



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

VZDUCHOTECHNIKA BAZÉNU

AIR CONDITIONING OF SWIMMING POOL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Milan Bachmayer

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ALEŠ RUBINA, Ph.D.

BRNO 2020



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608R001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Milan Bachmayer
Název	Vzduchotechnika bazénu
Vedoucí práce	doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2019
Datum odevzdání	22. 5. 2020

V Brně dne 30. 11. 2019

prof. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu

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

PODKLADY A LITERATURA

Stavební dokumentace zadané budovy

České i zahraniční právní předpisy a technické normy

Odborná literatura

Zdroje na internetu

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

A. Teoretická část – literární rešerše ze zadaného tématu, rozsah 12 až 20 stran

B. Výpočtová část

analýza objektu – rozdělení zadané dispozice na funkční celky, koncepce řešení tepelné bilance,

průtoky vzduchu, tlakové poměry,

distribuce vzduchu,

dimenzování potrubí a tlaková ztráta,

úpravy vzduchu návrh VZT jednotek (hx diagramy),

útlum hluku,

izolace VZT potrubí.

C. Projekt – úroveň prováděcího projektu: výkresy dvoučarově, půdorysy + řezy (řešené místnosti, strojovna) legenda prvků, 1:50 (1:100) – budou uloženy samostatně jako přílohy, technická zpráva (tabulka místností, tabulka zařízení), položková specifikace, funkční (regulační) schéma,

Počet VZT zařízení a rozsah projektu určí vedoucí práce.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).

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

doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Tématem této bakalářské práce je návrh vzduchotechnického zařízení obsluhující bazénovou halu v Brně. Zařízení je navrženo tak, aby splňovalo veškeré požadavky na interní mikroklima.

Úkolem vzduchotechnického zařízení je výměna vzduchu, jeho tepelné úpravy a odvlhčení. Teoretická část je zaměřena na vzduchotechnické jednotky, jejich rozdělení, složení a popis základních vybraných komponentů.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vzduchotechnická jednotka, vzduchotechnika, tepelné zátěž, tepelné ztráty, odvlhčení.

ABSTRACT

The objective of this bachelor thesis is a concept of device handling swimming pool hall in Brno. The device is designed to meet internal microclimate requirements. Task of air condition device is venting, heat adjusting and moisturizing. Theoretical part of the thesis is devoted to air conditioning units, their division, structure and description of basic selected components.

KEYWORDS

Air handling unit, air conditioning, thermal load, heat loss, moisturizing.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Milan Bachmayer *Vzduchotechnika bazénu*. Brno, 2020. 106 s., 3 s. příl.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav
technických zařízení budov. Vedoucí práce doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Vzduchotechnika bazénu* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 22. 5. 2020

Milan Bachmayer
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Vzduchotechnika bazénu* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 22. 5. 2020

Milan Bachmayer
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat panu doc. Ing. Aleši Rubinovi, Ph.D., za jeho snahu a ochotu při konzultacích.

Obsah

ČÁST A – TEORETICKÁ

1. ÚVOD	14
2. VZDUCHOTECHNICKÁ JEDNOTKA, ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ	14
2.1 Rozdělení VZT jednotek podle umístění	15
2.1.1 Interiérové VZT jednotky	15
2.1.2 Exteriérové VZT jednotky	16
2.2 Rozdělení VZT jednotek podle technického provedení	16
2.2.1 Sestavné VZT jednotky	16
2.2.2 Skříňové/blokové VZT jednotky	17
2.2.3 Komorové VZT jednotky	18
2.2.4 Stojaté/podstropní VZT jednotky	18
2.3 Rozdělení VZT jednotek podle umístění jejich komponentů	20
2.3.1 Ústřední VZT jednotky	20
2.3.2 Zónové VZT jednotky	21
2.3.3 Speciální VZT jednotky	22
3. POPIS ZÁKLADNÍCH KOMPONENTŮ VZT JEDNOTEK, JEJICH ALTERNATIVY	24
3.1 Tepelné výměníky ZZT	24
3.1.1 Regenerační výměníky	24
3.1.2 Rekuperační výměníky	25
3.1.3 Glykolový okruh	26
3.2 Filtry	26
3.2.1 Proplétané vložkové filtry	27
3.2.2 Rámečkové filtry	27
3.2.3 Kapsové filtry	27
3.2.4 Kompaktní filtry	28
3.2.5 Tukové filtry	28
3.3. Ohřivače	29
3.3.1 Elektrické ohřivače	29
3.3.2 Teplovodní ohřivače	30
3.3.3 Plynové ohřivače	30
3.4 Chladiče	31
3.4.1 Vodní chladiče	31
3.4.2 Přímé výparníky	31
3.5 Ventilátory	32
3.5.1 Radiální ventilátory	33
3.5.2 Axiální ventilátory	33
3.5.3 Diagonální ventilátory	33
3.5.4 Diametrální ventilátory	34
3.6 Zvlhčovače	34
3.6.1 Plynové zvlhčovače	35
3.6.2 Odporové zvlhčovače	35
3.6.3 Elektrodové zvlhčovače	35
3.7 Směšovací komory	35
3.8 Vstupní a výstupní klapky	36
3.9 Tlumiče hluku	37
3.10 Příslušenství VZT jednotek	37

ČÁST B – VÝPOČTOVÁ

1.	ANALÝZA OBJEKTU.....	39
1.1	Rozdělení objektu na funkční celky.....	39
1.2	Celoroční podmínky.....	40
1.3	Požadavky na vnitřní prostředí bazénové haly.....	40
2.	TEPELNÁ BILANCE BUDOVY.....	41
2.1	Výpočet součinitele prostupu tepla.....	41
2.2	Výpočet tepelných ztrát.....	45
3.	VÝPOČET TEPELNÉ ZÁTĚŽE – TERUNA.....	46
3.1	Výpočet pomocí softwaru Teruna.....	46
3.2	Výpočet vodních zisků.....	50
3.3	Návrhové poměry pro VZT jednotku.....	52
4.	DIMENZOVÁNÍ POTRUBNÍCH ROZVODŮ.....	53
5.	DISTRIBUČNÍ ELEMENTY.....	57
5.1	Přívod.....	57
5.1.1	Přívodní vyústky s regulací.....	58
5.1.2	Přívodní žaluzie.....	58
5.2	Odvod.....	59
5.2.1	Odvodní vířivé vyústky s regulací.....	59
5.2.2	Odvodní žaluzie.....	60
6.	NÁVRH VZT JEDNOTKY.....	61
7.	NÁVRH TLUMIČŮ HLUKU.....	67
7.1	Možnost uložení jednotlivých buněk do VZT potrubí.....	67
7.2	Dimenzování tlumičů hluku.....	68
8.	IZOLACE.....	76

ČÁST C – PROJEKTOVÁ

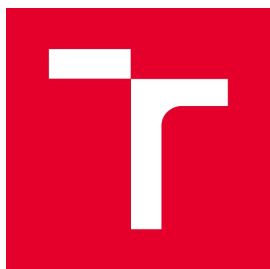
1. ÚVOD	83
1.1 Podklady pro zpracování	83
2. ZÁKLADNÍ KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ	85
2.1 Nároky na větrání – hygienické větrání	86
3. POPIS TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ VZT BAZÉNOVÉ JEDNOTKY	86
3.1 Provozní režimy VZT jednotky	88
3.2 Nároky na energie	90
3.3 Měření a regulace VZT jednotky	91
3.4 Nároky na související práce	92
3.4.1 Stavební úpravy	92
3.4.2 Silnoproud	92
3.4.3 Ústřední topení (ÚT)	92
3.4.4 Zdravotechnika (ZTI)	92
4. PROTIHLUKOVÁ A PROTITŘESOVÁ OPATŘENÍ	92
5. NÁTĚRY A IZOLACE	93
6. PROTIPOŽÁRNÍ OPATŘENÍ	93
7. MONTÁŽ, PROVOZ, ÚDRŽBA A OBSLUHA ZAŘÍZENÍ	93
8. FUNKČNÍ SCHÉMA	94
9. SPECIFIKACE PRVKŮ	95
10. ZÁVĚR	97
11. POUŽITÉ ZDROJE	98
12. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ	101
13. SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ	103
14. SEZNAM PŘÍLOH	106

ÚVOD

Bakalářská práce je rozdělena do tří dílčích částí. První teoretická část je zaměřena na vzduchotechnické jednotky, jejich rozdělení a odlišnosti. Součástí je popis vybraných komponent těchto vzduchotechnických jednotek.

Výpočtová část je zaměřena na návrh vzduchotechnické jednotky bazénové haly. Obsahem této části je návrh vzduchotechnické jednotky, dimenzování potrubních tras a návrh jednotlivých dílčích prvků potrubní části včetně distribučních elementů.

Část projektová obsahuje výkresy a řezy řešené části objektu.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

ČÁST A – TEORETICKÁ ČÁST

AIR CONDITIONING OF SWIMMING POOL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Milan Bachmayer

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ALEŠ RUBINA, Ph.D.

BRNO 2020

1. ÚVOD

Vzduchotechnika je systém, který optimalizuje podmínky pro pobyt osob ve vnitřních prostorách; řeší kompletní úpravu vzduchu. Tento systém umožňuje výměnu vzduchu, jeho ohřev, ochlazení, vlhčení, odvlhčení či filtraci ve vnitřních prostorách. Kombinací těchto úprav vzduchu lze zajistit optimální úroveň interního mikroklimatu a tepelnou pohodu prostředí pro pohyb a pobyt osob.

2. VZDUCHOTECHNICKÁ JEDNOTKA, ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ

Vzduchotechnická jednotka je soubor prvků, které slouží k úpravě a distribuci vzduchu, což má za následek ovlivnění cílových prostor (interiér). Základní komponenty, které tvoří vzduchotechnickou jednotku (VZT), jsou ventilátory, komora zpětného získávání tepla, filtry, chladič, ohříváč, zvlhčovač, klapky, servisní a směšovací komory. Komponenty VZT jednotky jsou osazeny v samostatných oddělených komorách.

Délka jednotlivých VZT jednotek je závislá na počtu potřebných komponentů, tj. počtu komor. Tyto komory, pokud jednotka není dodána jako celek, jsou k sobě spojeny pomocí šroubových spojů.

Stěny panelů, z nichž jsou VZT jednotky seskládány, jsou ze dvou vrstev plechu, kde mezivrstva je minerální vlna. Tloušťka panelů a množství vlny je různé, podle typu a prostředí, ve kterém je jednotka umístěna, popř. podle účelu provozu, který jednotka obsluhuje.

Každá dílčí sekce VZT jednotky je vybavena podstavným rámem, popř. nožičkami o různých výškách, pokud není jednotka dodávána jako celek. Pokud je jednotka dodávána v celku, odpovídá tomu i rám, který je celistvý.

Součástí VZT jednotky je souprava na odvod kondenzátu, který vzniká při kondenzaci vzdušné vlhkosti, a ústí do kanalizace. Na plášti každé VZT jednotky jsou umístěny prvky pro měření a regulaci.

Důležitou vlastností vzduchotechnických jednotek je jejich mechanická stabilita, těsnost skříně a faktor tepelných mostů.

VZT jednotky se vyrábí z ocelového pozinkovaného plechu s žárovým zinkováním. Při venkovním osazení jednotky je doporučeno plášť ošetřit antikoročním nástřikem nebo práškovým lakováním.

VZT jednotky se klasifikují podle různých kritérií; základní rozdělení: podle umístění, technického provedení a podle umístění jejích komponentů.

2.1 Rozdělení VZT jednotek podle umístění

- Interiérové
- Exteriérové

2.1.1 Interiérové VZT jednotky

Interiérové VZT jednotky jsou vyrobeny výhradně pro umístění uvnitř objektů. Umístění jednotky v interiéru odpovídá nižší tloušťce izolace, panelu použitého ve stěně VZT jednotky, lakování a výšce rámu.

Interiérové jednotky jsou standartně vyrobeny z pozinkovaného plechu s žárovým zinkováním; podle druhu provozu je možné upravit materiálové provedení, tloušťku panelu jednotky nebo lakování. Jedná se např. o bazénové jednotky, kde je vnitřní plášť vystaven působení chloru a jiných látek.

U tohoto druhu VZT jednotky je důležité z hlediska přenosu vybrací pružně podložit rám nebo nožičky jednotky tak, aby se otřesy produkované jednotkou nepřenášely dál do konstrukcí budovy. S tímto problémem souvisí i napojení jednotky na vzduchovod, který se provádí za pomoci pružných manžet, které se instalují přímo na koncové části sání i výtlaku VZT jednotky.



Obr. 1 Interiérové jednotky umístěné ve strojovně VZT

2.1.2 Exteriérové VZT jednotky

Exteriérové VZT jednotky jsou zpravidla vybaveny vyspádovanou stříškou tak, aby se voda nezadržovala v jejím horním plášti, větší tloušťkou stěny, která je dána větším množstvím izolace vkládané do panelu. Jednotky mohou být opatřeny povrchovými úpravami např. práškovým lakováním, zinkováním, provedení nerez. Jednotky je možno dovybavit větším rámem nebo vyššími nožičkami pro snadnější přístup do jednotlivých sekcí. Koncovou část jednotky (sání/výtlač) je vhodné opatřit protidešťovou žaluzií se stříškou. Tyto stříšky lze použít i jako ochranu jednotlivých regulačních a měřicích prvků na vnějším plášti VZT jednotky.

Ke specifickým požadavkům patří např. úprava proti vlivu agresivního prostředí nebo prostředí s nebezpečím výbuchu, seismickému prostředí. Všechny tyto úpravy mají za následek lepší integritu do venkovního prostředí.

Z hlediska odolnosti proti otřesům platí stejné požadavky na pružné podložení a napojení na potrubní rozvod stejně jako u interiérových VZT jednotek.



Obr. 2 Exteriérová VZT jednotka

2.2 Rozdělení VZT jednotek podle technického provedení

- Sestavné
- Skříňové/blokové
- Komorové
- Stojaté/podstropní

2.2.1 Sestavné VZT jednotky

Sestavné VZT jednotky jsou složeny z počtu dílů, který je individuální. Spojení těchto dílů bývá obvykle za pomoci rychlouzavíracích uzávěrů, díky jimž vznikne jeden funkční celek. Při této koncepci nejsou nutné přechodové kusy mezi jednotlivými komponenty, proto tyto jednotky bývají kratšího provedení.

Mezi dílčí komponenty patří: rekuperátor, ventilátory, ohřivače, chladiče, filtry, klapky, vlhčící komora. Tyto dílčí komponenty jsou ve VZT jednotce obsažené podle individuálních návrhových parametrů. Výhodou těchto jednotek je možnost seskládání jednotlivých komponentů jak na sebe, tak vedle sebe, z toho vyplývá velká úspora místa. Tyto jednotky se navrhují v rozsahu objemových průtoků: 2 – 100 000 m³/h.

Sestavné jednotky umožňují kompletaci daných komponent dle požadavků na úpravu vnitřního mikroklima.

Na uvedeném příkladu (viz obr. 3) je sestavná VZT jednotka, která je vybavena:

- deskovým rekuperátorem s bypassem
- ventilátory s volnými oběžnými koly na sání/výtlačku
- filtry vzduchu na sání/ výtlačku
- vodním ohřivačem
- přímým výparníkem – chladičem
- uzavíracími klapkami a manžetami

Jednotlivé prvky VZT jednotky jsou uvedeny v kapitole 3.



Obr. 3 Sestavná VZT jednotka

2.2.2 Skříňové/blokové VZT jednotky

Tyto VZT jednotky jsou osazeny na základním rámu daném výrobcem a jsou dodávány v celku. Jednotlivé prvky lze vynechat, avšak rozměry rámu zůstávají stejné. Pro každou rozměrovou řadu je rám jiný. Jednotlivé prvky jsou do VZT jednotky osazovány stejně jako v případě sestavných jednotek dle individuálních požadavků, ale s tím rozdílem, že výsledný souhrn rozměrů těchto dílčích bloků musí v konečném stádiu návrhu odpovídat rozměru rámu. Nevýhodou tohoto typu jednotek je omezená možnost tvarových a rozměrových změn VZT jednotky. Výhodou je kompaktní řešení s menšími rozměry.



Obr. 4 Skříňová/bloková VZT jednotka

2.2.3 Komorové VZT jednotky

Komorové VZT jednotky jsou konstruovány tak, že pro každou část jednotky je vytvořena samostatná komora, většinou velkých rozměrů se vstupem vzduchotěsnými dveřmi. Jednotlivé komponenty jsou osazeny do stěn, které tvoří oddělení jednotlivých komor. Tato koncepce je nevýhodná a to z více důvodů: organizace výstavby, tlakové ztráty, velké průřezy potrubí.

Použití tohoto typu VZT jednotky je možné u jednotek s požadovaným vysokým výkonem, tj. větším jak 100 000 m³/h vzduchu. Tyto velké soustavy se instalují většinou u velkých hal, elektráren, v suterénu popř. v samostatných strojovnách. Při návrhu těchto jednotek musí být kladen důraz na organizaci a koordinaci výstavby. Pro jednotlivé komponenty je nutné mít vyprojektovanou transportní cestu a to až k místu zazdění. Jednotlivé části musí být dopraveny do dané místnosti ještě před osazením dveří z důvodu velkých rozměrů (často větších než šířka dveří). Ventilátory jsou většinou pružně podloženy, osazeny na betonovou desku. Potrubní díly nemusí být na komponenty napojeny přes tlumící manžetu. Provozy, ve kterých se tyto jednotky instalují, mají často nadměrnou hladinu hluku.

2.2.4 Stojaté/podstropní VZT jednotky

Stojaté VZT jednotky

Tyto VZT jednotky se využívají většinou ve stísněných prostorech, kde není možno použít blokovou či skříňovou verzi. Tento typ jednotky má výhodu zejména v úspoře místa díky možnosti přesunutí sání a výtlačku na vrchní plášť jednotky (viz obr. 5). Vybavení VZT jednotky je individuální. Použití jednotlivých komponent je závislé na druhu obsluhovaného provozu a požadavku na úpravu vzduchu. Objemový průtok produkovaný těmito jednotkami se pohybuje mezi (100 až 3000) m³/h.

Příklad konkrétní jednotky stojatého typu (viz obr. 5):

- deskový rekuperátor s obtokovou klapkou
- přímý výparník – okruh TČ
- ventilátory s volným oběžným kolem
- elektrický potrubní ohříváč umístěný mimo VZT jednotku
- zvlhčovač s odporovým vyvíječem páry instalovaným mimo VZT jednotku
- kapsové filtry na sání/výtlaču
- regulační klapky a tlumící manžety na sání/výtlaču

Jednotlivé prvky VZT jednotky jsou popsány v kapitole 3.

Tento typ jednotek je často ovládán pomocí ŘJ. Díky instalovaným sensorům spolehlivě vyhodnocuje požadavky na úpravu vzduchu v reálném čase a přizpůsobuje jim chod celé VZT jednotky. Tato konkrétní sestava umožňuje následující úpravy vzduchu: ohřev, chlazení, zvlhčování.



Obr. 5 VZT zařízení se sáním/výtlačem na vrchním plášti

Podstropní VZT jednotky

Varianta podstropních VZT jednotek se používá většinou v obytných nebo rodinných domech pro malé objemové průtoky (100 až 2000) m³/h a slouží k rovnotlakému větrání. VZT jednotka může být vybavena vířivým protiproudým výměníkem s vysokou účinností, ventilátory a filtry na sání i výtlaču. Jednotku lze dovybavit i vodním ohříváčem, entalpickým výměníkem, filtry s jiným druhem filtrace. Kompaktní jednotky lze specificky nakonfigurovat dle potřeby úpravy vzduchu.

Příklad konkrétní podstropní jednotky s vybavením (viz obr. 6):

- hexagonální protiproudý výměník s bypassem (není předmětem kap. 3)
- deskový filtr na sání/výtlačku
- vodní ohřívač
- ventilátor na sání/výtlačku

Jednotlivé prvky VZT jednotky jsou popsány v kapitole 3.



Obr. 6 Podstropní VZT jednotka [1]

2.3 Rozdělení VZT jednotek podle umístění jejich komponentů

- Ústřední
- Zónové
- Speciální

2.3.1 Ústřední VZT jednotky

Ústřední VZT jednotky upravují vzduch přímo ve strojovně vzduchotechniky. Do obsluhovaných místností se přivádí vzduch o stejných vlastnostech. Ústřední VZT jednotky jsou vhodné např. do konferenčních sálů, kin, divadel, restaurací, jídelen apod.

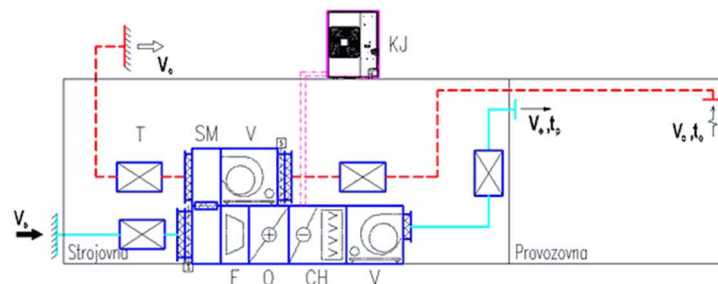
Vzhledem k tomu, že se do všech místností přivádí stejně upravený vzduch, jde o jednokanálový systém. Jednokanálový systém znamená, že přiváděný vzduch do vnitřního prostoru vede jedním vzduchovodem a neslučuje konečný stav vzduchu.

Ústřední VZT jednotka se zpravidla skládá pouze z rekuperátoru, ohřívače, chladiče, zvlhčovače, popř. eliminátoru kapek, dvojice ventilátorů a filtrů. VZT jednotka obsahující výše uvedené komponenty slouží v zimě k teplovzdušnému větrání, v létě ke chlazení.

Tento typ ústředních VZT jednotek je konstrukčně nejméně náročný a je vybaven:

- ventilátory na sání/výtlačku
- ohřivačem
- přímým výparníkem (chladičem), popř. eliminátorem kapek
- filtry na sání/výtlačku
- uzavíracími klapkami a manžetami
- směšovací komorou

Jednotlivé prvky VZT jednotky jsou popsány v kapitole 3.



Obr. 7 Schéma ústřední VZT jednotky [2]

2.3.2 Zónové VZT jednotky

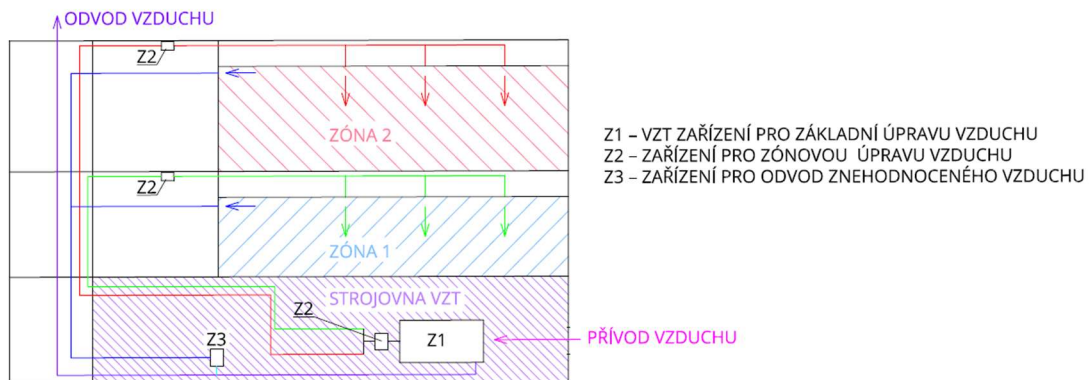
Zónové VZT jednotky částečně upravují přívodní vzduch přímo ve strojovně vzduchotechniky; doplňková úprava vzduchu se odehrává mimo centrální VZT jednotku, aby byla zajištěna úprava vzduchu pro zajištění daného mikroklimatu dílčích zón. Zónové VZT jednotky dopravují vzduch o konstantním průtoku vzduchu; disponují pouze možností regulace teploty vzduchu.

Tato varianta je vhodná zejména do rozsáhlých budov a provozů, obchodní centra, výrobní haly s konkrétními požadavky na rozdílnou úpravu vnitřního mikroklimatu v jednotlivých zónách. Výhodou tohoto systému je možnost nastavení parametrů přiváděného vzduchu v každé z dílčích zón.

Jedna z variant sestavení VZT jednotky:

- ventilátor s volným oběžným kolem osazen na sání/výtlačku
- sekce filtrů s různou třídou filtrace na sání/výtlačku
- separátně uložené vodní ohřivače/chladiče aj.
- tlumící vložky a manžety
- sekce tlumičů hluku

Jednotlivé prvky VZT jednotky jsou popsány v kapitole 3.



Obr. 8 Znárodnění zónového vzduchového systému

2.3.3 Speciální VZT jednotky

Speciální VZT jednotky se navrhují tehdy, pokud jsou dané přesné požadavky na vnitřní mikroklima. Jedná se o ústřední jednotky, které jsou vybaveny větším množstvím komponent dle požadavků na interní mikroklima. Tyto speciální jednotky se používají především pro bazénové haly, kde je požadavek na odvádění vzdušné vlhkosti, a pro nemocnice, kde je kladen důraz na filtraci vzduchu; možnost využití v dalších průmyslových odvětvích.

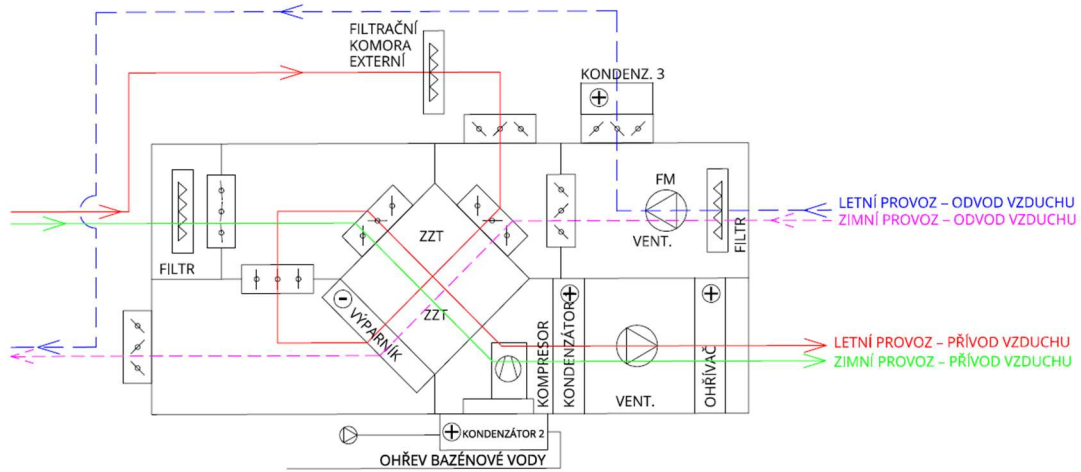
Bazénové VZT jednotky

Pro návrh VZT jednotky u bazénových hal je hlavním požadavkem odvod tepelné a vlhkostní zátěže. Proto jsou bazénové VZT jednotky vybaveny okruhem tepelného čerpadla s jedním nebo více kondenzátory, které zajišťují přebytečným teplem dohřátí bazénové vody. V zimním provozu tyto jednotky pokryjí tepelné ztráty prostupem a větráním, v létě zajistí odvod tepelné zátěže.

Bazénové VZT jednotky jsou zpravidla vybaveny:

- deskovým rekuperátorem s bypassovou klapkou
- okruhem tepelného čerpadla s více kondenzátory, sloužící mimo jiné pro ohřev bazénové vody
- přímým výparníkem osazeným za deskovým rekuperátorem
- směšovací komorou
- ventilátory s volným oběžným kolem na sání/ výtlačku
- filtry na sání/ výtlačku
- uzavíracími klapkami a manžetami
- servisní komorou- sloužící mimo jiné pro osazení směšovacího uzlu

Jednotlivé prvky VZT jednotky jsou popsány v kapitole 3.



Obr. 9 Schéma bazénové VZT jednotky

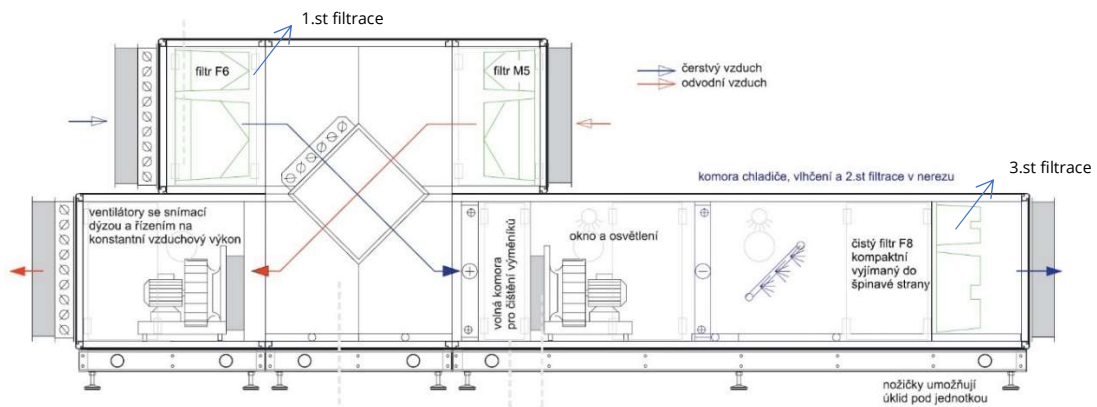
Speciální VZT jednotka v hygienickém provedení

Hygienické provedení VZT jednotek je využíváno zejména v hygienicky náročných provozech se zvýšenými hygienickými požadavky, kde je kladen velký důraz na čistotu vzduchu – čisté prostory. Jednotky obsluhující tyto prostory musí splňovat přísné požadavky na filtraci vzduchu, jeho vlhčení, odvlhčování a zejména jeho kvalitu.

Hygienické provedení VZT jednotky je vybaveno:

- deskový rekuperátorem
- skupinou filtrů s různou třídou filtrace
- ventilátory na sání/ výtlaku
- ohříváčem
- parním zvlhčovačem (není obsahem kapitoly 3)
- uzavíracími klapkami a manžetami

Jednotlivé prvky VZT jednotky jsou popsány v kapitole 3.



Obr. 10 Řez VZT jednotky v hygienickém provedení [4]

3. POPIS ZÁKLADNÍCH KOMPONENTŮ VZT JEDNOTEK, JEJICH ALTERNATIVY

3.1 Tepelné výměníky ZZT

Pro zpětné získávání tepla (ZZT) slouží výměník tepla. Výměníky slouží k využití teplého odváděného vzduchu, k ohřevu čerstvého přiváděného vzduchu, v letním období slouží k předchlazení. Tento systém zajišťuje úsporu provozních nákladů na provoz VZT systému.

Nejčastějšími typy jsou výměníky regenerační, rekuperační, tepelné trubice nebo kapalinové okruhy (nejsou předmětem kap. 3). Regenerační výměníky využívají rotující hmotu, která předává teplo přiváděnému vzduchu v ní naakumulované. Rekuperační ZZT využívá předání tepla přes stěnu výměníku, kde dochází ke křížení dvou proudů vzduchu. Je třeba uvést, že rekuperační výměníky využívají pouze citelné teplo. Výměníky se vyrábí z mnoha druhů materiálů - nerez, ocel, plasty nebo např. hliník. Jednotlivé desky jsou k sobě slepeny, popř přiletovány, ve výjimečných případech sešroubovány.

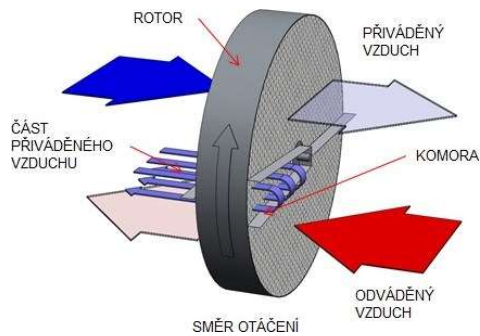
3.1.1 Regenerační výměníky

Rotační regenerační výměník

Princip rotačního výměníku je založen na akumulaci energie z tepla odváděného vzduchu, který je vháněn do rotoru výměníku a díky otáčení rotoru dochází k výdeji energie do čistého přiváděného vzduchu. Účinnost tohoto výměníku je více jak 80 %. Styk proudů vzduchu má za následek omezené využití, vznik oděru. Tyto jednotky lze použít např. v konferenčních sálech, pobytových místnostech, naopak nelze je užít v kuchyních, čistých prostorách.

Součástí výměníku může být vyplachovací komora umístěná ve středu výměníku, která vytváří zkrat mezi přívodním a odvodním kanálem tak, aby část čerstvého přívodního vzduchu putovala zpět se vzduchem odváděným. Tato komora má zajistit menší množství kontaminace obsažené v odvodním vzduchu vlivem otáčení rotoru výměníku.

Regenerační výměník je tvořen skříní, ve které je osazen rotor z hliníkové slitiny nebo různých druhů plastů. Nyní je nejběžnějším materiálem pro výrobu rotoru hliníková folie. Rotor výměníku je navinut střídavě z rovné a zvlněné (rádlované) hliníkové fólie, čímž vznikne jemná mřížka návínů, kterou proudí vzduch, a tím předává teplo a vlhkost. [5]



Obr. 11 Regenerační rotační výměník [5]

3.1.2 Rekuperační výměníky

Deskový rekuperační výměník

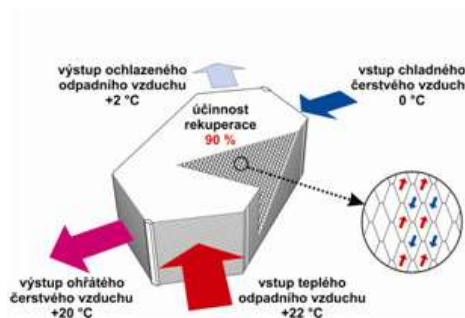
Deskové výměníky jsou ve VZT jednotce tvořeny skříní, ve které je osazen deskový rekuperátor. Výměník využívá kolmé křížení dvou proudů a to proudů vzduchu odváděného z místností a proudů čerstvého nasávaného vzduchu. Odpadní odváděný vzduch je od čistého přiváděného vzduchu oddělen stykovou deskou tak, aby nedocházelo k promísení těchto dvou proudů vzduchu.

Výkon výměníku je regulovatelný pomocí obtokové klapky, která je napojena na soustavu servopohonů, které jsou plně ovládnány systémem MaR. Obtoková klapka zároveň funguje v zimním období jako protimrazová ochrana. Rekuperátor je vybaven směšovací klapkou.

Součástí komory deskového výměníku je kanál s odvodem kondenzátu, který se může tvořit v zimním období (pokles teploty na teplosměnných plochách).

Účinnost deskových výměníků je až 82 %. Tuto účinnost lze zvýšit použitím zdrsněných lamel výměníků, které zvětšují plochu teplosměnných desek.

Výhodou deskových výměníků je jejich využití v prostorách náročných na hygienické požadavky, protože nedochází k přímému styku dvou proudů vzduchu.



Obr. 12 Deskový rekuperační výměník [6]

3.1.3 Glykolový okruh

Tento systém slouží ke ZTZ z odpadního vzduchu. Okruh je složen ze dvou prvků: chladiče a glykolového ohřívače. Prvek umístěný na odvodní větvi plní funkci chladiče – odebírá teplo z odpadního vzduchu. Výměník, který je instalován v přívodní větvi, plní funkci ohřívače. Oba tyto prvky jsou propojeny potrubím se směsí armatur. Teplonosnou látkou je zpravidla ethylenglykol a destilovaná voda.

Účinnost tohoto systému je až 45 %. Jeho hlavní výhodou je oddělení proudů přívodu a odvodu vzduchu a instalace prvků mimo VZT zařízení.

3.2 Filtry

Účelem filtrů je odlučování částic znečišťující ovzduší a snížení jejich koncentrace pod limity dané hygienickými požadavky. Filtry mají několik stupňů filtrace v závislosti na hygienických požadavcích.

Poznámka:

Rozdělení filtrů stanoví mezinárodní norma ČSN EN ISO 16890-1, která třídí filtry do skupin a podskupin. Principem je rozdělení filtrů do širších skupin (podle velikosti odfiltrovatelných částic) a podskupin (podle procentuální schopnosti tyto částice odstraňovat).

ČSN EN ISO 16890-1 třídí filtry do čtyř základních skupin:

- ISO COARSE (obecné hrubé nečistoty),
- ISO ePM10 (částice menší jak 10 mikronů),
- ISO ePM25 (částice menší jak 2,5 mikronu),
- ISO ePM1 (částice menší jak 1 mikron).

Při návrhu filtrů je velmi důležitá tlaková ztráta filtrů na začátku životnosti a při středním zanesení.

Rozdělení filtrů podle konstrukce

- Proplétané vložkové filtry
- Rámečkové filtry
- Kapsové filtry
- Kompaktní filtry
- Tukové filtry

3.2.1 Proplétané vložkové filtry

Tento typ filtru slouží k filtraci hrubého prachu, používá se jako předfiltr, který zajišťuje hrubý stupeň filtrace před osazením jemnějších filtrů.

Vložka je vyrobena z polyesterové netkané textilie, která je napnutá v kovovém rámu. Filtrační vložka je zasazena do vodících ližin, které umožňují snadnou výměnu znehodnocených filtrů.



Obr. 13 Proplétaný vložkový filtr [7]

3.2.2 Rámečkové filtry

Rámečkové filtry zajišťují stejně jako proplétané filtry jen jednostupňovou filtraci hrubého prachu a jejím osazením pouze prodlužujeme životnost filtrů osazenými za nimi. Filtry jsou vhodné pro zařízení s výměníky pro ZZT. Tento typ filtru je vyroben ze syntetického filtračního média, osazeného do kartonového nebo plastového rámu; ten se vsazuje do vodících ližin, které jsou součástí filtrační komory.



Obr. 14 Rámečkový filtr [8]

3.2.3 Kapsové filtry

Kapsové filtry umožňují jedna až třístupňovou filtraci vzduchu v závislosti na použité tkanině. Tento druh filtrů se vyrábí z polyesterové textilie. Textilie je zasazena do plastového rámečku, který se vkládá do vodící ližiny a je součástí filtrační komory.

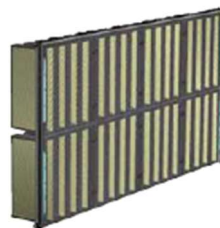


Obr. 15 Kapsový filtr [7]

3.2.4 Kompaktní filtry

Kompaktní filtry jsou určeny pro jemnou filtraci prachu, odlučují nečistoty ve tvaru prachových částic a aerosolů. Tyto filtry jsou vhodné pro provozy se zvýšenými hygienickými či jinými speciálními požadavky.

Výhodou těchto filtrů je jejich delší životnost oproti jiným typům. Vložky filtrů jsou vyrobeny ze skelných submikronových vláken, většinou osazených do plastového rámu, který je upevněn na ližinách, díky nimž je filtr snadno odnímatelný. Další výhodou je použití filtru při větších objemových průtocích.



Obr. 16 Kompaktní filtr [9]

3.2.5 Tukové filtry

Tukové filtry jsou použity většinou jako předfiltry pro zachycení nejhrubších prachových částí; jejich hlavní využití je zachycení olejových a tukových aerosolů (kuchyně, pekárny, grily atd.).

Tukový filtr je oproti jiným vybavený nerezovou vanou pro odvod kondenzátu.

Jednotlivé sekce tukového filtru jsou osazeny kovovými filtry o tloušťce 20 mm. Tyto kovové filtry nedokáží zachytit nejjemnější aerosolové částice, proto je nutné sestavy s rotačním či deskovým výměníkem doplnit o další filtry s dalšími stupni filtrace. Návrh filtrů závisí zejména na třídě provozu a její kombinace se může lišit. Nevýhoda tukových filtrů je jejich častá údržba, při nahromadění olejových aj. aerosolů uvnitř filtrů může dojít k jejich vzplanutí.



Obr. 17 Tukový filtr [7]

3.3 Ohřivače

Ohřivače slouží k teplotní úpravě vzduchu přiváděného do obsluhovaného prostoru. Mezi nejpoužívanější ohřivače patří ohřivače vodní. Teplonosným médiem ve vodním ohřivači je voda o určitém teplotním spádu. Pro správné fungování ohřivače je nejdůležitější teplosměnná plocha ohřivače společně s teplotním rozdílem mezi vodou a vzduchem.

Regulace ohřivače může být buď kvalitativní nebo kvantitativní. U kvalitativní regulace se mění teplota vody ale ne její průtok, kdežto u kvantitativní regulace se nemění teplota vody, ale průtok. Účinnější způsob regulace je kvalitativní.

Rozdělení ohřivačů podle teplonosného media

- Elektrické
- Teplovodní
- Parní
- Chladivové

3.3.1 Elektrické ohřivače

Elektrické ohřivače jsou typické pro vysokou účinnost ohřevu. Princip elektrického ohřevu je v nízkoteplotních nerezových topných tyčích o velké teplosměnné ploše. Ohřivač je vybaven dvěma termostaty, které zajišťují dvoustupňovou ochranu. Udržují teplotu média v ideálním a bezpečném rozmezí. [9]



Obr. 18 Komora elektrického ohřivače [7]

3.3.2 Teplovodní ohřivače

Charakteristickou vlastností tohoto typu ohřevu je vysoká účinnost. Teplovodní ohřivače jsou vyrobeny z měděných trubek, sběrače pro připojování média jsou svařeny z ocelových trubek. Součástí vodního ohřivače jsou odvzdušňovací ventily a směšovací uzly. Odvzdušňovací ventily slouží k odstranění plynů z otopné vody. (Plyny neboli vzduchové mezery nevedou vodu a je třeba je ze systému odstranit). Směšovací uzly slouží k regulaci přívodního vzduchu změnou teploty přiváděné do výměníku při konstantním průtoku.



Obr. 19 Komora vodního ohřivače [7]

3.3.3 Plynové ohřivače

Princip plynového ohřevu spočívá v proudění vzduchu kolem spalovací komory a trubkovnice (výměníku). Všechny trubky obsažené v ohřivači jsou opatřeny viřiči spalin. Na přední straně výměníku je příruba na upevnění hořáku. Spaliny produkované plynovým ohřevem jsou odváděny pomocí komínového vývodu, umístěného buď na horní nebo na zadní straně sekce plynového ohřevu. Tyto sekce mohou obsahovat bypassovou klapku, díky které lze regulovat průtok vzduchu. Součástí plynového setu je souprava pro odvod kondenzátu vznikajícího při ohřevu. O ochranu se stará trojitý bezpečnostní termostat. Plynové ohřivače se používají zejména v průmyslu, kde je přebytek odpadního tepla (např. elektrárny).



Obr. 20 Plynový ohřivač [7]

3.4 Chladiče

Podle teplotnosného média se dělí chladiče na vodní a přímé výparníky. Sekci chladiče tvoří komora, ve které je osazen vodní nebo přímý chladič. Teplotnosnou plochou vodních i chladičových okruhů jsou měděné lamely, které jsou s přesahem nataženy na měděných trubkách. Médium pro chladičové okruhy bývá zpravidla chladič R410A, R407C. Vlastnosti teplotnosných médií lze upravit dle požadavku projektanta. Za chladičem se doporučuje osazení eliminátoru kapek. Eliminátor kapek se využívá zejména kvůli separaci kapek obsažených ve vzduchu po zchlazení. Součástí sekce chlazení je vana na odvod kondenzátu.

3.4.1 Vodní chladiče

Vodní chladič je tvořen měděnými trubkami se soustavou hliníkových lamel. Součástí chladiče jsou sběrače a připojovací hrdla; ta jsou opatřena vnějším závitem a svařována z ocelových trubek. Vodní chladič je osazen do rámu, který je většinou vyroben z pozinkovaného plechu.

Princip chlazení vodou: studená voda, která je v oběhu výparníku, odebírá teplo vzduchu proudícím přes výparník skrz jeho stěnu a předává teplo vodě. Voda, která vstupuje do výparníku, musí mít menší teplotu než voda, která z výparníku vystupuje (označení teplotního spádu např. 6/12 °C – přírodní teplota vody/odvodní). Sekce vodního chladiče musí obsahovat vanu na odvod kondenzátu.

3.4.2 Přímé výparníky

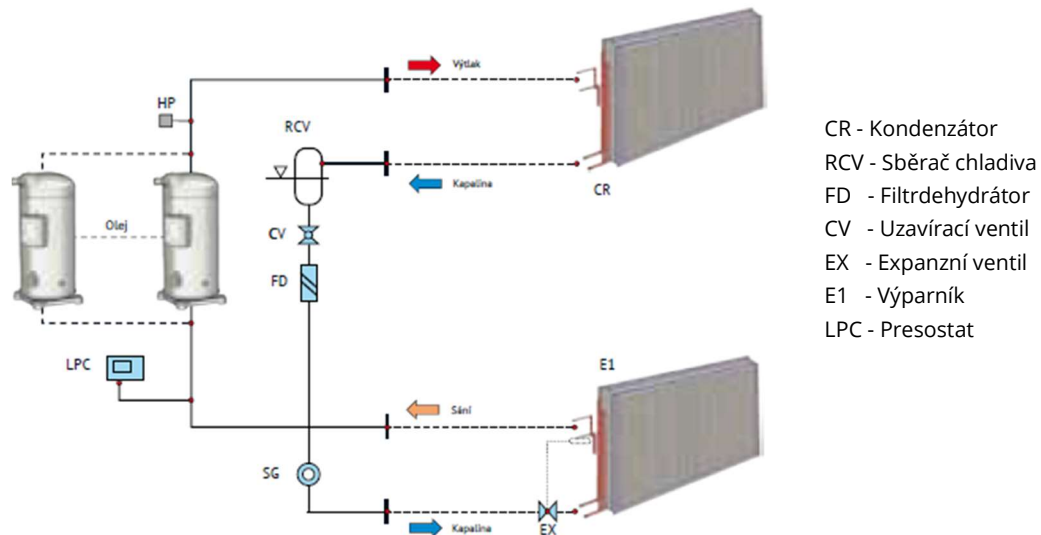
U tohoto druhu chladiče je teplotnosným médiem chladič. Principem chlazení je vstříkávání chladiče do okruhu výparníku; chladič se odpařuje a přes stěny výměníku odebírá teplo proudícímu vzduchu.

Materiál pro výrobu výparníku je totožný s materiálem pro výrobu vodního chladiče. Výparník je možno navrhnout na více druhů chladiče. Sekce přímého výparníku musí obsahovat vanu na odvod kondenzátu.

Odlišným případem je soustava tepelného čerpadla (dále TČ), které pracuje na využití kondenzačního a výparného tepla, které je produkováno chladičem obsaženým v soustavě. Jako "pohon" je v systému osazen kompresor, který mění skupenství chladiče z kapalného na plynné za použití práce. Soustava v základním provedení se obvykle skládá z kompresoru, výparníku, kondenzátoru a expanzního ventilu.

Tepelné čerpadlo má využití u bazénových VZT jednotek, kde je výparník většinou osazen na odvodu za deskovým rekuperátorem, kde ochlazuje odpadní

vzduch a zbavuje ho přebytečné vlhkosti. Kondenzátor je osazen před deskovým rekuperátorem a lze jím dohřívát přívodní vzduch. Jedna z možností je zapojení více kondenzátorů a kompresorů do oběhu. Zapojením více kondenzátorů se docílí například ohřevu bazénové vody přebytečným kondenzačním teplem.



Obr. 21 Schéma zapojení okruhu tepelného čerpadla s více kompresory [9]

3.5 Ventilátory

Ventilátor obsahuje každá VZT jednotka. Pomocí ventilátorů a elektromotoru je zajištěn transport vzduchu do obsluhovaných prostor. Ventilátor musí být navržen tak, aby pokryl tlakové ztráty potrubí a prvků v něm obsažených, koncových elementů a samostatné VZT jednotky. Důležitým aspektem u ventilátorů je hladina akustického výkonu.

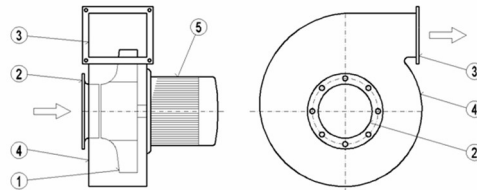
Ventilátorová komora tvoří samostatnou sekci VZT jednotky, která obsahuje podélné kolejnice, na které je osazen motor ventilátoru. Kolejnice musí být vždy pružně podloženy (z důvodu přenosu vibrací) a přišroubovány ke vnitřnímu plášti sekce ventilátoru. Spouštění a regulování výkonu ventilátoru zabezpečují frekvenční měniče ovládané systémem MaR. Na základě snímačů umístěných v komoře systém reguluje otáčky na daný průtok.

Rozdělení ventilátorů podle směru proudění

- Radiální – nejpoužívanější typ s volným oběžným kolem
- Axiální
- Diagonální
- Diametrální

3.5.1 Radiální ventilátory

Tento typ ventilátoru tvoří sací a výtlačné hrdlo, oběžné kolo a elektromotor, příp. spirální skříň. Sestava je namontována ve VZT jednotce na jednom rámu. Oběžné kolo může mít tři varianty zahnutí lopatek a to dozadu, dopředu a radiálně. Ventilátor může být jednostranně, ale i oboustranně sací. U oboustranně sací varianty radiálního ventilátoru je obvykle osazen ocelový difusor. Výhodou radiálního ventilátoru je vysoká účinnost a relativně nízká akustická hladina hluku.

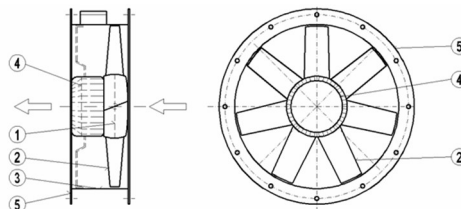


Obr. 22 Radiální ventilátor se spirální skříní [10]

3.5.2 Axiální ventilátory

Axiální ventilátory se skládají z elektromotoru, pláště a rotoru s lopatkami. U axiálních ventilátorů vzduch proudí ve směru osy otáčení rotoru.

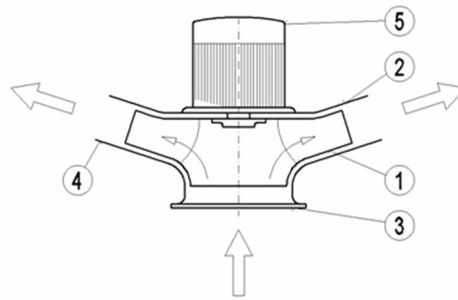
Tento typ má využití v místech, kde jsou kladeny velké požadavky na průtok vzduchu, současně ale nízké nároky na dopravní tlak.



Obr. 23 Axiální ventilátor [10]

3.5.3 Diagonální ventilátory

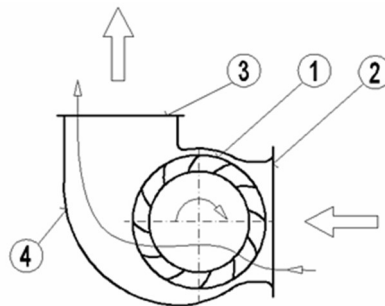
Diagonální ventilátor je kombinací radiálního a axiálního ventilátoru. Skládá se z ventilátorové skříně, sacího a výtlačného hrdla, elektromotoru. Nasávaný vzduch proudí v axiálním směru, výtlaček ve směru menším jak 90°.



Obr. 24 Diagonální ventilátor [10]

3.5.4 Diametrální ventilátory

Diametrální ventilátor obsahuje sací a výtlačnou část, oběžné kolo. Vzduch je nasáván do ventilátoru sacím hrdlem, proudí příčně do oběžného kola, ze kterého je vytlačen do výtlačného hrdla.



Obr. 25 Diametrální ventilátor [10]

3.6 Zvlhčovače

Zvlhčovače se primárně používají pro zajištění tepelné pohody prostředí. Jsou případy, kdy se zvlhčovače užívají pro absorpci pachů. Jedná se o vlhčení vzduchu až za VZT jednotkou, popř. přímo v interiéru, pomocí rozprašování vody do vzduchu.

Zvlhčovače dělíme podle způsobu distribuce vody do ovzduší. Zvlhčuje se buď parou nebo vodní mlhou. Pokud se zvlhčuje parou, jedná se o parní zvlhčovače s různým typem vyvíječe páry. U zvlhčování mlhou se jedná o vodní pračky, pneumatické, ultrazvukové zvlhčovače nebo sprchové pračky vzduchu (nejsou součástí této práce). Z hlediska využití a efektivity je preferovaný způsob parním vlhčením. Výhodou parních zvlhčovačů je jejich dobrá regulovatelnost, jednoduchý servis a kompaktnost.

Podle druhu vlhčení dělíme zvlhčovače na parní, adiabatické.

Rozdělení parních zvlhčovačů podle vyvíječe páry

- Plynové
- Odporové
- Elektrodové

3.6.1 Plynové zvlhčovače

Parní zvlhčovač obsahuje nerezový vyvíječ páry, spalinový výměník. Princip je obdobný jako u odporových a elektrodových vyvíječů páry s tím rozdílem, že místo topných tyčí nebo elektrody mění vodu tepelný výměník s plynovou náplní. Součástí plynového vyvíječe páry je plynový hořák, hlavní napájecí čerpadlo a nádrž na přípravu vody. Kondenzát vzniklý při přeměně vody je zadržovaný nádobou na kondenzát.

3.6.2 Odporové zvlhčovače

Parní zvlhčovače většinou pracují na odporovém principu ohřevu vody. V komoře parního zvlhčovače je vyvíjecí nerezová nádoba společně s topnými tyčemi. Topné tyče jsou zahřívány na určitou teplotu, aby došlo k přeměně skupenství z kapalného na plynné. Jako ochrana výšky hladiny ve vyvíjecí nádobě slouží systém detekce, který podle potřeby řídí přívod vody do vyvíjecí nádoby. Pára putuje přes speciální gumové vyztužené hadice do distributorů, které dopravují páru rovnoměrně do celého průřezu potrubí za pomoci soustavy trysek. Kondenzát, který se tvoří při zvlhčování páry, je odveden pomocí gumové hadice do odpadu.

Součástí zvlhčovače je ovládací panel, který umožňuje plynulou výkonovou regulaci (0 až 100) %. Panel indikuje stupeň zanesení topných těles, stav přiváděné vody nebo aktuální spotřebu elektřiny.

3.6.3 Elektrodové zvlhčovače

Tento typ zvlhčovače pracuje na principu přirozeného vedení proudu vodou. Vodivost vody umožňuje průchod proudu mezi elektrodami, které jsou ponořeny ve vyvíjecí komoře. Proudem se elektrody zahřejí a dojde ke změně skupenství. Hladina vody ve vyvíjecí komoře je regulována výškovým posunem elektrod. Ovládání a regulace tohoto systému je skoro stejná jako u odporového vyvíječe páry.

3.7 Směšovací komory

Směšovací komora slouží ke směšování dvou proudů vzduchu v určitém poměru venkovního čerstvého vzduchu a vzduchu oběhového.

Sekce směšovací je tvořena komorou, ve které jsou namontovány regulační klapky řízené servopohony. Podle potřeby smísení proudů vzduchu servopohony spínají a otáčejí listy regulačních klapek; tím se docílí daného poměru smísení. Při otočení listů klapek o 0° je komora plně otevřena, při otočení listů do polohy 90° je klapka uzavřena.

Poloha regulačních klapek ve směšovací sekci může být různá. Poloha klapek závisí na druhu obsluhovaného provozu.



Obr. 26 Směšovací komora [11]

3.8 Vstupní a výstupní klapky

Vstupní a výstupní klapky jsou tvořeny komorou, ve které jsou klapky namontovány. Klapky se nacházejí na koncové části VZT jednotky na sání i výtlačku. Klapky jsou tvořeny uzavíracími listy, které jsou mezi sebou propojeny ozubenými koly. Jedno nebo více ozubených kol má hřídel, která je vyvedena skrz plášť VZT jednotky. Na hřídel je obvykle osazen servopohon, který řídí směr otočení listů.

Pokud jsou klapky otočené o 90°, celý profil VZT jednotky je uzavřen od vzduchovodu a tím dochází k oddělení jednotky od vnějšího prostředí. Pokud jsou klapky plně otevřeny, tzn. v poloze 0°, je zajištěno volné proudění vzduchu. Tyto klapky tvoří koncové elementy VZT jednotek. Osazují se také jako protimrazové opatření, pokud nelze osadit tyto klapky, je nutné použít potrubní zpětné klapky, nebo přetlakové protidešťové žaluzie.



Obr. 27 Vstupní a výstupní klapky

3.9 Tlumiče hluku

Sekce tlumiče hluku slouží pro zmenšení akustické hladiny hluku v bezprostřední blízkosti VZT jednotky. Skládají se většinou z rámu (pozinkovaný plech), do kterého jsou jednotlivé tlumící prvky zasazeny. Délka těchto buněk a jejich počet závisí na prostorových požadavcích a požadavcích na útlum hluku.



Obr. 28 Absorbční tlumič hluku

3.10 Příslušenství VZT jednotek

Pro sledování změn vnějšího prostředí, upraveného prostředí a sledování funkčnosti a chodu VZT jednotky je nezbytné použití měřících prvků:

- Čidla venkovní teploty
- Čidla přívodního vzduchu
- Snímače prostorové teploty (čidlo prostorové teploty, prostorový přístroj)
- Snímače teploty odváděné vody ohřívače
- Snímače teploty odvodního vzduchu
- Snímače tlaku a průtoku vzduchu
- Protimrazová ochrana rekuperátorů (diferenční manostat)
- Regulace na konstantní tlak vzduchu (diferenční manostat)
- Regulace na konstantní množství vzduchu (regulátoru diferenčního tlaku)
- Čidla vlhkosti vzduchu (čidlo relativní vlhkosti vzduchu, kanálové čidlo relativní vlhkosti vzduchu)
- Čidla indikace znečištění ovzduší (prostorová čidla, kanálová čidla)
- Frekvenční měniče.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

ČÁST B – VÝPOČTOVÁ ČÁST

AIR CONDITIONING OF SWIMMING POOL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Milan Bachmayer

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ALEŠ RUBINA, Ph.D.

BRNO 2020

1. ANALÝZA OBJEKTU

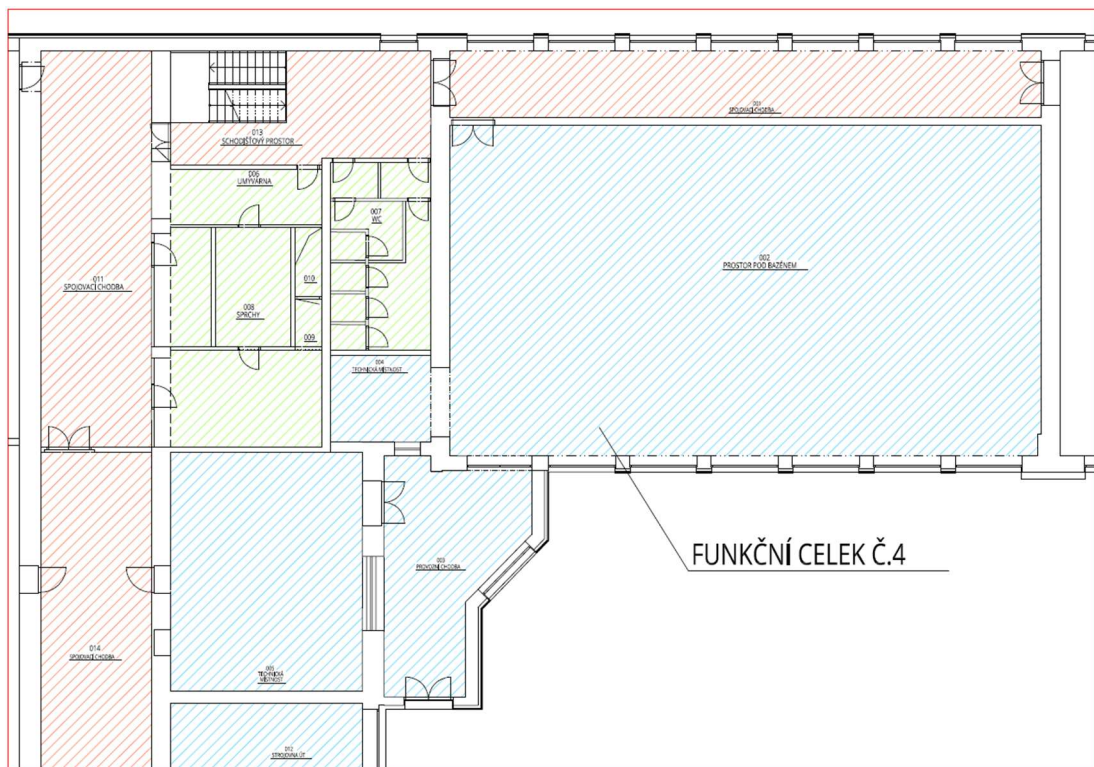
Řešená bazénová hala je součástí základní školy ve městě Brně. V 1. přízemním podlaží se nachází technické zázemí stavby, společně se sklady. V 1. nadzemním podlaží je bazénová hala s hygienickým zázemím, tělocvična, učebny.

Objekt je rozdělen na 4 funkční celky; bazénová hala je jediným řešeným funkčním celkem. Řešení ostatních tří funkčních celků není předmětem této bakalářské práce.

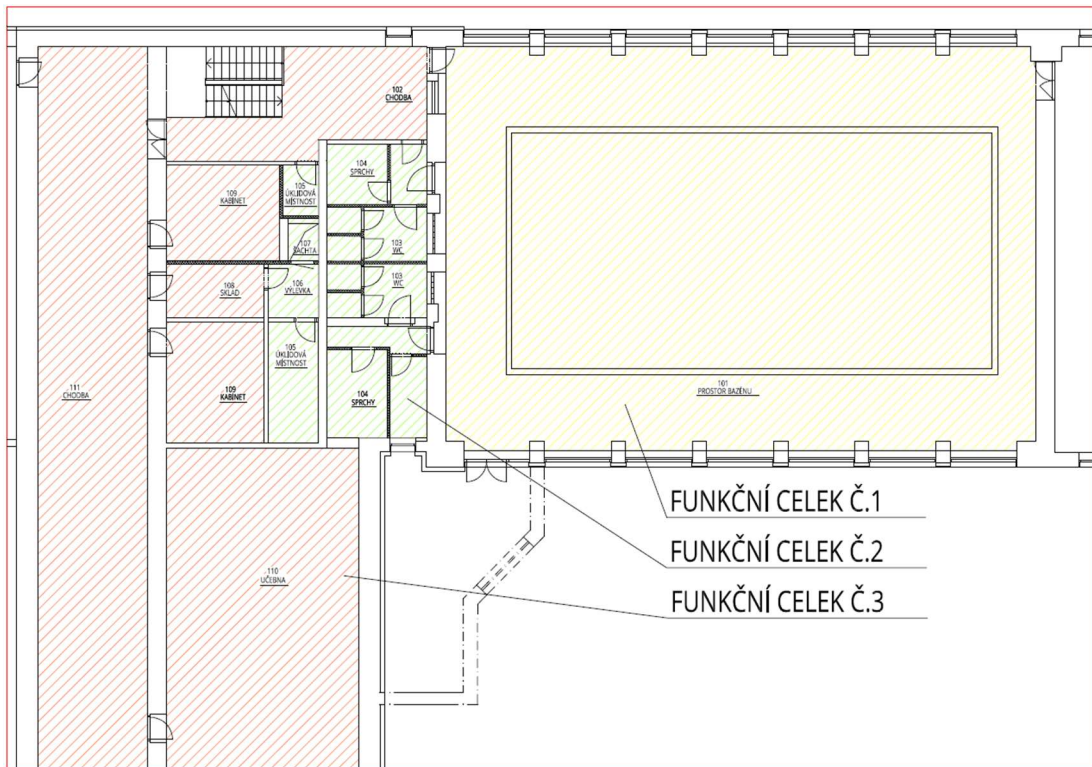
Daný objekt je vystavěn z plných pálených cihel opatřených tepelnou izolací. Jednotlivé vrstvy konstrukcí jsou popsány v tabulkách kapitoly 2 – výpočet součinitelů prostupů tepla. Střecha řešeného objektu je z příhradových vazníků s různým rozpětím.

1.1 Rozdělení objektu na funkční celky

- z. č. 1 Bazénová hala – řešený funkční celek 1. NP
- z. č. 2 Hygienické zázemí 1. NP
- z. č. 3 Společné prostory 1. NP
- z. č. 4 Technické zázemí 1. PP



Obr. 29 Rozdělení objektu na funkční celky – 1. PP



Obr. 30 Rozdělení na funkční celky – 1. NP

1.2 Celoroční podmínky

Řešený objekt bazénové haly se nachází ve městě Brně, pro které byly stanoveny následující okrajové podmínky:

Nadmořská výška: 227 m.n.m.

	Venkovní teplota [°C]	Měrná vlhkost vzduchu [kJ/kg]	Entalpie [g/kg]
Léto	32	-	60
Zima	-12	1	-

Tab. 1 Okrajové podmínky exteriéru

1.3 Požadavky na vnitřní prostředí bazénové haly

	Teplota V bazénové hale [°C]	Relativní vlhkost [%]	Rychlost proudění vzduchu [m/s]	Teplota vody [°C]
Léto	30	50	0,15-0,20	28
Zima	30	50	0,15-0,20	28

Tab. 2 Bazénová hala – požadavky na vnitřní prostředí

2. TEPELNÁ BILANCE BUDOVY

Číslo místnosti	Název místnosti	Rozměr [m ²]	Teplota v zimě [°C]	Teplota v létě [°C]
001	Spojovací chodba	50,2	20	28
002	Prostor pod bazénem	248,27	18	28
003	Provozní chodba	32,4	18	28
004	Technická místnost	11,06	20	30
005	Technická místnost	58,14	20	30
006	Umývárna	11,97	22	28
007	WC	23,81	22	28
008	Sprchy	18,33	24	28
009	Výlevka	1,63		24
010	Šachta	2,36	-	-
011	Spojovací chodba	55,68	20	24
012	Strojovna ÚT	28,59	24	28
013	Schodišťový prostor	35,58	-	-
014	Spojovací chodba	150,81	20	24
101	Prostor bazénu	303	30	30
102	Chodba	31,16	-	-
103	WC	14,1	22	26
104	Sprchy	7,69	24	30
105	Úklidová místnost	3,29	-	-
106	Výlevka	3,45	-	-
107	Šachta	1,45	-	-
108	Sklad	6,75	22	28
109	Kabinet	15,09	20	26
110	Učebna	13,91	20	26
111	Chodba	205,23	-	-

Tab. 3 Tabulka s návrhovými teplotami jednotlivých místností

Modrou a šedou barvou jsou v tabulce vyznačeny místnosti, které byly potřeba pro určení tepelných ztrát přestupem tepla z bazénové místnosti. Ostatní místnosti slouží pouze pro doplnění informací (nejsou součástí výpočtové části).

2.1 Výpočet součinitele prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla charakterizuje tepelně-izolační schopnost dané konstrukce. Vyjadřuje, jaké množství tepla unikne danou konstrukcí o ploše 1 m² při teplotním rozdílu povrchů o 1 K. Většinou je označen písmenem U, jednotka W/ m²K. Společně s odporem prostupu tepla R_T vyjadřuje prostup tepla celou danou konstrukcí. Součinitel prostupu tepla musí počítat s vlivy působícími na konstrukci nebo uvnitř konstrukce, např. vlivy tepelných mostů nebo zdroje navýšení tepelných toků, které se v konstrukci nachází.

S1 – Obvodová stěna bazénu					
Vrstva	Materiál	Tloušťka konstrukce [m]	λ [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]	R [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]	
1	Keramický obklad	0,008	1,01	0,01	
2	Lepící malta Baumacol FlexTop Speed	0,002	0,87	0,00	
3	Hydroizolační nátěr Baumacol Proof	0,001	0,88	0,00	
4	Zdivo CPP	0,45	0,78	0,58	
5	Expandovaný polystyren	0,14	0,031	4,52	
6	Keramický obklad	0,02	1,3	0,02	
Celková tloušťka [m]		0,621	$\Sigma R =$	5,12	
				$R_{si} [m^2 \cdot K \cdot W^{-1}] =$	0,13
				$R_{se} [m^2 \cdot K \cdot W^{-1}] =$	0,04
				$R_T [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}] =$	5,29
				U [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] =	0,19
				U_{pož} [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] =	0,2

Tab. 4 Skladba a výpočet součinitele prostupu tepla obvodové stěny bazénové haly

S2 – Stěna z bazénu do tělocvičny					
Vrstva	Materiál	Tloušťka konstrukce [m]	λ [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]	R [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]	
1	Keramický obklad	0,01	1,01	0,01	
2	Lepící malta Baumacol FlexTop Speed	0,02	0,87	0,02	
3	Hydroizolační nátěr Baumacol Proof	0,00	0,88	0,00	
4	CPP	0,60	0,78	0,77	
5	Vápenocementová malta Baumit Duotop	0,02	0,97	0,02	
6	Omítka Baumit RatioSlim	0,01	0,60	0,02	
7	Obklad – palubky smrkové	0,01	0,45	0,03	
Celková tloušťka [m]		0,67	$\Sigma R =$	0,87	
				$R_{si} [m^2 \cdot K \cdot W^{-1}] =$	0,13
				$R_{se} [m^2 \cdot K \cdot W^{-1}] =$	0,13
				$R_T [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}] =$	1,13
				U [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] =	0,89
				U_{pož} [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] =	0,90

Tab. 5 Skladba a výpočet součinitele prostupu tepla nosné zdi z prostoru bazénu do prostoru tělocvičny

S3 – Nosná stěna bazénu do sprch a koupelen					
Vrstva	Materiál	Tloušťka konstrukce [m]	λ [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]	R [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]	
1	Keramický obklad	0,008	1,01	0,01	
2	Lepící malta Baumacol FlexTop Speed	0,002	0,87	0,00	
3	Hydroizolační nátěr Baumacol Proof	0,001	0,2	0,01	
4	CPP	0,6	0,78	0,77	
5	Hydroizolační nátěr Baumacol Proof	0,001	0,2	0,01	
6	Lepící malta Baumacol FlexTop Speed	0,02	0,87	0,02	
7	Keramický obklad	0,008	1,01	0,01	
Celková tloušťka		0,64	$\Sigma R =$	0,82	
				$R_{si} [m^2 \cdot K \cdot W^{-1}] =$	0,13
				$R_{se} [m^2 \cdot K \cdot W^{-1}] =$	0,13
				$R_T [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}] =$	1,08
				U [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] =	0,9
				U_{pož} [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] =	0,9

Tab. 6 Skladba a výpočet součinitele prostupu tepla nosné zdi z prostoru bazénu do prostoru koupelen

S12 – Podlaha kolem bazénu					
Vrstva	Materiál	Tloušťka konstrukce [m]	λ [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]	R [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]	
1	Keramická dlažba	0,01	1,01	0,01	
2	Lep. tmel Baumacol FlexTop Speed	0,01	0,87	0,01	
3	Hydroizolační stěrka Baumacol Proof	0,00	0,88	0,00	
4	Separáční vrstva	0,00	0,20	0,01	
5	Podlahový polystyren EPS 30	0,02	0,03	0,97	
6	Penetrace	0,00	0,10	0,02	
7	Cementový potěr - vyrovnávací vrstva	0,03	1,23	0,02	
8	Železobetonová deska	0,15	1,58	0,09	
Celková tloušťka		0,23	$\Sigma R =$	1,13	
				$R_{si} [m^2 \cdot K \cdot W^{-1}] =$	0,17
				$R_{se} [m^2 \cdot K \cdot W^{-1}] =$	0,17
				$R_T [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}] =$	1,47
				U [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] =	0,68
				U_{pož} [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] =	0,70

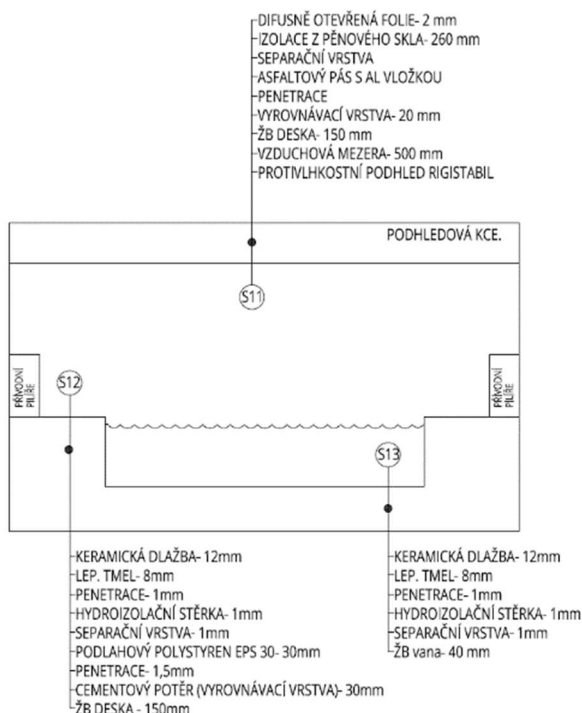
Tab. 7 Skladba a výpočet součinitele prostupu tepla podlahy v bazénové hale

S13 – Podlaha bazénu				
Vrstva	Materiál	Tloušťka konstrukce [m]	λ [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]	R [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]
1	Keramická dlažba	0,012	1,01	0,01
2	Lep. tmel Baumacol FlexTop Speed	0,08	0,87	0,09
3	Hydroizolační stěrka Baumacol Proof	0,001	0,88	0,00
4	Separáčn1 vrstva	0,001	0,2	0,01
6	Železobetonová vana	0,4	1,78	0,22
Celková tloušťka		0,494	$\Sigma R =$	0,33
			$R_{si} [m^2 \cdot K \cdot W^{-1}] =$	0,17
			$R_{se} [m^2 \cdot K \cdot W^{-1}] =$	0,17
			$R_T [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}] =$	0,67
			U [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] =	1,48
			U_{pož} [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] =	0,70

Tab. 8 Skladba a výpočet součinitele prostupu tepla podlahy bazénové haly

S11 – Strop nad bazénem				
Vrstva	Materiál	Tloušťka konstrukce [m]	λ [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]	R [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]
1	Difusně otevřená folie	0,002	0,88	0,02
2	Izolace z pěnového skla	0,26	0,06	4,33
3	Separáčn1 vrstva	0,00	0,20	0,01
4	Asfaltový pás s ALU vložkou	0,00	0,04	0,10
5	Penetrace	0,00	0,10	0,02
6	Vyrovňovací vrstva	0,02	1,23	0,02
7	ŽB deska	0,15	1,43	0,10
8	Vzduchová mezera	0,50	2,00	0,20
9	Protivlhkostn1 podhled Rigistabil	0,01	0,14	0,09
Celková tloušťka		0,96	$\Sigma R =$	4,78
			$R_{si} [m^2 \cdot K \cdot W^{-1}] =$	0,10
			$R_{se} [m^2 \cdot K \cdot W^{-1}] =$	0,10
			$R_T [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}] =$	4,98
			U [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] =	0,20
			U_{pož} [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] =	0,20

Tab. 9 Skladba a výpočet součinitele prostupu tepla konstrukce nad bazénem



Obr. 31 Skladby konstrukcí bazénové haly

2.2 Výpočet tepelných ztrát

Výpočet tepelné ztráty prostupem byl vyhotoven dle normy ČSN EN 12831–1 ve zjednodušené formě, kdy ΔU je součinitel zvyšující hodnotu součinitele prostupu tepla vlivem tepelných mostů uvnitř konstrukce. Do výpočtu nebyly započítány tepelné ztráty větráním a infiltrací.

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí

č. k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$
S1	Stěna východní	56,59	0,20	0,02	0,22	1,00	12,45
S2	Stěna západní	23,59	0,20	0,02	0,22	1,00	5,19
O1	7x Okno východní	15,12	1,30	0,05	1,35	1,00	20,41
O2	6x Okno západní	41,04	1,30	0,05	1,35	1,00	55,40
D3	Dveře západní stěna	7,08	1,00	0,05	1,05	1,00	7,43
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí: $H_{T,ie}$ (W/K) =							100,89

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem

č. k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$
S3	Strop nad bazénem	311,90	0,20	0,02	0,22	1,00	68,62
Celková měrná tepelná ztráta nevytápěným prostorem: $H_{T,iue}$ (W/K) =							68,62

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na jinou teplotu

č. k.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$
S4	Stěna do hygienických prostor	68,90	0,93	0,24	15,26
S6	Stěna do tělocvičny	68,46	0,90	0,14	8,80
S7	Podlaha kolem bazénu	146,63	0,70	0,29	29,33
S8	Podlaha bazénu	152,79	1,50	0,29	65,48
S9	Stěny bazénu	97,42	1,50	0,29	41,75
D1	Dveře do tělocvičny	2,44	1,00	0,24	0,58
D2	Dveře do hygienických prostor	5,93	1,00	0,14	0,85
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí: $H_{T,ij}$ (W/K) =					162,04

Celková měrná tepelná ztráta prostupem: $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,i}$				331,55	(W/K)
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ (W)	
30	-12,00	42	331,55	13 925,15	

$f_{ij} =$	0,24
$f_{ij} =$	0,14
$f_{ij} =$	0,29

Součinitel redukce teploty

$b_u =$	1
---------	---

Tab. 10 Výpočet tepelných ztrát prostupem

3. VÝPOČET TEPELNÉ ZÁTĚŽE – TERUNA

3.1 Výpočet pomocí softwaru Teruna

Zadání výchozích parametrů pro výpočet:

VÝPOČET TEPELNÉ ZÁTĚŽE

ZA NESTACIONÁRNÍCH PODMÍNEK

***** INFORMACE O PROJEKTU *****

***** ZADANÉ PRVKY DO VÝPOČTU *****

Venkovní stěna

+-----Stěna východní (56.59m², 0.65m, 0.63W/mK, 1700kg/m³, 900kJ/kgK)

+-----Okno- východní stěna (2.16m², 1.3W/m²K)

+-----Okno- východní stěna (2.16m², 1.3W/m²K)

+-----Okno- východní stěna (2.16m², 1.3W/m²K)

+-----Okno- východní stěna (2.16m², 1.3W/m²K)

+-----Okno- východní stěna (2.16m², 1.3W/m²K)

+-----Okno- východní stěna (2.16m², 1.3W/m²K)

+-----Okno- východní stěna (2.16m², 1.3W/m²K)

Venkovní stěna

+-----Stěna západní (23.59m², 0.65m, 0.63W/mK, 1700kg/m³, 900kJ/kgK)

+-----Okno západní stěna (6.84m², 1.3W/m²K)

+-----Okno západní stěna (6.84m², 1.3W/m²K)

+-----Okno západní stěna (6.84m², 1.3W/m²K)

+-----Okno západní stěna (6.84m², 1.3W/m²K)

+-----Okno západní stěna (6.84m², 1.3W/m²K)

+-----Okno západní stěna (6.84m², 1.3W/m²K)

+-----Dveře západní stěna (7.08m², 1W/m²K)

Asymetrická stěna

+-----Stěna hygie. prostory (70.9m², 0.66m, 0.79W/mK, 1700kg/m³, 900kJ/kgK)

Asymetrická stěna

+-----stěna tělocvična (68.923m², 0.68m, 0.78W/mK, 1700kg/m³, 900kJ/kgK)

Asymetrická stěna

+-----podlaha bazénu (152.79m², 0.194m, 1.5W/mK, 2100kg/m³, 1020kJ/kgK)

Asymetrická stěna

+-----podlaha kolem bazénu (146.63m², 0.486m, 1.28W/mK, 2100kg/m³, 1020kJ/kgK)

***** VSTUPNÍ ÚDAJE *****

Výpočet proveden pro období od 21.7. do 21.7.

Časový krok: 300s

Objem místnosti : 1026m³

Ve výpočtu bylo zavedeno:

Simulace oblačnosti: NE

Referenční rok: NE

Uvažován vliv sluneční radiace: ANO

Načtená klimatická data: NE

Osvětlení[1]: 6 - 16h, 2200W

Větrání[1]: 0 - 24h, 1250m³/h

Ostatní tepelné zdroje: NE

Odpar vody[1]: 0 - 24h, 152.79m², 0.27kg/m²h

Biologická produkce[1]: 7 - 15h, 50kg, počet osob: 25

Sálavé plochy: NE

***** VÝSLEDKY *****

Maxima tepelné zátěže:

21.7. 15h: Citelné teplo Max= 6486.83W

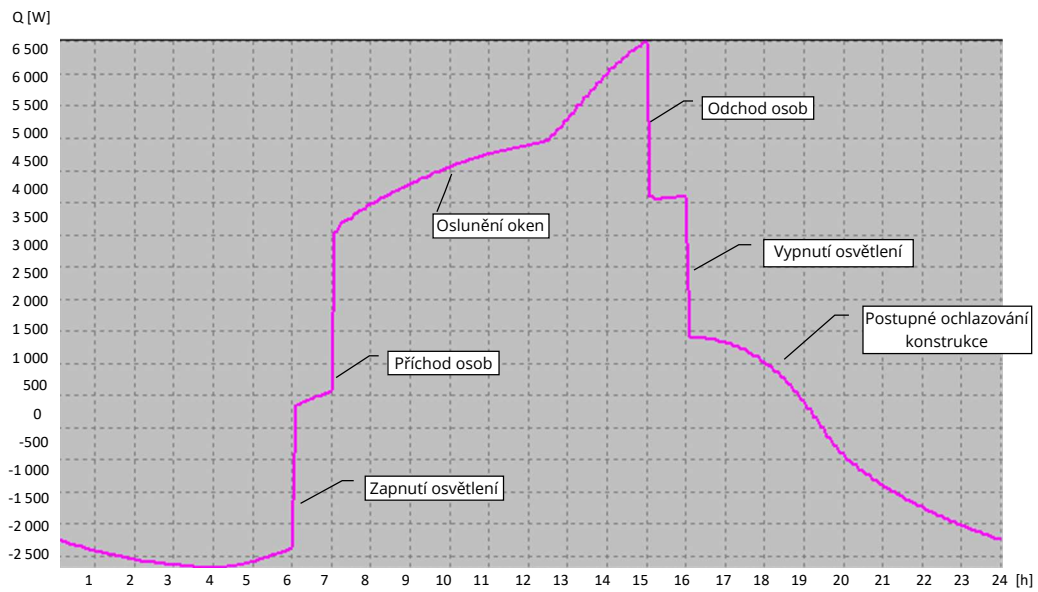
21.7. 4.08h: Citelné teplo Min= -1679.02W

21.7. 15h: Vázané teplo=2057.29W Merna Tz = 15W/K

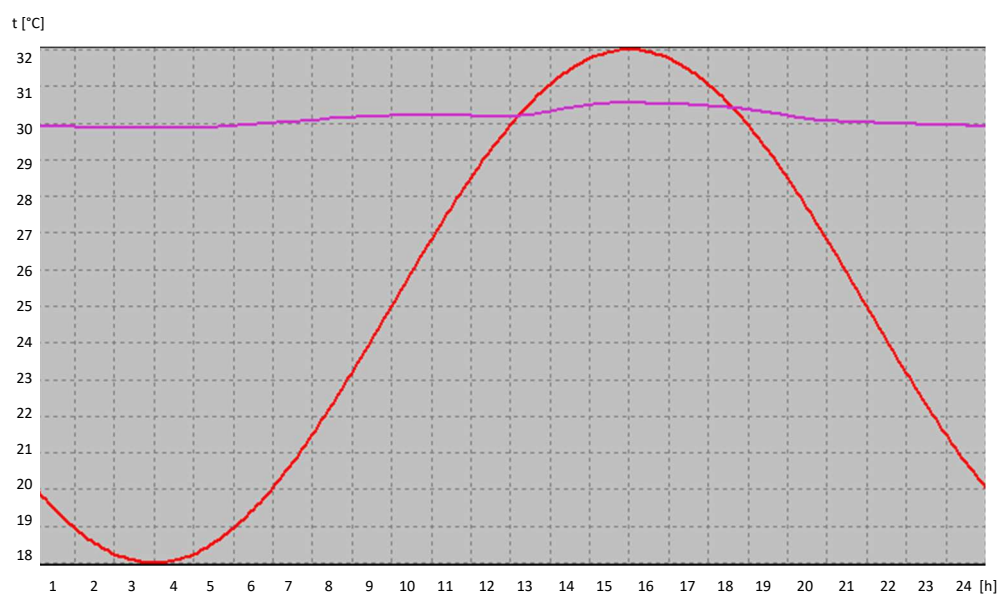
21.7. 15h: Potřeba chladu = 49.15kWh Potřeba tepla = 12.04kWh

Suma potřeby chladu = 49.15kWh

Suma potřeby tepla = 12.04kWh



Graf 1 Průběh tepelné zátěže



Graf 2 Průběh vnitřní a venkovní teploty

3.2 Výpočet vodních zisků

Výpočet vodních zisků byl stanoven programem Teruna.

Do výpočtu vstupují tyto okrajové podmínky/parametry:

Teplota exteriéru [°C]: léto 32, zima -12

Teplota interiéru [°C]: léto 30, zima 30

Relativní vlhkost interiéru [%]: léto 50, zima 50

Průtok vzduchu [m³/h]: přívod 6500, odvod 6600

Účinnost ZZT [%]: 73

Teplota rosného bodu na přímém výparníku [°C]: 6,7

Úpravy vzduchu			
Výpočtové podmínky	Zima	Léto	Průtok vzduchu
Exteriér			Přívod Vp[m ³ /h]: 6500
Teplota t _e [°C]:	-12	32	Odvod Vo[m ³ /h]: 6600
Entalpie h _e [kJ/kg]:	-9.64	56.2	Účinnost ZZT[%]: 73
Měrná vlhkost x _e [g/kg]:	1	9.33	Ohřev vzduchu
Relativní vlhkost RH _e [%]:	72.94	30.63	parním vlhčením [K]: 1
Nadmořská výška h[m]:	227		Tlak p[kPa]: 98.56
Interiér			Klimatická oblast
Teplota t _i [°C]:	30	30	Bmo
Entalpie h _i [kJ/kg]:	65.27	65.27	
Měrná vlhkost x _i [g/kg]:	13.69	13.69	↑ Přidat × Odebrat
Relativní vlhkost RH _i [%]:	50	50	
Teplota rosného bodu na chladiči:	Popis:		
<input type="radio"/> Vodní chladič	10	jednotka	
<input checked="" type="radio"/> Přímý výparník	6,7		
Úpravy vzduchu	Bazény		Roční spotřeba energií (Tepl, chlad)
Ohřev	Směšování, chlazení	Směšování, ohřev, pára	Bilance
ZZT, ohřev, pára	ZZT, obtok, chlazení	ZZT, Jetní odvlhčování	
<input type="button" value="Vymazat"/> <input type="button" value="Načíst"/> <input type="button" value="Uložit"/> <input type="button" value="Formulář výsledků"/>			<input type="button" value="Tisk"/> <input checked="" type="button" value="OK"/>

Obr. 32 Zadání výchozích parametrů pro výpočet vodních zisků

Do výpočtu vstupují tyto okrajové podmínky:

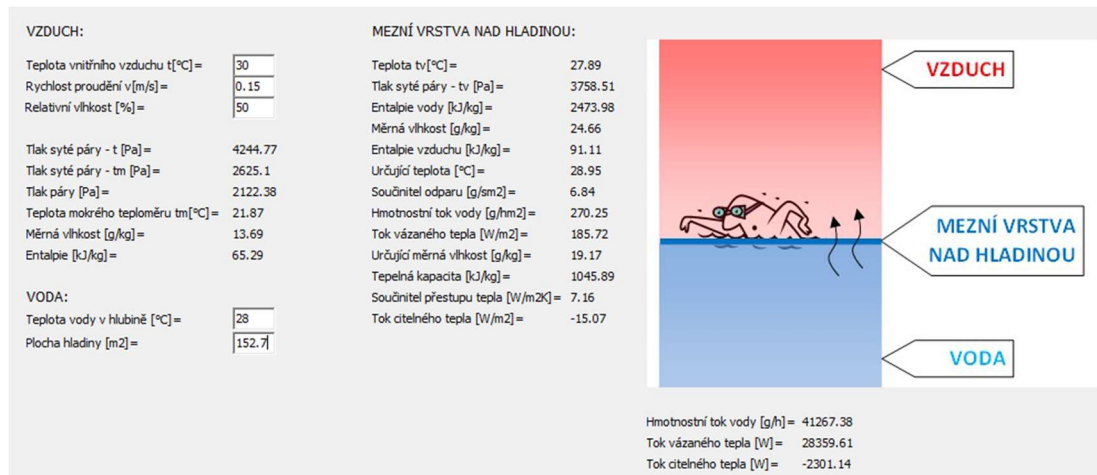
Teplota vnitřního vzduchu [°C]: 30

Rychlost proudění [m/s]: 0,15

Relativní vlhkost [%]: 50

Teplota vody v hlubině [°C]: 28

Plocha hladiny [m²]: 152,79



Obr. 33 Výpočet vodních zisků

3.3 Návrhové poměry pro VZT jednotku

m_w = množství odpařené vody [kg/h]

x_i = měrná vlhkost vzduchu v interiéru [g/kg]

x_p = vlhkost přiváděného vzduchu [g/kg]

ρ = hustota vzduchu [kg/m³]

$m_w = 11,46 \text{ g/s} = 41\,270 \text{ g/h}$

$X_i = 13,69 \text{ g/kg}$

$X_p = 8,2 \text{ g/kg}$

$\rho = 1,17 \text{ kg/m}^3$

Množství vzduchu potřebné k odvlhčení bazénové haly:

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

$$V = 41\,270 / [(13,69 - 8,2) \cdot 1,17]$$

$$\underline{V = 6\,425 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Zvoleno:

$$V_p = 6\,500 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_o = 6\,600 \text{ m}^3/\text{h}$$

Navrhovaný systém VZT je uvažovaný jako podtlakový. Toto řešení zabraňuje šíření vlhkého vzduchu nasyceného vlhkostí do okolních prostor. Zvýšená vlhkost způsobuje degradaci konstrukcí, růst plísní.

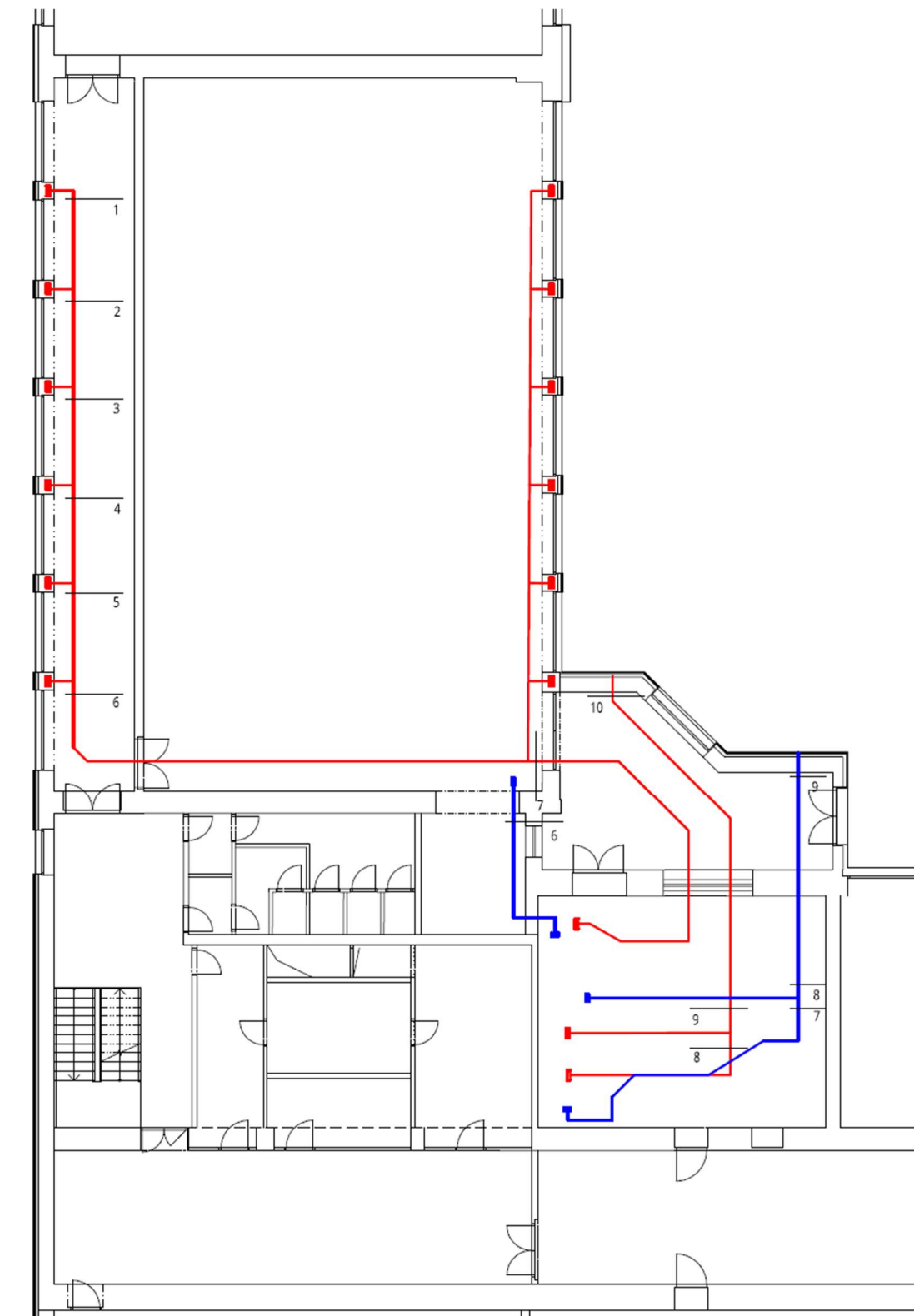
4. DIMENZOVÁNÍ POTRUBNÍCH ROZVODŮ

PŘÍVOD- VÝTLAK													
Pořadové číslo úseku potrubí u	Průtok vzduchu v úseku [m ³ /h]	Délka úseku L [m]	Předběžná rychlost [m/s]	Průtočná plocha S [m ²]	Průměr kruhového potrubí [m]	AxB [m]	Skutečná plocha S [m]	průměr kruhového potrubí d [m]	Skutečná rychlost [m/s]	Měrná tlaková ztráta R [Pa/m]	Vřazený odpor E	Tlaková ztráta místními odpory Z 0,5·v ²	Součet tlakové ztráty Z+R·L [Pa]
1	540	5,475	3	0,05	0,25	250x250	0,10	0,35	3,06	0,49	1,80	9,50	12,18
2	1080	5,3	3,3	0,09	0,34	315x315	0,10	0,36	3,02	0,35	1,70	8,74	10,58
3	1620	5,3	3,6	0,13	0,40	400x315	0,13	0,40	3,57	0,41	1,70	12,22	14,37
4	2160	5,3	3,9	0,15	0,44	400x400	0,16	0,45	3,75	0,38	1,70	13,48	15,48
5	2700	5,3	4,2	0,18	0,48	450x400	0,18	0,48	4,17	0,43	1,70	16,67	18,93
6	3240	5,3	4,5	0,20	0,50	500x400	0,20	0,50	4,50	0,46	1,20	139,30	141,75
7	6500	29,24	5	0,36	0,68	900x400	0,36	0,68	5,02	0,43	4,50	63,83	76,25
Celkem												289,53	
PŘÍVOD-SÁNÍ													
8	6500	4,5	5	0,36	0,68	900x400	0,36	0,68	5,02	0,44	2,70	38,30	40,27
9	6500	4,7	5	0,36	0,68	900x400	0,36	0,68	5,02	0,44	1,80	25,53	27,59
10	6500	11,5	5	0,36	0,68	900x400	0,36	0,68	5,02	0,44	3,60	51,06	56,11
Vyústka Kruhová regulační klapka Klapka Tlumiče hluku Protidešťová žaluzie												50,00 50,00 50,00 140 10	
Celkem přívod												713,51	

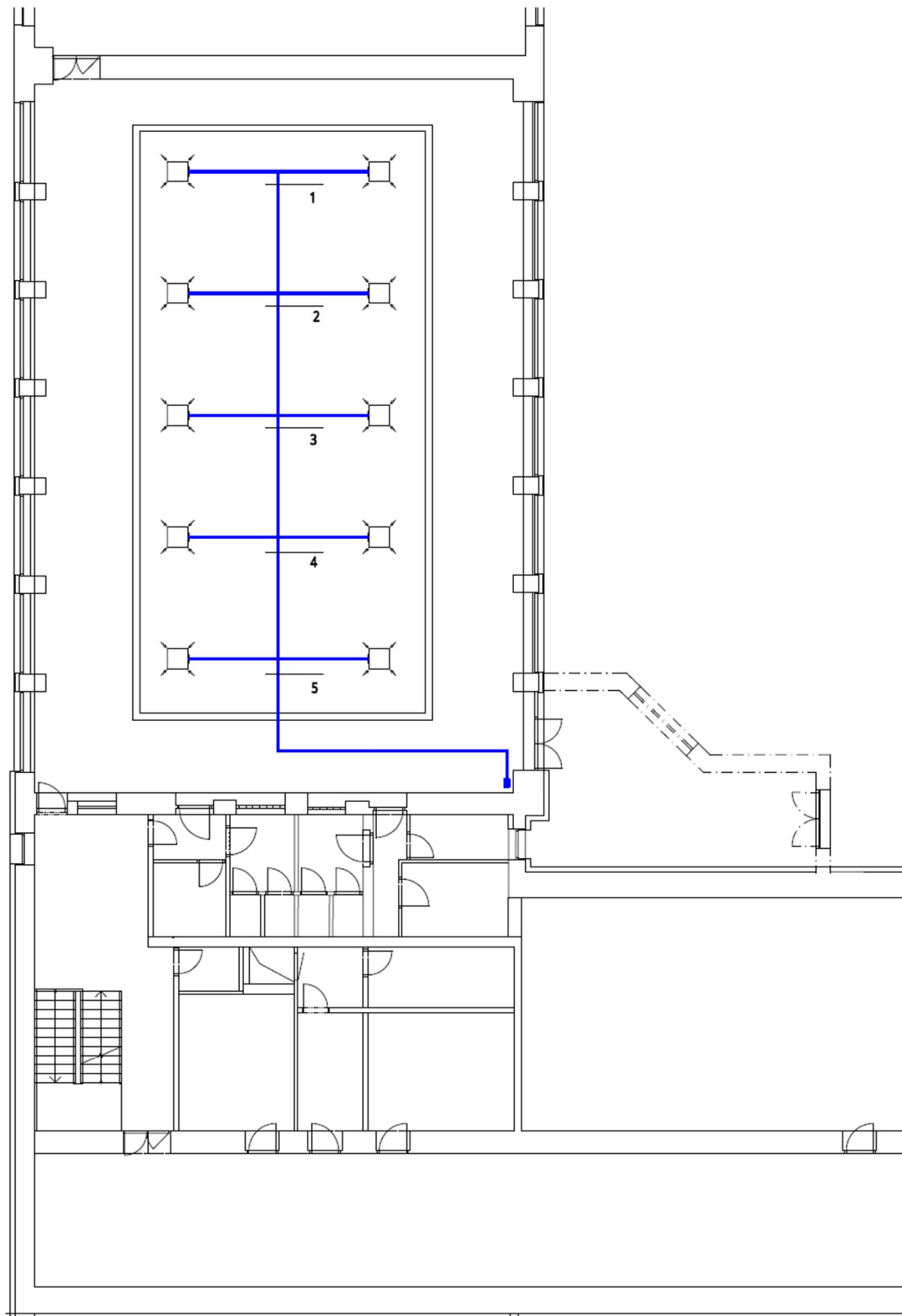
Tab. 11 Tabulka dimenzování potrubních rozvodů

ODVOD- SÁNÍ													
Pořadové číslo úseku potrubí u	Průtok vzduchu v úseku [m ³ /h]	Délka úseku L [m]	Předběžná rychlost [m/s]	Průtočná plocha S [m ²]	Průměr kruhového potrubí d [m]	AxB [m]	Skutečná plocha S [m]	Průměr kruhového potrubí d [m]	Skutečná rychlost [m/s]	Mírná tlaková ztráta R [Pa/m]	Vřazený odpor E	Tlaková ztráta místními odpory Z 0,5*E ²	Součet tlakové ztráty Z+R*L [Pa]
1	1320,00	3,60	3,50	0,10	0,37	355x315	0,11	0,37	3,28	0,38	1,80	10,92	12,30
2	2640,00	3,60	3,90	0,19	0,49	500x400	0,20	0,50	3,67	0,33	1,90	14,43	15,60
3	3960,00	3,60	4,30	0,26	0,57	710x400	0,28	0,60	3,87	0,30	1,90	16,04	17,13
4	5280,00	3,60	4,60	0,32	0,64	900x400	0,36	0,68	4,07	0,30	1,90	17,75	18,83
5	6600,00	28,10	4,90	0,37	0,69	1000x400	0,40	0,71	4,58	0,36	6,60	78,06	88,09
6	6600,00	7,50	4,90	0,37	0,69	900x400	0,36	0,68	5,09	0,30	3,90	56,97	59,22
Celkem												211,18	
ODVOD-VÝTLAK													
7	6600	6,2	4,9	0,37	0,69	900x400	0,36	0,68	5,092593	0,45	4,2	61,4173	64,21
8	6600	7,75	4,9	0,37	0,69	900x400	0,36	0,68	5,09	0,45	1,8	26,29491	29,78
9	6600	6,75	4,9	0,37	0,69	900x400	0,36	0,68	5,09	0,45	0,3	4,382485	7,42
Odvodní výústka Kruhová regulační klapka Tlumiče hluku Protidešťová žaluzie													
Celkem odvod												514,58	

Tab. 12 Tabulka dimenzování potrubních rozvodů



Obr. 34 Rozdělení VZT trasy na jednotlivé úseky - 1. PP



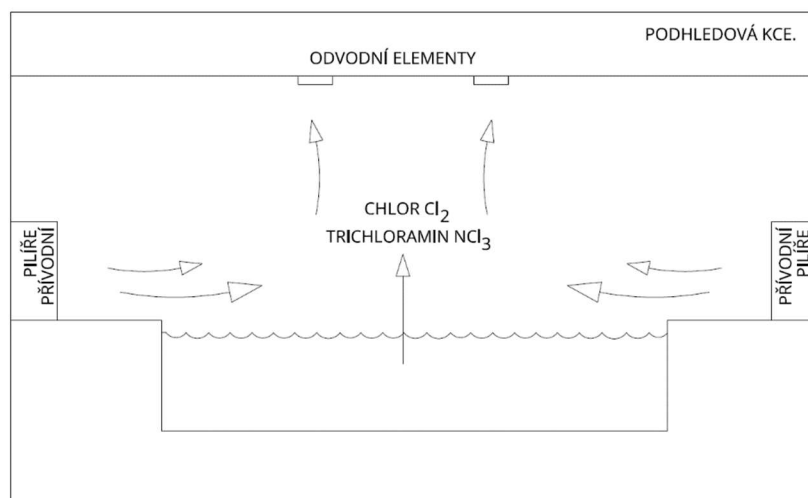
Obr. 35 Rozdělení VZT trasy na jednotlivé úseky - 1. NP

5. DISTRIBUČNÍ ELEMENTY

Návrh distribučních elementů byl volen tak, aby byly co nejefektivněji využity a zároveň aby poskytovaly maximální komfort s ohledem na přísná kritéria daná normami.

Distribuce přiváděného vzduchu v bazénové hale je řešena pomocí regulovatelných vyústek, část vzduchu ofukuje prosklené obvodové stěny (proud teplého odvlhčeného vzduchu je nasměrován na sklené plochy – omezení kondenzace vzdušné vlhkosti na studené ploše skel), část teplého vzduchu je vyfukována do volného prostoru (pomáhá vhnět znehodnocený vzduch nad prostor bazénu a umožňuje jeho efektivnější odvod).

Při větší aktivitě v bazénové hale vzniká zvýšená koncentrace trichloraminu (vznik reakcí chloru s amoniakem/močovinou produkovanou plavci). Trichloramin vzniká ve vodě, rychle se odpařuje do vzduchu. Pro rychlý odvod této a jiných chemických látek jsou v bazénové hale (nad prostorem bazénu) instalovány odvodní anemostaty. Při nedostatečně účinném odvodu těchto chemických látek ze vzduchu mohou vzniknout u osob zdravotní potíže (alergické, astmatické).



Obr. 36 Proudění vzduchu v prostoru bazénu

5.1 Přívod

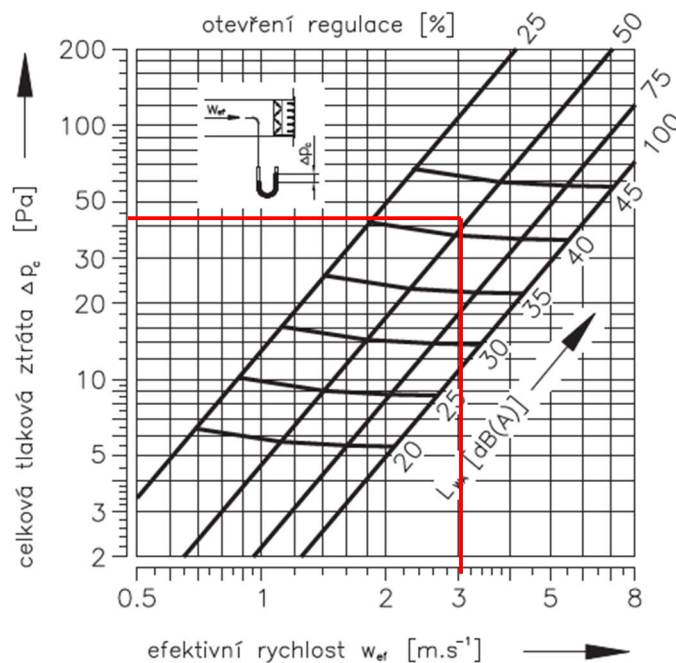
Čerstvý přefiltrovaný vzduch je do prostoru bazénu přiváděn přes čtyřhranné a kruhové pozinkované potrubí dané těsnosti zakončené lineárními regulovatelnými vyústkami, opatřenými mřížkami s poplastováním, aby nedocházelo k degradaci vyústek vlivem agresivních složek chloru. Pro možnost regulace proudu vzduchu v různých stupních jsou ve vzduchovodech osazeny regulační klapky. Na hranici požárního úseku je osazena požární klapka, která zabraňuje šíření požáru. Potrubí v prostoru bazénu je osazeno do zděných pilířů

a rozděleno na tři díly tak, aby část přiváděného vzduchu ofukovala prosklené části bazénové haly a část vzduchu foukala do prostoru.

5.1.1 Přívodní vyústky s regulací



Obr. 37 Čelní pohled na vyústku se zabudovanou regulací průtoku a nastavitelnými lamelami [12]



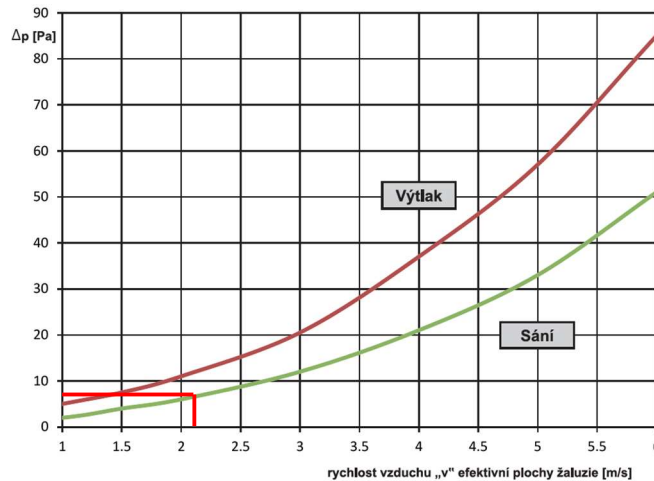
Graf 3 Graf pro určení tlakové ztráty vyústek s regulací R3 [12]

5.1.2 Přívodní žaluzie

Žaluzie slouží k ochraně nasávacích/výfukových vzduchotechnických tvorů. Umisťuje se zpravidla na fasádu objektu s různými možnostmi upevnění. Materiálem pro výrobu je ocel pozink. Žaluzie je vybavena sítí proti hmyzu a profilovanými lamelami upevněné pod určitým úhlem, ty slouží k ochraně proti nežádoucím vlivům. Žaluzie je opatřena upevňovacím rámem.



Obr. 38 Protidešťová žaluzie s rámečkem [13]

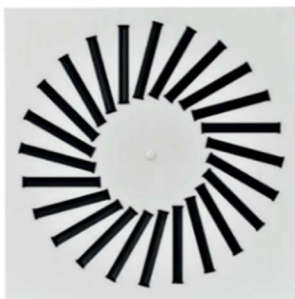


Graf 4 Grafické zobrazení tlakové ztráty protidešťové žaluzie daného rozměru [13]

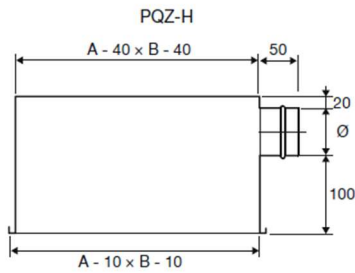
5.2 Odvod

Odvod vzduchu je zajištěn čtvercovými vířivými anemostaty osazenými v rastru podhledu. Tyto vyústky jsou opatřeny regulační klapkou v nastavci a nastavitelnými lamelami. Čelní deska je i s nastavcem opatřena poplastováním, které je odolné vůči působení agresivních vlivů. Napojení anemostatů na VZT potrubí přes zvukově izolační hadice.

5.2.1 Odvodní vířivé vyústky s regulací



Obr. 39 Pohled na čelní desku [14]



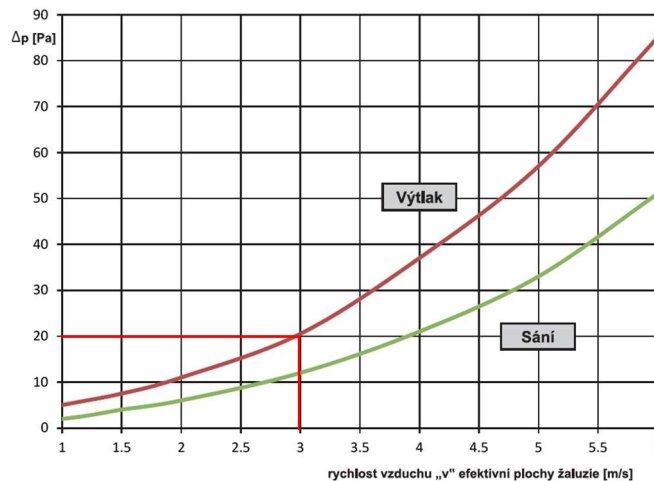
Obr. 40 Obrysově schéma vyústky [14]

Typ	A _k [m ²]	Q [m ³ /h]		L _{wa} [dB(A)]		X _{0,20} [m]		Δp _i [Pa]	
		min	max	min	max	min	max	min	max
DFR-A 300x8	0,0095	150	300	32	54	1,8	3,5	10	50
DFR-A 400x16	0,0189	270	520	30	48	2,2	4,3	10	50
DFR-A 500x16	0,0189	270	520	30	48	2,2	4,3	10	50
DFR-A 600x16	0,0189	270	520	30	48	2,2	4,3	10	50
DFR-A 625x16	0,0189	270	520	30	48	2,2	4,3	10	50
DFR-A 500x24	0,0284	370	720	28	45	2,5	4,9	10	50
DFR-A 600x24	0,0449	530	1040	26	42	2,9	5,6	10	50
DFR-A 625x25	0,0449	530	1040	26	42	2,9	5,6	10	50
DFR-A 600x48	0,0568	640	1260	26	41	3,1	6,1	10	50
DFR-A 625x54	0,0639	710	1380	25	40	3,2	6,3	10	50
DFR-A 800x72	0,1017	1030	2010	24	37	3,7	7,2	10	50
DFR-A 825x72	0,1017	1030	2010	24	37	3,7	7,2	10	50

Tab. 13 Tabulka použité vířivé vyústky – vyznačený typ a parametry [14]

5.2.2 Odvodní žaluzie

Na odvodní i přívodní větvi byla na fasádu umístěna žaluzie o rozměrech (1250 x 630) mm.

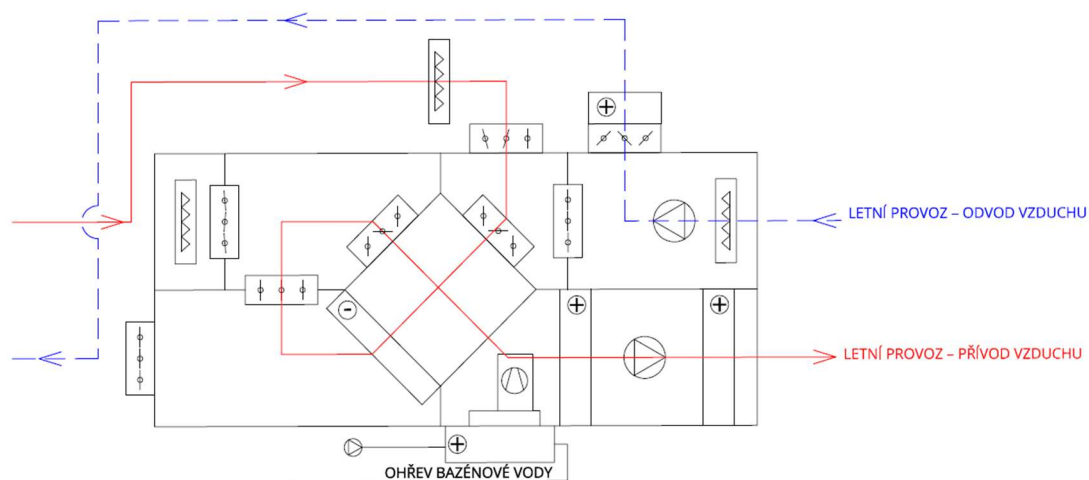


Graf 5 Grafické zobrazení tlakové ztráty protidešťové žaluzie daného rozměru [13]

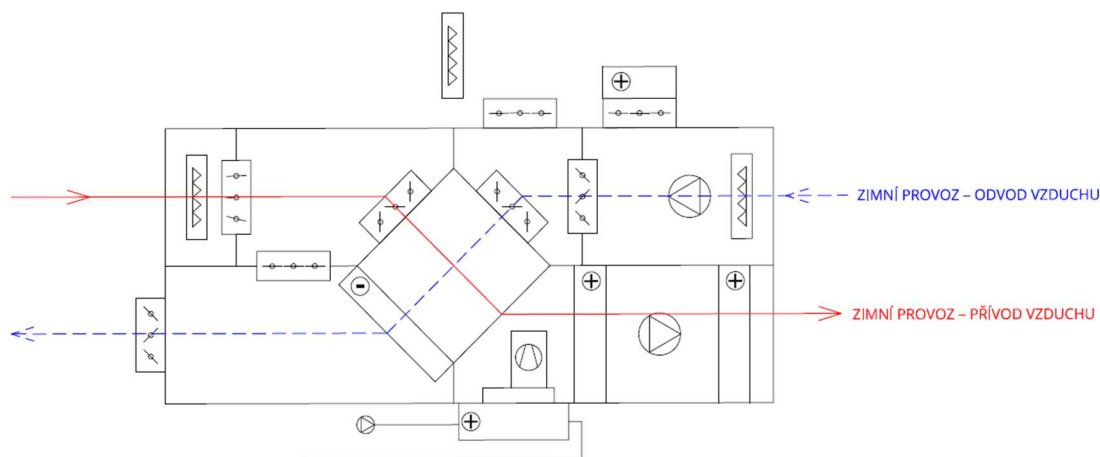
6. NÁVRH VZT JEDNOTKY

Bazénová odvlhčovací vzduchotechnická jednotka je určena primárně pro teplovzdušné vytápění a klimatizaci. Je vyrobena z materiálu odolného vůči působení chloru a jiných chemických látek obsažených ve vzduchu odváděném z bazénové haly, mechanická stabilita D2. VZT jednotka je vybavena deskovým rekuperátorem ZZT, ventilátory s volným oběžným kolem a filtry na sání/výtlačku, směšovací komorou, vodním ohřivačem. Zabudování tepelného čerpadla se systémem třístupňového zpětného získávání tepla pomocí deskového rekuperátoru, kompresoru a sběrače chladiva odlišuje tuto bazénovou jednotku od ostatních typů. Jednotka umožňuje ohřev bazénové vody přes deskový výměník, který je součástí kompresorového okruhu VZT jednotky.

Bazénová jednotka obsahuje okruh tepelného čerpadla s celkem třemi kondenzátory. Pro letní období je jeden z kondenzátorů umístěn na vrchní plášti VZT jednotky na odvodu vzduchu.



Obr. 41 Provozní režim v letním období



Obr. 42 Provozní režim v zimním období

ID nabídky
 Projekt [1] Bachmayer- bazénová VZT jednotka
 Číslo / Název zařízení 1.1 / 1.1
 Určení jednotky Bazénové haly



STRUČNÁ SPECIFIKACE ZAŘÍZENÍ

Základní parametry zařízení		
Druh, rozměr	AeroMaster XP	10 Pool
Řídicí jednotka VCS (Climatix)	Ano	
Hmotnost (+/-10%)	1 628 kg	
Umístění VZT jednotky	Vnitřní	
Materiálové provedení		
Vnější plášť	Komaxitovaný plech (RAL 3020)	
Vnitřní plášť	Komaxitovaný plech (RAL 3020)	
	Přívod	Odvod
Průtok vzduchu	6500 m ³ /h	6600 m ³ /h
Externí tlaková rezerva	1052 Pa	950 Pa
Rychlost v průřezu	2.60 m/s	2.64 m/s
Výkon motoru nominální	5.50 kW	5.50 kW
Typ motoru ventilátoru	AC motor	AC motor
Frekv. měnič součást dodávky	Ano (IP54)	Ano (IP54)
1. stupeň filtrace	M5 / ISO Coarse 80 %	M5 / ISO Coarse 80 %
2. stupeň filtrace	M5 / ISO Coarse 80 %	-
SFP _v	2484 W.m ³ .s	2188 W.m ³ .s
Parametry pláště dle EN1886		
Nominální příkon ŘJ VCS	15.04 kW *	Mechanická stabilita D2(M)
Napájecí napětí ŘJ VCS	3x400V+N+PE 50Hz	Netěsnost skříně L1(M)
Nominální proud ŘJ VCS Imax.	41 A *	Netěsnost skříně (reál. jednotka) L3(R) @ -400Pa, L3(R) @ +400Pa
		Termická izolace T3(M)
SFP _{iso}	4635 W.m ³ .s	Faktor tepelných mostů TB3(M)
Odvlhčovací výkon	42.09 kg/h	Netěsnost mezi filtrem a rámem < 0,5 % (F9)



* Nominální příkon a proud je uveden bez zahrnutí vyvíječe páry, případně bez externí kondenzační jednotky/tepelného čerpadla apod. Pokud dále ve specifikaci ŘJ není uvedeno jinak, tato zařízení musí být jistěna a napájena mimo ŘJ VCS. Řídicí signály pro jejich ovládání (v případě, že tyto zařízení jsou příslušenstvím VZT jednotky) mohou být řešeny z ŘJ VCS, viz dále konfigurace řídicího systému, kde je typ řídicích signálů specifikován.

Nejdůležitější parametry vybraných komponentů

	Na straně vzduchu		Na straně média
Zpětný zisk tepla	-12.0 → 19.8 °C	76 %, 29.2 kW	
Směšování	19.8 → 25.2 °C	58.0 / 0.0 %	
Ohřev	25.2 → 38.0 °C	31.7 kW	70/50 °C, Voda, 4.3 kPa, 1.37 m ³ /h, 1"
Kompresor (příkon max.)		4.83 kW	Freon R407C (Mix)

Detailní specifikace a výsledné parametry jsou součástí detailní specifikace vzduchotechnického zařízení

Hlukové parametry zařízení

	LwA _{okt} [dB(A)]							ΣLwA [dB(A)]	
Oktávové pásmo	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Přívod - sání	43	48	66	67	59	56	51	46	70
Přívod - výtlak	54	62	79	83	86	82	79	73	90
Přívod - okolí	48	47	61	58	58	55	53	43	65
Odvod - sání	45	52	73	74	72	71	67	65	79
Odvod - výtlak	49	56	72	76	77	73	67	63	81
Odvod - okolí	44	44	59	56	57	54	50	42	63

Obr. 43 Parametry VZT jednotky

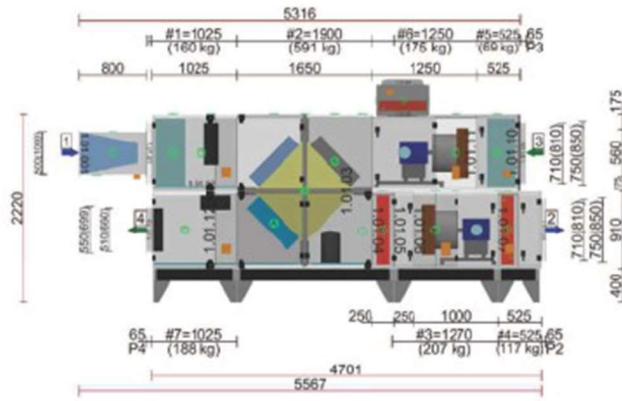
ID nabídky
 Projekt [1] Bachmayer- bazénová VZT jednotka
 Číslo / Název zařízení 1.1 / 1.1
 Určení jednotky Bazénové haly



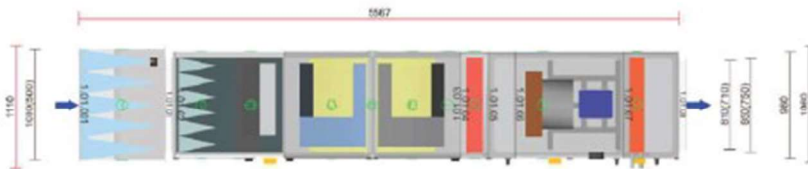
GRAFICKÉ PŮHLEDY

Bokový servisní strany

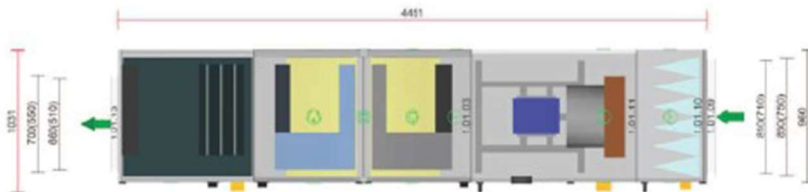
Číslování větví: 1 - venkovní vzduch, 2 - přívodní vzduch, 3 - odtahový vzduch, 4 - odpadní vzduch, 5 - cirkulační vzduch



Půdorys přívodní větve



Půdorys odtahové větve



Obr. 44 Řez a náhled na VZT jednotku

ID nabídky
Projekt
Číslo / Název zařízení
Určení jednotky

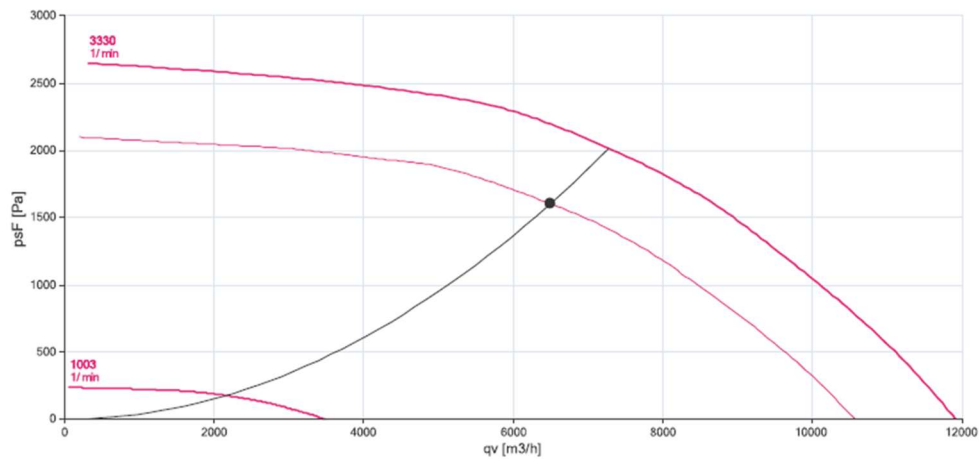
[1]Bachmayer- bazénová VZT jednotka
1.1/1.1
Bazénové haly



Charakteristika ventilátorů

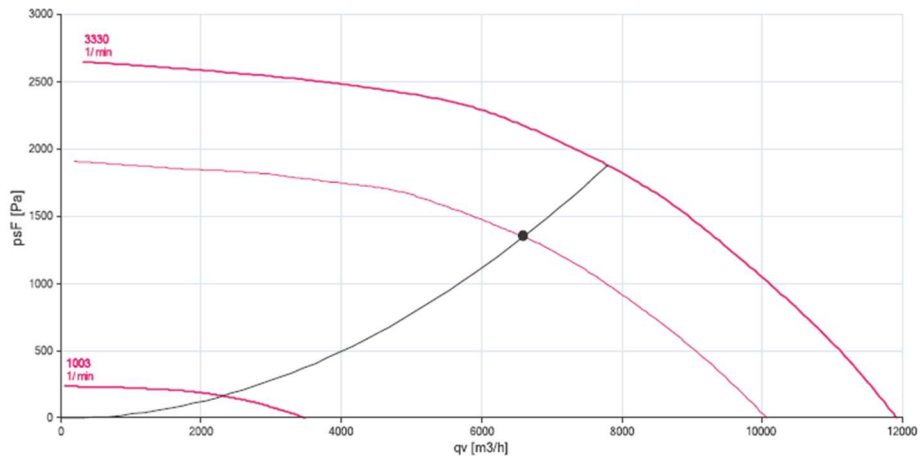
Přívodní větev

Typ	V_v [m³/h]	$\Sigma \Delta p_s$ [Pa]	$\Sigma \Delta p_r$ [Pa]	n [1/min]	U [V]	P [kW]	η [%]
XPVP 400-5,5/J2 (IE2)	6500	1606	1694	2977	3NPE 400 V, 50 Hz	5.50	62



Odvodní větev

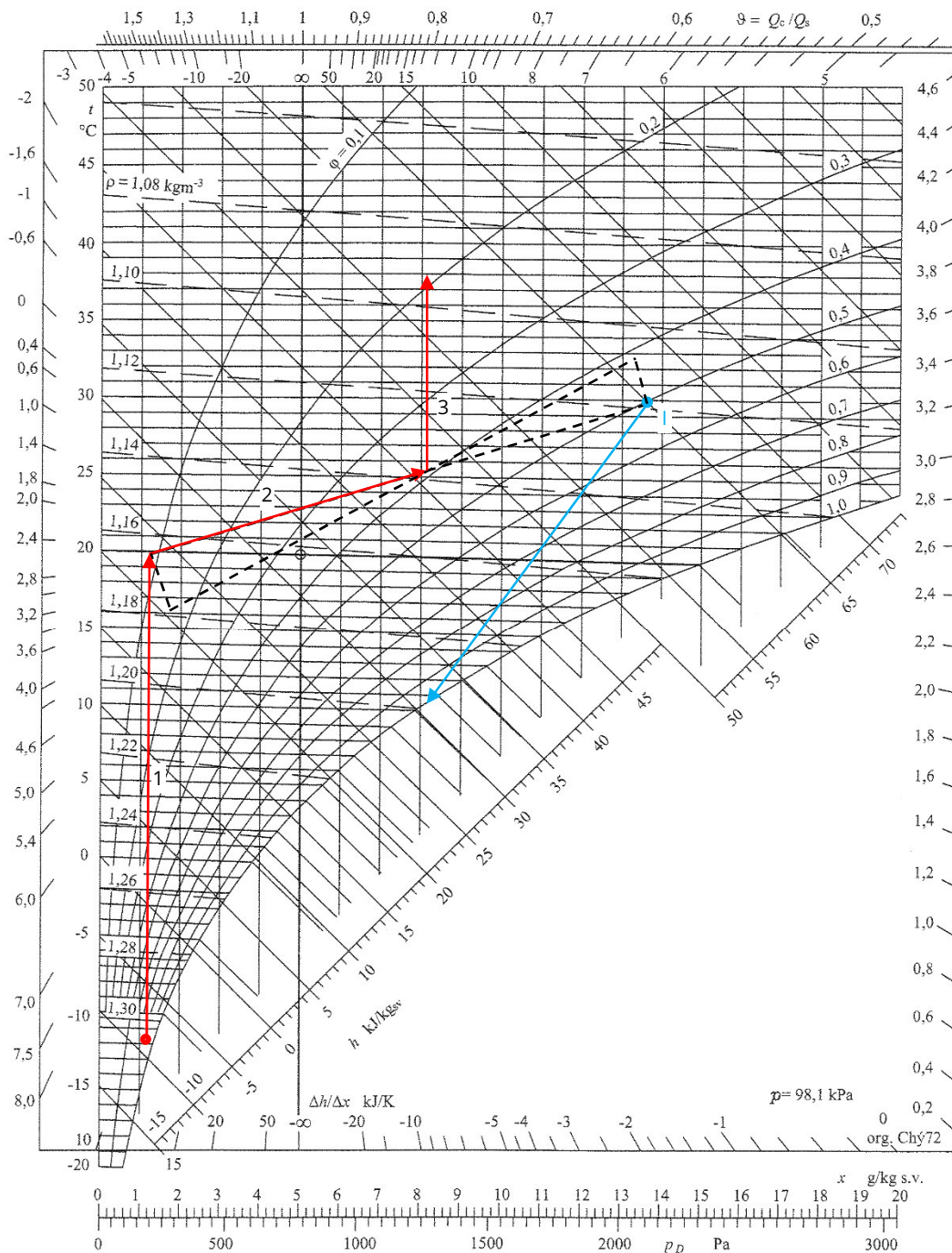
Typ	V_v [m³/h]	$\Sigma \Delta p_s$ [Pa]	$\Sigma \Delta p_r$ [Pa]	n [1/min]	U [V]	P [kW]	η [%]
XPVP 400-5,5/J2 (IE2)	6600	1350	1441	2830	3NPE 400 V, 50 Hz	5.50	60



Graf 6 Charakteristika ventilátorů

Zimní extrém

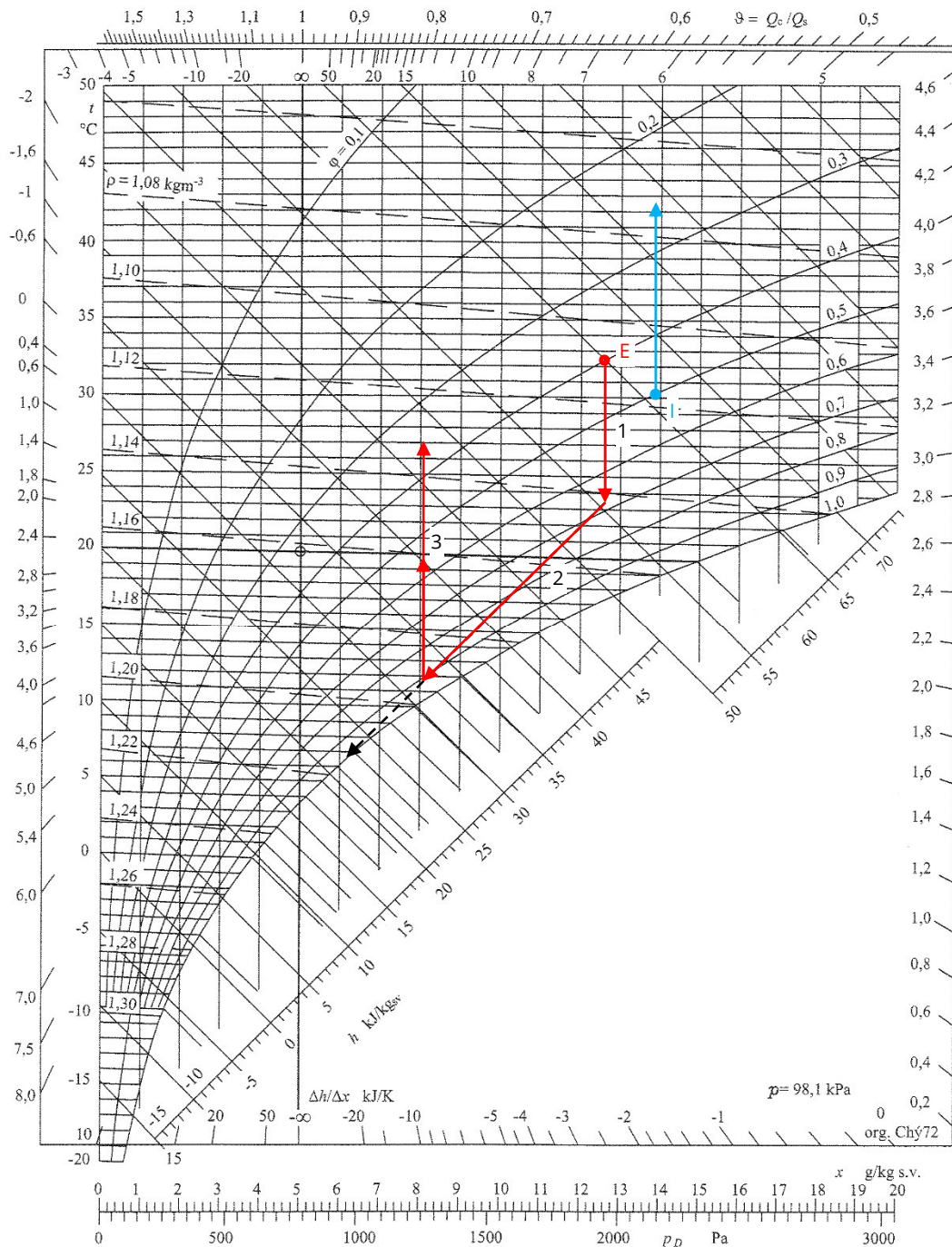
V zimním období pokrývá bazénová VZT jednotka tepelné ztráty 14 kW. Rekuperátor zajišťuje ohřev vzduchu z teploty -12 °C na teplotu $19,8\text{ °C}$. Po rekuperaci dochází ke smísení s cirkulačním vzduchem. Teplota vzduchu po smísení: $25,2\text{ °C}$, teplota přiváděného vzduchu do prostoru bazénu: 38 °C , dohřátí na požadovanou teplotu zajišťuje ohříváč umístěný na přívodu vzduchu. TČ vypnuto z důvodu nízké teploty za deskovým rekuperátorem.



Graf 7 Diagram úpravy vzduchu v zimním období

Letní extrém

V letním období se využívá kondenzátor umístěný na odvodu vzduchu, TČ je v chodu. Vzduch proudí přes deskový výměník ZZT, kde se vzduch předchládí. Výparníkem umístěným na odvodu za rekuperátorem se vzduch zbaví vzdušné vlhkosti. Po odvlhčení vzduch proudí zpět do výměníku, ohříváč dohřeje přívodní vzduch na požadovanou teplotu 27 °C.



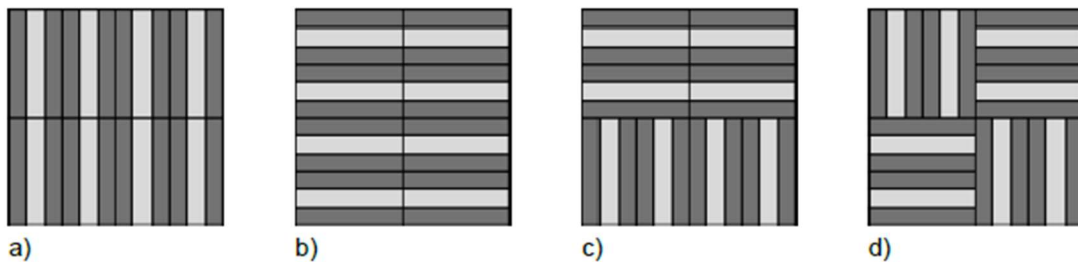
Graf 8 Diagram úpravy vzduchu v letním období

7. NÁVRH TLUMIČŮ HLUKU

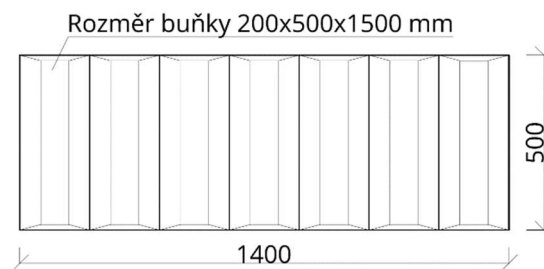
Pro snížení akustické hladiny hluku zejména od ventilátorů VZT jednotky byly zvoleny buňkové tlumiče hluku. Tyto tlumiče jsou osazeny na sání/výtlačku v potrubní části. Počet jednotlivých buněk obsažených v potrubí záleží na jejich uspořádání. Počet a délka tlumičů se volí s ohledem na požadovanou hladinu akustického tlaku v místě posluchače. Délka jednotlivých tlumičů byla volena s ohledem na akustické požadavky dané hygienickými požadavky definovanými v NV.

7.1 Možnost uložení jednotlivých buněk do VZT potrubí

- Základní uspořádání
- Řešení pro podstropní kanály
- Řešení určené pro nerovnoměrné zaplavení, např. při výtlačku z kolen
- Možnost pro umístění tlumiče za axiální ventilátor



Obr. 45 Možnosti uspořádání buněk ve VZT potrubí [15]



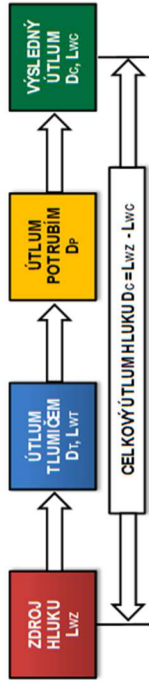
Obr. 46 Rozměr a uspořádání buněk v tlumiči (odvod – sání)

7.2 Dimenzování tlumičů hluku

Odvod sání		Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávních pásmech									
		32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
	frekvence (Hz)										
L _{WA}	Hluk ventilátoru	0	45	52	73	74	72	71	67	65	79
	Vlastní hluk tlumiče	0	36	32	28	24	19	14	8	2	
	Vlastní hluk tlumiče	0	36	32	28	24	19	14	8	2	
K _a	Regulační klapka	0	56	52	45	41	38	35	33	30	
L _{vV}	součet	3	57	55	73	74	72	71	67	65	79
D _p	Přirozený útlum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Rovné potrubí	ZANEDBÁNO Z DŮVODU BEZPEČNOSTI VÝPOČTU									
	Oblouky										
	Odbočka k vyústce	0	9,6	9,61	9,61	9,61	9,61	9,61	9,61	9,61	
	Útlum koncovým odrazem	0	9,7	5,17	2,1	0,68	0,19	0,05	0,01	0	
	Útlum tlumiče hluku	0	7	12	21	38	43	40	33	26	
	Útlum tlumiče hluku	0	7	12	21	38	43	40	33	26	
	Útlum- sonoflex	0	15	27	34,2	28,8	22,5	16,2	20,7	12,6	
L _{v1}	Hladina akustického výkonu ve vyústce	3	8	0	0	0	0	0	0	0	8
L _{vy}	Hladina akustického výkonu vyústky										32
K	Korekce na počet vyústek							počet vyústek:	10		10
L _s	Hladina akustického výkonu všech vyústek										42
Q	Směrový činitel										2
r	Vzdálenost od vyústky k posluchači										3,4
A	Pohltivá plocha místnosti						303	pohltivost (-)	0,05		15
L _{so}	Hladina akustického tlaku v místě posluchače										36
L _{p,A}	Předepsaná hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti										60

Tab. 14 Tabulka s akustickými parametry (trasa odvod- sání)

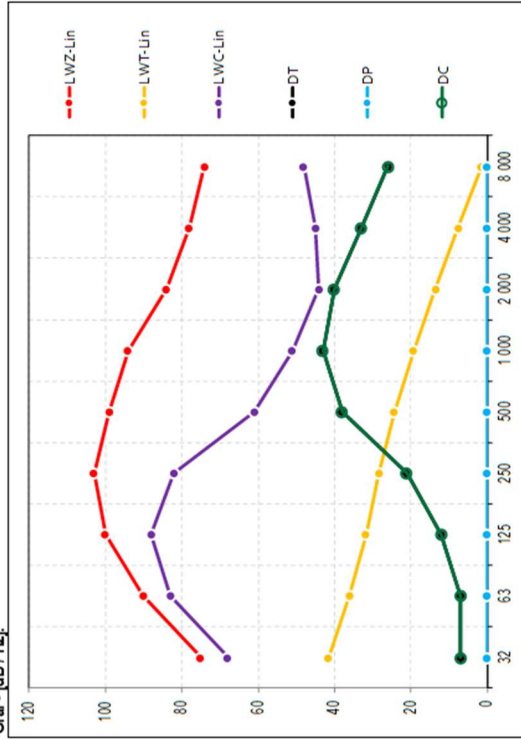
Zatlučení zdroje - koncepce výpočtu:



Zatlučení zdroje - výpočet:

f	Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	A
LWZ-Lin	dB	75,0	90,0	100,0	103,0	99,0	84,0	78,0	74,0	99,9	
Dv	dB	7,0	7,0	12,0	21,0	36,0	43,0	40,0	33,0	26,0	
LWT-Lin	dB	41,5	36,0	31,7	28,3	24,3	19,2	13,5	7,5	1,5	25,9
Dp	dB	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
LWC-Lin	dB	88,0	83,0	88,0	82,0	61,0	51,0	44,0	45,0	48,0	75,9
Dc	dB	7,0	7,0	12,0	21,0	38,0	43,0	40,0	33,0	26,0	24,0

Graf - [dB / Hz]:



Závěrečné shrnutí výsledků:

Instalace rozměr potrubí	1400 x 500 - 1500	Počet buněk v tlumiči	7 ks
Czárčení tlumiče	G200x600x1500.1	Hmotnost bez potrubí	105 kg
Brutto cena buňkových tlumičů bez potrubí (bez DPH, EXW Uhřetiská Janovice)			11 760 Kč

0199-01 Greif-akustika, s.r.o. www.greif.cz
Zadejte číslo pole, nebo vespole poročítání...

Návrh buňkových tlumičů G / GE / GH

Zadejte název projektu
Zadejte název tlumiče

Tlaková ztráta:

Q	6 600	m ³ /h	celkový průtok vzduchu tlumičem	22 Pa
a	1 400	mm	šířka potrubí (odpovídá násobkům šířky buňky)	
b	500	mm	výška potrubí (skladem v násobcích 500 mm)	
L	1 500	mm	délka tlumiče (1000, 1500 nebo 2000), atpy na vyzádaní	
typ	G		zadejte typ tlumiče "G", "GE" nebo "GH"	
s	200	mm	šířka buňky (200, 250, 300, 400, 500)	
dzn	0,10		bez náběhu dzn=1, s náběhem dzn=0,1	
dzz	0,70		bez výběhu dzz=1, s výběhem dzz=0,7	
t	30,0	°C	teplota vzduchu (-50 až 200°C)	
p	100 000	Pa	stlačitý tlak v potrubí (98000 až 110000 Pa)	
res	20%	%	rezerva na místní podmínky	
ro	1,15	kg/m ³	hustota vzduchu	
w	2,62	m/s	rychlost proudění vzduchu v profilu a x b	
n	7	ks	počet buněk v řadě vedle sebe (= a/s)	
s	80	mm	průčinná mezera v buňce	
w	6,55	m/s	rychlost proudění w/nit v tlumiči	
dze	1,76		součinitel tlakové ztráty pro náběh a výběh	
dzz	2,93		součinitel tlakové ztráty třením v tlumiči	
dze	4,69		celkový součinitel tlakové ztráty tlumiče (dze+s*dzz)	
c	349,10	m/s	rychlost zvuku ve vzduchu při teplotě t	
Ma	0,02		Machovo číslo	
S	0,28	m ²	plocha nejmenšího průřezného průřezu buňkového tlumiče	
H	1,40	m	největší příčný rozměr potrubí	
delta	0,02		spektrální obsah vysokých kmitočtů	
Wb	1,00	W	referenční výkon	
B	63,00	dB	konstanta tlumiče	

Výpočet je proveden dle ČSN EN ISO 44163, odchylka nepřesnost ± 10%

Vlastní hluk:

f	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	LwT+A	
LwT-Lin	dB	41,5	36,0	31,7	28,3	24,3	19,2	13,5	7,5	1,5	25,9

Výpočet je proveden dle ČSN EN ISO 44163, odchylka nepřesnost ± 3 dB

Útlum a váha buňkového tlumiče:

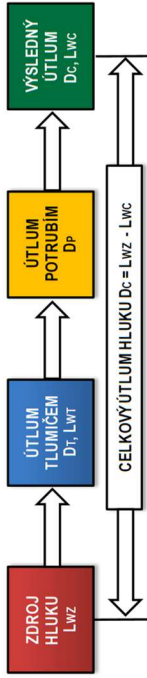
f	Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	M
Dv	dB	7,0	7,0	12,0	21,0	38,0	43,0	40,0	33,0	26,0	kg/ks
2sigR	dB	±7	±6	±4	±4	±4	±4	±4	±4	±4	±7
											15,0

Tab. 15 Návrh buňkového tlumiče hluku (trasa odvod - sání)

Přívod výtlak	frekvence (Hz)	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávních pásmech									
		32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
L _{WA}	Hluk ventilátoru	0	53	61	79	82	85	82	78	72	89
	Vlastní hluk tlumiče	0	46	41	37	34	29	23	18	12	
	Vlastní hluk tlumiče	0	46	41	37	34	29	23	18	12	
	Regulační klapka	0	34	39	44	49	64	59	64	69	
K _a	Regulační klapka	0	56	52	45	41	38	35	33	30	
L _w	součet	6	59	62	79	82	85	82	78	74	89
D _p	Přirozený útlum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	... přirozený útlum /oblouky, rozbočky/...	ZANEDBÁNO Z DŮVODU BEZPEČNOSTI VÝPOČTU									
	... přirozený útlum /oblouky, rozbočky/...										
	Odbočka k vyústce	0	2	2	2	2	2	2	2	2	
	Útlum koncovým odrazem	0	9,7	5,17	2,1	0,68	0,19	0,05	0,01	0	
	Útlum tlumiče hluku	0	6	9	15	26	40	35	30	19	
	Útlum tlumiče hluku	0	6	9	15	26	40	35	30	19	
	Útlum- sonoflex	0	13	22,5	28,5	24	18,75	13,5	17,25	10,5	
L _{v1}	Hladina akustického výkonu ve vyústce	0	22	14	16	0	0	0	0	23	19
L _{vy}	Hladina akustického výkonu vyústky										30
K	Korekce na počet vyústek							počet vyústek:		36	16
L _s	Hladina akustického výkonu všech vyústek										46
Q	směrový činitel										4
r	vzdálenost od vyústky k posluchači										1
A	pohltivá plocha místnosti						303	pohltivost (-)		0,05	15
L _{so}	Hladina akustického tlaku v místě posluchače										44
L _{p,A}	Předepsaná hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti										50

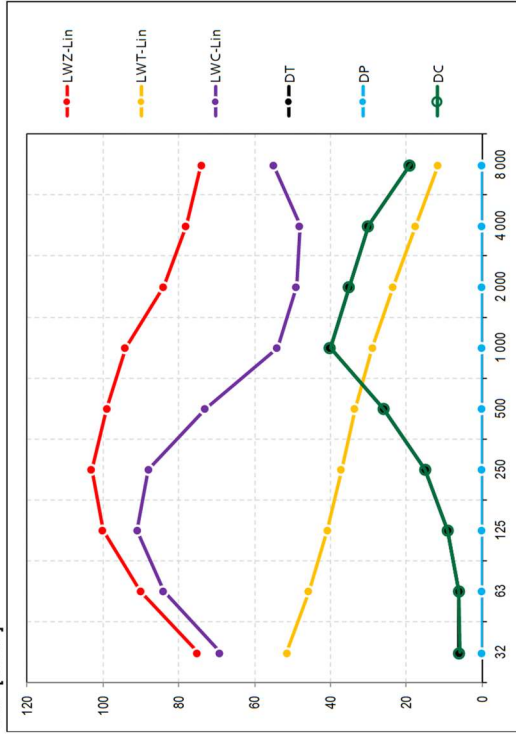
Tab. 16 Tabulka s akustickými parametry (trasa přívod – výtlak)

Zatlumení zdroje - koncepce výpočtu:



Zatlumení zdroje - výpočet:		Zadejte tvar hlučkového spektra (L = lineární, A = konigované)									
f	Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	L
LWZ-Lin	dB	75,0	90,0	100,0	103,0	99,0	94,0	84,0	78,0	74,0	99,9
Dr	dB	6,0	6,0	9,0	15,0	26,0	40,0	35,0	30,0	19,0	-
LWt-Lin	dB	51,4	45,7	40,8	37,1	33,6	29,0	23,4	17,6	11,6	35,3
Dp	dB	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
LWC-Lin	dB	68,1	84,0	91,0	88,0	73,0	54,0	49,0	48,0	55,0	81,1
Dc	dB	5,9	6,0	9,0	15,0	26,0	40,0	35,0	30,0	19,0	18,8

Graf - [dB / Hz]:



Závěrečné shrnutí výsledků:

Instalační rozměr potrubí	1000 x 500 - 1000	Počet buněk v tlumiči	5 ks
Označení tlumiče	G2000x500x1000.1	Hmotnost bez potrubí	50 kg
Brutto cena buněk ových tlumičů bez potrubí (bez DPH, EXW Uhlířská Janovice)			5 375 Kč

0199-01 **Greif-akustika, s.r.o.** www.greif.cz
Zadejte číslo pole, nebo v případě poznámky...

Návrh buňkových tlumičů G / GE / GH

Zadejte název projektu
Zadejte název tlumiče

Tlaková ztráta:		35 Pa	
Q	m ³ /h	6 500	celkový průtok vzduchu tlumičem
a	mm	1 000	šířka potrubí (odpovídá násobkům šířky buňky)
b	mm	500	výška potrubí (skladem v násobcích 500 mm)
L	mm	1 000	délka tlumiče (1000, 1500 nebo 2000), avšak na vyžádání
typ		G	zadejte typ tlumiče "G", "GE" nebo "GH"
š	mm	200	šířka buňky (200, 250, 300, 400, 500)
dzi		0,10	bez náběhu dzi=1, s náběhem dzi=0,1
dzz		0,70	bez výběhu dzz=1, s výběhem dzz=0,7
t	°C	20,0	teplota vzduchu (-50 až 200°C)
p	Pa	100 000	statický tlak v potrubí (98000 až 110000 Pa)
res	%	20%	rezerva na místní podmínky
ro	kg/m ³	1,19	hustota vzduchu
w	m/s	3,61	rychlost proudění vzduchu v profilu a x b
n	ks	5	počet buněk v řadě vedle sebe (= a/s)
s	mm	80	průčelná mezera v buňce
w	m/s	9,03	rychlost proudění uvnitř v tlumiči
dzi		1,76	součinitel tlakové ztráty pro náběh a výběh
dzz		1,95	součinitel tlakové ztráty třením v tlumiči
dzo		3,72	celkový součinitel tlakové ztráty tlumiče (dzi+dzi)
c	m/s	343,29	rychlost zvuku ve vzduchu při teplotě t
Ma		0,03	Machovo číslo
S	m ²	0,20	plocha nejmenšího průřezu průřezu buňkového tlumiče
H	m	1,00	největší příčný rozměr potrubí
delta		0,02	spektrální obsah vysokých kmitočtů
Wb	W	1,00	referenční výkon
B	dB	63,00	konstanta tlumiče

Vypočet je proveden dle ČSN EN ISO 14163, odhad nepřesnosti ± 10%.

Vlastní hluk:		Vypočet je proveden dle ČSN EN ISO 14163, odhad nepřesnosti ± 3 dB									
f	Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Lwr-A
LWt-Lin	dB	51,4	45,7	40,8	37,1	33,6	29,0	23,4	17,6	11,6	35,3

Útlum a váha buňkového tlumiče:

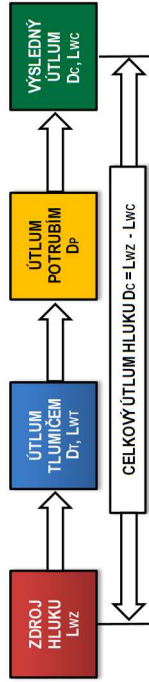
f	Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	M
Dr	dB	6,0	6,0	9,0	15,0	26,0	40,0	35,0	30,0	19,0	kg/ks
ZsigR	dB	±7	±6	±4	±4	±4	±4	±4	±4	±4	±7
											10,0

Tab.17 Návrh buňkového tlumiče hluku trasy (trasa přívod - výtlak)

Odvod výtlak	frekvence (Hz)	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávných pásmech									
		32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
L _{WA}	Hluk ventilátoru	0	49	56	72	76	77	73	67	63	81
	Vlastní hluk tlumiče	0	41	36	32	29	24	18	12	6	
	Vlastní hluk tlumiče	0	41	36	32	29	24	18	12	6	
L _w	součet	3	50	56	72	76	77	73	67	63	81
D _p	Přirozený útlum										
	Rovné potrubí	ZANEDBÁNO Z DŮVODU BEZPEČNOSTI VÝPOČTU									
	Oblouky										
	Útlum koncovým odrazem	0	5,9	2,57	0,86	0,25	0,07	0,02	0,01	0	
	Útlum tlumiče hluku	0	6	9	15	26	40	35	30	19	
	Útlum tlumiče hluku	0	6	9	15	26	40	35	30	19	
L _{v1}	Hladina akustického výkonu ve výústce	3	32	36	41	24	0	3	7	25	42
L _{vy}	Hladina akustického výkonu výústky										30
K	Korekce na počet výústek							počet výústek:		1	0
L _s	Hladina akustického výkonu všech výústek										43
Q	směrový činitel										2
r	vzdálenost od výústky k posluchači										3
A	pohltivá plocha místnosti						303	pohltivost (-)		0,1	30
L _{so}	Hladina akustického tlaku v místě posluchače										34
L _{p,A}	Předepsaná hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti										50

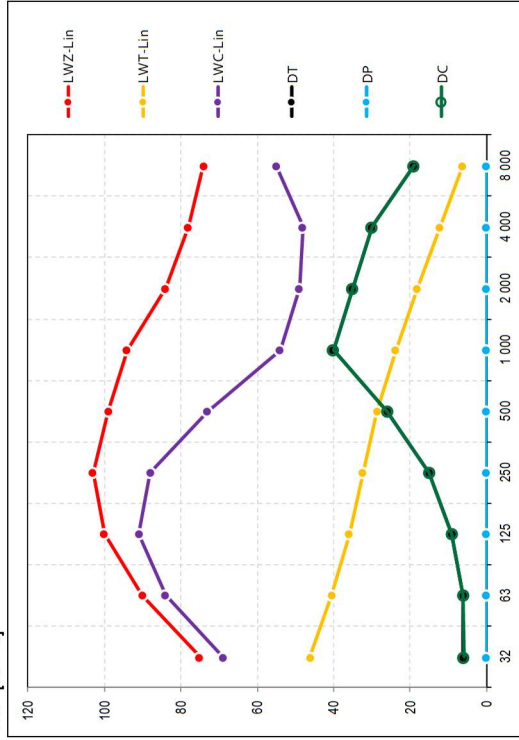
Tab. 18 Tabulka s akustickými parametry (trasa odvod – výtlak)

Zatlumení zdroje - koncepce výpočtu:



Zatlumení zdroje - výpočet:		Zadejte tvar hlukového spektra (L = lineární, A = konigované)									
f	Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	L
LWz-Lin	dB	75,0	90,0	100,0	103,0	99,0	94,0	84,0	78,0	74,0	99,9
Dr	dB	6,0	6,0	9,0	15,0	26,0	40,0	35,0	30,0	19,0	-
LWt-Lin	dB	46,1	40,5	35,9	32,4	28,7	23,8	18,1	12,2	6,2	30,3
Dp	dB	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
LWc-Lin	dB	69,0	64,0	61,0	58,0	54,0	49,0	43,0	37,0	31,0	81,1
Dc	dB	6,0	6,0	9,0	15,0	26,0	40,0	35,0	30,0	19,0	18,8

Graf - [dB / Hz]:



Závěrečné shrnutí výsledků:

Instalační rozměr potrubí	1200 x 500 - 1000	Počet buněk v tlumiči	6 ks
Označení tlumiče	G7000x500x1000.1	Hmotnost bez potrubí	60 kg
Brutto cena buňkových tlumičů bez potrubí (bez DPH, EXW Uhlířské Janovice)			6 450 Kč

0199-01 **Greif-akustika, s.r.o.** www.greif.cz
 Zadejte číslo pole, nebo vepsjte poznámky ...
 Zadejte název projektu
 Zadejte název tlumiče

Návrh buňkových tlumičů G / GE / GH

Tlaková ztráta:		24 Pa	
Q	m³/h	6 600	
a	mm	1 200	
b	mm	500	
L	mm	1 000	
typ		G	
s	mm	200	
dz1		0,10	
dz2		0,70	
t	°C	30,0	
p	Pa	100 000	
res	%	20%	
ro	kg/m³	1,15	
w	m/s	3,06	
n	ks	6	
s	mm	80	
wi	m/s	7,64	
dzs		1,76	
dzi		1,95	
dzc		3,72	
c	m/s	349,10	
Ma		0,02	
S	m²	0,24	
H	m	1,20	
delta		0,02	
Wb	W	1,00	
B	dB	63,00	

Vypočet je proveden dle ČSN EN ISO 14163, odhad nepřesnosti ± 10%

Vlastní hluk:		LWt-A	
f	Hz	31,5	63
LWt-Lin	dB	46,1	40,5

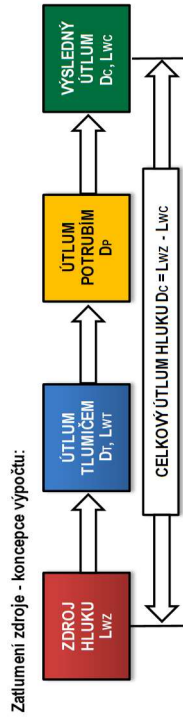
Vypočet je proveden dle ČSN EN ISO 14163, odhad nepřesnosti ± 3 dB

Útům a váha buňkového tlumiče:		M	
f	Hz	31,5	63
Dr	dB	6,0	6,0
2sigR	dB	±7	±6

Tab. 19 Návrh buňkového tlumiče hluku (trasa odvod - výtlač)

Přívod sání		Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávových pásmech									
		32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
	frekvence (Hz)										
L _{WA}	Hluk ventilátoru	0	43	48	68	68	62	60	56	51	72
	Vlastní hluk tlumiče	0	46	41	37	34	29	23	18	12	
	Vlastní hluk tlumiče	0	46	41	37	34	29	23	18	12	
L _w	Součet	5	50	49	68	68	62	60	56	51	72
D _p	Přirozený útlum	-	-	-	-	-	-		-	-	
	Rovné potrubí	ZANEDBÁNO Z DŮVODU BEZPEČNOSTI VÝPOČTU									
	Odbočky	ZANEDBÁNO Z DŮVODU BEZPEČNOSTI VÝPOČTU									
	Odbočka k vyústce	0	2	2	2	2	2	2	2	2	
	Útlum koncovým odrazem	0	5,9	2,57	0,86	0,25	0,07	0,02	0,01	0	
	Útlum tlumiče hluku	6	6	9	15	26	40	35	30	19	
	Útlum tlumiče hluku	0	6	9	15	26	40	35	30	19	
L _{v1}	Hladina akustického výkonu ve vyústce	5	30	27	35	14	0	0	0	11	36
L _{vy}	Hladina akustického výkonu vyústky										30
K	Korekce na počet vyústek							počet vyústek:		1	0
L _s	Hladina akustického výkonu všech vyústek										37
Q	Směrový činitel										2
r	Vzdálenost od vyústky k posluchači										1
A	Pohltivá plocha místnosti						303	pohltivost (-)		0,1	30
L _{so}	Hladina akustického tlaku v místě posluchače										31
L _{p,A}	Předepsaná hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti										50

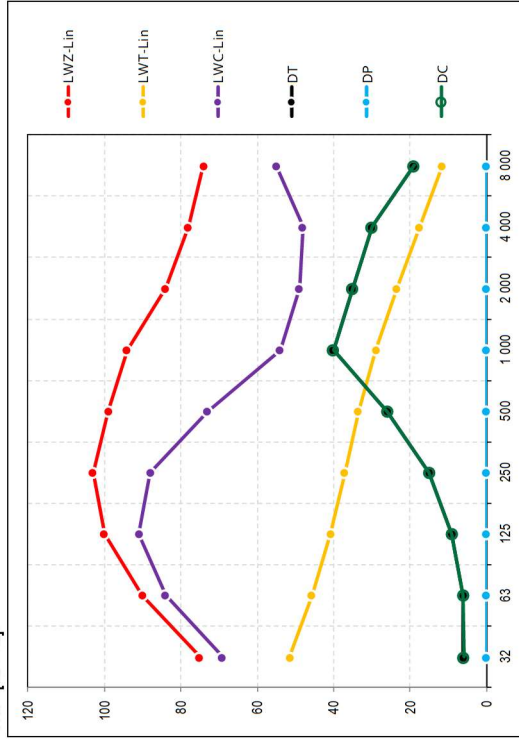
Tab. 20 Tabulka s akustickými parametry (trasa přívod – sání)



Zatlučení zdroje - výpočet:

Zadejte tvar hlukového spektra (L = lineární, A = konigované)		L									
f	Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	A
LWZ-Lin	dB	75,0	90,0	100,0	103,0	99,0	94,0	84,0	78,0	74,0	99,9
Dr	dB	6,0	6,0	9,0	15,0	26,0	40,0	35,0	30,0	19,0	-
LWT-Lin	dB	51,4	45,7	40,8	37,1	33,6	29,0	23,4	17,6	11,6	35,3
Dp	dB	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
LWC-Lin	dB	69,1	84,0	91,0	88,0	73,0	54,0	49,0	48,0	55,0	81,1
Dc	dB	5,9	6,0	9,0	15,0	26,0	40,0	35,0	30,0	19,0	18,8

Graf - [dB / Hz]:



Závěrečné shrnutí výsledků:

Instalační rozměr potrubí	1000 x 500 - 1000	Počet buněk v tlumiči	5 ks
Označení tlumiče	G7000x500x1000.1	Hmotnost bez potrubí	50 kg
Brutto cena buňkových tlumičů bez potrubí (bez DPH, EXW Uhlířské Janovice)			5 375 Kč

0199-01 Greif-akustika, s.r.o. www.greif.cz

Zadejte číslo pole, nebo vepsjte poznámky ...

Návrh buňkových tlumičů G / GE / GH

Zadejte název projektu
Zadejte název tlumiče

Tlaková ztráta:

dpr =		35 Pa
Q	m ³ /h	celkový průtok vzduchu tlumičem
a	mm	šířka potrubí (odpovídá násobkům šířky buňky)
b	mm	výška potrubí (skladem v násobcích 500 mm)
L	mm	délka tlumiče (1000, 1500 nebo 2000), atypy na vyžádání
typ		zadejte typ tlumiče "G", "GE" nebo "GH"
s	mm	šířka buňky (200, 250, 300, 400, 500)
dz1	0,10	bez náběhu dz=1, s náběhem dz=0,1
dz2	0,70	bez výběhu dz=1, s výběhem dz=0,7
t	20,0	teplota vzduchu (-50 až 200°C)
p	100 000	státní tlak v potrubí (98000 až 110000 Pa)
res	20%	rezerva na místní podmínky
ro	1,19	hustota vzduchu
w	3,61	rychlost proudění vzduchu v profilu a x b
n	5	počet buněk v řadě vedle sebe (= a/s)
s	80	průtočná mezera v buňce
wi	9,03	rychlost proudění uvnitř v tlumiči
dzs	1,76	součinitel tlakové ztráty pro náběh a výběh
dzi	1,95	součinitel tlakové ztráty řítením v tlumiči
dzc	3,72	celkový součinitel tlakové ztráty tlumiče (dzs+dzi)
c	343,29	rychlost zvuku ve vzduchu při teplotě t
Ma	0,03	Machovo číslo
S	0,20	plocha nejmenšího průtočného průřezu buňkového tlumiče
H	1,00	m
delta	0,02	největší příčný rozměr potrubí
Wb	1,00	spektrální obsah vysokých kmitočtů
B	63,00	referenční výkon
		konstanta tlumiče

Vypočet je proveden dle ČSN EN ISO 14163, odhad nepřesností ± 10%

Vlastní hluk:

f	Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	LWT-A
LWT-Lin	dB	51,4	45,7	40,8	37,1	33,6	29,0	23,4	17,6	11,6	35,3

Vypočet je proveden dle ČSN EN ISO 14163, odhad nepřesností ± 3 dB

Útům a váha buňkového tlumiče:

f	Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	M
Dr	dB	6,0	6,0	9,0	15,0	26,0	40,0	35,0	30,0	19,0	kg/ks
2sigR	dB	±7	±6	±4	±4	±4	±4	±4	±4	±4	±7
											10,0

Tab. 21 Návrh buňkového tlumiče hluku (trasa přívod - sání)

8. IZOLACE

Pro návrh tloušťky izolace byl použit výpočtový program Teruna. Správný návrh izolace je důležitý zejména kvůli eliminaci tepelných ztrát a kondenzaci vzdušné vlhkosti vznikající na stěnách VZT potrubí.

Na uvedených případech je znázorněno riziko povrchové kondenzace vodní páry, pokud bude VZT potrubí izolováno v malé míře. Riziko kondenzace vodní páry nastává zejména v zimním období, kdy je velký rozdíl mezi teplotou vzduchu uvnitř VZT potrubí a teplotou okolního vzduchu. Do výpočtu byly zadány následující okrajové podmínky/parametry:

Teplota přívodního vzduchu [°C]: zima -12

Teplota okolního vzduchu [°C]: zima 17

Relativní vlhkost přiváděného vzduchu [%]: zima 98

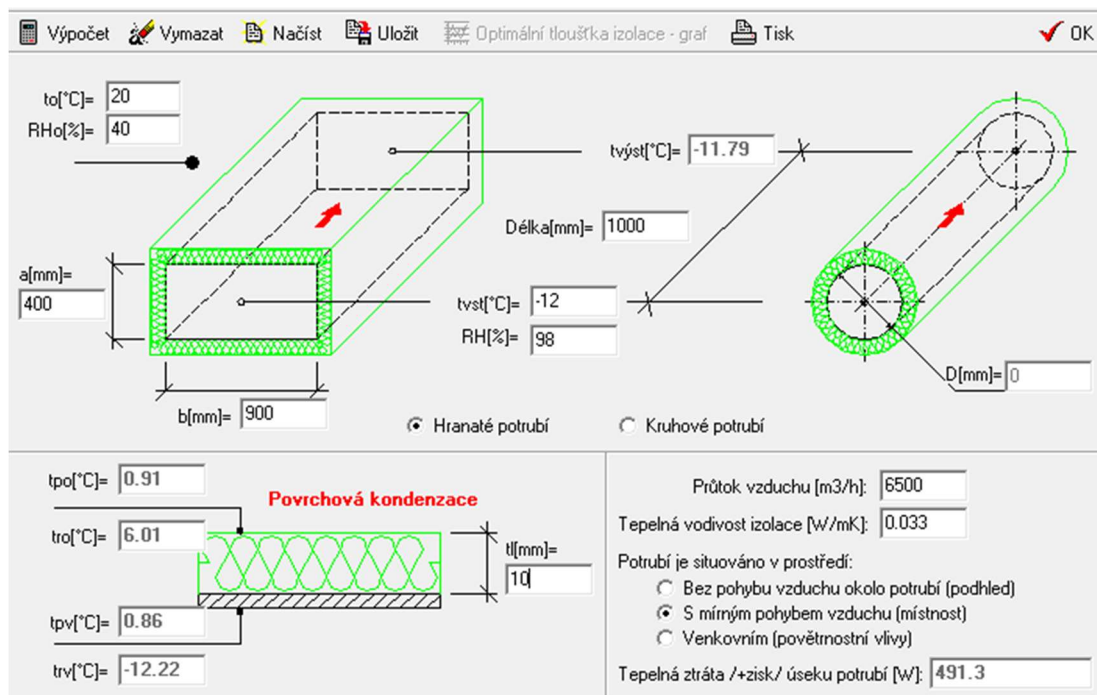
Relativní vlhkost okolního vzduchu [%]: zima 40

Průtok vzduchu [m³/h]: 6500

Tepelná vodivost izolace [W/m*K]: 0,033

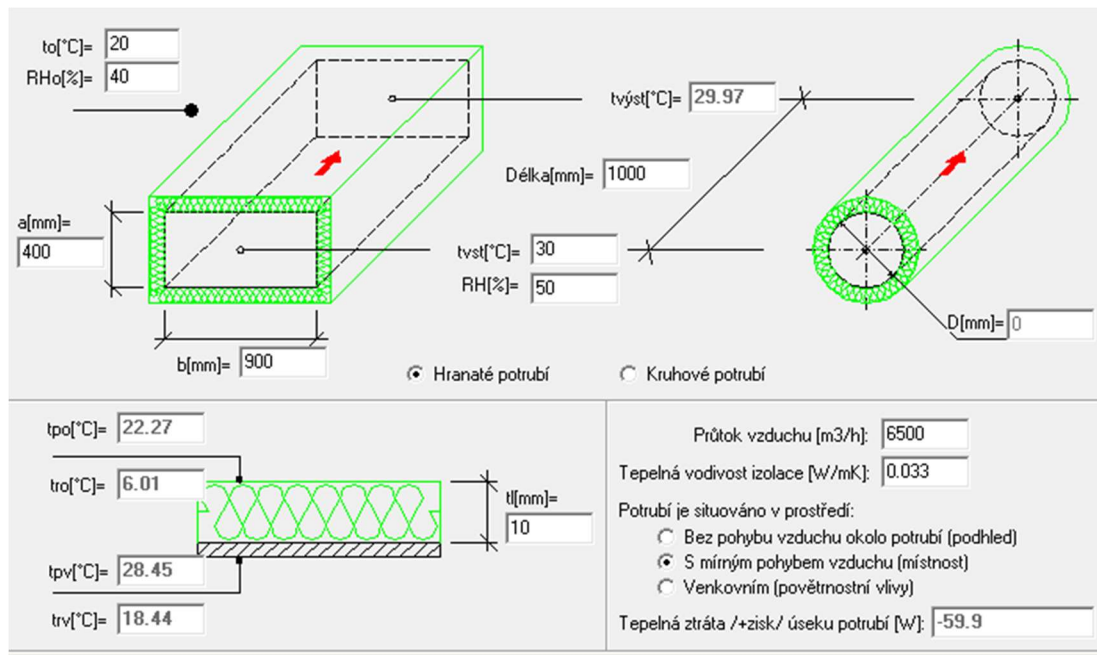
Tloušťka izolace [mm]: 10

Rozměry potrubí [mm]: 900x400x1000



Obr. 47 Zimní období – sání vzduchu z exteriéru v prostoru strojovny

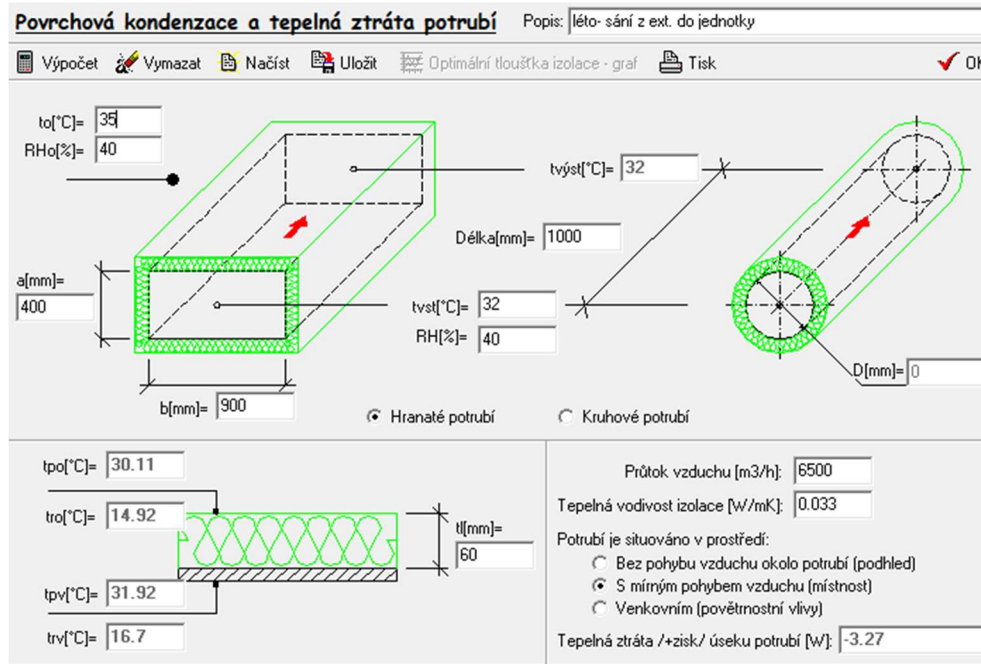
Teplota přivodního vzduchu [°C]: zima 30
 Teplota okolního vzduchu [°C]: zima 17
 Relativní vlhkost přiváděného vzduchu [%]: 50
 Relativní vlhkost okolního vzduchu [%]: 40
 Průtok vzduchu [m³/h]: 6600
 Tepelná vodivost izolace [W/m*K]: 0,033
 Tloušťka izolace [mm]: 10
 Rozměry potrubí [mm]: 900x400x1000



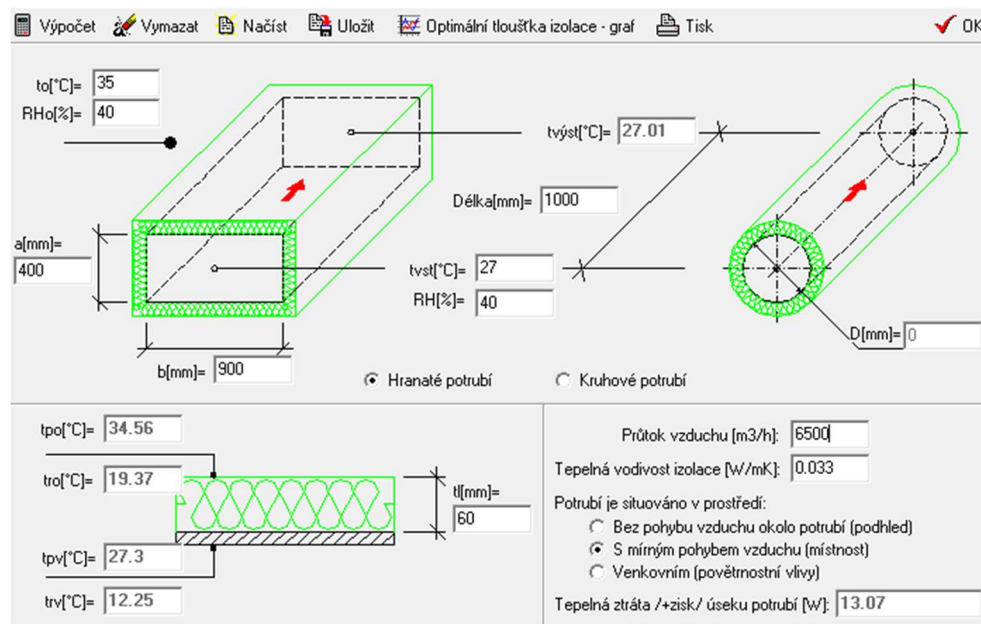
Obr. 48 Zimní období – sání vzduchu z prostoru bazénu, prostor strojovny

V následujících případech je znázorněn návrh vhodné tloušťky izolace na všech částech trasy VZT potrubí. Tento návrh tloušťky izolace zabrání vzniku vzdušné vlhkosti. Ve všech případech návrhu se jedná o prostor strojovny.

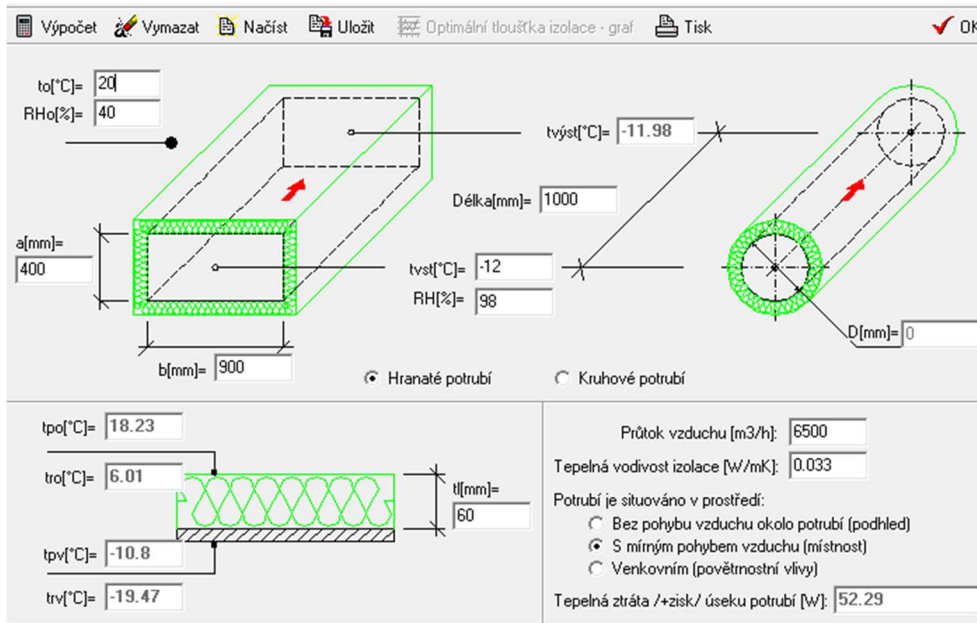
Léto – přívod – sání



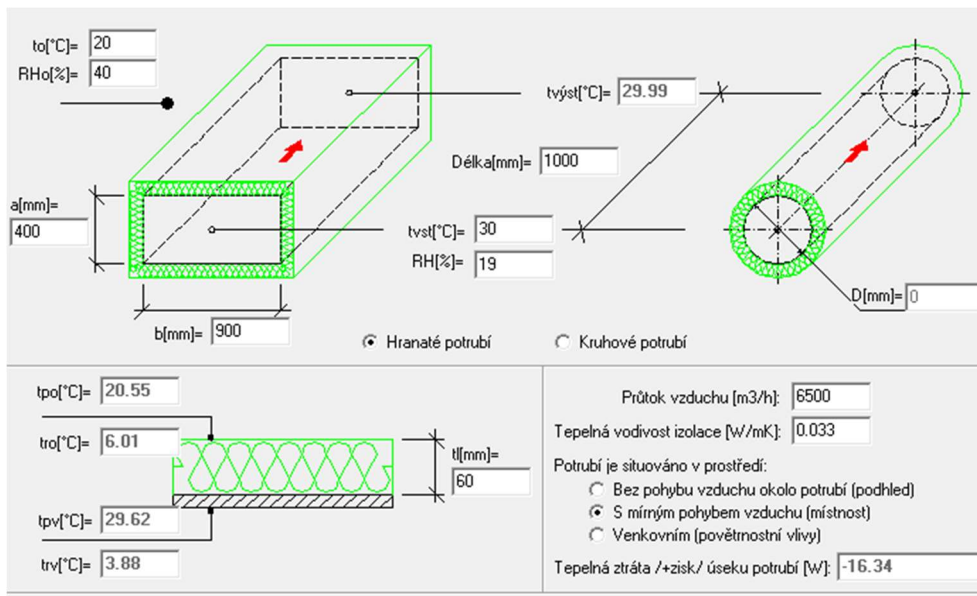
Léto – přívod – výtlač



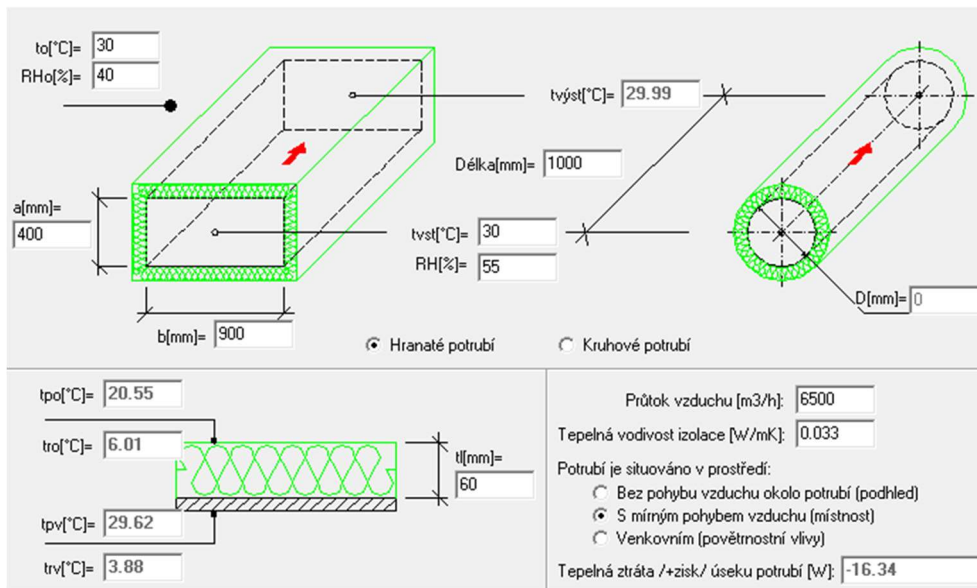
Zima - přívod - sání



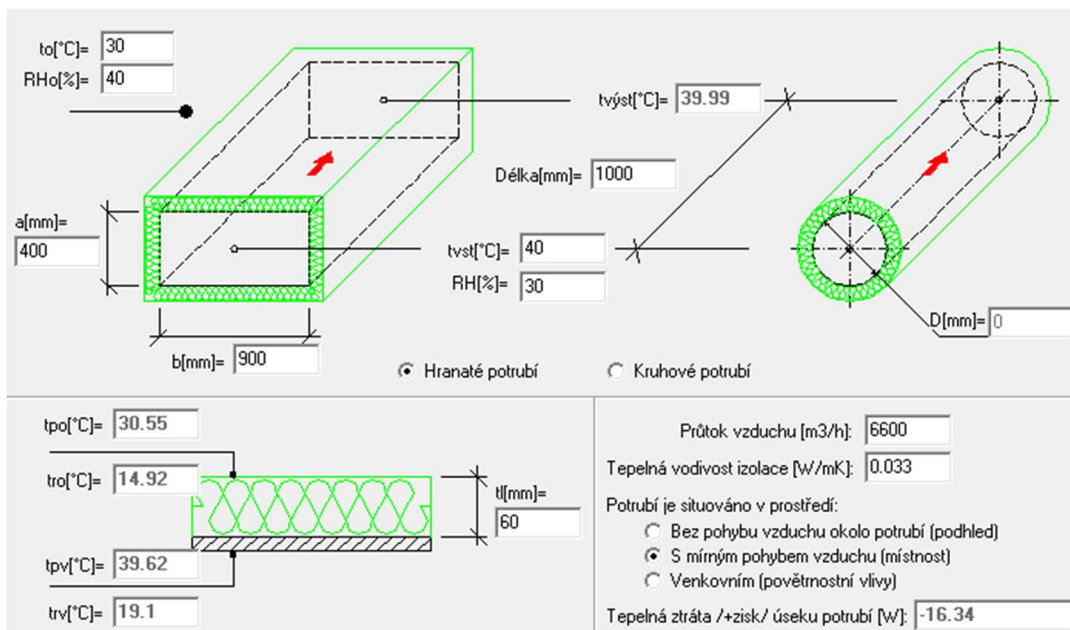
Zima - přívod - výtlak



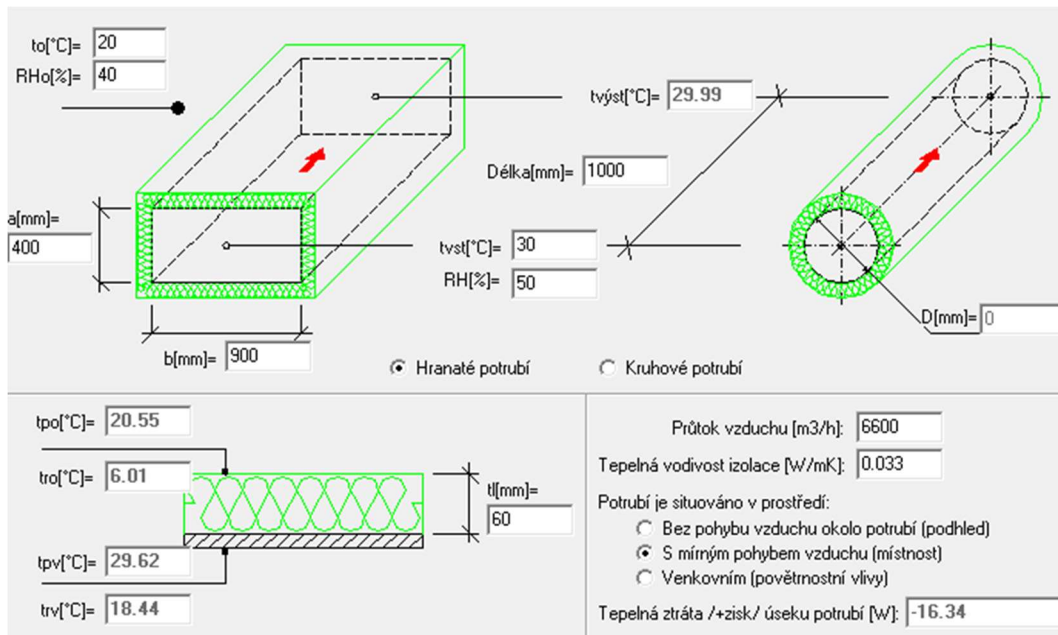
Léto - odvod - sání

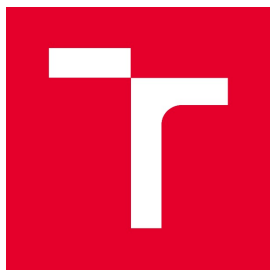


Léto - odvod - výtlak



Zima - odvod - sání





VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

ČÁST C – PROJEKTOVÁ ČÁST

AIR CONDITIONING OF SWIMMING POOL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Milan Bachmayer

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ALEŠ RUBINA, Ph.D.

BRNO 2020

1. ÚVOD

Předmětem technické zprávy je popis, funkce a ovládání vzduchotechnické bazénové jednotky. Tento typ jednotky odpovídá nejmodernějším standardům a požadavkům kladeným na VZT systémy pro bazénové haly. Navržený systém zajistí v řešených prostorách splnění závazných požadavků kladených na interní mikroklima, hygienické dávky vzduchu a pohodu prostředí s přihlédnutím na charakter objektu a jeho požadavky.

1.1 Podklady pro zpracování

Součástí podkladů jsou příslušné zákony, prováděcí vyhlášky, technické normy a podklady výrobců vzduchotechnických zařízení:

Nařízení vlády č. 241/2018 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací ve znění nařízení vlády č. 217/2016 Sb.

Nařízení vlády č. 32/2016 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění pozdějších předpisů

Nařízení vlády č. 93/2012 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění nařízení vlády č. 68/2010 Sb.

Nařízení vlády č. 68/2010 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci

Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci

Vyhláška č. 78/2013 Sb. O energetické náročnosti budov, ve znění Vyhlášky č. 230/2015 Sb.

Vyhláška č. 238/2011 Sb. O stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch, Příloha 12 Mikroklimatické požadavky

Vyhláška č. 20/2012 Sb., kterou se mění Vyhláška 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby

Vyhláška č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí obytných místností některých staveb

Vyhláška č. 23/2008 Sb., O stanovení technických podmínek požární ochrany staveb, ve znění Vyhlášky č. 268/2011 Sb.

ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb

ČSN 73 0872 Požární bezpečnost staveb. Ochrana staveb proti šíření požáru
vzduchotechnickým zařízením

ČSN 73 0548 Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů

ČSN 01 3454 Technické výkresy – Instalace – Vzduchotechnika, Klimatizace

ČSN 12 7010 Vzduchotechnická zařízení – Navrhování větracích
a klimatizačních zařízení – Obecná ustanovení

VDI 2089 Technické vybavení budov plováren, kryté bazény

REMAK a.s. – podklady výrobce, návrhový program AeroCAD

Návrhový software Teruna

Výpočtové hodnoty klimatických poměrů

Místo: Brno

Nadmořská výška: 227 m.n.m.

Normální tlak vzduchu: 101,3 kPa

Výpočtová teplota vzduchu: léto 32 °C, zima – 12 °C, entalpie: léto 65,0 kJ/kg s.v.

Pro prostor bazénové haly je uvažováno celoročně:

- teplota vzduchu interiéru 30 °C, vlhkost v interiéru 50 %,
- odpar z bazénu byl stanoven pomocí software Teruna na cca 41,3 kg vody za hodinu při teplotě vody 28 °C,
- navrhovaná teplota exteriéru v zimním období je uvažována -12 °C. Hodnota nižší, než tato uvažovaná hodnota nebyla v posledních letech na území města Brna naměřena.

VZT jednotka je navržena tak, aby pokrývala v letním období tepelnou zátěž a v zimním období tepelnou ztrátu prostupem. Výpočet tepelné ztráty infiltrací nebyl do výpočtu tepelných ztrát zaveden, protože tyto teplotní ztráty závisí na mnoha faktorech; jedná se zejména o těsnost a typ dveří a oken, ale i např. infiltrace tvarovkami, u kterých jsou hodnoty velmi těžko měřitelné. Krátkodobě může dojít ke zvýšení vnitřní vlhkosti na cca 55 %. Tento případ nastane při letních vlhkostních extrémech (déšť a vysoká teplota exteriéru), kdy měrná vlhkost exteriéru překročí 9 g/kg.

2. ZÁKLADNÍ KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ

Návrh teplovzdušného větrání a klimatizace bazénové haly vychází z charakteru řešeného prostoru, technických možností, z požadavků na interní mikroklima daného prostoru a z podmínky možnosti celoročního používání.

Objekt jako celek je rozdělen na celkem 4 funkční celky, kdy bazénová hala jako jediný předmět řešení se nachází v 1. nadzemním podlaží (1. NP). Bazénová hala má kapacitu až 25 osob.

Bazénová hala – řešený funkční celek 1. NP

Pro teplovzdušné větrání a klimatizaci je v bazénové hale navržena odvlhčovací bazénová vzduchotechnická jednotka. Tato VZT jednotka bude vybavena okruhem tepelného čerpadla, ventilátorů, filtrů, směšovacích komor, teplovodním ohřívacem a systémem třístupňového získávání tepla díky kompresoru, deskového rekuperátoru a sběrače chladiva. VZT jednotka bude vybavena okruhem pro dohřátí bazénové vody přebytečným kondenzačním teplem. Toto vybavení VZT jednotky zabezpečí pokrytí tepelné zátěže v letním období a tepelných ztrát prostupem v zimním období.

U bazénové VZT jednotky je předpoklad vybavení autonomním systémem řízení a regulace z důvodu možnosti za pomoci čidel optimalizovat chod jednotky v reálném čase. V souvislosti s tímto vybavením lze bazénovou VZT jednotku řídit buď na ovládacím panelu (instalace na řídicí skříni) nebo přístupem přes internet.

VZT jednotka musí zajišťovat teplotní a vlhkostní úpravy vzduchu; teplý odvlhčený a přefiltrovaný vzduch bude dopraven do místnosti bazénu čtyřhranným pozinkovaným poplastovaným potrubím. Do prostoru bazénu bude vzduch vyfukován za pomoci regulovatelných vyústek zabudovaných do zděných pilířů, které budou účelově nasměrovány tak, aby část přírodního vzduchu ofukovala plochu skel (aby nedocházelo ke kondenzaci vzdušné vlhkosti) a část vzduchu foukala do prostoru bazénu. Znehodnocený vzduch bude odváděn skrz vířivé vyústky, přes čtyřhranné vzduchotechnické potrubí zpět do exteriéru.

Izolace přívodní a odvodní větve potrubního systému bude tvořena protihlukovou/tepelnou izolací tloušťky 60 mm s Al polepem. V oblasti veřejných prostor (spojovací chodby v 1. PP) bude použita protipožární izolace.

Regulace celého systému je uvažována v pěti stupních. První hrubý stupeň regulace je zajištěn nastavením daného průtoku vzduchu přímo ve VZT jednotce. Druhý až čtvrtý hrubý stupeň regulace bude za pomoci regulačních klapek instalovaných v potrubní části. Pátý stupeň pro jemnou regulaci pomocí regulačních klapek umístěných na každém z koncových elementů.

Tento systém je navržen jako podtlakový celek vzhledem k ostatním prostorům.

2.1 Nároky na větrání – hygienické větrání

Při návrhu hygienického větrání budou dodrženy následující podmínky:

- podtlakové větrání je navrženo ve všech místnostech hygienického vybavení objektu,
- úhrada vzduchu bude tvořena z okolních prostorů,
- rovnotlaké, popř. přetlakové větrání je v prostorách, kde je nežádoucí přísávání vzduchu z okolních místností (šatny, chodby apod.),
- prostor bazénové haly bude trvale udržován v podtlaku, a to zejména kvůli zabránění šíření vlhkosti a dalších látek do okolních prostor.

3. POPIS TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ VZT BAZÉNOVÉ JEDNOTKY

Do základní školy v Brně, součástí které je bazénová hala, je navržena odvlhčovací bazénová vzduchotechnická jednotka. Tato VZT jednotka je vybavena ventilátory s volnými oběžnými koly. Ventilátory jsou plynule regulovány frekvenčními měniči. Dále se ve VZT jednotce nachází okruh tepelného čerpadla, teplovodní výměník, směšovací komory a systém třístupňového zpětného získávání tepla pomocí deskového rekuperátoru, kompresoru a sběrače chladiva.

Součástí okruhu sady kondenzátorů je řízené přepouštění kondenzačního tepla mezi kondenzátory (tento systém zajistí řízení předávaného tepla do bazénové vody atd.). Dále chladivový okruh pro odvlhčování vzduchu s přímým výparníkem umístěným na odvodu za ZZT a třemi kondenzátory – jeden kondenzátor je v přívodním vzduchu, druhý v odvodním vzduchu a třetí slouží k dohřívání bazénové vody. Součástí je jednostupňová filtrace M5 jak na přívodu, tak odvodu.

Bazénová VZT jednotka je vybavena systémem třístupňové rekuperace, kterou zajišťuje deskový rekuperátor s vysokou účinností, scroll kompresor a trubkový sběrač chladiva. Součástí je elektronický expanzní ventil, selenoidy a zpětné ventily, uzavírací ventil na odvodním potrubí.

VZT zařízení zajistí vytápění prostoru uvažované bazénové haly v zimním období a odvod tepelné zátěže v letním období. Pro zimní extrém je uvažováno s teplotou přívodního vzduchu 38 °C, což je dostatečná přívodní teplota na pokrytí tepelné ztráty prostupem. V letním extrému je uvažovaná teplota přívodního vzduchu 27 °C, což zajistí pokrytí tepelné zátěže v letním období.

Bazénová VZT jednotka je vybavena dohřevem bazénové vody přes deskový výměník, který je součástí kompresorového okruhu. Do výměníku nesmí být napojena bazénová voda. Tento okruh musí být kvůli správnému fungování vybaven dalším výměníkem přímo do bazénové vody, čerpadly a armaturami.

V místech, zejména za výparníkem (možnost tvorby kondenzace vzdušné vlhkosti) jsou na spodním plášti jednotky osazeny kondenzátní vany s odtokem dimenzovaným na rozměr DN40.

Bazénová VZT jednotka je vybavena vlastním systémem měření a regulace s možností připojení na internet, jednotku tedy lze ovládat i vzdáleným přístupem.

Sání čerstvého vzduchu je řešeno přes protidešťovou žaluzii umístěnou vně objektu na fasádě. Přes vzduchovod z pozinkovaného poplastovaného plechu dané těsnosti a opláštěný protihlukovou/tepelnou izolací je vzduch dopravován do VZT jednotky. Napojení vzduchotechnického potrubí na VZT jednotku je pomocí pružné manžety tak, aby se vibrace z VZT jednotky nepřenášely dále do potrubí. Ve vzduchotechnické jednotce je nasávaný vzduch upravený dle daných parametrů a přes izolované vzduchovody je dopravený regulovatelnými lineárními vyústkami do prostoru bazénu.

V bazénové hale je upravena distribuce přívodního vzduchu tak, že část přiváděného vzduchu ofukuje prosklené obvodové stěny. V bocích jednotlivých přívodních „pilířů“, jsou otvory pro vyústky, které dovolí nasměrovat proud teplého odvlhčeného vzduchu na skleněné plochy a tím dochází k omezení kondenzace vzdušné vlhkosti na sklech bazénové haly.

Odvod znehodnoceného vzduchu zabezpečují vířivé vyústky umístěné v rastru kazet nad bazénem. Odvodní vyústky jsou opatřeny ochrannou povrchovou úpravou. Nasávaný vzduch se dopravuje přes izolované hadice (Sonoflex) do potrubní části. Potrubní část je z pozinkovaného poplastovaného plechu dané třídy těsnosti, izolovaná. Vzduch dopravený přes potrubní část do bazénové VZT jednotky je buď přefiltrován a smísený s čerstvým přívodním vzduchem nebo vyfukován přes protidešťovou žaluzii do exteriéru. Mezi žaluziemi je rozestup větší jak 4 m. Tato vzdálenost zajistí, aby nasávaný čerstvý vzduch nebyl znehodnocený odpadním vyfukovaným vzduchem.

Potrubní díly jsou k sobě přišroubovány šrouby a maticemi s vějířovými podložkami. Spoje jsou pro zajištění maximální neprůvzdušnosti opatřeny páskou a dotěsněny tmelem. Čtyřhranné potrubí je zavěšeno pomocí závitových tyčí a pružně podloženo tak, aby se hluk a otřesy z potrubní části nešířily dál do přilehlých konstrukcí a interiéru. Přívodní kruhové potrubí je spojeno pomocí samovrtných šroubů (texů). Spoje potrubí jsou také opatřeny pružným tmelem a přelepeny páskou s Al polepem.

VZT jednotka je vyhotovena v interiérové verzi. Tomuto požadavku odpovídá materiál komaxitovaný plech opatřený syntetickým lakem. Plášť

jednotky je opatřen ochranným nástřikem proti bazénové vodě. Interiérovému provedení také odpovídá tloušťka panelu.

3.1 Provozní režimy VZT jednotky

Bazénová VZT jednotka je odlišná od ostatních typů využitím více provozních režimů v závislosti na vnitřních a vnějších teplotních a vlhkostních podmínkách. V zimním období VZT jednotka pracuje převážně s cirkulačním vzduchem, čerstvý vzduch je nasávám pouze v hygienicky nutném minimu. Do plně cirkulačního režimu se VZT jednotka přepne tehdy, pokud vlhkost bazénové haly překročí určitou hranici. V letním období je VZT jednotka pracuje s maximem čerstvého vzduchu.

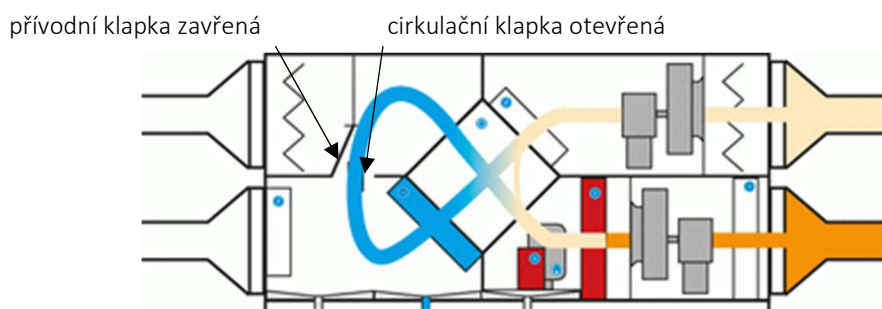
Plně cirkulační režim – režim odvlhčování



Obr. 49 Schéma – cirkulační režim

V plně cirkulačním režimu VZT jednotka pracuje pouze s cirkulačním vzduchem. Regulační klapka na přívodu v režimu zavřeno, cirkulační klapka je v režimu otevřeno. Výparníkem lze vzduch zchladit na danou teplotu, popř. zbavit vzdušné vlhkosti. Po smísení se vzduch dohřívá na přívodní teplotu ohřívačem. Tento režim se používá mimo provozní hodiny, kdy není potřeba přivádět čerstvý vzduch.

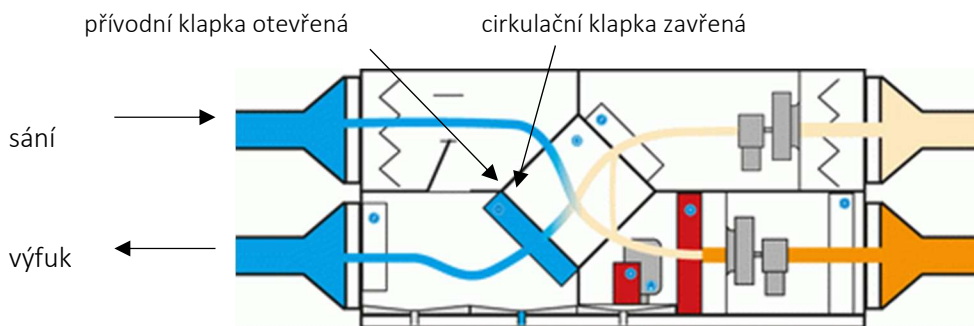
Útlumový režim – režim odvlhčování



Obr. 50 Schéma – režim odvlhčování

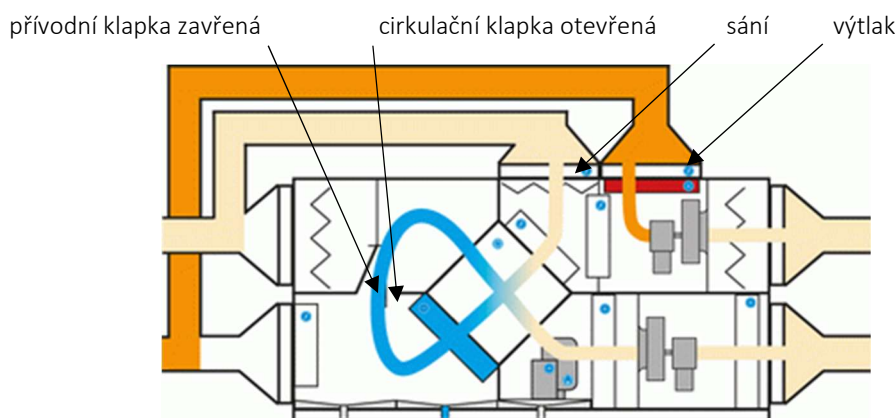
VZT jednotka pracuje pouze s cirkulačním vzduchem. Cirkulační vzduch se nejdříve předchladí v rekuperačním výměníku, pak ochladí pod teplotu rosného bodu pomocí výparníku umístěném za výměníkem na odvodu. Ochlazením na hodnotu rosného bodu dojde k odstranění vzdušné vlhkosti. Cirkulační vzduch prochází přes zapnutý kompresor tepelného čerpadla. Cirkulační klapka je otevřená, vzduch proudí zpět do rekuperačního výměníku, kde se opět ohřeje. Dohřev na výslednou teplotu vzduchu je prováděn kondenzátorem TČ. Přebytným teplem lze ohřívat bazénovou vodu. Tento režim se používá při zvýšené hladině vlhkosti v obsluhovaném prostoru do doby, než je dosaženo požadované vlhkosti.

Režim při zvýšené vlhkosti v exteriéru



Obr. 51 Schéma - režim při zvýšené vlhkosti

Na základě vyhodnocení systému se pracuje s cirkulačním a čerstvým vzduchem, kterého se přivádí pouze minimální množství. Poměr smísení cirkulačního vzduchu a čerstvého vzduchu je dán odvodem vlhkosti z bazénové haly a objemovým průtokem. V tomto případě se část cirkulačního vzduchu smísí s čerstvým vzduchem v cirkulační komoře. Kompresor TČ je v chodu. Zvýšení teploty přívodního vzduchu je zajištěno kondenzátorem TČ.

Letní provoz*Obr. 52 Schéma – letní provoz*

V letním provozu je regulační klapka na přívodu i odvodu uzavřena, čerstvý venkovní vzduch se dopraví potrubím přes horní část jednotky do rekuperačního výměníku a následně ochladí na danou teplotu ve výparníku. Cirkulační klapka je v poloze „otevřeno“. Vzduch proudí zpět do prostoru deskového rekuperátoru, kde je jeho teplota upravena na teplotu přiváděného vzduchu, ten se dopraví vzduchovody do bazénové haly.

Odvodní vzduch se přefiltruje, klapka na odvodu před deskovým rekuperátorem je uzavřena a klapka na vrchní straně jednotky otevřena – vzduch proudí přes kondenzátor. Odpadní vzduch je vyfukován přes protidešťovou žaluzii do exteriéru.

3.2 Nároky na energii

Elektrická energie je nutná pro chod VZT zařízení z hlediska napájení frekvenčních měničů a elektromotorů.

Elektrická energie – je uvažována pro pohon elektromotorů tohoto VZT zařízení. Potřebné parametry pro novou VZT jednotku jsou 18 kW, 3x400 V, jištění na 45 A.

Tepelná energie – pro ohřev vzduchu slouží topná voda s rozsahem pracovních teplot 70/50 °C. Tyto rozvody zajistí profese ÚT.

3.3 Měření a regulace VZT jednotky

Jednotka se monitoruje pomocí vzdáleného přístupu webovým rozhraním. Pomocí toho webového rozhraní se optimalizuje chod VZT jednotky, detekuje nedovolené a poruchové stavy VZT jednotky nebo stanoví postup pro správné odstranění poruchy.

Výkonové parametry lze nastavit individuálně, a to přímo na ovládacím modulu standardně dodávaném k řídicí jednotce. Ovládací prostředí nabízí dva konfigurační režimy: úsporný a komfortní. Každý režim má 3 výkonnostní stupně ventilátorů. Konfigurační režimy se od sebe liší zejména řízením jednotky.

V úsporném režimu se systém snaží optimalizovat nastavení tak, aby docházelo k co největším úsporám energie, tzn. jednotka se přepne do režimu „úsporný“ se stupněm výkonu ventilátorů 1. Nastavením tohoto režimu se optimalizuje a sníží objemový průtok, tím i spotřeba energie. Tento režim se používá zejména v době mimo „špičku“.

V komfortním režimu se řídicí systém snaží optimalizovat chod VZT jednotky pro co největší komfort, tj. stupeň výkonosti ventilátorů 3 a maximální projektovaný objemový průtok bez jakéhokoliv energetického limitu (u všech výkonnostních stupňů ventilátoru lze individuálně nastavit objemový průtok dle požadavku uživatele na ovládacím panelu ŘJ, popř. přímo na frekvenčním měniči).

Zvláštní případ je režim pro servis, který je aktivován v případě, že jednotka hlásí poruchu a je potřeba zjistit její příčinu a opravu. Do tohoto režimu má přístup pouze kvalifikovaná servisní osoba.

Součástí systému je ŘJ s možností napojení čidel a protimrazové ochrany, prostřednictvím kterých je jednotka monitorována a na základě jimi shromážděných dat upravuje výkonové parametry.

Funkce řídicí jednotky

- autonomní systém regulace
- regulace teploty a vlhkosti v prostoru bazénu
- ovládání jednotky přes panel umístěný na rozvaděči řídicí jednotky
- možnost plynulé regulace ventilátorů na konstantní průtok, aktuální hodnota průtoku vzduchu je zobrazena panelu umístěném na řídicí skříni
- optimalizace chodu VZT jednotky v reálném čase na základě monitoringu aktuálního stavu mikroklimatu. Roční období nejsou regulační okrajovou podmínkou. Okrajovými podmínkami pro nastavení je stav interního mikroklima společně s podmínkami venkovního vzduchu (teplota, vlhkost)
- signalizace poruchy VZT jednotky

- vzdálený přístup přes internet včetně vizualizace a možnost vzdáleného nastavení VZT jednotky.

Protimrazová ochrana

Protimrazová ochrana je zabezpečena kapilárovým termostatem umístěným na přímém výparníku. Protimrazová ochrana je také nainstalována na vratu vodního ohříváče.

3.4 Nároky na související práce

3.4.1 Stavební úpravy

- stavební, výpomocné práce,
- otvory pro prostupy VZT potrubí včetně odklizení sutě,
- zpřístupnění šachet pro vedení VZT potrubí,
- rozšíření transportních cest (vybourání dveří atd.).

3.4.2 Silnoproud

- silové napojení a jištění rozvaděče řídicí jednotky,
- tepelná ochrana připojených spotřebičů a zařízení,
- uzemnění VZT potrubí.

3.4.3 Ústřední topení (ÚT)

- montáž směšovacího uzlu ohříváče VZT jednotky a napojení na otopnou soustavu,
- trvalá distribuce otopné vody 70/50 °C.

3.4.4 Zdravotechnika (ZTI)

- odvod kondenzátu od výměníku ZZT vzduchotechnické jednotky ve strojovně VZT, včetně osazení sifonů a odvod kondenzátu do kanalizace.

4. PROTIHLUKOVÁ A PROTIOTŘESOVÁ OPATŘENÍ

Pro snížení nadměrného hluku od ventilátorů jsou použity buňkové tlumiče umístěné v přívodním a v odvodním potrubí. Vzduchovody jsou izolovány tepelně-hlukovou izolací od zdroje hluku až po regulační klapky daného průměru, $\lambda=0,033$, tloušťka 60 mm. Od regulačních klapek jsou použity hadice Sonoflex, které jsou vhodné pro použití z důvodu pružnosti, akustické pohltivosti a díky parotěsné vrstvě mají schopnost zabránění kondenzace vzdušné vlhkosti.

Jako protiotřesové opatření jsou jednotlivé vzduchotechnické trasy podloženy pryžovou tlumící gumou. Napojení vzduchotechnického potrubí

sání/výtlačku na VZT jednotku bude přes pružné tlumící manžety tak, aby se otřesy z jednotky nedostávaly dále do vzduchovodu.

5. NÁTĚRY A IZOLACE

V tomto objektu jsou potřeba tepelné/protihlukové izolace. Tato izolace bude použita ve strojovně VZT a na celé potrubní trase na sání/výtlačku v tloušťce 60 mm. Nátěry nejsou uvažovány.

6. PROTIPOŽÁRNÍ OPATŘENÍ

Rozvody potrubí procházející více požárními úseky jsou v každém prostupu osazeny požární klapkou se servopohonem. Osazené klapky jsou v provedení teplotní s automatickým spouštěním a signalizací. Spínač je napojen na rozvaděč ŘJ. Při detekci kouře kouřovým čidlem nebo radikálně zvyšující se teploty systém MaR vydá pokyn pro uzavření klapky. Jakmile se klapka uzavře, dojde k odpojení ventilátorů. Místo prostupu stěnou kolem trasy vzduchovodu daného požárního úseku je utěsněno požární ucpávkou z kamenné vlny, která je navržena pro velmi vysokou provozní teplotu, a natřeno požárním tmelem o dané specifikaci. Tyto prvky protipožární ochrany musí být odzkoušeny a certifikovány. Spojovací chodba s č.m. 001 je vyhodnocena jako jeden požární úsek. Z toho důvodu je potrubní trasa opatřena požární izolací s atestem. Potrubí procházející přes stropní konstrukci do prostoru bazénu jsou utěsněna požární ucpávkou, zatmelena.

7. MONTÁŽ, PROVOZ, ÚDRŽBA A OBSLUHA ZAŘÍZENÍ

Montáž zařízení VZT jednotky je detailně popsána zpracovatelskou firmou. Zařízení smí obsluhovat pouze osoba, která byla řádně proškolená a informována o všech náležitostech týkajících se ovládání VZT jednotky a jejího fungování.

Servisní intervaly jsou stanoveny na každých 6 měsíců. Pokud po tuto dobu bude systémem signalizován jakýkoliv problém s VZT jednotkou, je povinností zaškolené obsluhy kontaktovat příslušné servisní oddělení a podle závažnosti servisní termín upravit.

9. SPECIFIKACE PRVKŮ

	VÝROBCE	POPIS	Ks	Jednotka
1.01	REMAK	Bazénová odvlhčovací jednotka s autonomním systémem MaR,	1	ks
		Vnitřní provedení, rámová konstrukce		
		opláštění s izolací z minerální nehořlavé vaty tl. 50 mm, snáší vysoké bodové zatížení (včetně chůze).		
		Vývody na čele a z horní strany jednotky, opláštění zhotoveno z dvojitých sendvičových panelů,		
		jednootáčkové motory řízeny frekvenčními měniči, radiální ventilátory s volnými oběžnými koly,		
		vodní ohřivač, jednostupňová filtrace M5/ISO Coarse 80 % na přívodu a na odvodu, deskový výměník ZZT, směšování, cirkulační komora		
		včetně čidel, prostorového čidla T+RH v bazénové hale, servopohonů, převodníku snímání průtoku vzduchu,		
		snímačů tlakové diference, tlumících vložek, sifonů, ochranných termistorů, hadiček pro snímání tlaku, servisních vypínačů.		
		externí potrubní filtrační komora s filtrem M5		
		Jednotka obsahuje okruh tepelného čerpadla s kondenzátory v odpadním a přívodním vzduchu a výparníkem v odvodním vzduchu před ZZT,		
		kompresor s plynulou regulací výkonu 0 až 100 %, sběrač chladiva (chladivo R407C).		
		Autonomní systém MaR pro optimalizaci chodu jednotky na základě aktuálního stavu interního mikroklimatu.		
		Software interní regulace musí zajistit optimalizaci chodu bazénové jednotky nejen nastavením		
		ročního období, ale přímo v reálném čase optimálním nastavením všech vnitřních prvků jednotky včetně řízení výkonu TČ.		
		Jednotka je vybavena obtokem čerstvého a odpadního vzduchu pro zajištění pokrytí tepelné zátěže		
		– kompletní zajištění odvodu kondenzačního tepla TČ v letním období, odvlhčení		
		a chlazení jednotky nesmí tvořit zdroj tepla do vnitřního prostoru haly, součástí okruhu sady		
		kondenzátorů musí být řízené přepouštění kondenzačního tepla mezi třemi kondenzátory.		
		Jednotka umožňuje třístupňovou rekuperaci tepla a plynulý výkon TČ.		
		Součástí jednotky jsou výměník pro dohřev bazénové vody, kondenzátor pro ohřev přiváděného vzduchu,		
		kondenzátor pro odvod kondenzačního tepla ve vzduchovém bypasse odváděného vzduchu.		
		Jednotka je vybavena technologií pro řízené přepouštění kondenzačního tepla v okruhu TČ.		
		Součástí dodávky je rozvaděč MaR navíc s možností napojení spínačů požárních klapek a čerpadla pro ohřev bazénové vody		
		Monitoring a vzdálená správa pomocí webového rozhraní, možnost připojení do centrálního systému		
		Všechny technické parametry-viz tabulka "Přehled výkonů po zařazeních"; Standard zařízení je popsán v technické zprávě profese VZT.		
		Viz výkres číslo: PŮDORYS 1.PP		
1.02		Protidešťová žaluzie 1200x630 mm, pozink., vč. síta a rámu	2	ks

		Viz výkres číslo: PŮDORYS 1.PP		
1.03	GREIF	Tlumič hluku buňkový hygienický 200 x 500 x 1500 včetně děrovaného plechu	16	ks
		Viz výkres číslo: PŮDORYS 1.PP, 1NP		
1.04	GREIF	Tlumič hluku buňkový hygienický 200 x 500 x 1000 včetně děrovaného plechu	45	ks
		Viz výkres číslo: PŮDORYS 1.PP		
1.05	ELEKTRODESIGN	Vířivá vyústka čtvercová čelní deska, odvodní, nastavitelné lamely, horizontální připojení, regulační klapka v nástavci	10	ks
		600 x 40, včetně připojovací krabice, poplastované provedení krabice i vyústky		
		Viz výkres číslo: PŮDORYS 1.NP		
1.06	SYSTEMAIR	Vyústka obdélníková přívodní 2 – řadá 1000 x 200, komfortní, regulace R3, poplastované provedení	12	ks
		Viz výkres číslo: PŮDORYS 1.NP		
1.07	SYSTEMAIR	Lineární vyúst nastavitelná, 3 štěrbiny, délka 1000 mm	24	ks
		s nastavitelným proudem vzduchu		
		včetně koncovek a příslušenství pro montáž do nástavce na potrubí, poplastované provedení		
		Viz výkres číslo: PŮDORYS 1.NP		
1.08	MANDÍK	Regulační klapka těsná 500 x 400, ovl. Ruční	2	ks
		Viz výkres číslo: PŮDORYS 1.PP		
1.09	MANDÍK	Regulační klapka těsná 300 x 200 atyp. rozměr, ovl. Ruční	5	ks
		Viz výkres číslo: PŮDORYS 1.PP		
1.10	MVT	Regulační klapka těsná T-kusová d = 250, ovl. ruční, D+M	21	ks
		Viz výkres číslo: PŮDORYS 1.PP, PŮDORYS 1.NP		
1.11	ELEKTRODESIGN	Ohebná hadice zvukově izolační zpevněná d = 254 hygienická, mikrobiálně ošetřená, minerální vata tl. 25 mm, vnitřní ohebná hadice	100	bm
		Viz výkres číslo: PŮDORYS 1.PP, PŮDORYS 1.NP		
1.12	MVT	Čtyřhranné ocel. potrubí sk. I třídy těsnosti C	650	m
		Viz výkres číslo: PŮDORYS 1.PP, PŮDORYS 1.NP		
1.13	LINDAB	Kruhové ocel. potrubí sk. I třídy těsnosti C	18	
		Viz výkres číslo: PŮDORYS 1.PP, PŮDORYS 1.NP		
1.14	ISOVER	Tvrzená, nenasáková protihluková izolace tl. 60 mm – iz. deskami nebo pásy	670	bm
		s Al. polepem příp. na trny, přelepení spojů Al. páskou		
		Viz výkres číslo: PŮDORYS 1.PP, PŮDORYS 1.NP		
1.15		Protipožární izolace s atestem – odolnost 30 minut, včetně provedení protipožárních ucpávek	60	bm
		Viz výkres číslo: PŮDORYS 1.PP		
1.16		Poplastovaná krycí mřížka atyp. rozměr 1250x400, včetně rámu pro osazení do zdi	12	ks
		Viz výkres číslo: PŮDORYS 1.NP		
1.17		Poplastovaná krycí mřížka atyp. rozměr 1250x250, včetně rámu pro osazení do zdi	24	ks
		Viz výkres číslo: PŮDORYS 1.NP		
1.18		Protipožární klapka, servopohon Bellimo	1	ks
		Viz výkres číslo: PŮDORYS 1.PP		

Tab. 22 Výpis a specifikace prvků

10. ZÁVĚR

System teplovzdušného větrání a klimatizace v řešených prostorách, tj. v bazénové hale, je navržen tak, aby splňoval závazné požadavky kladené na interní mikroklima, hygienické požadavky, pohodu prostředí a pocitový komfort uživatele. Při řešení byl zohledněn charakter objektu, požadavky kladené investorem včetně maximální hospodárnosti provozu.

Navržená bazénová vzduchotechnická jednotka zajišťuje celoroční splnění požadavků na komfortní vnitřní mikroklima řešeného funkčního celku – bazénové haly.

11. POUŽITÉ ZDROJE

- [1] MULTI VAC. Nová generace podstropních rekuperačních jednotek. Tzbinfo [online]. 2016 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/14155-nova-generace-podstropnich-rekuperacnich-jednotek>
- [2] Větrání a klimatizace malých provozoven (II). ČVUT – FAKULTA STROJNÍ. Tzbinfo [online]. Praha, 2007 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/teorie-a-vypocty-vetrani-klimatizace/4548-vetrani-a-klimatizace-malych-provozoven-ii>
- [3] Bazénové jednotky druhé generace s přesnou regulací teploty a vlhkosti. REMAK. Tzbinfo [online]. Rožnov pod Radhoštěm: REMAK, 2013 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/10585-bazenove-jednotky-druhe-generace-s-presnou-regulaci-teploty-a-vlhkosti>
- [4] Hygienické provedení klimatizační jednotky PremiAir (II). JANKA RADOTÍN. Tzbinfo [online]. 2019 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/prumyslova-vzduchotechnika/18495-hygienicke-provedeni-klimatizacni-jednotky-premiair-ii>
- [5] Moderní rotační výměníky tepla. KASTT. Tzbinfo [online]. 2017 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/15795-moderni-rotacni-vymeniky-tepla>
- [6] Zpětné získávání tepla objektů. ATREA. Tzbinfo [online]. 2010 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/6325-zpetne-ziskavani-tepla-a-vetrani-objektu>
- [7] Sestavné vzduchotechnické jednotky AeroMaster XP. REMAK [online]. Rožnov pod Radhoštěm, 2019 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.remak.eu/cs/produkt/aeromaster-xp>
- [8] Filtrace ve VZT jednotkách pro nucené větrání rodinných domů II. Tzbinfo [online]. ČVUT – Fakulta strojní, ústav techniky prostředí, 2016 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-rodinnych-domu/14359-filtrace-ve-vzt-jednotkach-pro-nucene-vetrani-rodinnych-domu-ii>
- [9] Sestavné vzduchotechnické jednotky AeroMaster Cirrus [online]. REMAK. Rožnov pod Radhoštěm, 2019 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.remak.eu/cs/produkt/aeromaster-cirrus>
- [10] Prvky větracích a klimatizačních zařízení (I) – 1. část Tzbinfo [online]. Praha: ČVUT – Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vzduchotechnicka-zarizeni/3733-prvky-vetracich-a-klimatizacnich-zarizeni-i-1-cast>

- [11] Směšovací komory [online]. 4heat. Brno [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://4heat.cz/produkt/smesovaci-komory/>
- [12] STĚNOVÁ VYÚSTKA SVM [online]. MANDÍK. Hostomice, 2016 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: http://www.mandik.cz/getattachment/4465fbc5-7b39-4bfb-9c7c-2ec12bd8612f/016_01_cz_SVM.aspx
- [13] PROTIDEŠŤOVÁ ŽALUZIE PDZM [online]. MANDÍK. Hostomice, 2018 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: http://www.mandik.cz/getattachment/7a1482c3-34bc-472c-b59e-0000398e5364/079_10_cz_PDZM.aspx
- [14] Vířivý anemostat VRF A 600x48 [online]. ELEKTRODESIGN. 2009 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/dfr-a-600x48-s-virivy-anemostat>
- [15] Buňkové tlumiče hluku GE [online]. Greif-akustika. 2013 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <http://www.greif.cz/vyrobky/tlumice-hluku.html?detail=1#sekce124>
- [16] Praktický návrh bazénové odvlhčovací jednotky KLMV – větrací. In: Tzbinfo [online]- Praha: JANKA Radotín, 2012 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/prumyslova-vzduchotechnika/8522-prakticky-navrh-bazenove-odvlhcovaci-jednotky-klmv-vetraci>
- [17] Návrh a dimenzování VZT pro bazény (I). In: Tzbinfo [online]. 2007 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/teorie-a-vypocty-vetrani-klimatizace/4218-navrh-a-dimenzovani-vzt-pro-bazeny-i>

Další použité zdroje

- Zpětné získávání tepla ve větrání a klimatizaci (I). In: Tzbinfo [online]. ČVUT – Fakulta strojní, 2006 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/3648-zpetne-ziskavani-tepla-ve-vetrani-a-klimatizaci-i>
- Model řízení vzduchotechnické jednotky. In: Tzbinfo [online]. 2013 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/regulace-vetrani-klimatizace/9796-model-rizeni-vzduchotechnicke-jednotky>
- Bazénové klimatizační jednotky s tepelným čerpadlem a rekuperací – typ RT. In: Tzbinfo [online]. CIC Jan HŘEBEC, 2015 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/116597-bazenove-klimatizacni-jednotky-s-tepelnym-cerpadlem-a-rekuperaci-tyt-rt>
- Větrací jednotky – rekuperace tepla, optimalizace vlhkosti. In: Tzbinfo [online]. Zehnder Group Czech Republic, 2013 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/10635-rizene-vetrani-s-rekuperaci-tepla-pro-rodinne-domy-a-byty-ii>
- Základní zásady protimrazové ochrany vzduchotechnických jednotek Remak. REMAK [online]. Rožnov pod Radhoštěm: REMAK, 2020 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z:

z: <https://www.remak.eu/cs/zakladni-zasady-protimrazove-ochrany-vzduchotechnickych-jednotek-remak>

Zpětné získávání tepla a větrání objektů. In: Tzbinfo [online]. ATREA, 2010 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/6325-zpetne-ziskavani-tepla-a-vetrani-objektu>

Chladivový systém pro přímý ohřev a chlazení ve vzduchotechnice – základní zásady návrhu. In: Tzbinfo [online]. Pardubice: M-Tech, 2015 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/12755-chladivovy-system-pro-primy-ohrev-a-chlazení-ve-vzduchotechnice-zakladni-zasady-navrhu>

Bazénové jednotky druhé generace s přesnou regulací teploty a vlhkosti. In: Tzbinfo [online]. Rožnov pod Radhoštěm: REMAK,2013 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z:<https://vetrani.tzb-info.cz/10585-bazenove-jednotky-druhe-generace-s-presnou-regulaci-teploty-a-vlhkosti>

Větrání a klimatizace – technický průvodce. CHYSKÝ Jaroslav, HEMZAL Karel a kolektiv. Praha: BOLIT – B press Brno 1993. ISBN 80-901574-0-8.

VYBRANÉ STATĚ Z VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE. Drkal František, Zmrhal Vladimír. Praha: Česká technika,2018. ISBN 978-80-01-06458-0.

12. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ

Zkratky

VZT	- vzduchotechnický/vzduchotechnická
TČ	- tepelné čerpadlo
ZZT	- zpětné získávání tepla
MaR	- měření a regulace
tl.	- tloušťka
Al	- aluminiový/aluminiová

Fyzikální veličiny

A	- pohltivá plocha místnosti [m^2]
A_k	- plocha konstrukce [m^2]
b_u	- součinitel redukce teploty [-]
β	- součinitel přenosu hmoty [m/h]
d	- průměr kruhového potrubí [m]
D	- přirozený útlum [-]
e_k	- stínící součinitel [-]
E	- vřazený odpor [-]
f_{ij}	- součinitel redukce teploty zohledňující rozdíl mezi teplotou přilehlého prostoru a venkovní teplotou [-]
f	- frekvence [Hz]
H_T	- měrná tepelná ztráta [W/K]
K	- korekce na počet vyústek [-]
L	- hladina akustického výkonu [dB] - hladina akustického tlaku [dB]
m_w	- množství odpařené vody [kg/h]
$P''_{v(tw)}$	- tlak syté páry při teplotě vzduchu rovné teplotě vody [Pa]
$P_v(t_i)$	- tlak páry při teplotě vnitřního vzduchu [Pa]
Q	- směrový činitel [-]
R	- tepelný odpor konstrukce [$m^2 \cdot K/W$]
R_T	- odpor konstrukce při prostupu tepla [$m^2 \cdot K/W$]
R_s	- tepelný odpor z vnitřní strany [$m^2 \cdot K/W$]
R_{se}	- tepelný odpor z vnější strany [$m^2 \cdot K/W$]
R_v	- plynová konstanta pro vodní páru [J/kg·K]
R	- vzdálenost akustického zdroje [m]
Φ	- relativní vlhkost [%]
ϕ_T	- návrhová ztráta prostupem [W]
P	- hustota vzduchu [kg/m^3]
R_H	- relativní vlhkost [%]
S	- průtočná plocha [m^2]
S_{hl}	- plocha volné hladiny [m^2]
T	- teplota [$^{\circ}C$]

T	- aritmetický průměr hodnoty teploty vnitřního vzduchu a vody [°C]
U	- součinitel prostupu tepla [W/m ² *K]
U _{pož}	- požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla [W/m ² *K]
U _k	- součinitel prostupu tepla konstrukce [W/m ² *K]
ΔU	- ekvivalentní součinitel prostupu tepla [W/m ² *K]
V	- množství vzduchu [m ³ /h]
x _i	- tzv. hranice dusna (tato hodnota by neměla být překročena) [g/kg]
x _p	- vlhkost čerstvého vzduchu [g/kg]

13. SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

Seznam obrázků

Obr. 1	Interiérové jednotky umístěné ve strojovně VZT.....	15
Obr. 2	Exteriérová VZT jednotka.....	16
Obr. 3	Sestavná VZT jednotka.....	17
Obr. 4	Skříňová/ bloková VZT jednotka.....	18
Obr. 5	VZT zařízení se sáním/výtlačem na vrchním plášti.....	19
Obr. 6	Podstropní VZT jednotka.....	20
Obr. 7	Schéma ústřední VZT jednotky.....	21
Obr. 8	Znázornění zónového vzduchového systému.....	22
Obr. 9	Schéma bazénové VZT jednotky.....	23
Obr. 10	Řez VZT jednotky v hygienickém provedení.....	23
Obr. 11	Regenerační rotační výměník.....	25
Obr. 12	Deskový rekuperační výměník.....	25
Obr. 13	Proplétaný vložkový filtr.....	27
Obr. 14	Rámečkový filtr.....	27
Obr. 15	Kapsový filtr.....	28
Obr. 16	Kompaktní filtr.....	28
Obr. 17	Tukový filtr.....	29
Obr. 18	Komora elektrického ohřívače.....	29
Obr. 19	Komora vodního ohřívače.....	30
Obr. 20	Plynový ohřívač.....	30
Obr. 21	Schéma zapojení okruhu tepelného čerpadla s více kompresory.....	32
Obr. 22	Radiální ventilátor se spirální skříňí.....	33
Obr. 23	Axiální ventilátor.....	33
Obr. 24	Diagonální ventilátor.....	34
Obr. 25	Diametrální ventilátor.....	34
Obr. 26	Směšovací komora.....	36
Obr. 27	Vstupní a výstupní klapky.....	36
Obr. 28	Absorbční tlumič hluku.....	37
Obr. 29	Rozdělení objektu na funkční celky – 1. PP.....	39
Obr. 30	Rozdělení na funkční celky – 1. NP.....	40
Obr. 31	Skladby konstrukcí bazénové haly.....	45
Obr. 32	Zadání výchozích parametrů pro výpočet vodních zisků.....	50
Obr. 33	Výpočet vodních zisků.....	51
Obr. 34	Rozdělení VZT trasy na jednotlivé úseky – 1. PP.....	55
Obr. 35	1.NP – Rozdělení VZT trasy na jednotlivé úseky – 1. NP.....	56
Obr. 36	Proudění vzduchu v prostoru bazénu.....	57
Obr. 37	Čelní pohled na vyústku se zabudovanou regulací průtoku a nastavitelnými lamelami.....	58
Obr. 38	Protidešťová žaluzie s rámečkem.....	59
Obr. 39	Pohled na čelní desku.....	59
Obr. 40	Obrysově schéma vyústky.....	60
Obr. 41	Provozní režim v letním období.....	61

Obr. 42 Provozní režim v zimním období	61
Obr. 43 Parametry VZT jednotky.....	62
Obr. 44 Řez a náhled na VZT jednotku.....	63
Obr. 45 Možnosti uspořádání buněk ve VZT potrubí	67
Obr. 46 Rozměr a uspořádání buněk v tlumiči (odvod – sání).....	67
Obr. 47 Zimní období – sání vzduchu z exteriéru v prostoru strojovny	76
Obr. 48 Zimní období – sání vzduchu z prostoru bazénu, prostor strojovny	77
Obr. 49 Schéma – cirkulační režim	88
Obr. 50 Schéma – režim odvlhčování.....	88
Obr. 51 Schéma – režim při zvýšené vlhkosti.....	89
Obr. 52 Schéma – letní provoz	90
Obr. 53 Funkční schéma bazénové VZT jednotky.....	94

Seznam tabulek

Tab. 1 Okrajové podmínky exteriéru.....	40
Tab. 2 Bazénová hala – požadavky na vnitřní prostředí	40
Tab. 3 Tabulka s návrhovými teplotami v jednotlivých místnostích	41
Tab. 4 Skladba a výpočet součinitele prostupu tepla obvodové stěny bazénové haly	42
Tab. 5 Skladba a výpočet součinitele prostupu tepla nosné zdi z prostoru bazénu do prostoru tělocvičny	42
Tab. 6 Skladba a výpočet součinitele prostupu tepla nosné zdi z prostoru bazénu do prostoru koupelen	43
Tab. 7 Skladba a výpočet součinitele prostupu tepla podlahy v bazénové hale	43
Tab. 8 Skladba a výpočet součinitele prostupu tepla podlahy bazénové haly	44
Tab. 9 Skladba a výpočet součinitele prostupu tepla konstrukce nad bazénem	44
Tab. 10 Výpočet tepelných ztrát prostupem	46
Tab. 11 Tabulka dimenzování potrubních rozvodů	53
Tab. 12 Tabulka dimenzování potrubních rozvodů.....	54
Tab. 13 Tabulka použité vířivé vyústky - vyznačený typ a parametry	60
Tab. 14 Tabulka s akustickými parametry (trasa odvod – sání).....	68
Tab. 15 Návrh buňkového tlumiče hluku (trasa odvod – sání)	69
Tab. 16 Tabulka s akustickými parametry (trasa přívod – výtlač).....	70
Tab. 17 Návrh buňkového tlumiče hluku (trasa přívod – výtlač)	71
Tab. 18 Tabulka s akustickými parametry (odvod – výtlač).....	72
Tab. 19 Návrh buňkového tlumiče hluku (trasa odvod – výtlač)	73
Tab. 20 Tabulka s akustickými parametry (přívod – sání).....	74
Tab. 21 Návrh buňkového tlumiče hluku (trasa přívod – sání)	75
Tab. 22 Výpis a specifikace prvků	96

Seznam grafů

Graf 1 Průběh tepelné zátěže.....	49
Graf 2 Průběh vnitřní a venkovní teploty.....	49
Graf 3 Graf pro určení tlakové ztráty vyústek s regulací R3.....	58
Graf 4 Grafické zobrazení tlakové ztráty protidešťové žaluzie daného rozměru.....	59
Graf 5 Grafické zobrazení tlakové ztráty protidešťové žaluzie daného rozměru.....	60
Graf 6 Charakteristika ventilátorů	64
Graf 7 Diagram úpravy vzduchu v zimním období.....	65
Graf 8 Diagram úpravy vzduchu v letním období.....	66

14. SEZNAM PŘÍLOH

D.1.1 Půdorys 1.PP

D.1.2 Půdorys 1.NP

D.1.3 Řezy