení, to je v současnosti nefunkční. Vstupní hala, šatny, sprchy, fitness jsou větrány společnou samostatnou větrací jednotkou, umístěnou v suterénu. Jednotka je původní, bez jakékoliv rekuperace.

V technických místnostech jsou umístěny pískové filtry na úpravu vody pro vnitřní bazén i pro venkovní areál. Celý areál je zásobován vodou z řeky. Ohřev vody a vytápění budovy je řešeno dálkovým teplem, na který je areál přes předávací stanici napojen.

#### **3.6.2.3 Vnitřní prostředí a případné nedostatky v interiéru**

Celý provozní objekt je přetápěn, odlišné provozy nejsou nijak výrazně odděleny ani uzavřeny. V celém tomto prostoru je tak teplota vzduchu kolem 30°C a více. Tato teplota je zde kvůli návštěvníkům – na tolik se vytápí šatny a sprchy. To vidím v celém objektu jako největší nedostatek.

### **3.7 Koncepce rekonstrukce objektu**

V rámci diplomové práce uvažuji, že by rekonstrukce vzduchotechniky v tomto objektu proběhla zároveň s dalšími stavebními opatřeními. Došlo by k zateplení na doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla, a také k výměně oken a dveří. Na východní celoprosklenou fasádu by bylo nainstalováno stínění, které by bránilo jarnímu a podzimnímu přehřívání bazénové haly.

V provozním objektu by bylo nutné těsněji oddělit šatny od vstupní haly, nainstalovat zde těsnější dveře, a začít je používat. Ve vstupní hale by stačila mnohem nižší teplota vzduchu, než jaká zde ve skutečnosti teď je.

Zdroj tepla bude dál CZT, v dané lokalitě je to nejdostupnější zdroj vytápění.

## **3.8 Koncepce rekonstrukce vzduchotechniky**

### **3.8.1 Bazénová hala**

Vzduchotechnika v bazénové hale funguje víceméně bez problémů, jediný nedostatek, tam jsou zanesené a rozbité vyústky a místy zkorodované vzduchovody. Zde je největší problém stáří a tím nevhodnost vzduchotechnické jednotky. Navrhnutím nové jednotky by mělo dojít ke snížení provozních nákladů. Použiji moderní bazénovou vzduchotechnickou jednotku s dvojitou rekuperací a tepelným čerpadlem, které zajistí odvlhčení vzduchu.

Pozice distribučních elementů, vzhledem k bezproblémovosti zůstanou zachovány. Jednotka by měla v létě pouze větrat. V zimě pak pokrýt 50-70% tepelných ztrát. Zbytek pokryje podlahové topení, které také bude budovu temperovat, nebude-li bazén využíván, a tak nebude muset běžet větrací jednotka. V hale je sice malé hlediště, ale ani nyní pro něj nenavrhuji samostatný větrací systém. Tribuna není využívána ani při zápasech póla.

Bazénová jednotka bude umístěna v prostorech suterénu, vedle stěn bazénu, kde je dostatek místa. Čerstvý vzduch bude nasáván ze severní strany objektu a odpadní vzduch bude odváděn na západní stranu. Tak aby se navzájem nekřížili.

Větrání prostoru pro plavčíky uvažuji přirozené, s podtlakovým nuceným větráním WC, v rámci diplomové práce to více neřeším.

### **3.8.2 Provozní objekt**

V objektu zázemí bude navržen systém pro rovnotlaké větrání. Vytápění bude pokryto teplovodními tělesy, deskovými či stávajícími „saharami“.

Provozní část objektu bude rozdělena do víc zón s vlastními větracími jednotkami. Návrhem je provozní objekt rozdělit do třech sekcí, každá se samostatnou větrací jednotkou. Rozdělení je dle podobného provozu, s obdobnou teplotou vzduchu. Jedna samostatná větrací jednotka je navržena do fitness – uvažuji s nástřešní jednotkou. Další pak pro vstupní halu. Poslední pak pro obě šatny a sprchy – kde je nutná největší teplota vzduchu. Tyto dvě větrací jednotky umístím do suterénu. Obě budou mít přírůdky čerstvého vzduchu z louky z východní strany objektu. Výfuk odpadního vzduchu bude vyveden nad střechu. V rámci diplomové práce neřeším provoz rehabilitace, nebyl mi tam umožněn přístup, stejně tak dva prostory s obchody.

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ**

**KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**



**B. VÝPOČTOVÁ ČÁST**

**VZDUCHOTECHNIKA BAZÉNOVÉ HALY**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Bc. LENKA POPELKOVÁ**

## 1 TEPELNÁ BILANCE BAZÉNOVÉ HALY:

- tato bilance je vytvořena dle podkladů viz. (2)

### 1.1 Tepelné zisky sluneční radiací

Výpočet dle stále platné normy ČSN 730548:

$$Q_{OR} = [S_{OS} \cdot I_O \cdot c_O + (S_O - S_{OS}) \cdot I_{O \text{ dif}}] \cdot s$$

$S_{OS}$	$[m^2]$	osluněný povrch oken
$S_O$	$[m^2]$	povrch oken
$I_O$	$[W/m^2]$	celková intenzita sluneční radiace
$I_{O \text{ dif}}$	$[W/m^2]$	intenzita difuzní sluneční radiace
$c_O$	$[-]$	korekce na čistotu atmosféry
$s$	$[-]$	stínící součinitel

k výpočtu tepelné zátěže využít SW Protech (výpočet dle ČSN 730548)

$$Q_{OR} = 101,5 \text{ kW budou-li okna bez stínění}$$

=> proto navrhuji v rámci rekonstrukce a výměny prosklené východní fasády i instalaci stínění. Navržená vzduchotechnická jednotka bude bez chlazení. V letních kritických měsících je bazén mimo provoz. V přechodném období by pak k zabránění přehřívání provozu sloužilo stínění.

### 1.2 Prostup tepla stavebními konstrukcemi

Výpočet dle normy ČSN EN 12831 v SW PROTECH, tepelná ztráta je počítána na hodnoty doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla z roku 2000, kdy byla hala rekonstruována, a počítá se s výměnou stávajícího zasklení.

$$Q_U = 59,6 \text{ kW}$$

Předpokládám, že VZT bude pokrývat cca 70% tepelné ztráty, zbytek pokryje stávající teplovodní podlahové vytápění. Také proto, aby nemusela VZT běžet nepřetržitě. Teplovodní topení bude halu temperovat.

### 1.3 Tepelné zisky od osob

$$Q_L = n \cdot q$$

$n$	$[-]$
$q$	$[W/os]$

Byly uvažovány dvě nejkritičtější možnosti

1) max. kapacita – z toho 1/3muži 1/3 ženy 1/3 děti

$$n = 120 \text{ osob}$$

$$q = 62 \text{ W/muže (75\% dítě, 85\% žena)}$$

$$Q_L = n \cdot q$$

$$Q_L = 40.62 + 40.62 \cdot 0,85 + 40.62 \cdot 0,75$$

$$Q_L = 6448 \text{ W}$$

2) vodní pólo +diváci (tento případ se děje minimálně, diváci se zápasů neúčastní)

$$n_{hráči} = 36 \text{ osob}$$

$$q = 62 \text{ W/os}$$

$$n_{diváci} = 60 \text{ osob}$$

$$q = 50 \text{ W/os}$$

$$Q_L = n \cdot q$$

$$Q_L = 36.62 + 60.50$$

$$Q_L = 5232 \text{ W}$$

Do bilance uvažuji s variantou 1) plně obsazeným bazénem, vychází kritičtěji, a také je tato varianta pravděpodobnější.

#### 1.4 Přestup tepla mezi vodní hladinou a okolním vzduchem

$$Q_{hl} = \alpha \cdot S_{hl} \cdot \Delta t$$

$\alpha$  [W/m<sup>2</sup>.K] součinitel přestupu tepla mezi vodní hladinou a okolním vzduchem

$S_{hl}$  [m<sup>2</sup>] plocha volné hladiny

$\Delta t$  [K] teplotní rozdíl mezi vodní hladinou a okolním vzduchem

$$\alpha = 10 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$S_{hl} = 312,5 \text{ m}^2$$

$$\Delta t = -2 \text{ K}$$

$$Q_{hl} = \alpha \cdot S_{hl} \cdot \Delta t$$

$$Q_{hl} = 10 \cdot 312,5 \cdot (-2)$$

$$Q_{hl} = -6,25 \text{ kW}$$

#### 1.5 Zátěž vázaným teplem

$$Q_l = M_w \cdot l$$

$M_w$  [g/s] množství odpařené vody

$l$  [J/kg] výparné teplo vody

$$l = 2500 \text{ kJ/kg}$$

### 1.5.1 Množství odpařené vody dle VDI 2089

$$M_w = \frac{\beta}{R_v \cdot T} \cdot S_{hl} \cdot (p''_{v(tw)} - p_{v(ti)}) \quad [kg/h]$$

$\beta$  [m/h] součinitel přenosu hmoty, viz Tab. 1 Součinitel přenosu hmoty pro bazény dle VDI 2089

$R_v$  [J/kg · K] plynová konstanta pro vodní páru;  $R_v = 461,52 \text{ J/kg} \cdot K$

$T$  [K] aritmetický průměr teploty vody a vzduchu

$S_{hl}$  [m<sup>2</sup>] plocha volné hladiny

$p''_{v(tw)}$  [Pa] tlak syté páry při teplotě vzduchu rovné teplotě vody, viz Tab. 2

$p_{v(ti)}$  [Pa] tlak páry při teplotě vnitřního vzduchu (z hx diagramu)

$$\beta = 28 \text{ m/h}$$

$$R_v = 461,52 \text{ J/kg} \cdot K$$

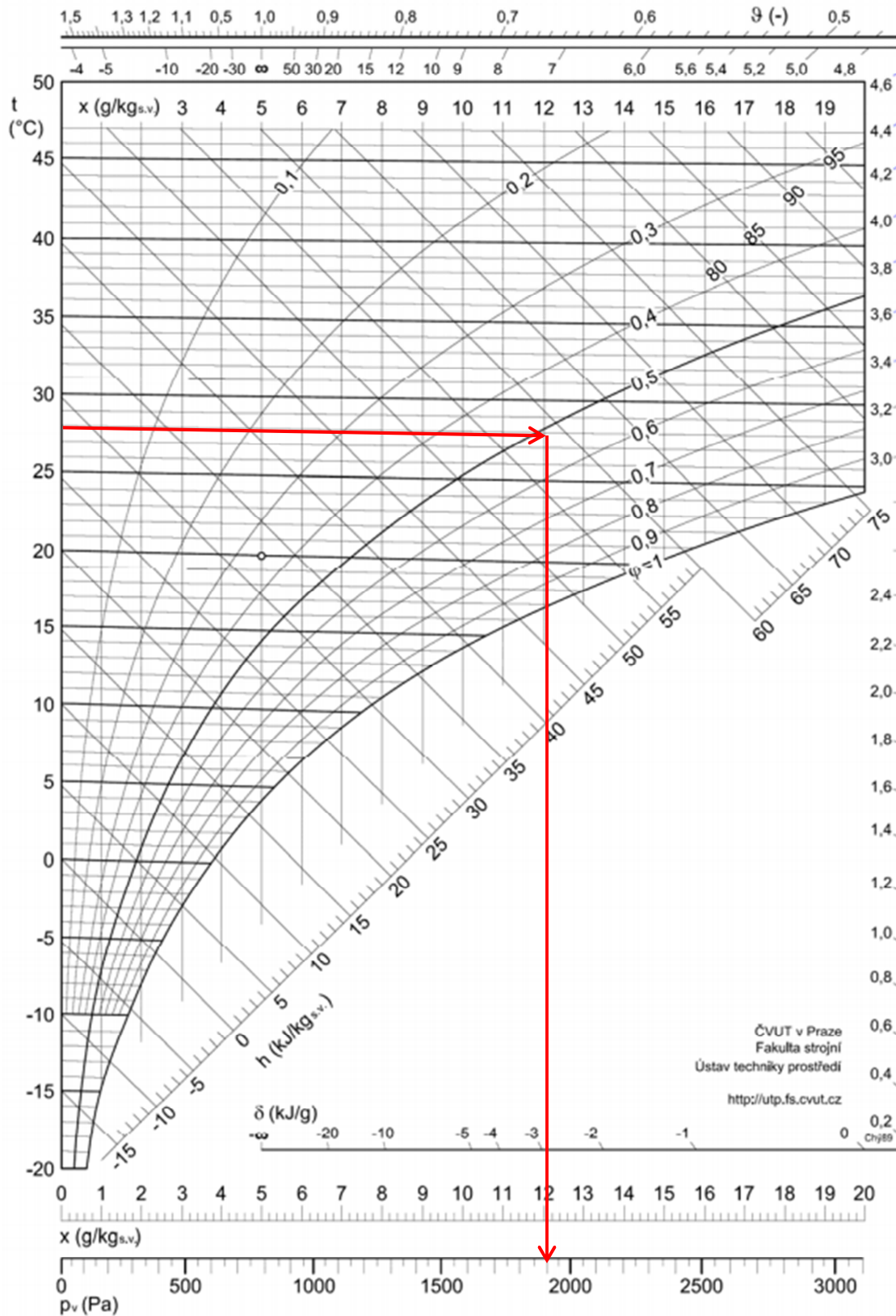
$$T = \frac{1}{2} * (26 + 28) + 273,3 = 300,3 \text{ K}$$

$$S_{hl} = 312,5 \text{ m}^2$$

$$p''_{v(tw)} = 3360 \text{ Pa}$$

$$p_{v(ti)} = 1900 \text{ Pa} \text{ (při } 28^\circ\text{Ca } \varphi=50\%)$$





$$M_w = \frac{\beta}{R_v \cdot T} \cdot S_{hl} \cdot (p''_{v(tw)} - p_{v(ti)})$$

$$M_w = \frac{28/3,6}{461,52 \cdot 300,2} \cdot 312,5 \cdot (3360 - 1900) = 25,61 \text{ g/s} = 92,21 \text{ kg/h}$$

Za hodinu se z velkého bazénu při provozu odpaří až 92,21kg !

$$Q_l = 25,61 \cdot 251000$$

$$Q_l = 64,3 \text{ kW}$$

## 1.6 CELKOVÁ TEPELNÁ BILANCE

Celková tepelná bilance objektu se stanoví součtem jednotlivých výše uvedených složek,

$$Q = Q_{OR} + Q_U + Q_L + Q_{hl} + Q_l$$

Jednotlivé složky celkové tepelné bilance mají různá znaménka. Například přestup tepla mezi vodní hladinou a okolním vzduchem  $Q_{hl}$  bude mít znaménko záporné, neboť teplota vzduchu je vyšší než teplota vody. To samé bude zčásti platit i o prostupu tepla stavebními konstrukcemi  $Q_U$ , neboť v některých případech může být v letním období vnější teplota nižší než teplota vnitřní. To však neplatí tam, kde se počítá s rovnocennou sluneční teplotou (např. u horizontální plochy - střechy a osluněných fasád). (2)

$$Q = 101,5 + 59,6 + 6, -6,25 + 64,3$$

V mém případě pokud uvažuji se montáží clonění na prosklenou fasádu, a s pokrytím tepelných ztrát pouze ze cca 70%. Tak jednotku navrhuji na zátěž vázaným teplem, které vzniká odpařováním z vodní hladiny. Průtok vzduchu jednotkou dimenzuji na  $Q=64,3 \text{ kW}$ .

## 2 Návrh vzduchotechnických jednotek

### 2.1 Zařízení č. 1 – Bazénová jednotka

Při návrhu průtoku vzduchu, zohledňuji i malý relaxační bazén.

jeho parametry:

$$\beta = 40 \text{ m/h}$$

$$R_v = 461,52 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$$

$$T = \frac{1}{2} * (32 + 28) + 273,3 = 303,3 \text{ K}$$

$$S_{hl} = 15 \text{ m}^2$$

$$p''_{v(tw)} = 4753 \text{ Pa}$$

$$p_{v(ti)} = 1900 \text{ Pa} \text{ (při } 28^\circ\text{Ca } \varphi=50\%)$$

→

$$m_w = 92206 + 12230 \text{ g/hod}$$

množství vzduchu potřebné k odvlhčení prostoru:

$$V = m_w / ((x_i - x_p) \cdot \rho)$$

$$m_w = 104336 \text{ g/hod}$$

$$x_i = 14,3 \text{ g/kg}$$

tzv. hranice dusna – tuto hranici by vlhkost neměla v interiéru překročit

$$x_p = 9 \text{ g/kg} \quad \text{přiváděný vzduch, (obvyklá vlhkost čerstvého vzduchu)}$$

$$\rho = 1,1 \text{ kg/m}^3 \quad \text{hustota vzduchu}$$

$$V = \frac{104336}{(14,3 - 9) \cdot 1,1} = 17113 \text{ m}^3/\text{h}$$

## 2.2 Zařízení č. 2 –č.4

Průtoky jednotlivými jednotkami viz:

PŘÍLOHA Č.1 – NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÝCH JEDNOTEK DO ZÁZEMÍ BAZÉNOVÉ HALY

## 3 Tlakové ztráty

PŘÍLOHA Č.2 – TLAKOVÉ ZTRÁTY

## ZÁVĚR

V teoretické části diplomové práce jsem se zabývala obecně problematikou větrání bazénových hal. Zejména těch menších s bazénem do 50m, bez vodních atrakcí a bez tribuny.

Největším problémem těchto hal bývá vlhkost a s ní spojené stavební a zdravotní problémy. Dalším zdravotním problémem vyskytujícím se v bazénových halách, je vysoká koncentrace trichloraminu ve vzduchu, protože tato látka může způsobovat astma.

Následně jsem popisovala stávající stav plaveckého bazénu ve Strakonících a některé jeho nedostatky.

V projektové části diplomové práce jsem pro tento objekt navrhla nový systém vzduchotechniky, který by byl v návaznosti na konstrukční rekonstrukci objektu. Zde jsem postupovala, tak abych docílila za prvé příjemného vnitřního mikroklima, které je jedním z rozhodujících faktorů, k tomu aby návštěvníci chodili do bazénových hal pravidelně. Správně navržené vzduchotechniky by si neměl návštěvník vůbec povšimnout. A také aby navržený systém byl energeticky co nejméně náročný, protože kryté bazény patří k energeticky nejnáročnějším budovám. Energeticky dobře navržená vzduchotechnika může energetickou náročnost objektu a tím i provozní náklady výrazně snížit.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. 238/2011 Sb. o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v. místo neznámé : Ministerstvo zdravotnictví, 2011.
2. **Schwarzer, Jan.** Návrh a dimenzování VZT pro bazény (I). *tzb-info*. [Online] 2. červenec 2007. [Citace: 1. květen 2016.] <http://www.tzb-info.cz/4218-navrh-a-dimenzovani-vzt-pro-bazeny-i>.
3. **Kontra, Jan.** Praktický návrh bazénové odvlhčovací jednotky KLMV – větrací. *tzb-info*. [Online] 24. duben 2012. [Citace: 7. květen 2016.] <http://www.tzb-info.cz/8522-prakticky-navrh-bazenove-odvlhcovaci-jednotky-klmv-vetraci>.
4. *Zdravotí a hygienická rizika z bazénových vod a prostředí bazénů. Jeligová, Hana, a další, a další.* Praha : Státní zdravotní ústav, 2008.
5. **Šimánek, Václav.** Vzduchotechnika v Aquaparku. *Vytápění, větrání, instalace*. 2/2011.
6. **Blasinski, Petr a Rubina, Aleš.** Distribuce vzduchu v bazénových halách – část 1. *tzb-info*. [Online] 9. červen 2014. [Citace: 15. květen 2016.] <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/11319-distribuce-vzduchu-v-bazenovych-halach-cast-1>.
7. firemní podklad C.I.C. Hřebec. [www.cic.cz](http://www.cic.cz). [Online] [Citace: 17. březen 2016.] [http://www.cic.cz/downloads/05\\_TP12103\\_CZ%20H%20HL%20Katalog\\_Baz%C3%A9nov%C3%A9%20jednotky.pdf](http://www.cic.cz/downloads/05_TP12103_CZ%20H%20HL%20Katalog_Baz%C3%A9nov%C3%A9%20jednotky.pdf).
8. Adsorpční odvlhčování. *Odvlhčování*. [Online] [Citace: 15. květen 2016.] <http://www.odvlhcovani.cz/adsorpcni-odvlhcovace.p13.html>.
9. **Gebauer, Günter, Rubinová, Olga a Horká, Helena.** *Vzduchotechnika*. Brno : ERA group, spol. s r. o., 2005.
10. **Adamovský, Daniel.** *Přednáška předmětu Energetické systémy budov 2 – Větrání bazénů*. 2015.
11. firemní podklad ROBATHERM. [www.robatherm.com/cz/](http://www.robatherm.com/cz/). [Online] [Citace: 18. květen 2016.] [http://www.robatherm.com/de/system/files/robatherm\\_swimmingpools\\_cze.pdf](http://www.robatherm.com/de/system/files/robatherm_swimmingpools_cze.pdf).

# **SEZNAM PŘÍLOH**

PŘÍLOHA Č.1 – NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÝCH JEDNOTEK DO ZÁZEMÍ BAZÉNOVÉ HALY

PŘÍLOHA Č.2 – TLAKOVÉ ZTRÁTY