

Společnost pro techniku prostředí

ve spolupráci

s ČVUT v Praze, Fakultou strojní, Ústavem techniky prostředí

Program celoživotního vzdělávání: kurz **Klimatizace a Větrání 2017**

Sylabus přednášky 5.7

Optimalizace energetického hospodářství TZB

(Téma je součástí předmětu č. 5: Související profese, energie)

Ing. Karel Matějček

1 Úvod.

Spotřeba energií pro **technická zařízení budov (TZB)** tvoří podstatnou část nákladů na výstavbu a provoz objektů. V blízké i daleké budoucnosti není naděje na snížení cen dostupných energií a navíc budou postupně jednotlivé zdroje energií, které používáme v běžném životě, vyčerpány. U zařízení, realizovaných v minulém století **před rokem 1973** (před ropnou krizí), **se všeobecně předpokládalo, že energetické zásoby v průmyslových zemích jsou téměř nevyčerpatelné.** Po roce 1973, kdy cena jednoho barelu ropy (158,8 litrů) stoupla z 2,83 USD za necelý jeden rok na čtyřnásobek a v roce 1980 se prodávala již za 36,15 USD (současná cena květen 2014 je cca 110 USD/barel ropy Brent), si i ve vyspělých zemích začali uvědomovat, jak je důležité energie využívat hospodárně. Dále se začalo přihlížet i k ekologickým škodám, způsobených klasickou energetikou. To vyvolalo celosvětově tlak na snižování energetické náročnosti všech zařízení, včetně **nutnosti optimalizovat energetické hospodářství TZB.** To znamená **stanovení optimální velikosti nákladů na TZB při realizaci objektu, vzhledem k úspoře energií při jeho provozování v době jeho životnosti.** Některé technologie jsou již propracovány tak daleko, že vznikají stavby se zanedbatelnou spotřebou energie. Ale realizace takového objektu je často velice energeticky náročná (spotřeba tzv. šedé energie), vzhledem k použitým materiálům a náročnosti stavby. Optimalizovat energetické hospodářství TZB znamená, dát tyto dvě hlediska do optimálního poměru. Jedna z hlavních částí TZB jsou vzduchotechnická zařízení (VZT), kterým budeme věnovat největší pozornost.

2 Vliv koncepce stavby na snížení nákladů při provozu a údržbě zařízení a možnost využívání vnitřních energetických zdrojů.

Již od začátku projektování na úrovni záměru nebo studie stavby, musí být stanovena základní kritéria pro možnost zajištění optimalizace energetického hospodářství TZB. To vyžaduje, aby již v této fázi na projektu pracoval i specialista pro profese TZB. Značný vliv na spotřebu energií při provozu objektu má mimo jiné orientace objektu vůči světovým stranám a okolnímu terénu, typ fasádního pláště a materiálu fasády, akumulární schopnost stavby, vliv převažujícího proudění směru větrů, umístění nasávacích a výdechových kanálů pro vzduchotechniku, dispoziční členění vnitřní prostor, atd.

2.1 Orientace objektu vůči světovým stranám

Z hlediska orientace objektu vůči světovým stranám má největší vliv energie z dopadajícího slunečního svitu. Tato energie má vzhledem k energetické náročnosti objektu jak negativní, tak pozitivní dopad.

2.1.1 Negativní dopad slunečního svitu.

Velké tepelné zisky na straně dopadajících slunečních paprsků. Pro zajištění požadovaného vnitřního mikroklima v letních měsících je velká spotřeba energie na chlazení. Proto je důležité členění vnitřních prostor dle požadovaných vnitřních zátěží a parametrů mikroklimatu, to jest požadavku na teplotu, vlhkost a množství přiváděného a z toho množství čerstvého vzduchu vzhledem k této orientaci. Je nutno realizovat i pasivní ochranu:

2.1.1.1 Zastínění prosklených ploch objektu – slunolamy, žaluzie, speciální zasklení, fólie.

Optimální je zastínění prosklených ploch objektu z venkovní strany objektu. Venkovní žaluzie účinně odstíní až 80% světelného záření od slunečního svitu. Při tom „se zahřejí“ a teplo je odvedeno do vnějšího prostředí. Vnitřní žaluzie jen malou část světla odrazí ven a teplo ze zahřátých žaluzií zůstává v objektu. Je ideální venkovní žaluzie ovládat automaticky dle slunečního svitu již při východu slunce.

2.1.1.2 Dispozice místností v objektu vůči světovým stranám.

Místnosti s vnitřními zdroji tepla (počítačové sály, místnosti s technologií, varna kuchyně stravovacích objektů, atd. ...) umísťovat na severní fasádu, do prostor bez oken, do suterénu,

2.1.2 Pozitivní dopad slunečního svitu.

Tyto tepelné zisky s vhodně volenými systémy pro vytápění a klimatizaci (zónování systémů) a vhodně volenou akumulací stavby, snižují spotřebu tepla na větrání a vytápění. Dále je možné přímé využití slunečního svitu nebo přeměna energie slunečního záření na jinou, přímo použitelnou formu. Zařízení, které toto zprostředkovává, lze obecně nazvat solárním systémem. Např. ohřev vody, ohřev větracího vzduchu, výroba elektrické energie.

2.2 Typ fasádního pláště a materiálu fasády.

Typ fasádního pláště a materiálu fasády má podstatný vliv na spotřeby energií pro vytápění a chlazení. Naopak, existují i typy fasád, např. větraný dvouplášť, kde pomocí fasády tepelnou energii získáváme tak, že venkovním vzduchem tuto fasádu chladíme (v přechodovém období). Tím se venkovní nasávaný vzduch přehřívá. Je samozřejmě nutno pomocí regulačních klapek zajistit, aby byla možnost tento přehřátý vzduch využívat nebo ne. Fasáda má např. funkci jednoho velkého slunečního kolektoru, atd.

2.3 Akumulační schopnost stavby.

Má vliv na velikost kolísání vnitřních teplot při změně tepelných zátěží nebo tepelných ztrát. Větší tepelná akumulace stavby většinou snižuje spotřebu chladu i tepla.

2.4 Převažující směr proudění větrů.

Buď jsou k dispozici stávající měření pro danou oblast, nebo před realizací větších komplexů je nutno je proměřit. Tato hodnota má určující vliv na umístění nasávacích a výdechových míst pro vzduchotechniku a odvětrání zdrojů škodlivin.

2.5 Umístění nasávacího a výdechového místa pro vzduchotechniku

Umístění nasávacího a výdechového místa pro vzduchotechniku má zásadní vliv na výslednou kvalitu vzduchu v klimatizovaných nebo větraných místnostech a ovlivňuje i náklady na provoz a údržbu vzduchotechnického zařízení. Při volbě tohoto místa je nutno přihlížet k převažujícímu směru proudění větrů a okolní zástavbě. Optimální umístění nasávacího místa je min. ve výši 3.patra objektu a v místě, kde je omezeno na minimum nebezpečí nasátí pachů a nečistot. Při volbě místa pro výdech odpadního vzduchu musíme dbát na to, aby vydechovaný odpadní vzduch „neobtěžoval“ okolní uživatele prostoru a aby nedocházelo ke zkratům s nasávaným vzduchem. V neposlední řadě musí umístění a vedení kanálů v objektu, pro nasávaný čerstvý a odpadní vydechovaný vzduch, umožnit zpětné získávání tepla a vlhkosti z odpadního vzduchu a navíc čerstvý nasávaný vzduch v zimním a přechodném období použít pro chlazení chladicí vody v rozvodech chladu.

Dále jsou uvedeny některé dopady nevhodného umístění nasávacího a výdechového místa pro vzduchotechniku:

2.5.1 Nasávací místo v blízkosti zdroje škodlivin z provozu budovy.

Je-li nasávací místo, kde ve směru převažujícího proudění směru větrů je výdechové místo vzduchotechniky, odvětrání WC, kuchyní a jiných pachů, škodlivin a prachových částic, sklad odpadu, např. popelnice, odvětrání kanalizačních stoupaček, apod.:

- Stížnosti uživatelů na zápach, nevolnost a bolesti hlavy.
- Nemožnost udržet vlastní zařízení a rozvody v hygienicky přijatelném stavu. Např. VZT zařízení pro zdravotnictví nebo jsou-li použity pračky vzduchu, je v tomto případě provozu neschopné.
- Nutná velmi častá výměna filtračních náplní.
- Podstatně větší spotřeba dezinfekčních prostředků (VZT pro zdravotnictví, pračky vzduchu).

2.5.2 Nasávací místo nízko nad úrovní terénu, u zatravněných nebo stromy a keři zarostlých míst.

- Nutná velmi častá výměna filtračních náplní.
- Nutný častý úklid nasávacího kanálu.
- Podstatně větší spotřeba dezinfekčních prostředků na dezinfekci zařízení a rozvodů.

2.6 Dispoziční členění vnitřních prostor

Jak již bylo dříve uvedeno, pokud to jde, je vhodné vnitřní členění objektu přizpůsobit orientaci objektu vůči světovým stranám. Místnosti s větší tepelnou zátěží situovat na severní stranu (např. varna kuchyně) a tam, kde není požadováno denní světlo do suterénních prostor. Dále je vhodné kumulovat prostory s jedním typem provozu do jednoho místa. To umožní použít jedno větší zařízení místo několika malých, vyplatí se zónování zařízení a zpětné využívání tepla a vlhkosti z odpadního vzduchu.

3 Druhy vzduchotechnických systémů rozvodu tepla a chladu a provozu zařízení z hlediska energetické optimalizace a možnosti využití vnitřních i vnějších energetických zdrojů.

Hlavním kritériem při návrhu, realizaci a provozu VZT, je zajištění požadovaných parametrů mikroklimatu prostředí, tj. teploty, vlhkosti, obsahu CO₂, hluku a rychlosti proudění, s garancí množství požadovaného čerstvého vzduchu, pro lidi a pro technologii. Přitom je požadováno, aby byly minimalizovány požadavky na zdroje tepla a chladu. Pro minimalizaci odběru tepla je možné využívat zpětné získávání tepla od vnitřních tepelných zátěží, od oslunění, lidí a technologie. Pro minimalizaci odběru chladu je možné využít taktéž zpětné získávání chladu nebo adiabatické chlazení v chladících věžích nebo přímo ve sprechových pračkách vzduchu, v kombinaci se směřováním s čerstvým vzduchem. Obecně jsou pro energetické úspory u vzduchotechnických zařízeních nejčastěji používány tyto systémy:

- Rotační regenerační výměníky tepla s přenosem entalpie – teplo/chlad/vlhkost.
- Deskové rekuperační výměníky – teplo/chlad v provedení křížové nebo protiproudé
- Rekuperační trubice horizontální – teplo/chlad (vertikální – jen teplo).
- Směšování čerstvého a ohřátého odtahovaného vzduchu – teplo/chlad/vlhkost.
- Tepelné smyčky – teplo/chlad (např. Free Cooling).
- Adiabatické chlazení s vlhčením ve sprechových pračkách vzduchu – chlad/vlhkost.

V mnoha případech se uvedené systémy navzájem kombinují a doplňují. Např. centrální úprava vzduchu s rotačními regeneračními výměníky s přenosem entalpie zajistí jen první část úpravy vzduchu, následuje ekonomické směšování. Přebytek energie z provozu objektu je možné využívat i netradičně. Např. v České televizi Praha se odpadním teplem, které vzniká při výrobě chladu a při výrobě stlačeného vzduchu, ohřívá teplá voda pro Plavecký stadion v Praze Podolí. Vzduchotechnická zařízení v objektu mohou být rozmístěna decentralizovaně, to znamená, vždy poblíž každého prostoru jedno až dvě samostatná vzduchotechnická zařízení pro daný prostor nebo centralizovaně. Z hlediska optimalizace využití energií je výhodnější koncepce velkých centrálních strojoven. Pokud je v takovém případě ve strojovně více jak 2 až 3 zařízení, je vhodné pro tuto strojovnu zrealizovat centrální úpravu vzduchu. Sice přibude jedno zařízení navíc, ale je ekonomické nainstalovat do systému centrální úpravy vzduchu systémy pro zpětné získávání tepla (regenerace, rekuperace) a zjednodušit požadavky na měření a regulaci u všech ostatních zařízení ve strojovně.

3.1 VZT zařízení pro filtraci vzduchu.

Druh filtrace a její stupeň volit jen takový, aby byly pokryty požadavky uživatelů. Čím vyšší stupeň filtrace, tím je větší energetická náročnost (větší tlaková ztráta) a většinou i nutnost četnější výměny filtrační náplně. Pokud je nutný vyšší stupeň filtrace, je vždy vhodné použít dva filtry za sebou – dvoustupňová filtrace. První filtr pro filtraci větších částic s nižším stupněm filtrace (např. 2“ „mastné“ sklo) a pak druhý stupeň filtrace na požadovanou filtraci (např. kapsové filtry). Po zanesení filtru (event. jednoho stupně filtrace) je vždy nutná kompletní výměna nebo regenerace celé filtrační náplně (tohoto stupně filtrace) a to i u odvinovacích filtrů – při dosažení úrovně tlakové ztráty zaneseného filtru se musí odvinout čistá filtrační tkanina na celou filtrační plochu. Z hlediska energetické náročnosti je vhodné volit filtry nebo filtrační náplně s co nejmenší tlakovou ztrátou a největší jímavosti prachových nebo pachových částic při stejném stupni filtrace. Dále je nutné optimalizovat výměnu filtrační náplně. Výrobci většinou uvádějí dobu nutnosti výměny filtrační náplně jako násobek nárůstu tlakové ztráty filtru v čistém stavu. Např. 2 násobek, event. 2,5 až 3 násobek tlakové ztráty filtru v čistém stavu – tuto hodnotu je nutno měřit a sledovat. Při osobní prohlídce pohledem se kontroluje čistota filtrační náplně na výstupní části vzduchu. Je-li filtrační náplň na straně výstupu vzduchu „špinavá“ od odlučovaných prachových částic, znamená to, že filtrační náplň je za hranici své jímavosti a prachové částice již filtrem procházejí dál do systému. Obecně platí, že čím je filtr více „zanesen“, tím má větší odlučivost – nanesené prachové částice tvoří filtr pro nově přichozí prachové částice. To ale platí do doby, než je filtr prachovými částicemi nasycen – výrobci tento stav udávají jako jímavost filtru. Pak již dochází k strhávání shluků prachových částic vzduchem dál do systému úpravy vzduchu.

3.2 VZT zařízení pro zpětné získávání tepla.

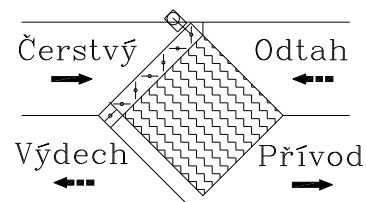
Zařízení pro zpětné získávání tepla může být instalováno jako součást jednotlivých VZT zařízení (klimajednotek), nebo jako součást zařízení pro centrální úpravu vzduchu. Z hlediska většího využití odpadního tepla je vhodnější toto zařízení instalovat v systémech centrální úpravy vzduchu, pro celou strojovnu s VZT s jednotkami. Je tak využito teplo i vlhkost z veškerého možného odpadního vzduchu a pro veškerý možný vzduch. Navíc u zařízení pro chlazení technologie je vhodné nasávat vzduch před rekuperátorem (je nevhodné přehřívát a přivlhčovat), ale odtahovaný vzduch přivádět do společného odtahu (teplo i vlhkost z adiabatického chlazení takového zařízení se využije k rekuperaci).

Dále se budeme věnovat dvěma nejčastěji používaným systémům:

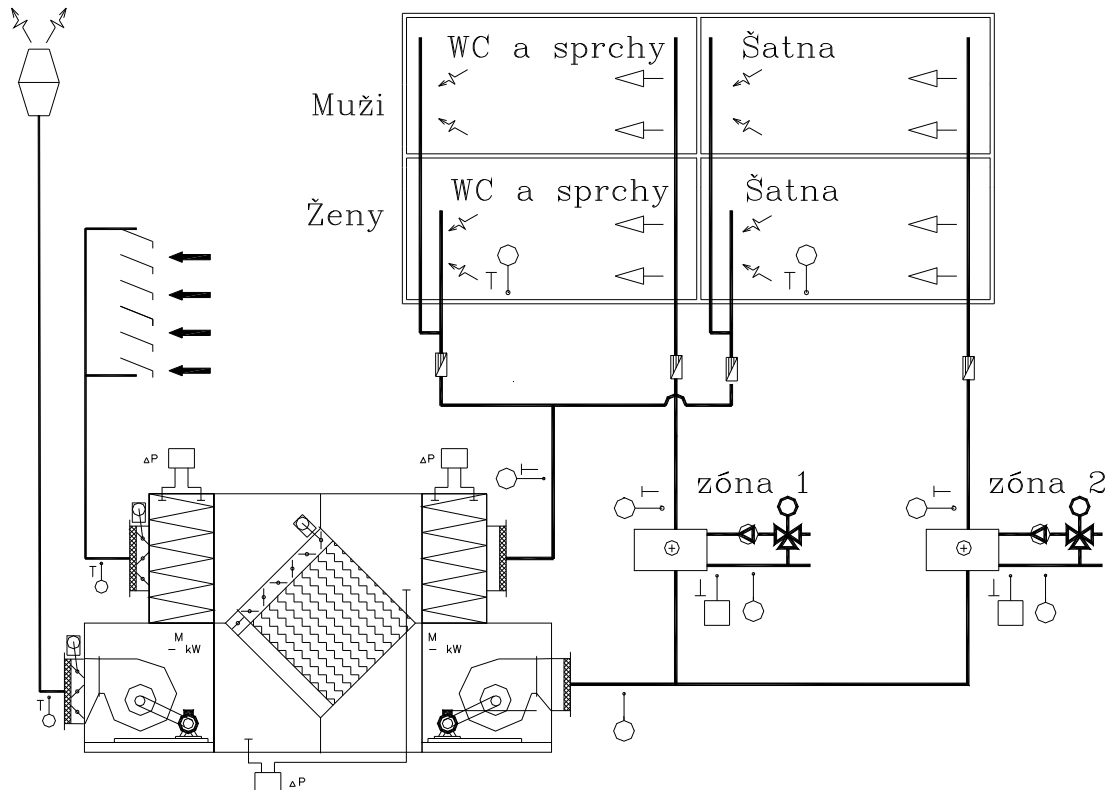
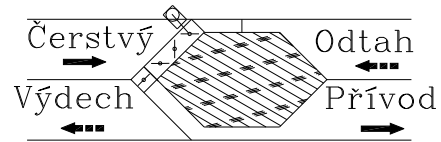
3.2.1 Deskové rekuperační výměníky vzduch – vzduch.

Používají se u jednodušších zařízení a v tom případě, kdy nesmí dojít k přimíchání odpadního vzduchu do čerstvého nasávaného vzduchu nebo kdy odpadní vzduch obsahuje značné procento škodlivin. U tohoto výměníku nedochází k předávání vlhkosti, dochází k předávání jen tepelné energie. Tyto výměníky musí být v každém případě dodány s ochozem na straně čerstvého vzduchu, s uzavírací regulační klapkou, která je spřažena s uzavírací regulační klapkou na straně přívodního čerstvého vzduchu do rekuperátoru. V některých obdobích nám zpětné získávání tepla vadí, např. v přechodném období můžeme chladit pomocí venkovního vzduchu a tím by tato možnost byla vyloučena. Navíc tento ochoz slouží v zimních měsících k možnosti odtání namrzlé vlhkosti v části výměníku, kterým proudí odtahovaný vlhký vzduch – za chodu zařízení v zimních měsících dochází na straně odtahového vzduchu ke kondenzaci a namrzání vzdušné vlhkosti na teplosměnnou plochu odtahu rekuperátoru. Deskové výměníky se prodávají ve dvou základních provedeních.

- Výhody - oddělený přívodní a odtahovaný vzduch mechanickou přepážkou
- Nevýhody – menší účinnost, ve většině případů není předávána vlhkost
- Deskové rekuperační výměníky s křížovým proudem



- Deskové rekuperační výměníky protiproudé
- větší účinnost



Obr. 3-1: Použití deskového křížového výměníku vzduch – vzduch pro větrání a vytápění šaten se sanitárním zázemím.

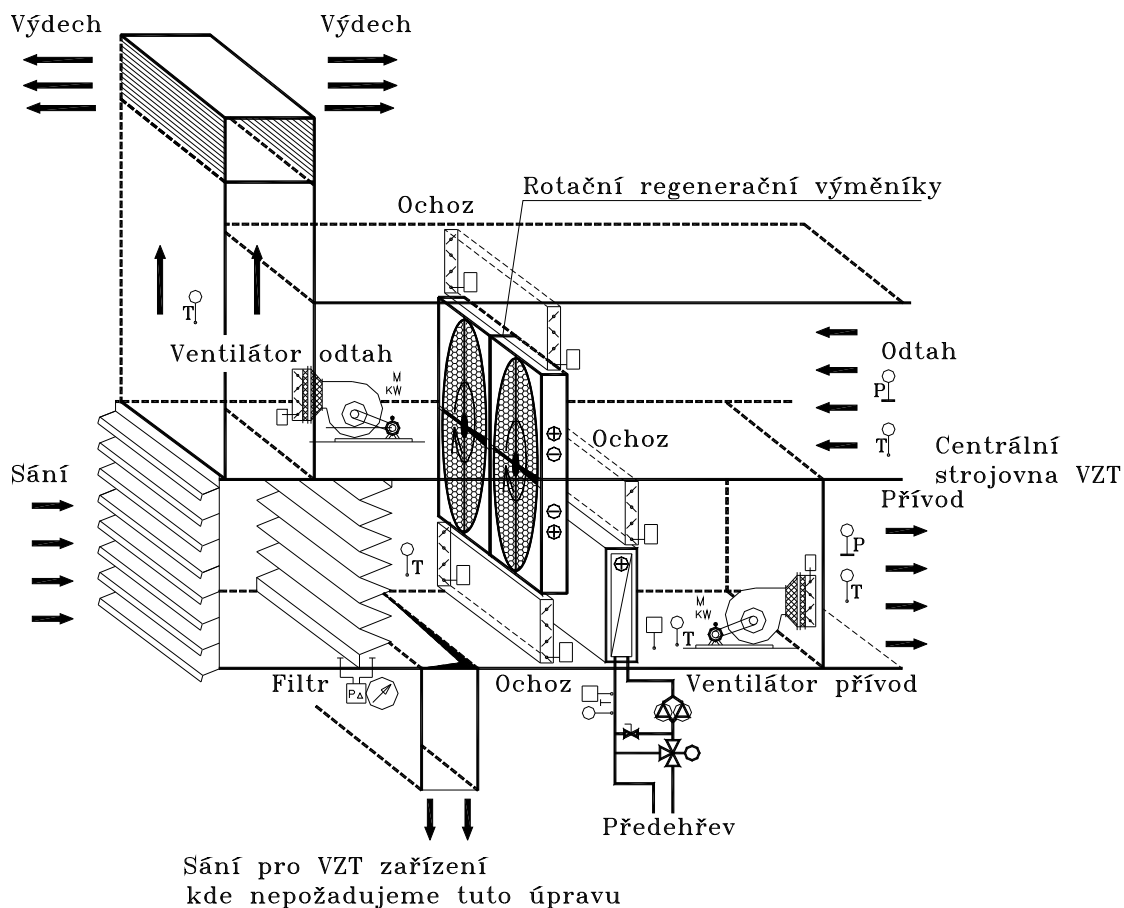
Pozn. Princip odmrazování rekuperátoru: Základní tlaková ztráta rekuperátoru v čistém stavu je např. 450 Pa. Při nárůstu tlakové ztráty vlivem námrazy na straně odtahovaného vzduchu o cca 100 Pa, se začne uzavírat proud přívodního čerstvého studeného vzduchu rekuperátorem a začne se otevírat ohoz čerstvého studeného vzduchu rekuperátoru. Odtahovaný teplý vzduch rekuperátor odmrazí. Tím se sníží tlaková ztráta na straně odtahovaného vzduchu, ohoz přívodního čerstvého vzduchu se uzavře a čerstvý vzduch proudí opět rekuperátorem. Druhá možnost je regulovat teplotu odtahovaného vzduchu za rekuperátorem otevřením obchozu čerstvého vzduchu na hodnotě např. 9°C (dle vstupní vlhkosti odtahovaného vzduchu). K namrzání nebude docházet, ale snižuje se tak celková účinnost rekuperace.

3.2.2 Rotační regenerační výměník

Tyto výměníky je nejvhodnější instalovat do zařízení pro centrální úpravu vzduchu. Pokud to je technicky možné, je v našem klimatickém pásmu ekonomicky výhodnější osadit rotační regenerační výměníky s přenosem entalpie. Tento požadavek je mnohdy dostačující na splnění požadované vlhkosti mikroklimatu v zimním období, bez nutnosti instalace zvlhčovacího zařízení do vlastních jednotek. V zimním období pomocí rotačních regeneračních výměníků (RRV) s přenosem entalpie předehříváme a vlhčíme nasávaný čerstvý vzduch odebráním tepla a vlhkosti z odtahovaného teplého a vlhkého vzduchu. V letním období předchlazujeme nasávaný venkovní teplý vzduch předáváním tepla chladnějšímu odtahovanému vzduchu z objektu. Dále je vhodné opatřit rotační výměníky na přívodní i odtahové straně

ochozy vzduchu s těsnými uzavíracími klapkami. Sníží se tak energetická náročnost ventilátorů v přechodném období.

Výhoda použití rotačních regeneračních výměníků není pouze v úspoře tepelné energie na ohřev a vlhčení vzduchu, ale když vezmeme v úvahu celkové vzduchové bilance za rok, dostaneme podstatně vyšší celkové množství přivedeného čerstvého vzduchu za rok do objektu, bez nárůstu spotřeby tepelné energie. Dle zkušeností s provozem VZT zařízení, vždy větší množství přiváděného čerstvého vzduchu do objektu znamená větší komfort mikroklimatu. V případě správně navrženého RRV v systému centrální úpravy vzduchu dochází během převážné části roku na vlastních klimajednotkách k regulaci teploty požadovaného přivodního vzduchu jen regulací směšovacími klapkami ve směšovací komoře s uzavřeným regulačním ventilem jak na straně ohřevu, tak chladiče (ekonomické směšování).



Obr. 3-2: Centrální úprava vzduchu s rotačními regeneračními výměníky.

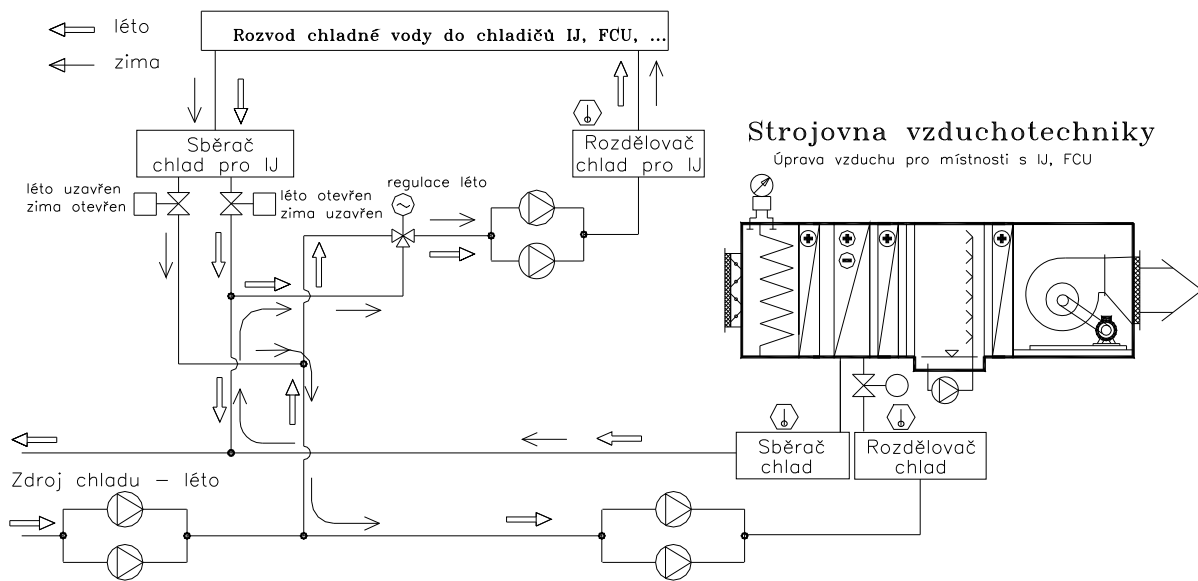
Základní parametry:

- Základní otáčky kola při max. výkonu cca 10 až 11 ot/min
- Požadovaná řídicí frekvence pro elektromotor pohonu kola při max. výkonu cca 80 až 120 Hz

3.2.3 Tepelné smyčky.

Tepelné smyčky využívají toho, že je přebytek jedné energie u jednoho systému a nedostatek energie u druhého systému. Využívají se většinou stávající okruhy, které se navíc propojí potrubními rozvody s uzavěry a někdy je nutno doosadit čerpadla. Pro příklad jsme zvolili tepelnou smyčku, pomocí které se v zimním a v přechodovém období vyrábí chladicí voda pro indukční jednotky, která tím předehřívá čerstvý primární vzduch pomocí VZT chladiče této jednotky. Chladicí voda se ochlazuje a tím předehřívá venkovní čerstvý vzduch pro tyto jednotky. Tato chladicí voda se následně ohřeje v indukčních jednotkách, instalovaných v klimatizovaném prostoru a tím odvede tepelnou zátěž těchto prostorů. Do venkovní teploty

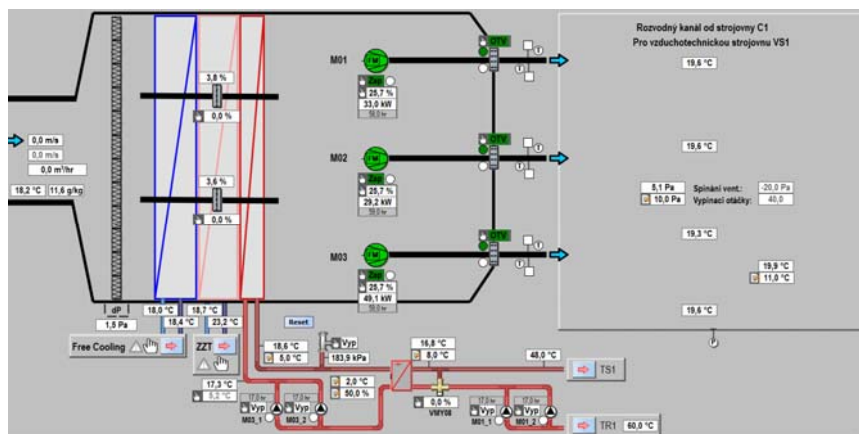
12 až 15 °C (dle intenzity slunečního svitu), není nutno spouštět centrální výrobu chladu pro objekt.



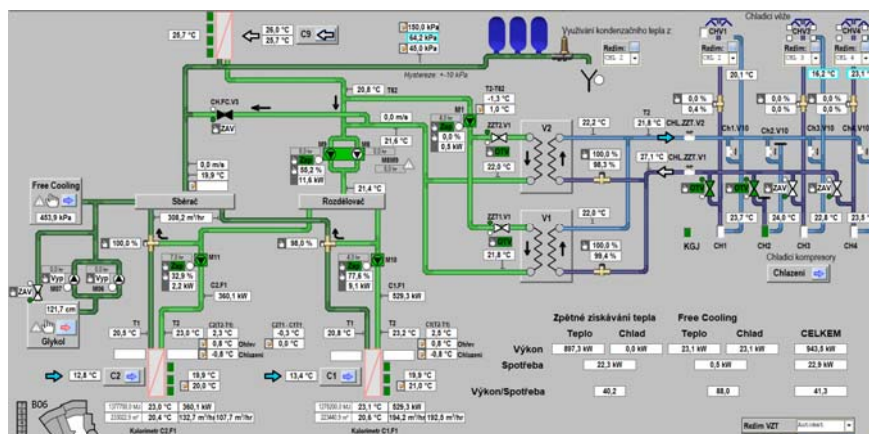
Obr. 3-3: Tepelná smyčka - systém VTK s indukčními jednotkami (IJ), FCU

Pozn. Podobně můžou pracovat např. i systémy s jednotkami FAN-COIL s přívodem čerstvého vzduchu VZT jednotkou do téhož prostoru.

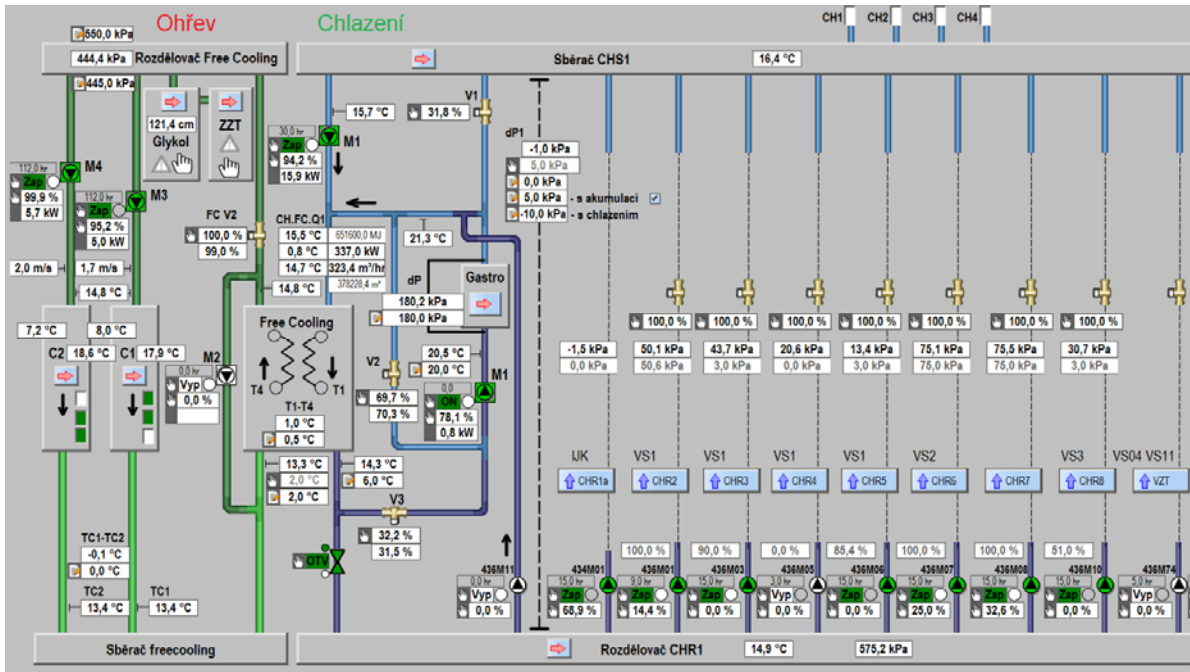
Využití tepelných smyček v objektu Kongresového centra Praha



Obr. 3-4: Instalace výměníků ve strojovně pro centrální úpravu vzduchu pro Free Cooling, ZTT a předehřev



Obr. 3-5: Zpětné získávání tepla kombinované s využitím kondenzačního tepla ze strojího chlazení pro ohřev vzduchu centrální úpravy vzduchu

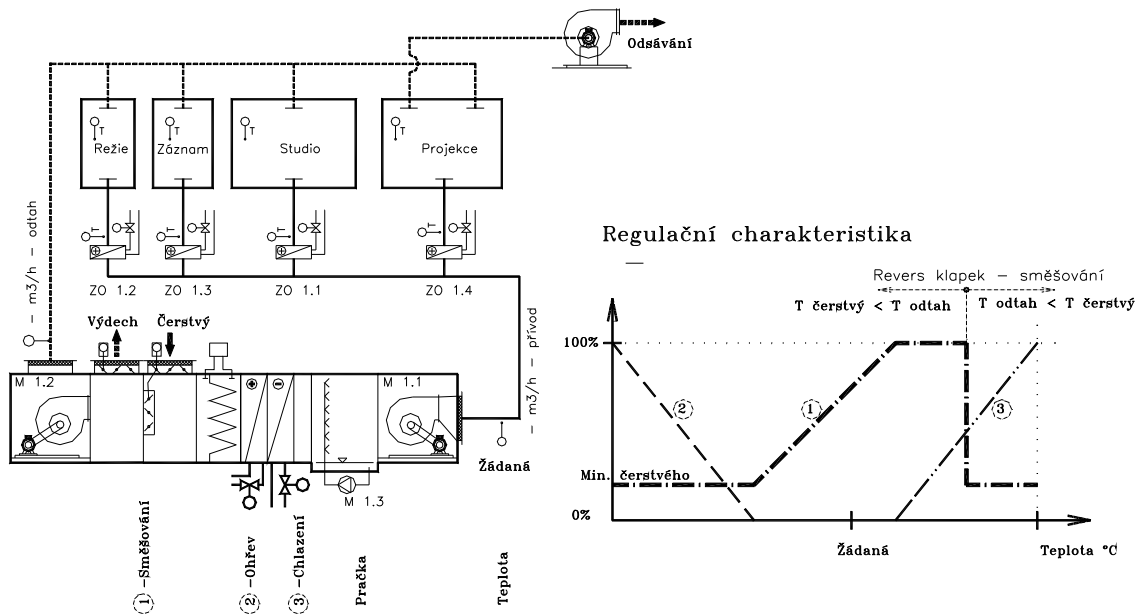


Obr. 3-6: Výroba chladu systémem Free Cooling s využitím tepla pro ohřev vzduchu centrální úpravy vzduchu

3.3 Adiabatické chlazení.

Adiabatické chlazení vzduchu je založeno na principu odpařování vody v proudu vzduchu, kterému je odebíráno teplo, nutné pro přeměnu vody v páru (skupenské teplo vypařování). Vzduch je tak zvlhčován a zároveň ochlazován. Systém pracuje jako adiabatický, tedy bez výměny tepla s okolím. V proudu vzduchu dochází k přeměně citelného tepla na latentní.

3.3.1 Adiabatické chlazení v sprchových pračkách vzduchu, které jsou součástí vlastního VZT zařízení.



Obr. 3-7: Využití adiabatického chlazení sprchovou pračkou vzduchu pro studiový komplex.

Převážnou část roku se „Žádaná hodnota“ udržuje jen pomocí směšování regulačními klapkami – tučná čára „Regulační charakteristiky“, tzv. ekonomické směšování.

Výhody zapojení:

- Požadovaná vlhkost v prostoru je dosahována pomocí vnitřních tepelných zdrojů. (Teplý odtahovaný vzduch se směšuje s nasávaným venkovním studeným vzduchem např. na teplotu 21 °C. Po osprchování v pračce vzduchu dojde k ochlazení tohoto vzduchu např. na teplotu 13 °C a zásadnímu zvětšení relativní vlhkosti, např. na 90 %. Po ohřátí tohoto vzduchu v prostoru se docílí relativní vlhkost cca 53 %, při teplotě 22 °C.)
- Úspora chladu –Tato zapojení umožňují zapínat strojní chlazení při venkovních teplotách nad 15 °C a i při provozu chlazení dochází k značným úsporám chladu. Pokud by nebylo používáno adiabatické chlazení, bylo nutno provozovat strojní chlazení při venkovních teplotách již nad +10 °C.

Nevýhody zapojení:

- Je značně náročné na udržení kvality vody v pračce, která musí mít charakter pitné vody.
- Pravidelná údržba – min. jednou týdně výměna vody, vystříkání a nadávkování dezinfekčního prostředku.
- Spotřeba chemikálií. Používají se dezinfekční prostředky na bázi chlóru, jódu, stříbra a peroxidu vodíku se stříbrem (Sanosil).

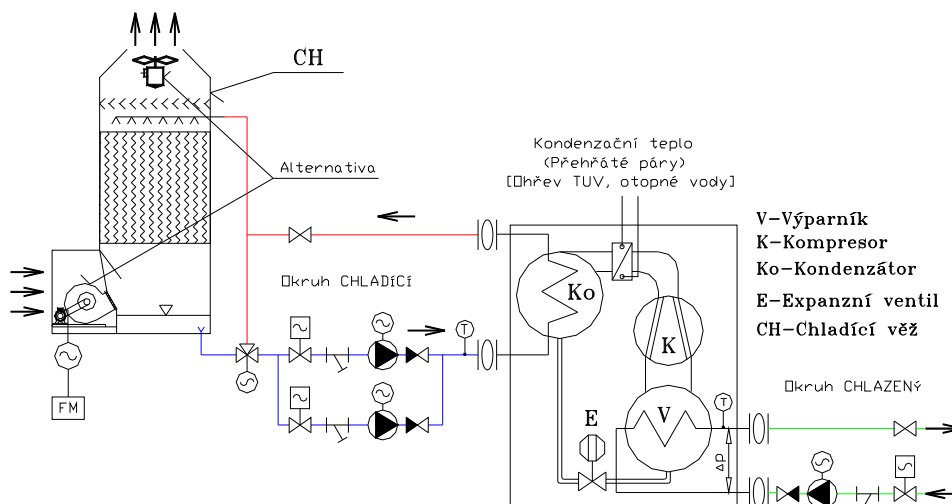
Pozn. Předřazení chladiče před pračku si vyžádal požadavek na zajištění požadované vlhkosti v prostoru.

3.3.2 Přímé chlazení chladicí vody v chladících věžích.

Chladicí věže jsou instalovány většinou jako součást strojního chlazení pro výrobu chladicí vody. V přechodovém období, kdy ještě není taková potřeba chladu, je možné vyrábět chladicí vodu přímo pomocí chladících věží, kdy voda z okruhu kondenzátorů chladících zařízení se použije přímo pro chlazení chladicí vody. Uspoří se tak energie pro provoz vlastního strojního chlazení. Pro provoz chladících věží při podnulových venkovních teplotách je důležitá vlastní konstrukce věží. Z tohoto hlediska se dají okruhy chladicí vody pro kondenzátory chladících jednotek a věže rozdělit na dva základní typy:

3.3.2.1 Otevřené chladicí věže

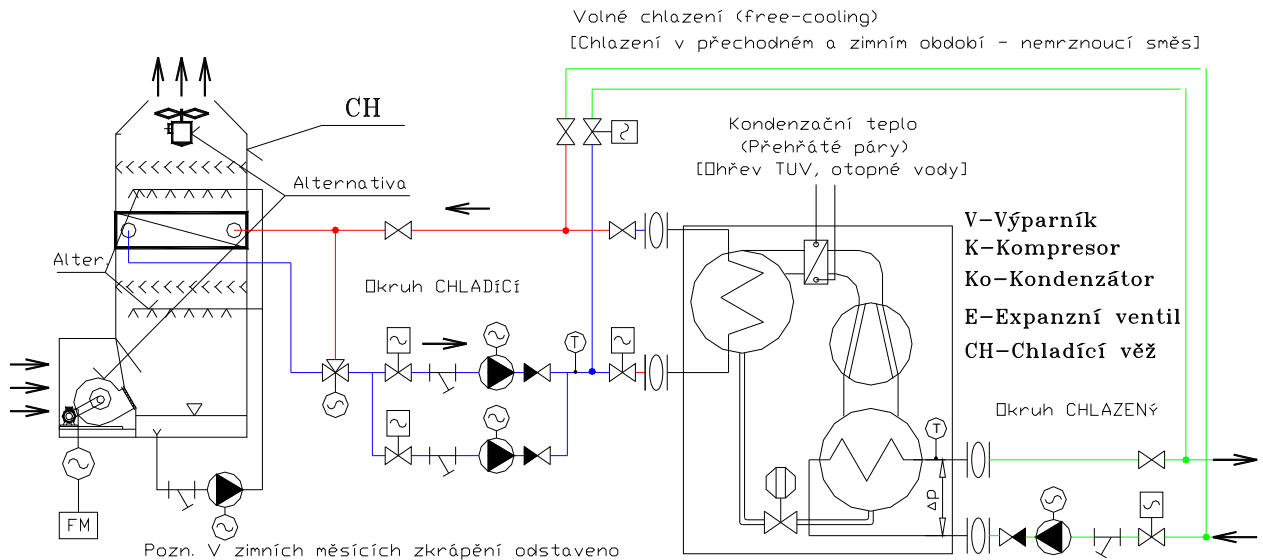
Voda z kondenzátorů chladících jednotek je přiváděna přímo do trysek věží. Touto vodou je sprchována výplň věží, na které dochází k odparu vody v proudu vzduchu od ventilátorů. Stupeň vychlazení této vody je regulován množstvím chladicího vzduchu – otevřením regulačních klapek, otáčkami ventilátorů atp. Provoz těchto věží při podnulových teplotách je závislý na teplotě přiváděné vody na trysky. Pokud má přiváděná voda na trysky teplotu nad 25 °C, dá se většinou takový systém provozovat do venkovní teploty –6 až –8 °C. Pro teploty kolem 10°C, je provoz možný do teplot mírně pod nulu.



Obr. 3-8: Otevřená chladicí věž v okruhu strojního chlazení

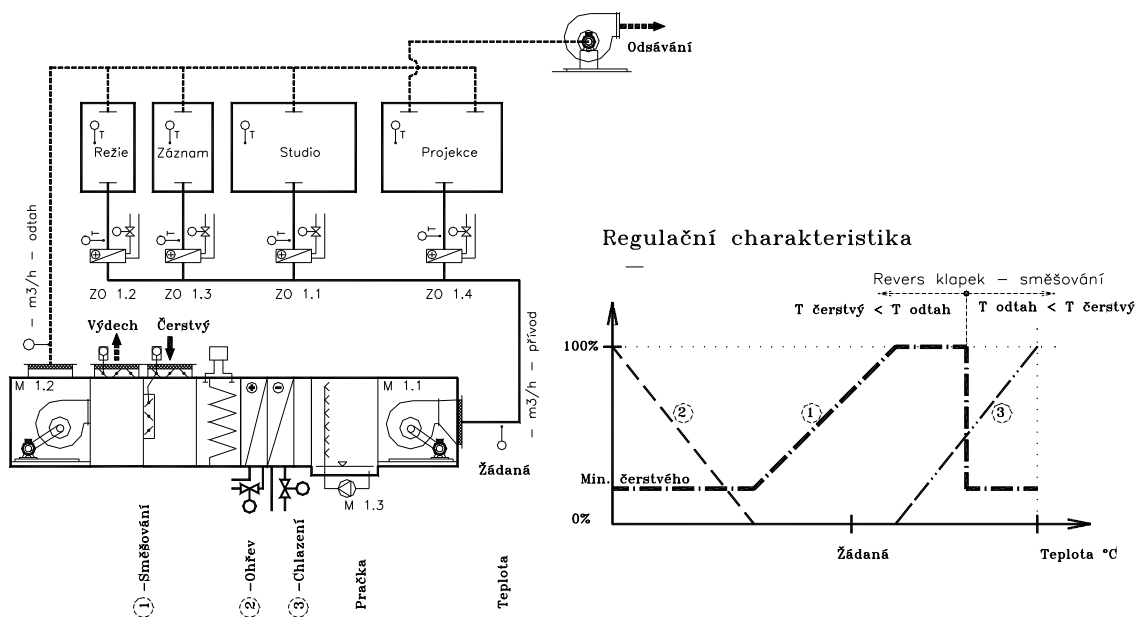
3.3.2.2 Uzavřené chladicí věže

Voda z kondenzátorů chladicích jednotek je přiváděna do uzavřených výměníků ve věžích, které jsou sprchovány s protiproudem vzduchu, event. pouze chlazeny proudem vzduchu bez sprchování – dle konstrukce věže je chladicí výkon od určité venkovní teploty (např. pod +3°C) stejný jako při výpočtových letních teplotách se skrápěním. Pokud se použije jako náplň uzavřeného okruhu nemrzoucí směs, není provoz těchto věží limitován žádnou venkovní teplotou. Při nadnulových teplotách dochází k sprchování a ochlazování adiabatickým chlazením, při podnulových teplotách jen proudem chladného vzduchu.



Obr. 3-9: Uzavřená chladicí věž v okruhu strojního chlazení

3.3.3 Adiabatické chlazení v sprchových pračkách vzduchu, které jsou součástí vlastního VZT zařízení.



Obr. 3-10: Využití adiabatického chlazení sprchovou pračkou vzduchu pro studiový komplex.

Převážnou část roku se „Žádaná hodnota“ udržuje jen pomocí směšování regulačními klapkami – tučná čára „Regulační charakteristiky“, tzv. ekonomické směšování.

Výhody zapojení:

- Požadovaná vlhkost v prostoru je dosahována pomocí vnitřních tepelných zdrojů. (Teplý odtahovaný vzduch se směšuje s nasávaným venkovním studeným vzduchem např. na teplotu 21 °C. Po osprchování v pračce vzduchu dojde k ochlazení tohoto vzduchu např. na teplotu 13 °C a zásadnímu zvětšení relativní vlhkosti, např. na 90 %. Po ohřátí tohoto vzduchu v prostoru se docílí relativní vlhkost cca 53 %, při teplotě 22 °C.)
- Úspora chladu –Tato zapojení umožňují zapínat strojní chlazení při venkovních teplotách nad 15 °C a i při provozu chlazení dochází k značným úsporám chladu. Pokud by nebylo používáno adiabatické chlazení, bylo nutno provozovat strojní chlazení při venkovních teplotách již nad +10 °C.

Nevýhody zapojení:

- Je značně náročné na udržení kvality vody v pračce, která musí mít charakter pitné vody.
- Pravidelná údržba – min. jednou týdně výměna vody, vystříkání a nadávkování dezinfekčního prostředku.
- Spotřeba chemikálií. Používají se dezinfekční prostředky na bázi chlóru, jódu, stříbra a peroxidu vodíku se stříbrem (Sanosil).

Pozn. Předřazení chladiče před pračku si vyžádal požadavek na zajištění požadované vlhkosti v prostoru.

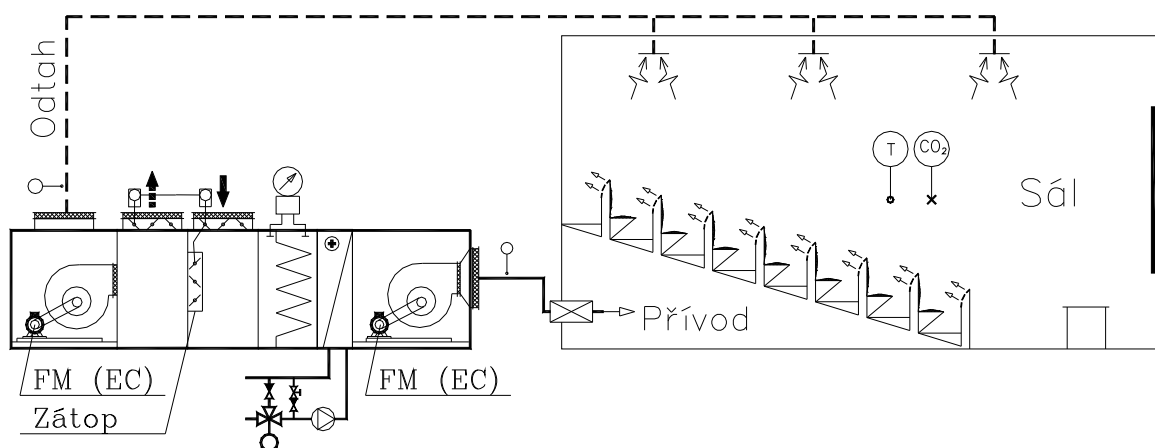
3.4 Regulace množství vzduchu.

Další z možností, jak snižovat energetickou náročnost TZB, je regulovat množství vzduchu pro klimatizaci. Množství vzduchu, které je upravováno a po úpravě využíváno pro systémy klimatizace a větrání, má zásadní vliv na spotřebu energií. Nejvíce energie se většinou spotřebuje na úpravu vzduchu čerstvého, protože tento vzduch má po většinu roku jiné parametry, než jaké jsou potřeba pro přívod do klimatizovaných nebo větraných prostor.

3.4.1 Regulovat množství vzduchu dle vnitřních zátěží nebo dle vnitřní kvality vzduchu.

Volit systémy, které umožní regulovat množství vzduchu dle vnitřních zátěží nebo dle vnitřní kvality vzduchu – čerstvý vzduch. V prostorech, kde zdrojem škodliviny jsou pouze lidé, se jako kritérium kvality vzduchu bere obsah CO₂. Udává se jednotkách **ppm** (ppm - počet částic plynu z milionu vzduchových částic - Parts per million). Nyní je běžný obsah CO₂ ve vzduchu 386 ppm.

Ze základních výpočtů vzniklých koncentrací, kde jako zdroj škodliviny od lidí se počítá produkce vodní páry a produkce CO₂, vychází pro limitní hodnoty relativní vzdušné vlhkosti 50% a limitního obsahu CO₂ 1000 ppm, množství čerstvého vzduchu na 1 osobu cca 25 m³/hod. Z toho můžeme spočítat přibližnou energetickou náročnost na tepelnou energii pro jednoho člověka za rok.



Obr. 3-11: Příklad větrání čerstvým vzduchem s proměnným množstvím vzduchu dle CO₂.

Potřebné množství tepelné energie (značka W , jednotka J [Joule]) za rok na ohřev čerstvého vzduchu vypočítáme ze zjednodušeného vzorce (dle RECKNAGEL – SPRENGER: Vytápění, větrání, klimatizace).

$$Wt = (ft \times Wm) \times n \times V \quad [GJ]$$

Dále pak vypočítáme náklady na tuto energii.

$$Nt = Wt \times Ct \quad [Kč / rok]$$

Wt	potřebné množství tepelné energie – práce [GJ]
ft	součinitel měrné spotřeby tepla – vliv kolísání teplot vzduchu během dne. Určí se z průměrné hodnoty počtu provozovaných hodin během jednoho dne
Wm	průměrná spotřeba tepla za rok na ohřátí $1m^3$ vzduchu cca 5×10^{-3} [GJoule/m ³ ,rok]
n	počet provozních hodin provozu v jednom dni [hod]
V	množství přiváděného čerstvého vzduchu [m ³ /hod]
Nt	náklady na tepelnou energii za rok [Kč/rok]
Ct	cena tepelné energie [Kč/GJ]

Kdy provozováno	[hod]	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
Součinitel měrné spotřeby tepla	f_t	1,14	1,25	1,32	1,29	1,14	0,86	0,68	0,63	0,68	0,79	0,9	1,03

Příklad: Výpočet nákladů na tepelnou energii pro přívod čerstvého vzduchu v pracovní době od 8 do 16 hodin, pro 10 lidí ($250 m^3/h$). Cena tepelné energie 500 [Kč/GJ].

$$Wt = (0,8275 \times 0,005) \times 8 \times 250 = 8,275 \quad [GJ]$$

$$Nt = 8,275 \times 500 = 4137,5 \quad [Kč]$$

3.4.2 Vzduchový výkon zařízení optimalizovat dle požadavku klimatizovaných prostorů.

Rozdělit prostor na sekce i u jednotlivých VZT zařízení, a pokud to jde, uzavírat vzduchotechnické rozvody pro sekce, které nejsou momentálně obsazeny a nepotřebují zajišťovat přívod vzduchu. Tím vzduchový výkon zařízení – otáčky ventilátorů, optimalizovat dle požadavku klimatizovaných prostorů.

3.4.3 Volit distribuci, která umožňuje minimalizovat množství přiváděného vzduchu.

Volit takovou distribuci vzduchu v prostoru, která umožňuje minimalizovat množství přiváděného vzduchu se zachováním maximálního pokrytí ztrát, zisků a pohody mikroklima (např. „Příčné větrání“).

3.4.4 Volit systémy s ekonomickým směřováním čerstvého vzduchu

Pokud je to možné, volit systémy s ekonomickým směřováním čerstvého vzduchu a tím minimalizovat energii na úpravu čerstvého vzduchu, jehož množství je proměnné.

Pozn.: Pracují-li jakákoli zařízení s proměnlivým množstvím vzduchu, musí zařízení, zajišťující úpravu vzduchu pro tato zařízení pracovat také s proměnlivým množstvím vzduchu. Tato zařízení musí být provozována tak, aby všechna navazující zařízení měla trvale k dispozici upravený vzduch o **určitém dispozičním tlaku**. Příklady: Centrální úprava vzduchu pro VZT zařízení s proměnlivým množstvím vzduchu = regulace na konst. přetlak. Např. ± 0 , nebo 10 Pa.

3.5 Provoz zařízení

Provozovat zařízení VZT jen když to je skutečně potřeba. Pokud nedochází k samovolnému zapínání VZT od „událostí“ nebo přímo uživatelem, musí být vypracován mechanismus, který zajistí provoz VZT zařízení v požadovaném režimu.

3.5.1 Využívat programy pro optimalizaci startu a zátoku.

Využívat programy pro optimalizaci startu a zátoku. Tyto programy jsou ve většině případů součástí řídicí software zařízení a mají ve většině případů možnost automatického přestavení parametrů zátoku dle provozu z předešlého dne.

Zátok zajistí jen s cirkulačním vzduchem, bez čerstvého vzduchu.

3.5.2 Provozovat zařízení jen v přítomnosti uživatele nebo požadavkem od technologie.

Dělit zařízení do zón a tyto zóny ovládat (zapínat přívod vzduchu) přímo přítomností uživatele nebo požadavkem od provozu technologie.

3.5.3 Vypínat zařízení, když je jejich provoz zbytečný

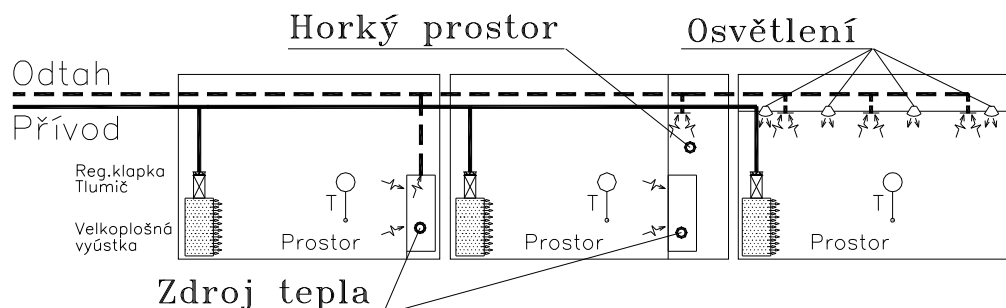
Vypínat zařízení, když je jejich provoz zbytečný a tím značně nevhodný. Např. provoz místních chladících jednotek fan-coil, jsou-li otevřena okna.

4 Způsoby distribuce vzduchu v prostoru s ohledem na optimalizaci energií a možnosti využívání vnitřních energetických zdrojů

Způsob distribuce vzduchu v prostoru má zásadní vliv na celkovou funkci zařízení, spokojenost uživatelů s mikroklimatickým prostředím a v neposlední řadě i na spotřebu energií. Má zde veliký vliv jak množství čerstvého vzduchu a způsob jeho přivedení do požadovaného místa vytvořením optimálního obrazu proudění, tak způsob odtahu vzduchu a způsob odtahu od zdrojů škodlivin. Podaří-li se nám odvést vzduch přímo u zdroje vývinu škodliviny, nezatěžuje nám tento zdroj škodliviny vlastní prostor. Navíc odtahovaný vzduch obsahuje maximální možné množství škodliviny a tím je minimalizováno množství přiváděného vzduchu. Za škodlivinu se v tomto případě považuje i teplo. Další možnost úspory vhodnou volbou distribuce je volit takové koncové elementy pro distribuci vzduchu v prostoru, které umožní přivádět vzduch s velkými teplotními spády vůči teplotě v prostoru. V takovém případě může mít vlastní zařízení podstatně menší velikost, včetně potrubních rozvodů (stejný výkon zařízení zajistíme menším množstvím vzduchu s větším teplotním spádem). Uvedeme několik případů přívodu a odvodu vzduchu s ohledem na optimalizaci energie a s maximálním využitím teplotního spádu.

4.1 Přívod vzduchu velkoplošnými vyústkami.

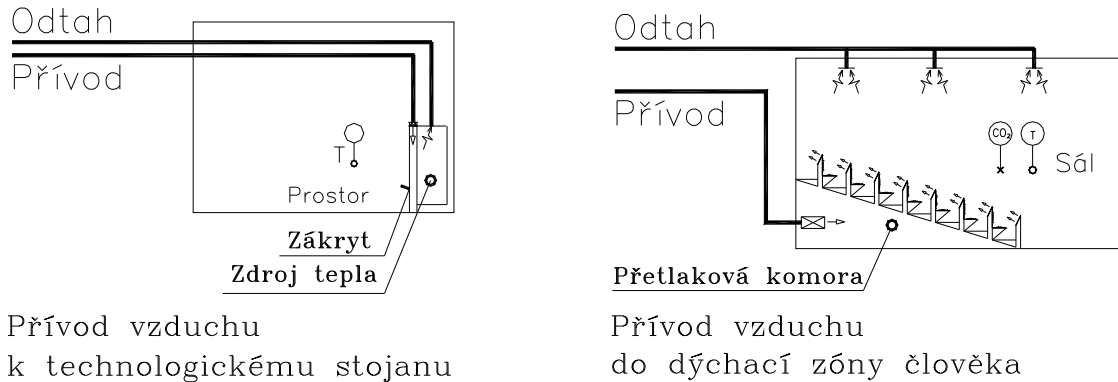
V případě převažujícího chlazení je nejvhodnější místnost „zaplavovat“ chladnějším vzduchem u podlahy velkoplošnými vyústkami. Dostáváme ideální obrazy proudění vzduchu v prostoru. Je vhodné použít tam, kde přivádíme po většinu roku vzduch s teplotou nižší než je teplota prostoru. Obraz proudění vzduchu je takový, že dochází k postupnému zaplávání prostoru chladným vzduchem, jeho ohřátí od vnitřních zdrojů a odtahu ohřátého vzduchu u stropu. Teplota odtahovaného vzduchu má nejvyšší možnou velikost. Uživatelé prostoru jsou v prostředí teploty přiváděného vzduchu a na jejich pohodu mají zdroje tepla jen zanedbatelný vliv. V mnoha případech tak teplota přiváděného vzduchu je přibližně rovna teplotě prostoru a přesto je zajištěno optimální chlazení. Dosažení takovéto teploty je možné po značnou část ročního období bez chlazení, event. jen s využitím adiabatického chlazení. Velice výhodné s kombinací přímého odtahu od zdrojů nebo u zdrojů tepla.



Obr. 4-1: Příklad použití velkoplošných vyústek s odtahem u zdrojů tepla.

4.2 Přívod vzduchu ke zdrojům škodlivin.

Tímto způsobem je možné zajistit požadované množství vzduchu ke konkrétnímu zdroji.



Přívod vzduchu
k technologickému stojanu

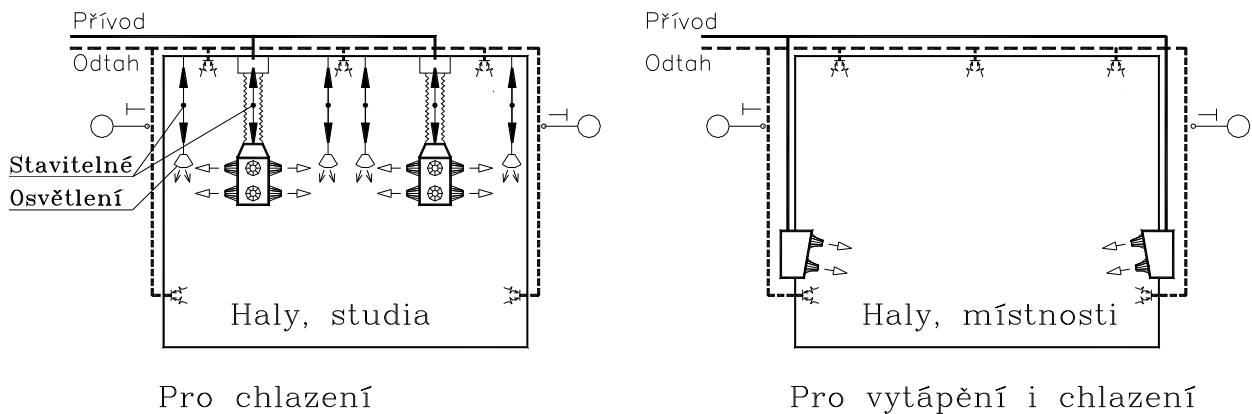
Přívod vzduchu
do dýchací zóny člověka

Obr. 4-2: Příklad přívodu vzduchu ke zdrojům škodlivin

Při přívodu do sálů, do dýchací zóny člověka velkoplošnou vyústkou v zadní části opěradla sedačky, je minimalizováno množství přiváděného čerstvého vzduchu s maximálním komfortem a je zaručena stejná dávka čerstvého vzduchu pro každého. V prostoru sálu je přiváděný vzduch v souladu s přirozenou konvekcí ohřátého vzduchu od lidí. Tento systém je ideální pro využití rekuperátorů.

4.3 Přívod vzduchu s velkým teplotním rozdílem mezi přívodní teplotou a teplotou prostoru.

Pro distribuci musí být použity koncové elementy, u kterých dochází k značné indukci vzduchu z prostoru do proudu přiváděného vzduch. Jedním z takových koncových elementů jsou speciální trysky pro přívod vzduchu, event. z těchto trysek vytvořené tryskové pole. Existují také trysky, které jsou uloženy v kulovém pouzdře, které je možné libovolně natáčet a tím zajistit jiný sklon trysek v létě, kdy se chladí a v zimě, kdy je potřeba vzduchem vytápět. V provozu se používají i trysky s výdechovou rychlostí 6 až 7 m/s, s teplotou přívodu 12 °C, s teplotou v prostoru 26 °C a hladinou akustického tlaku 0.5 m od tryskového pole pod 20 dB(A).



Obr. 4-3: Přívod vzduchu pomocí tryskového pole

Jedná-li se o větší prostory, je problém celý prostor řádně provětrat a určit místo pro čidlo teploty, dle kterého se řídí teplota přívodního vzduchu. Z tohoto důvodu se odtahové vyústky nedávají jen na strop, ale i na stěnu k podlaze. U stropu se odtahuje cca 2/3 množství vzduchu, u podlahy zbývající 1/3 odtahovaného. Teplota odtahovaného vzduchu slouží jako řídicí pro systém M+R.

4.4 Distribuce vzduchu s proměnlivým množstvím dle zátěže.

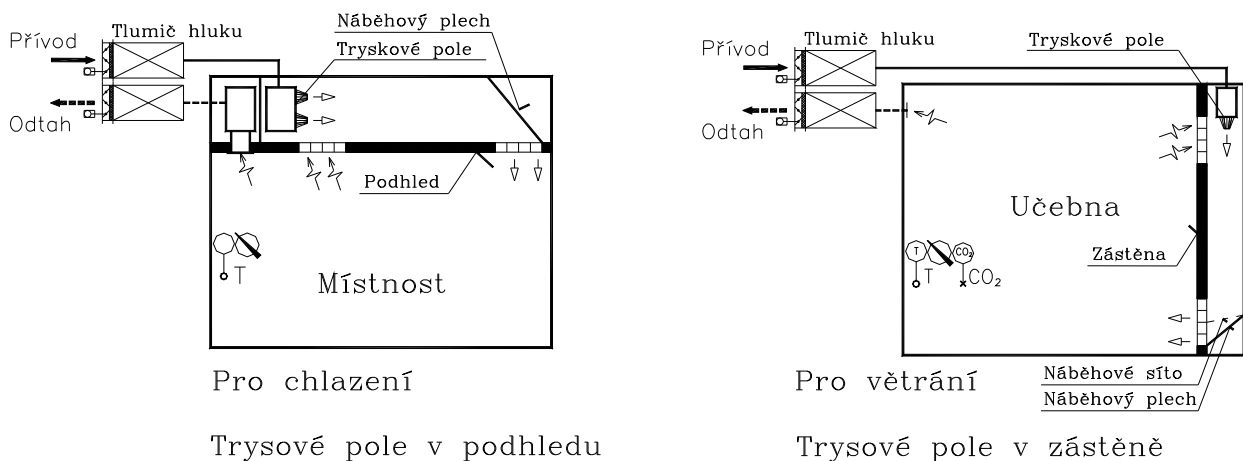
Problém distribuce vzduchu s proměnlivým množstvím dle zátěže je zajistit optimální dosah proudu vzduchu a „propláchnutí“ prostoru jak při minimálním, tak maximálním množství vzduchu. Pro tento systém jsou vyvíjeny a vyvinuty speciální koncové elementy a speciální systémy.

V ČT Praha bylo nainstalováno a prověřeno několik způsobů distribuce s proměnlivým množstvím, s použitím standardních koncových elementů. Pro ukázkou jsou uvedeny dva nejvíce používané. Jedná se o klimatizované prostory s funkcí chlazení. Vytápění tohoto prostoru zajišťuje jiný systém (např. VTK nebo ÚT, s vazbou na toto chlazení. Dokud zařízení topí, chlazení je uzavřeno).

4.4.1 Přívod vzduchu velkoplošnými vyústkami. Viz odst. 4.1.

4.4.2 Přívod vzduchu tryskovým polem v podhledu nebo zástěně.

Je to netypické použití vzduchových trysek. Využitím podhledu nebo zástěny získáme v podstatě dvojnásobnou délku prostoru na indukci vzduchu (přimíchání vnitřního vzduchu k proudu přiváděného vzduchu tryskou) a do vlastního klimatizovaného prostoru vstupuje vzduch o malém teplotním rozdílu vůči teplotě prostoru. Vlastní uzavřený prostor podhledu nebo zástěny s nasávacími a výdechovými mřížkami zajistí, že nezávisle na množství přiváděného vzduchu tryskovým polem, bude obraz proudění trvale konstantní. Jen množství vzduchu v tomto proudu bude proměnlivé.



Obr. 4-4: Příklad přívodu vzduchu s proměnlivým množstvím tryskovým polem v podhledu nebo zástěně.

5 Nutnost instalace centrálního řídicího systému pro zajištění optimalizace energetického hospodářství

Aby bylo možné řídit provoz TZB optimálně, je nutné, aby veškerá zařízení byla vybavena systémem měření a regulace (M+R) a ovládání zařízení a informace o provozu byly zavedeny do jednoho místa. Z tohoto důvodu je v objektech nutná instalace centrálního řídicího systému. Systém musí umožnit spínání všech zařízení, přepínání jednotlivých provozních režimů a musí z něj být přehled o všech důležitých parametrech. Venkovní parametry, parametry zdrojů, vnitřní parametry. Teplota, vlhkost, tlak, entalpie, odebrané množství tepla, chladu, elektrické energie, atd.

Obsah:

1	Úvod.....	3
2	Vliv koncepce stavby na snížení nákladů při provozu a údržbě zařízení a možnost využívání vnitřních energetických zdrojů.....	3
2.1	Orientace objektu vůči světovým stranám.....	3
2.1.1	Negativní dopad slunečního svitu.....	3
2.1.2	Pozitivní dopad slunečního svitu.....	4
2.2	Typ fasádního pláště a materiálu fasády.....	4
2.3	Akumulační schopnost stavby.....	4
2.4	Převažující směr proudění větrů.....	4
2.5	Umístění nasávacího a výdechového místa pro vzduchotechniku.....	4
2.5.1	Nasávací místo v blízkosti zdroje škodlivin z provozu budovy.....	4
2.5.2	Nasávací místo nízko nad úrovní terénu, u zatrávněných nebo stromy a keří zarostlých míst.....	5
2.6	Dispoziční členění vnitřních prostor.....	5
3	Druhy vzduchotechnických systémů rozvodu tepla a chladu a provozu zařízení z hlediska energetické optimalizace a možnosti využití vnitřních i vnějších energetických zdrojů.....	5
3.1	VZT zařízení pro filtraci vzduchu.....	6
3.2	VZT zařízení pro zpětné získávání tepla.....	6
3.2.1	Deskové rekuperační výměníky vzduch – vzduch.....	6
3.2.2	Rotační regenerační výměník.....	7
3.2.3	Tepebné smyčky.....	8
3.3	Adiabatické chlazení.....	10
3.3.1	Adiabatické chlazení v sprchových pračkách vzduchu, které jsou součástí vlastního VZT zařízení..	10
3.3.2	Přímé chlazení chladicí vody v chladících věžích.....	11
3.3.3	Adiabatické chlazení v sprchových pračkách vzduchu, které jsou součástí vlastního VZT zařízení..	12
3.4	Regulace množství vzduchu.....	13
3.4.1	Regulovat množství vzduchu dle vnitřních zátěží nebo dle vnitřní kvality vzduchu.....	13
3.4.2	Vzduchový výkon zařízení optimalizovat dle požadavku klimatizovaných prostorů.....	14
3.4.3	Volit distribuci, která umožňuje minimalizovat množství přiváděného vzduchu.....	14
3.4.4	Volit systémy s ekonomickým směřováním čerstvého vzduchu.....	14
3.5	Provoz zařízení.....	14
3.5.1	Využívat programy pro optimalizaci startu a zátopy.....	15
3.5.2	Provozovat zařízení jen v přítomnosti uživatele nebo požadavkem od technologie.....	15
3.5.3	Vypínat zařízení, když je jejich provoz zbytečný.....	15
4	Způsoby distribuce vzduchu v prostoru s ohledem na optimalizaci energií a možnosti využívání vnitřních energetických zdrojů.....	15
4.1	Přívod vzduchu velkoplošnými výústkami.....	15
4.2	Přívod vzduchu ke zdrojům škodlivin.....	16
4.3	Přívod vzduchu s velkým teplotním rozdílem mezi přívodní teplotou a teplotou prostoru.....	16
4.4	Distribuce vzduchu s proměnlivým množstvím dle zátěže.....	17
4.4.1	Přívod vzduchu velkoplošnými výústkami. Viz odst. 4.1.....	17
4.4.2	Přívod vzduchu tryskovým polem v podhledu nebo zástěně.....	17
5	Nutnost instalace centrálního řídicího systému pro zajištění optimalizace energetického hospodářství.....	17