SPOLEČNOST PRO TECHNIKU PROSTŘEDÍ

ODBORNÁ SEKCE VYTÁPĚNÍ

# 28. konference

# VYTÁPĚNÍ TŘEBOŇ 2025

**Sborník přednášek**

**Třeboň, 27. až 29. května 2025**

# OHŘEV VENKOVNÍHO ČERSTVÉHO VZDUCHU TEPLEM Z VÝROBY CHLADU V KCP PRAHA

**Ing. Karel Matějíček**

Inženýrská činnost

http://www.ingmatejicek.cz/, karel@ingmatejicek.cz

## ANOTACE

ˇÚčinnost kapalinových okruhů zpětného získávání tepla (ZZT) je ve většině případu menší jak účinnost se systémy s rotačními regeneračními výměníky. Je ale možné docílit i opak tím, že se propojí kapalinové systémy ZZT do systémů výroby a distribuce tepla a chladu. Bude tak realizován „transport energií mezi jednotlivými systémy“ TZB. Toto jsem realizoval pro projekt EPC v Kongresovém centru Praha (KCP), kde jsem zpracoval návrhy úprav technologií (tzv. Opatření) a algoritmy řízení MaR. Firma ENESA a. s. tyto systémy zrealizovala. Výsledkem je, že např. od venkovní teploty -20 °C do venkovní teploty +20 °C (teplejší nasávaný vzduch nepotřebujeme), se potřebné teplo pro ohřev vzduchu získává z převážné části z výroby chladu s relativně malou čerpací prací.

## ÚVOD

### Objekt Kongresového centra Praha

Výstavba neofunkcionalistické budovy Kongresového centra Praha, tehdejšího Paláce kultury, byla zahájena v roce 1976. Budova byla dokončena roku 1981 jako jedno z největších a nejmodernějších společenských center Evropy. Technologické systémy projektoval jako generální projektant VPÚ Praha. V letech 1998 až 2000 prošla budova rozsáhlou rekonstrukcí a byl dostavěn nový víceúčelový objekt s rozsáhlými hotelovými a kancelářskými kapacitami, dnešní Business Centre Vyšehrad a hotel Holiday Inn Prague Congress Centre, který disponuje celkem 254 pokoji.

***Obr. 1*** *Kongresové centrum Praha*

### Projekt EPC realizovaný firmou ENESA a. s. v 2015 až 2018

Nová opatření, realizovaná firmou ENESA a. s. v rámci projektu EPC (Energy Performance Contracting, zaručené úspory – investice se hradí z následných úspor) v Kongresovém centru Praha, byla velmi rozsáhlá. Hlavní inovace se týkaly výroby a distribuce tepla, výroby a distribuce chladu, systémů zpětného získávání tepla, osvětlení a jako jeden z hlavních opatření byl realizován úplně nový systém měření a regulace od firmy Honeywell – dodávka firmy Sofim spol. s r. o., s úplně novými a pro KCP mnou vytvořenými algoritmy řízení – v podstatě „šité na míru“ novým technologiím v KCP. Navíc byl nad celý systém nasazen nadřazený optimalizační software „OPERETA“ od společnosti ENESA a. s. pro řízení a optimalizaci provozu KCP. Tento systém v sobě integruje všechna technická i netechnická data (například rezervační systémy atd.) a tyto v podobě řídicího algoritmu nadřazeně předkládá systému MaR k řízení. V rámci provozování objektu KCP jsou archivována veškerá data a provozní stavy k následné pravidelné podrobné analýze a přijmutí

optimalizačních scénářů. V systémech byly odstraněny veškeré zkraty a propoje funkčního charakteru „termo-hydraulický rozdělovač“ a nahrazeny systémem MaR – řízení otáček oběžných kol čerpadel dle požadovaných tlakových poměrů. Obecně zrušení termo-hydraulických rozdělovačů a jejich nahrazení systémem MaR nám přináší na projektech EPC jednotky až desítky procent úspor a bezproblémové zajištění teplotních parametrů při následném provozu, jak pro vlastní stroje ve výrobě, tak pro technologii na straně spotřeby. Volba a realizace „promyšlených“ systémů až do úplných detailů je zásadní a výsledky se dostaví okamžitě. V tomto příspěvku uvedu pouze ve zkratce úpravy systémů přímé výroby tepla a podrobněji se budu věnovat „výrobě tepla přečerpáváním energií“ z výroby chladu. Tzn.:

- výroba tepla pro ohřev čerstvého „studeného“ venkovního vzduchu „přímou“ výrobou chladu – modifikovaný Free-Cooling – v zimním a přechodném období,
- výroba tepla pro ohřev čerstvého venkovního vzduchu a teplé vody „odpadním teplem“ vznikajícím při výrobě chladu – využití tepla z chlazení kondenzátorů a provozu kogenerační jednotky – celoročně.

***Systémy přímé výroby a distribuce tepla před a po realizací projektu EPC***

***Původní instalace:***

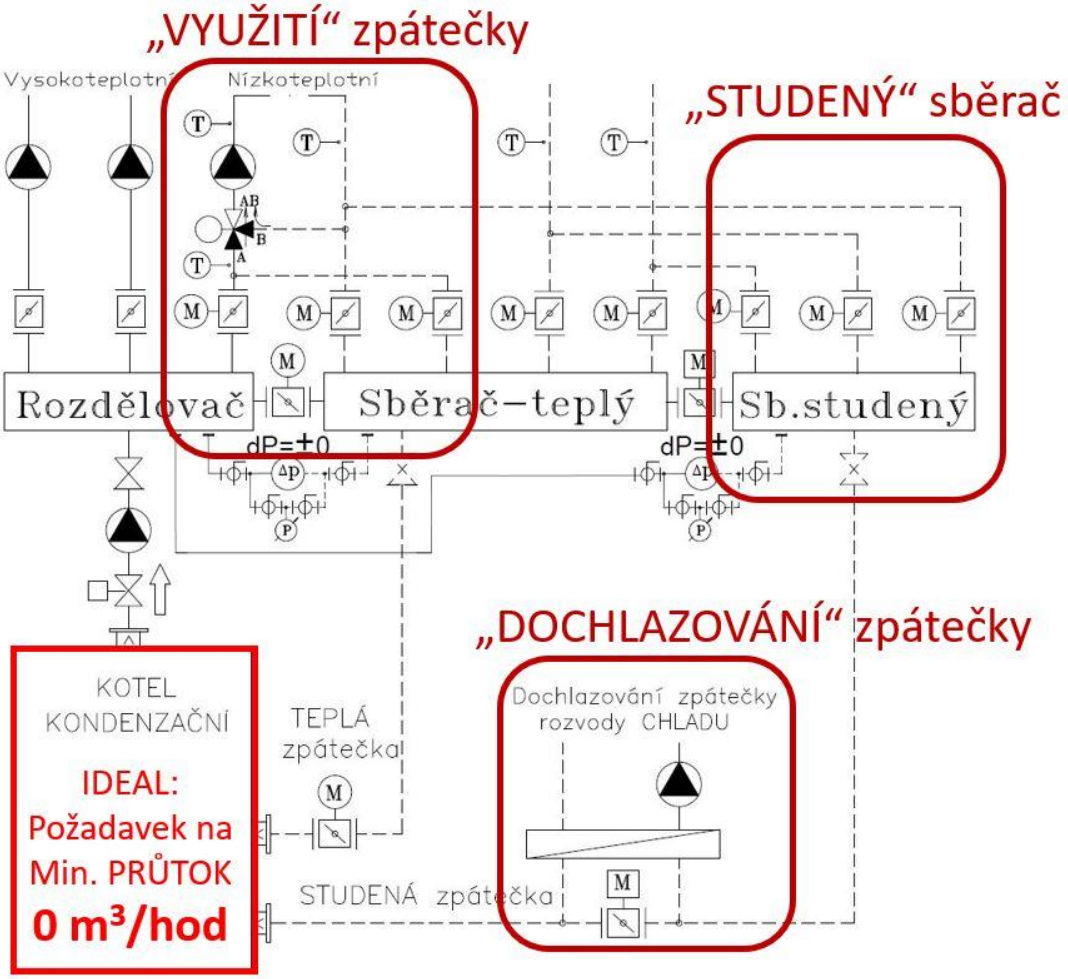
Zdroj tepla o výkonu 23 200 kW, výstupní teplota na rozdělovači 110 °C celoročně.

- V centrální kotelně byly před zahájením rekonstrukce nainstalovány a provozovány 4 dvoupalivové (plyn/LTO) kotle o výkonu 4 x 5 800 = 23 200 kW. Systém regulace byl na požadovanou teplotu 110 °C celorok, s konstantním průtokem otopné vody jednotlivých kotlů.

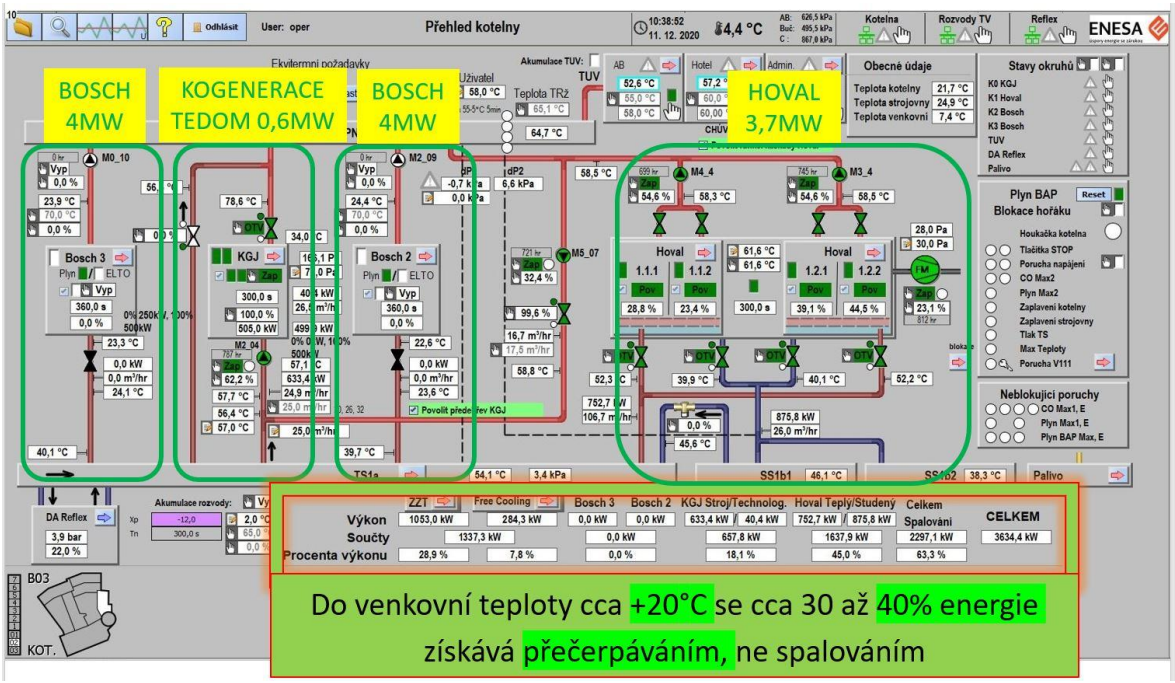
***Nová instalace:***

Celkové rekonstrukci tepelného hospodářství objektu KCP předcházely technicko-ekonomické výpočty, které prokázaly značné předimenzování zdrojové části a zároveň naprosto nevhodný způsob regulace. Na základě těchto propočtů bylo přistoupeno k novému řešení. Byly osazeny nové zdroje tepla jen o celkovém výkonu 12 361 kW, s výstupní teplotou na rozdělovači 55 až 90 °C ekviterm, s realizací nového sběrače pro „Studené zpátečky“. Kompletní rekonstrukce ohřevu teplé vody, s možností předehřevu a akumulace tepla z kogenerační jednotky. Hlavní technologie v kotelně:

- Kogenerační jednotka s výkonem na straně generátoru 500 kW a s výkonem na straně „odpadního tepla z výfukových plynů“ 653 kW. Teplotní spád otopné vody od 50/70 °C do 60/100 °C.
- Sestava kondenzačních kotlů Hoval o celkovém výkonu 2 x 1854 kW (při 80/60 °C je to 3 708 kW).
- Dva dvoupalivové (plyn/ELTO) kotle Bosch, každý o výkonu 4 000 kW, teplotní spád od 50/70 °C do 60/100 °C.
- Koncentrické odkouření od kotlů Hoval s nasáváním předehřátého spalovacího vzduchu spalinovou cestou, kotle Hoval jsou tak spotřebič v kategorii „C“.
- Rozdělovač otopné vody a dva sběrače pro zpátečky. „Teplý sběrač“, „Studený sběrač“. Díky vytvoření sběrače pro „regulovaný sběr“ zpáteček s chladnější vodou, je energetická účinnost kotlů Hoval cca 105 % celorok (vzhledem k výhřevnosti paliva).
- Zrušení a vyřezání všech neekonomických propojů a zkratů, úprava teplotních smyček pro nové teplotní spády, doplnění systémů o možnost řízení otáček oběžných kol čerpadel s osazením potřebných snímačů tlaků, průtoků a teplot. Nový systém MaR s novými algoritmy.




***Obr. 2*** *Kondenzační kotel – možnosti zapojení s maximální efektivitou*




***Obr. 3*** *KCP kotelna – vizualizace nové realizace*

***Obr. 4*** *KCP kotelna – nová realizace*

**Stav systémů Chlazení a ZZT v KCP před realizací projektu EPC**

***Systém Chlazení***

Ve strojovně chlazení byly před zahájením rekonstrukce nainstalovány a provozovány 4 chladicí turbokompresory od firmy Trane.:

- Dva chladicí stroje TRANE CVGD 056 z roku 1992“ - Vodou chlazené chladící turbokompresory. Chladicí výkon 2 095 kW. Elektrický příkon 475 kW. Teplotní spád chlazené vody 12/6 °C. Teplotní spád chladicí vody 28/34 °C.
- Dva chladicí stroje TRANE ECVGE 71 z roku 2000. Vodou chlazené chladicí turbokompresory. Výkon 2 500 kW. Elektrický příkon 458 kW. Teplotní spád chlazené vody 12/6 °C. Teplotní spád chladicí vody 28/34 °C.

Na jedné ze střech byly před zahájením rekonstrukce nainstalovány a provozovány 4 chladicí věže. Provoz nepřetržitý, celoroční, 24 hod denně, s elektricky vytápěnou vanou:

- Dvě chladicí věže Evapco – LSTE-Evapco – LSTE.
- Dvě chladicí věže Baltimor CHV 3.

Veškeré „odpadní“ teplo z chladicích strojů bylo před rekonstrukcí EPC „mařeno“ v chladicích věžích.

***Systém ZZT – zpětného získávání tepla***

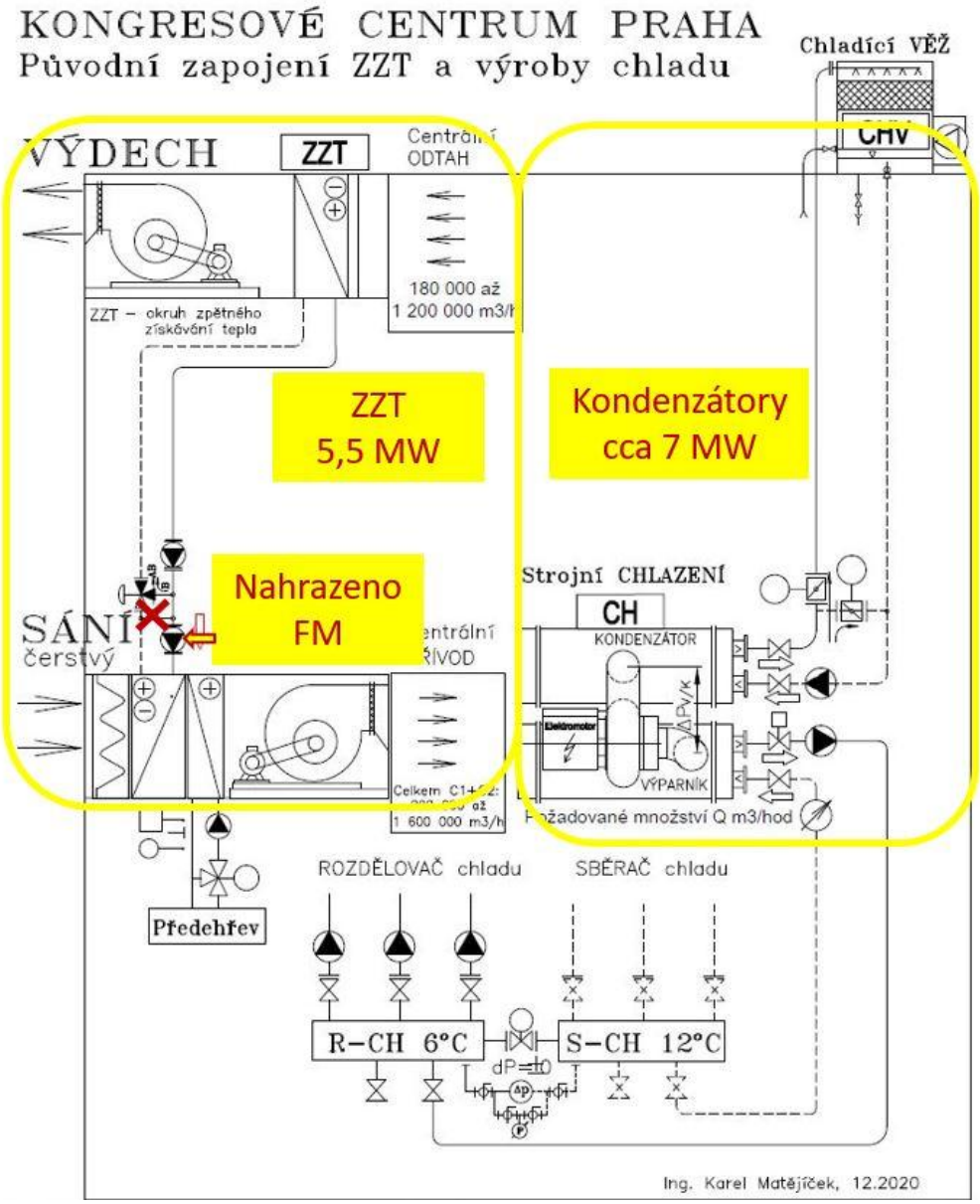
V prostoru druhého podzemního podlaží jsou dvě hlavní velké strojovny vzduchotechniky s VZT jednotkami pro úpravu a přívod vzduchu do objektu, Každá strojovna má svou vlastní centrální úpravu vzduchu s filtrací, systémem ZZT, předehřevem a ventilátory, s řízenými otáčkami oběžného kola dle požadovaného tlaku v prostoru rozvodného kanálu vzduchu.

- Strojovna VS1 se strojovnou centrální úpravy vzduchu C1 pro 122 000 až 900 000 $m^3$/hod.
- Strojovna VS2 se strojovnou centrální úpravy vzduchu C2 pro 100 000 až 700 000 $m^3$/hod.

Pro systémy ZZT strojoven C1 a C2 bylo společné glykolové hospodářství, taktéž v prostoru druhého podzemního podlaží a v prostoru mezistropu pod střechou 6 nadzemního podlaží strojovna centrálního odtahu VS9 se strojovnou C9, centrálního odtahu s výměníky ZZT a ventilátory, s řízenými otáčkami oběžného kola dle požadovaného podtlaku v prostoru sběrného kanálu vydechovaného vzduchu.

- Strojovna VS9 se strojovnou centrálního odtahu vzduchu C9 pro 180 000 až 1 200 000 m$^3$/hod vydechovaného vzduchu.

Jak systémy výroby chladu, tak systémy ZZT pracovaly každý samostatně bez jakékoliv provázanosti jak technologicky, tak v řídicím systému.



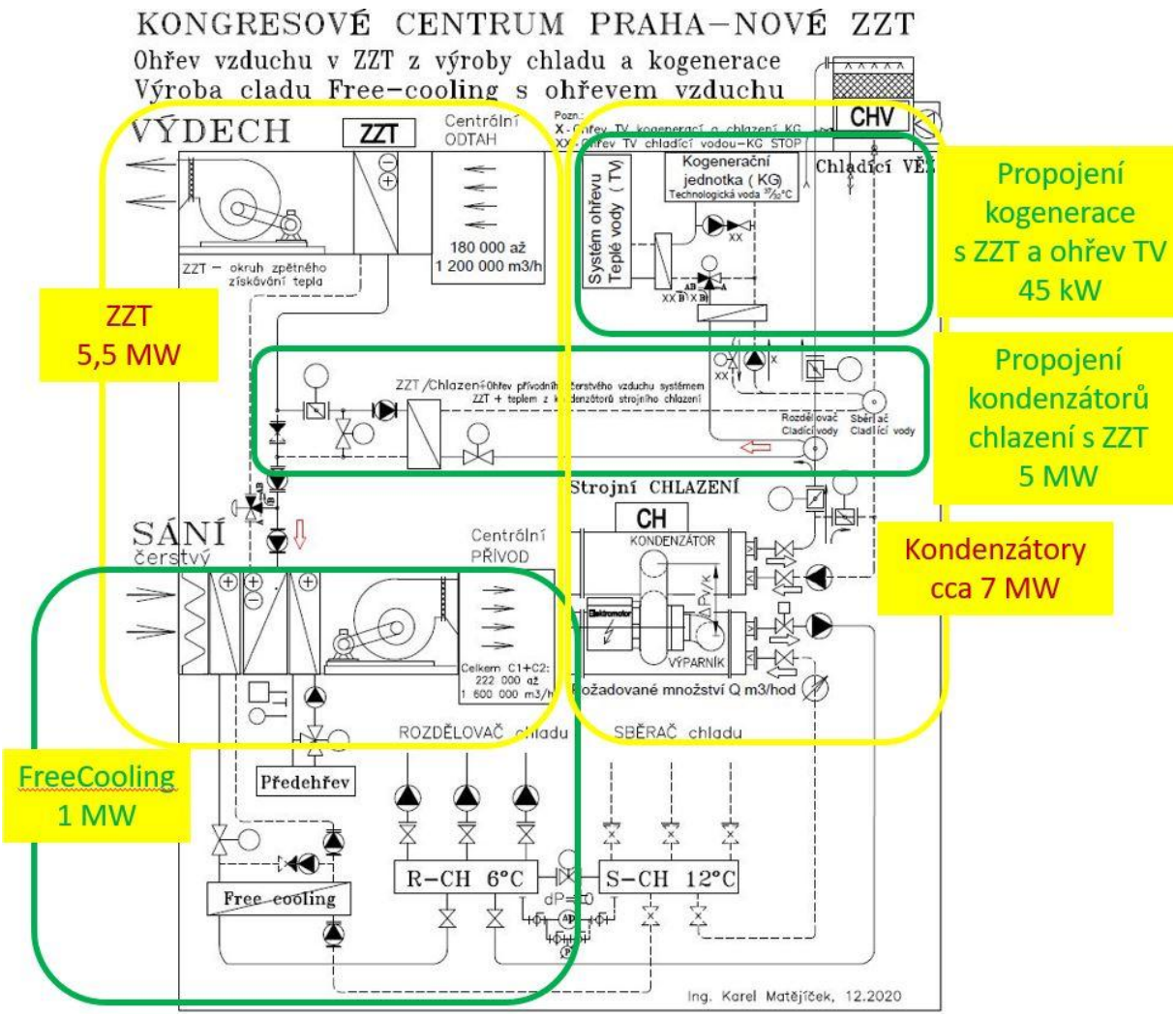

***Obr. 5*** *KCP – původní zapojení ZZT a výroby chladu*

**Stav systémů Chlazení a ZZT v KCP po realizaci projektu EPC – ENESA**

Provoz chladicích strojů v KCP byl celoroční, 24 hodin denně. Tím nám vznikla možnost část tepla potřebného pro objekt v přechodném a zimním období získat z výroby chladu (v našem případě odpadní teplo). Jako hlavní se použily dvě základní metody/systémy:

- Přímá výroba chladu ohřevem nasávaného vzduchu – v podstatě Free Cooling.
- Využití tepla v chladicí vodě kondenzátorů chladících strojů.

To znamenalo propojit systémy výroby chladu se systémy spotřeby tepla.

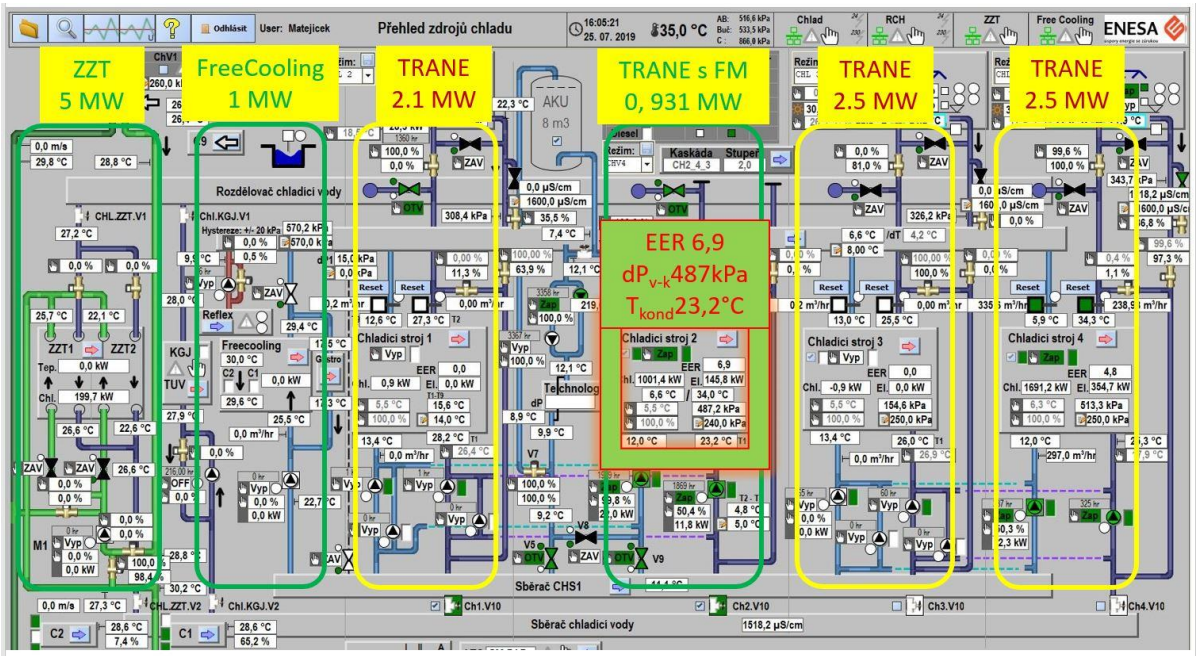



***Obr. 6*** *KCP – nové zapojení ZZT a výroby chladu*

***Systém Chlazení***

Ve strojovně chlazení byla provedena v rámci rekonstrukce následující opatření EPC:

- Jeden chladicí stroj TRANE CVGD 056 z roku 1992“ o chladicím výkonu 2 095 kW byl nahrazen novým chladicím strojem: vodou chlazená chladicí jednotka TRANE se šroubovým kompresorem a frekvenčním měničem, řady R™ RTHD. Chladicí výkon 931 kW, elektrický příkon 155 kW, teplotní spád chlazené vody 12/6 °C, teplotní spád chladicí vody 28/34 °C.
- Zrealizován nový rozdělovač a sběrač chladicí vody, do kterého byly připojeny všechny kondenzátory chladicích strojů a všechny chladicí věže. Do tohoto rozdělovače a sběrače chladicí vody byly připojeny nově zrealizované rozvody od systémů:
  - ZZT (zpětného získávání tepla).
  - Ohřevu teplé vody.
  - Technologické chlazení KG (kogenerační jednotka).




***Obr. 7*** *KCP – strojovna chlazení – vizualizace nové realizace*

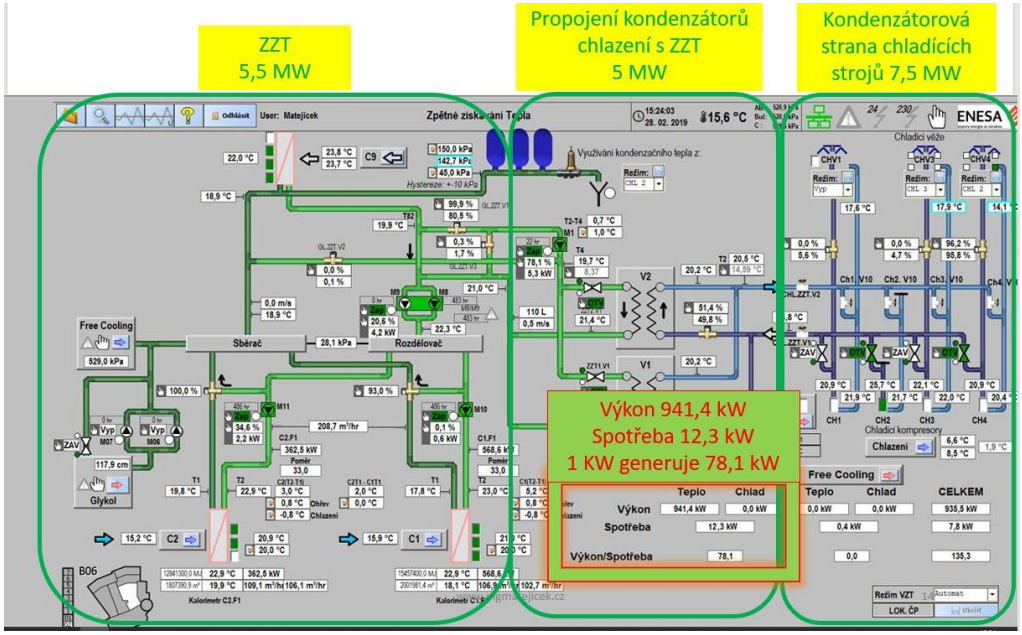
***Obr. 8*** *KCP – strojovna chlazení – nová realizace*

***Systém ZZT – zpětného získávání tepla s ohřevem vzduchu z výroby chladu***

V systému ZZT se hlavní opatření projektu EPC realizovala v prostoru druhého podzemního podlaží, kde jsou dvě hlavní velké strojovny pro centrální úpravu přívodního vzduchu C1 a C2 – byla demontována filtrační stěna s kapsovými filtry a všechny výměníky systému ZZT a předehřevu a v prostoru strojovny glykolové hospodářství – zrušení všech neekonomických propojů a zkratů, repase systémů a vytvoření prostoru pro dodatečné výměníky Voda/Glykol. Dále v prostoru mezistropu pod střechou 6 nadzemního podlaží, kde je strojovna centrálního odtahu C9, se realizovala kompletní repase systémů ZZT. V rámci opatření bylo realizováno“

- Filtrační stěna s vložkovými filtry náplň 2“ sklo – podstatně menší tlaková ztráta oproti „kapsám“, nedochází k „vyklepávání“ zachyceného prachu – ochrana výměníkových sestav.
- Dodávka a montáž nových sestav výměníků pro Předehřev, ZZT a Free Cooling.

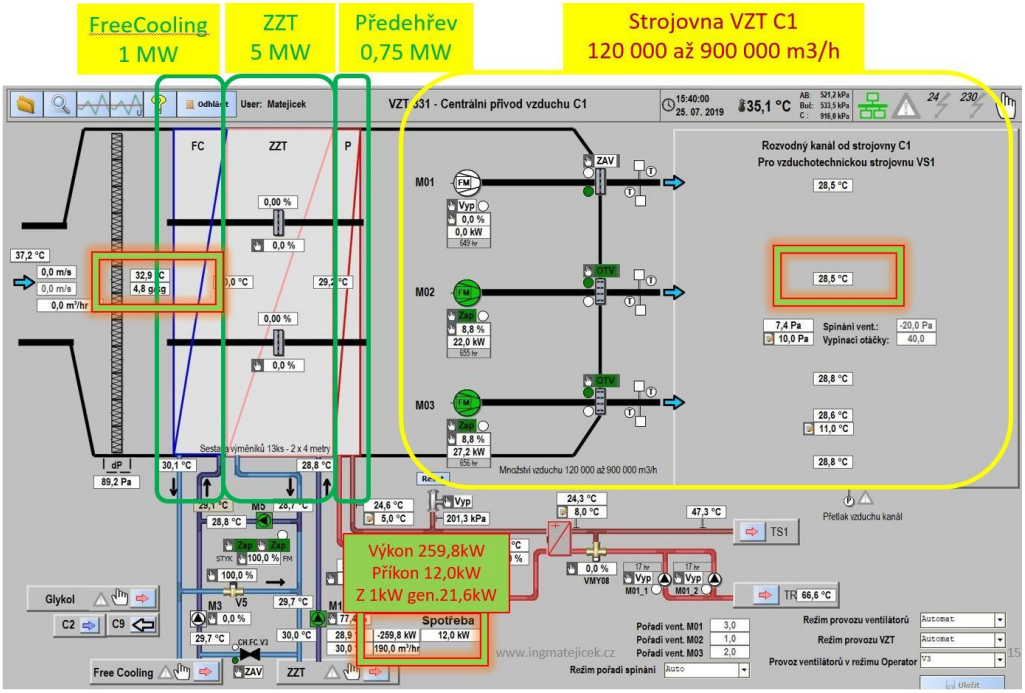
- Nová předávací stanice Voda/Glykol pro přenos tepla ze systémů chlazení do systémů ZZT pro předehřev vzduchu.
- Dodatečné rozvody a osazení všech stávajících čerpadel frekvenčními měniči a příslušnými systémy řízení.



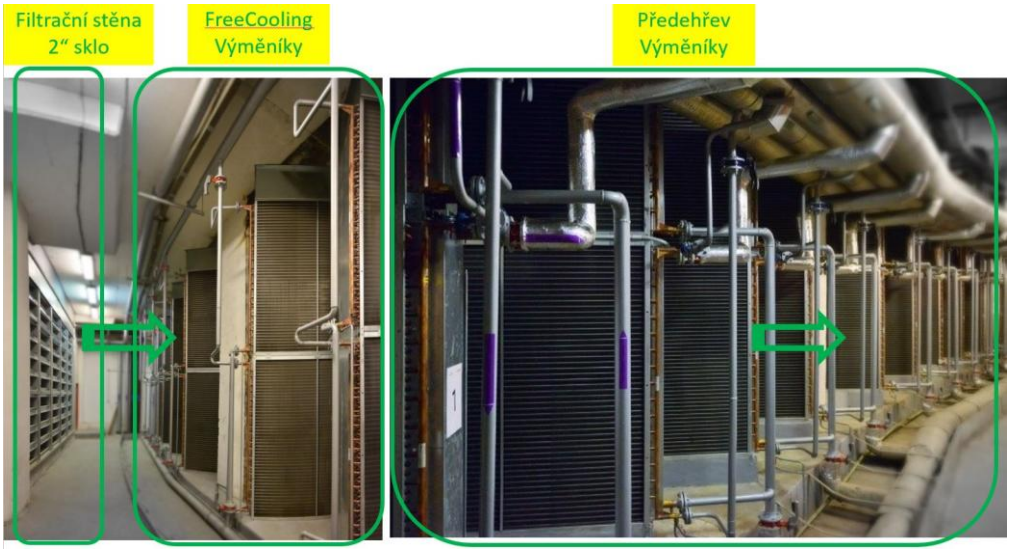

***Obr. 9*** *KCP – systém ZZT + ohřev vzduchu z výroby chladu*

### *Systém Free Cooling – výroba chladu ohřevem čerstvého vzduchu*

V prostorách strojoven pro centrální úpravu přívodního vzduchu C1 a C2 byly sestavám výměníků ZZT předřazeny výměníky Free Coolingu.

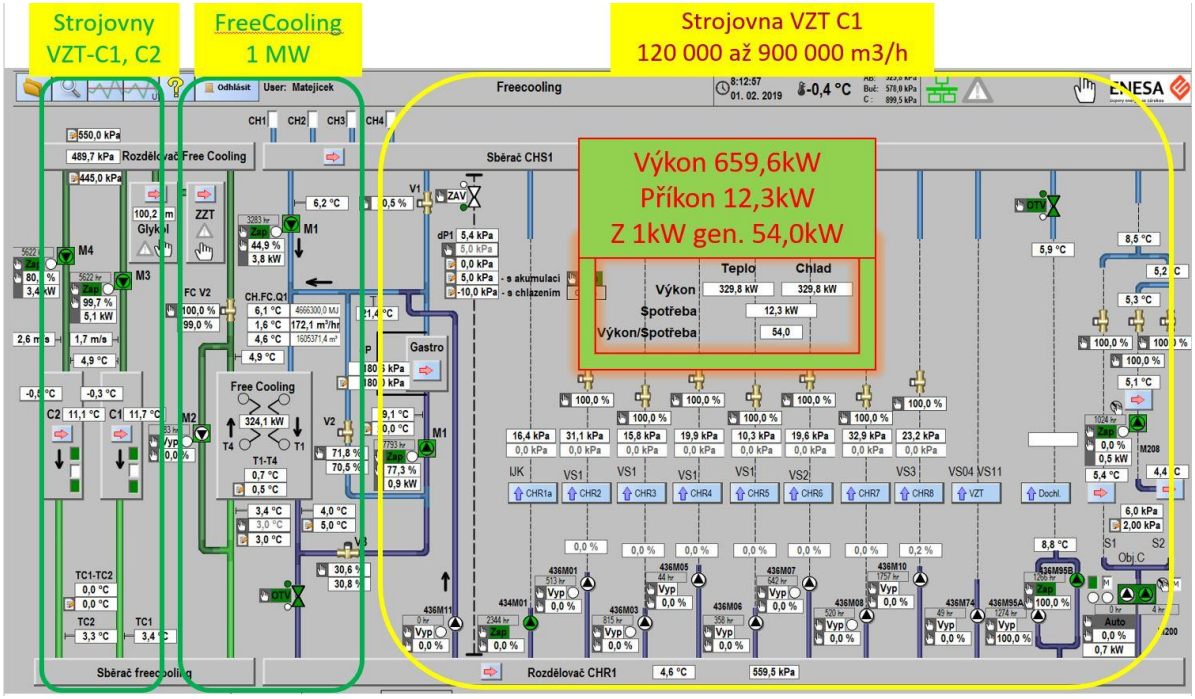



***Obr. 10*** *KCP – strojovna Centrální úprava vzduchu C1 – vizualizace nové realizace*




***Obr. 11*** *KCP – strojovna Centrální úprava vzduchu C1 – nová realizace*

A zrealizována nová strojovna Free Coolingu Voda/Glykol pro přenos tepla ze systémů předehřevu vzduchu do rozvodů chladu.

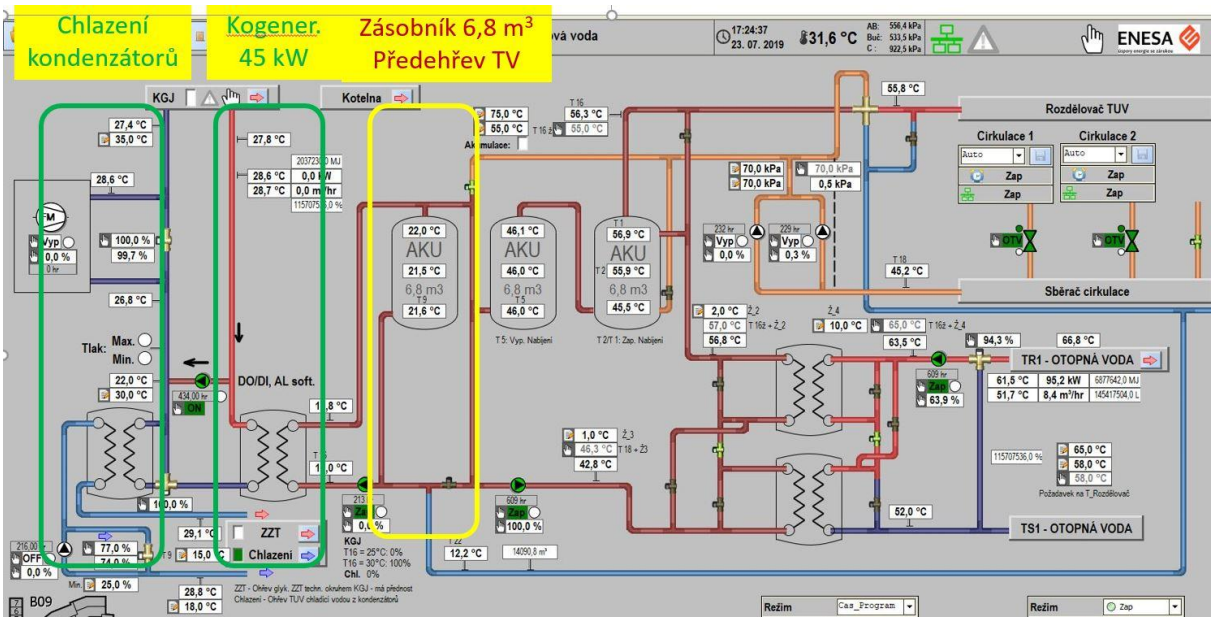



***Obr. 12*** *KCP – systém Free Cooling – vizualizace ohřevu vzduchu výrobou chladu*

***Systém ohřevu teplé vody – ohřev teplé vody ze systému kogenerace a z výroby chladu***

V systému ohřevu teplé vody byl vyčleněn jeden zásobník o objemu 6,8 m$^3$ pro její předehřev nízkopotencionální energií. Využívá se teplo:

- Z chlazení technologického okruhu kogenerační jednotky. Výkon 45 kW, spád 37 na 32 °C.
- Využití tepla chladicí vody z kondenzátorů chladicích strojů.



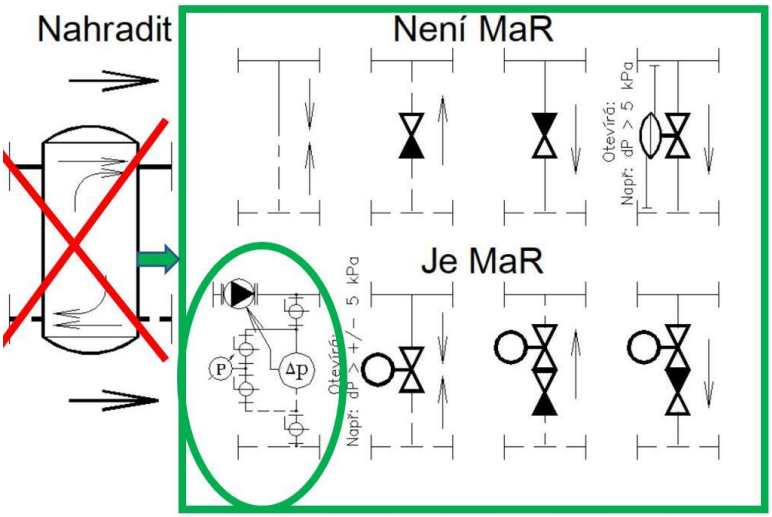

***Obr. 13*** *KCP – strojovna ohřevu teplé vody – předehřev vody z výroby chladu*

### *Základní koncepce realizace zakázek s cílem M A X I M Á L N Í  E F E K T I V I T A*

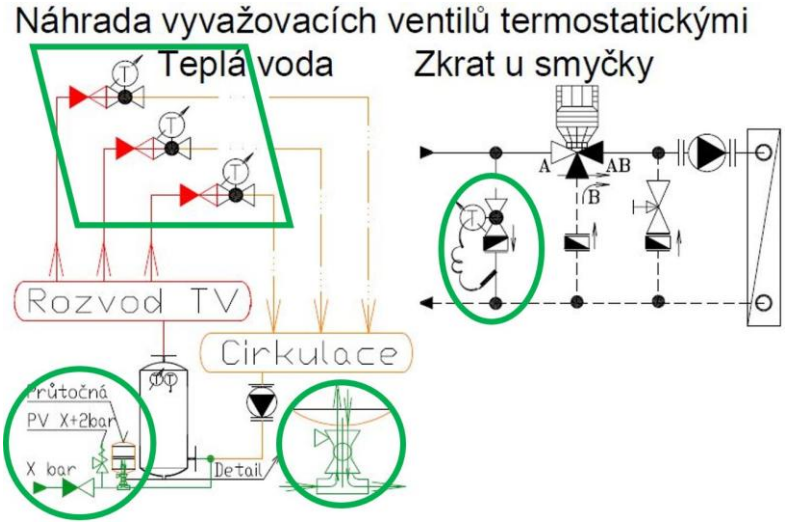
Pro efektivní a ekonomické provozování zařízení nestačí pouze nakoupit a nainstalovat špičkové technologie. Neméně důležité a v mnoha případech i důležitější, je jejich vzájemná spolupráce a provázanost v systémech rozvodů tepla a chladu, VZT a v systémech MaR. Pro to vše musí být vytvořeny a realizovány algoritmy řízení MaR – v podstatě „šité na míru“ konkrétním systémům a technologiím. Hlavní cíl je:

- Požadované množství energie pro daný objekt, pokud je to možné, nevyrábět z primárních zdrojů, ale přečerpávat v rámci systémů objektů.
- Používat media z vratných větví pro další systémy s požadavkem na nižší teplotu, tlak – maximalizovat teplotní, tlakové spády.
- Minimalizovat, pokud možno nepoužívat, „škrcení“ vloženými odpory v rozvodech (vyvažovací ventily).
- Vše regulovat / mít pod kontrolou systémem MaR.

Veškeré neregulované propojení a zkraty s nedefinovanými a neregulovanými parametry je nutné zrušit, event. nahradit jiným zapojením a doplnit systémy MaR. Např. pro realizaci zařízení s požadavkem na maximální efektivitu není v žádném případě možné použít zařízení typu termohydraulický rozdělovač. Ten je nutné vždy nahradit promyšleným zapojením a řádným systémem MaR.




***Obr. 14*** *Možná náhrada termohydraulického rozdělovače*




***Obr. 15*** *Použití termostatických ventilů*

## ZÁVĚR

Pokud se propojí kapalinové okruhy ZZT do systémů výroby a distribuce tepla a chladu, zásadním způsobem se zefektivní provoz systémů TZB. Důkazem je i tento projekt EPC v KCP, který je velice úspěšný. Z předpokládané úspory cca 23 mil Kč/rok se generuje úspora cca 32 mil. Kč/rok. A z energetického hlediska výsledek je, že do venkovní teploty cca +20 °C se cca 40 % spotřebované tepelné energie v KCP nevyrábí spalováním paliva (převážně s účinností cca 105 %), ale přečerpáváním energií. Do venkovní teploty cca +5 °C, se vyrábí chlad s efektivitou v poměru cca 1 ku 50. Konkrétně: Např., když jsem v únoru 2019 nabízel tento příspěvek na konferenci, tak se aktuálně vyrábělo cca 330 kW chladu tím, že se „vyrábělo 330 kW tepla na ohřev čerstvého vzduchu. Na toto přečerpávání energií s celkovým ziskem výkonu 660 kW, byla potřeba celková čerpací práce cca 12,3 kW. To znamená, že z každé vložené 1 kW čerpací práce jsme získávali cca 54 kW energie. Podobné to je během celého zimního období. V přechodném období – nad +3 °C během dne, to je ještě lepší – je v chodu chlazení. Máme k dispozici teplejší vodu z kondenzátorů a faktor získávání energie je běžně, že z 1 kW je 100 až 120 kW tepla využívaného pro ohřev vzduchu. Toto vše je zajišťováno několika navzájem propojenými systémy a využíváním synergických efektů. Tyto stavy jsou zachyceny v obrázcích vizualizací příspěvku.