



TEPELNÉ ČERPADLO V SYSTÉMU ZDROJŮ JAKO SOUČASNÝ ZDROJ TEPLA I CHLADU Z HLEDISKA EFEKTIVITY PROVOZU

Ing. Karel Matějčec

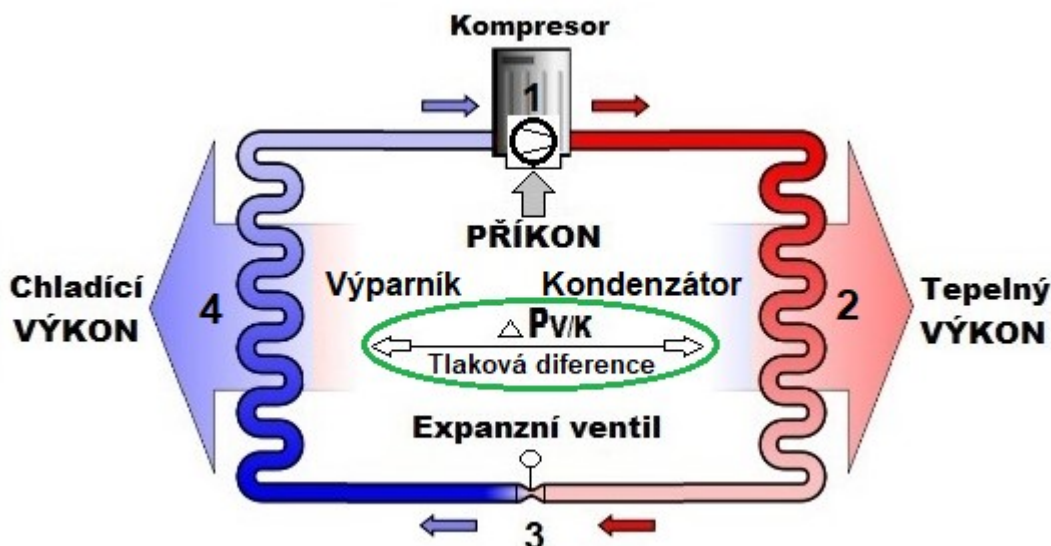
Inženýrská činnost
karel@ingmatejicek.cz

ANOTACE

V případě použití tepelného čerpadla v systému zdrojů jako současný zdroj tepla i chladu, s požadavkem na určitou konkrétní teplotu otopné i chlazené vody a maximální efektivitu provozu, je vhodné dodržet určitá pravidla zapojení rozvodů a regulace systémů okruhů rozvodů. Přednáška nastiňuje možnost zapojení jednotlivých okruhů systémů vytápění a chlazení tepelným čerpadlem, s důrazem na celkovou efektivitu provozu.

ÚVOD

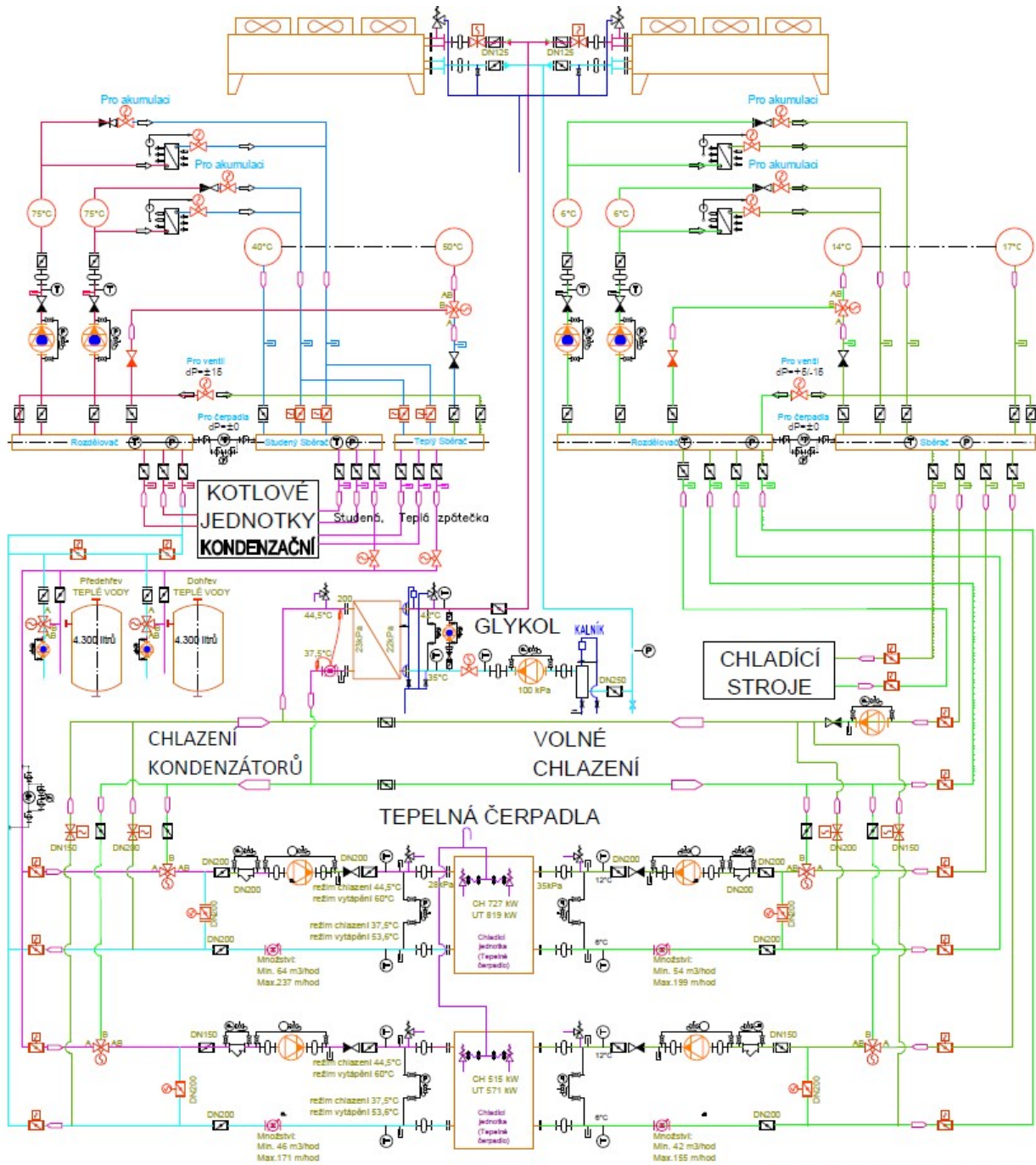
Stále častěji se projektují a následně provozují v systému zdrojů tepelná čerpadla jako zdroj tepla, event. jako současný zdroj tepla i chladu. I když tepelné čerpadlo je v podstatě chladicí stroj, u kterého se využívá na místo vychlazené vody ve výparníku ohřátá voda z kondenzátoru, je jeho konstrukce mírně odlišná a je nutno ho připojovat odlišně i do systému rozvodů. Základní rozdíl je v tom, že tepelné čerpadlo je konstruováno na větší tlakový rozdíl mezi výparníkem a kondenzátorem, tím pádem i na větší teplotní rozdíl mezi výparníkem a kondenzátorem. Druhý rozdíl je, že oproti chladicímu stroji má dvojitý systém regulace výkonu. Při požadavku na chlazení, je výkon tepelného čerpadla regulován dle žádané teploty chlazené vody z výparníku. Při přepnutí na vytápění, je výkon tepelného čerpadla regulován dle žádané hodnoty chladicí vody z kondenzátoru. Z toho vyplývá, že při požadavku na chlazení, musí teplotu chladicí vody z kondenzátoru a při požadavku na vytápění, teplotu chlazené vody z výparníku, zajistit externí regulace systému MaR objektu.



Obr. 1 Schéma okruhu chladicího stroje / tepelného čerpadla

Při provozu chladicího stroje/tepelného čerpadla, dále jen tepelného čerpadla, musí být v rovnováze chladicí výkon s tepelným výkonem (chladicí výkon + cca příkon kompresoru = tepelný výkon). Z toho vyplývá, že celková efektivita provozu je závislá od toho, kolik, které energie se „podaří“ využít a která se musí „mařit“, aby byla splněna uvedená podmínka. Druhý vliv na celkovou efektivitu provozu závisí od toho, jaký musí být tlakový rozdíl mezi výparníkem a kondenzátorem. Nejeftivnější provoz je, když se využívá vyrobené teplo, i

vyrobený chlad ze 100% a žádná energie se nemusí mařit. To se dá splnit jen tehdy, je-li v systému výroby tepla a chladu další zdroj tepla a chladu. Tepla např. plynová kotelná, chlad např. chladicí stroj/tepelné čerpadlo, které může být provozováno s minimálním tlakovým rozdílem výparník/kondenzátor, bez ohledu na teplotu chladicí vody z kondenzátoru, event. výparníku, s řízením diferenčního tlaku výparník/kondenzátor. Tepelné čerpadlo jako doplňkový zdroj je provozováno např. ve Státní opoře Praha (SOP), kde navíc může být glykolový systém pro možné chlazení kondenzátorů tepelných čerpadel provozován samostatně jako zdroj chladu – Free-cooling (volné chlazení).



Obr. 2 Možné schéma připojení tepelných čerpadel do okruhů vytápění a chlazení

Jak již bylo uvedeno v úvodu, tepelné čerpadlo reguluje svůj výkon vždy jen od jedné žádané teploty. Při požadavku na „Chlazení“, na žádanou teplotu media z výparníku, při nastavení na „Vytápění“ na žádanou teplotu media z kondenzátoru. Pokud je ale požadavek na využití tepelné energie z „protilehlé strany stroje“, musí mít teplota vystupujícího media hodnotu dle požadavku připojené technologie, dost často v závislosti na venkovní teplotě. To vše musí

zajistit externí systém měření a regulace, který není součástí tepelného čerpadla (aspoň o takovém tepelném čerpadle s výkonem nad cca 500 kW nevím). Základní požadavek na externí regulaci je zajistit dle technických podkladů stroje:

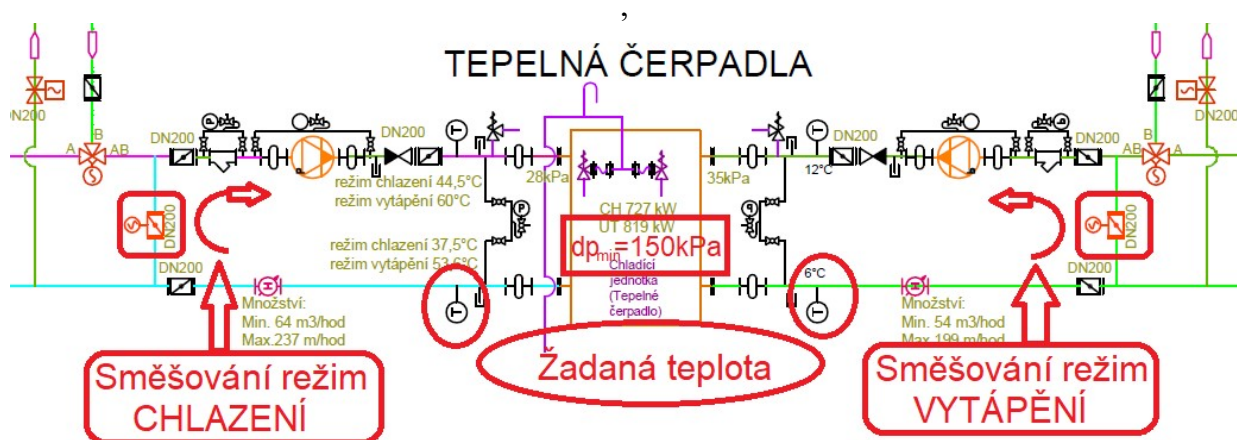
Minimální průtok media výparníkem / kondenzátorem

Minimální / maximální tlakovou diferencí mezi výparníkem a kondenzátorem na straně náplně stroje. Minimální tlaková diference zajišťuje ve většině případů transport oleje vnitřního okruhu.

Minimální teplotu vody vystupujícího z výparníku, maximální tlak náplně v kondenzátoru (teplotu).

Teplota média pro kondenzátor musí mít větší hodnotu jak teplota média pro výparník. Opačný stav je přípustný pouze po určitou dobu těsně po startu.

Pokud není požadavek na využití tepelné energie tzv. Odpadního tepla, systém externí regulace by měl regulovat tento okruh na hodnotu minimálního tlakového rozdílu mezi výparníkem a kondenzátorem. Pokud je požadavek na využití tepelné energie tzv. Odpadního tepla, systém externí regulace reguluje tento okruh na hodnotu požadované teploty vystupujícího média ze stroje, s podmínkou zajistit hodnotu minimálního tlakového rozdílu mezi výparníkem a kondenzátorem. Tuto teplotu media vystupujícího ze stroje a požadované podmínky při startu, je možné snadno regulovat na vyšší teplotu u kondenzátoru a nižší u výparníku, přepouštěním / směšováním vystupujícího média do media vstupujícího do stroje, dále na větší teplotní diferencii teplot zvyšováním otáček čerpadla – zvětšování spotřeby, event. využití napojené technologie – chladicí věže, glykolové systémy, vrty.

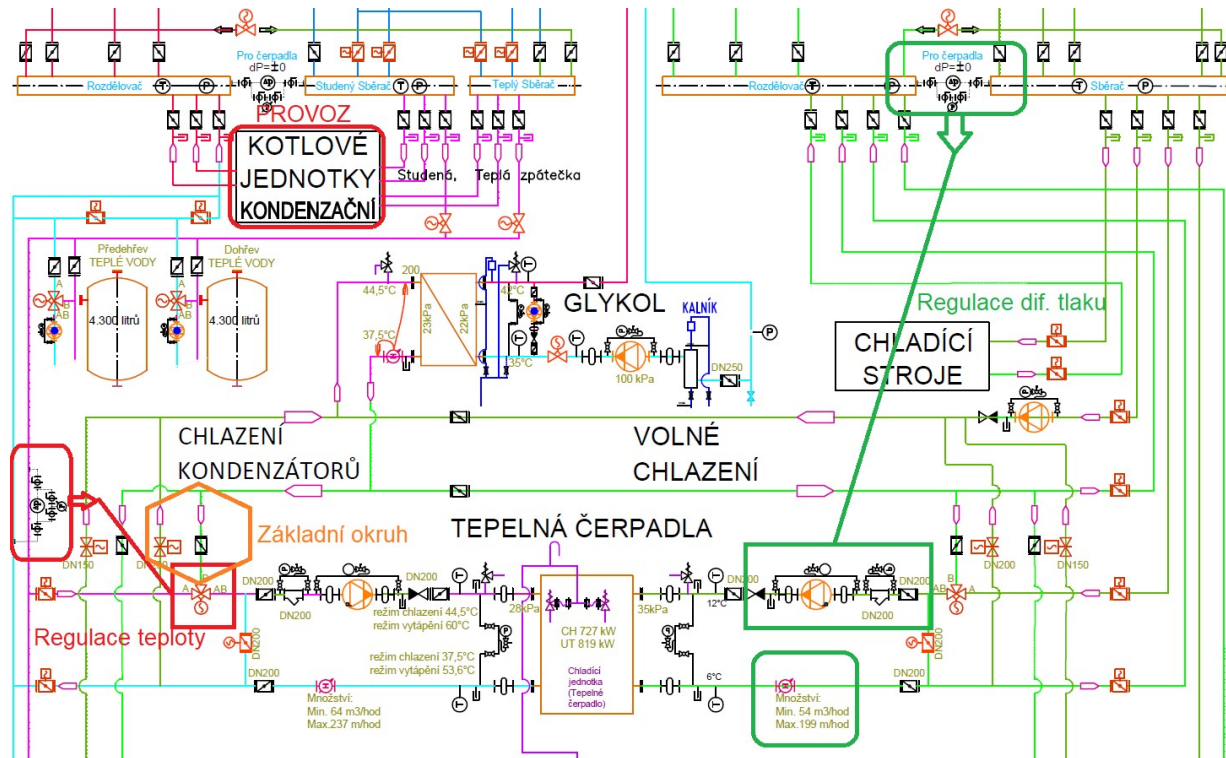


Obr. 3 Regulace teploty vystupujícího media směšováním

Pro zajištění max efektivity současné výroby tepla a chladu musí, mít externí systém MaR zpracované algoritmy tak, aby docházelo k automatickému spouštění jednotlivých systémů s minimálními nároky na spotřebu energií celého systému. Dle nároků navazujících technologií, musí ovládat tepelná čerpadla v režimu trvalý provoz, v režimu přerušovaný provoz s akumulací energií do rozvodů buď tepla nebo chladu. Systém musí být odladěn tak, aby bylo nutné mařit, jako odpadní teplo, co nejmenší množství energie. Nízkopotencionální energii využívat k přehřevu, event. dohřevu teplé vody, již instalované glykolové systémy využívat i k přímé výrobě chladu systémem volného chlazení, atd. Na detailech uvedeného schéma si uvedeme dva základní provozní stavy.

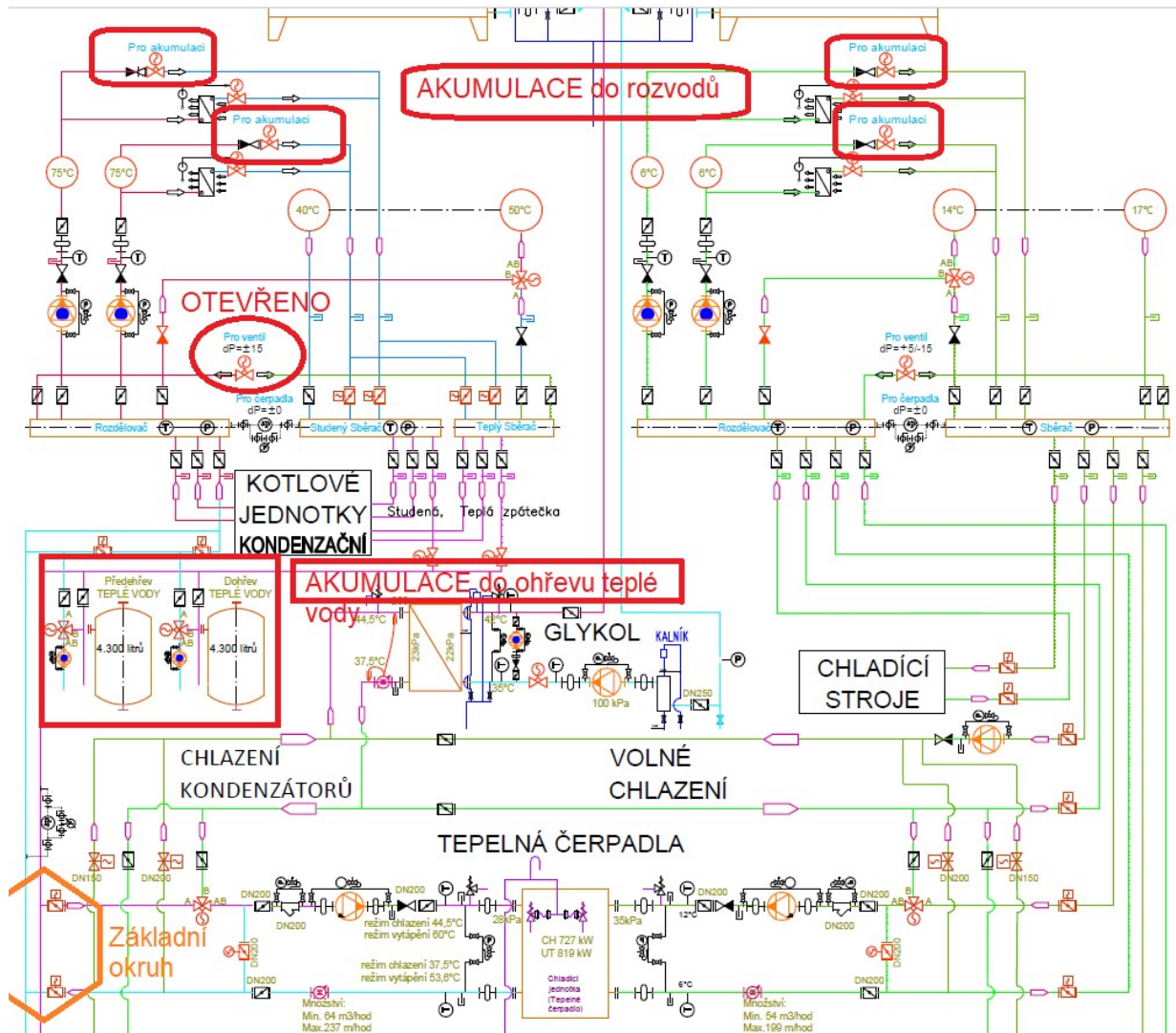
Zimní provoz: Spotřeba tepla při výrobě chladu za provozu kotlů v kotelně a výkonově nízká výroba chladu. Tento stav nastává, když pro výrobu chladu je dostatečné jedno tepelné čerpadlo a množství tepla z výroby chladu není tak veliké, aby pokrylo celkové požadavky na spotřebu tepla objektu. Základní okruh tepla je kondenzátor, výměník glykol/voda, třetí cesta

trojcestného ventilu, oběhové čerpadlo. (Výměník glykol/voda s potrubím okruhu slouží jako stabilizační kapacita provozu) Z tohoto okruhu se odpouští odpovídající část oteplené vody do rozdělovače v kotelně před zaústěním prvního kotle do téhož rozdělovače. Kotel svým provozem tuto vodu přimícháním dohřeje. V reálu to je regulováno tak, že dle žádané teploty pro kotelnu se přestavuje žádaný diferenční tlak výstupu tepelných čerpadel do kotelnu a následně od této difference se reguluje otevření přímé cesty trojcestného ventilu okruhu kondenzátoru.



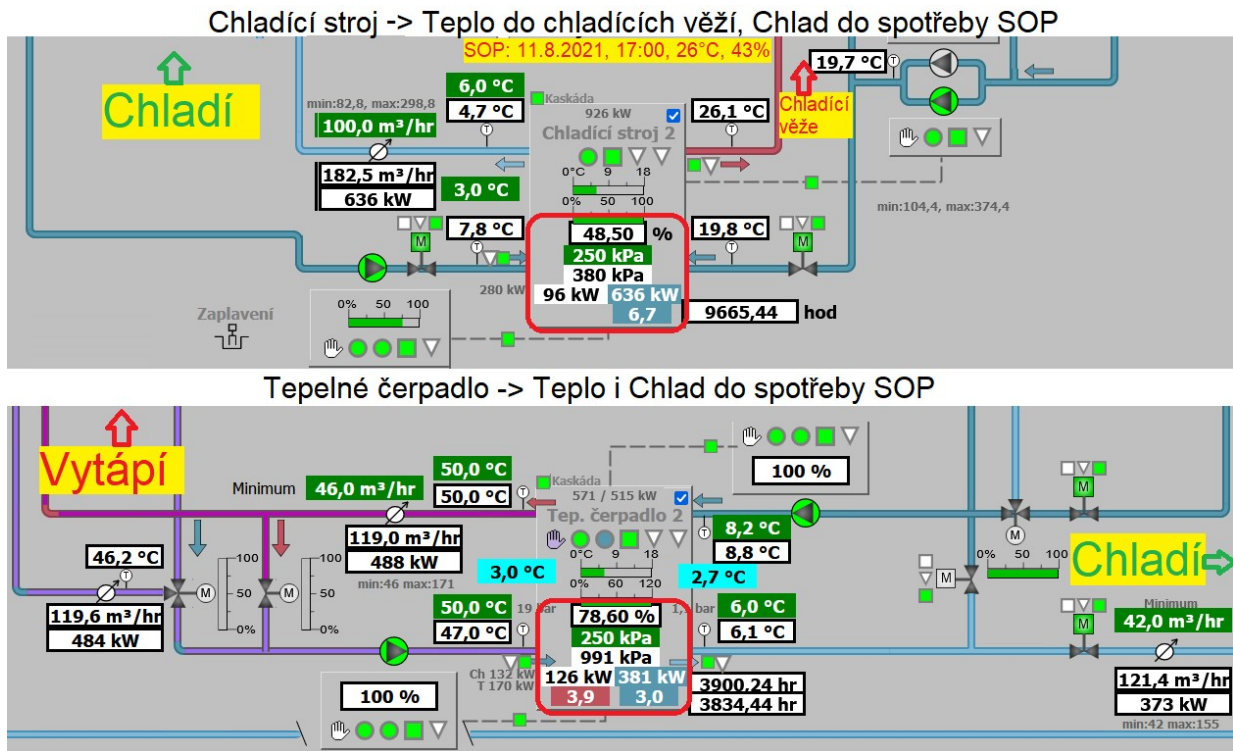
Obr. 4 Zimní provoz -spotřeba tepla při výrobě chladu za provozu kotelnu

Letní provoz: Spotřeba tepla z nadvýroby chladu při odstávce kotlů v kotelně. Tento stav nastává, když teplo z výrobu chladu je podstatně větší jak spotřeba tepla objektu. Základní okruh tepla je kondenzátor, rozdělovač/sběrač v kotelně, přímá cesta trojcestného ventilu, oběhové čerpadlo. Otevřené zkraty na konci otopných větví ve strojovnách, které jsou v provozu a otopné okruhy akumulárního ohřevu teplé vody. Provoz tepelného čerpadla je přerušovaný s akumulací do rozvodů a ohřevu teplé vody. V reálu to je provozováno tak, že základní pro výrobu chladu je chladicí stroj s chladicími věžemi s regulací na minimální tlakovou diferencii vnitřního okruhu chladicího stroje – max. efektivita. Při poklesu teploty v otopném okruhu pod minimální žádanou teplotu, je uvedeno do provozu tepelné čerpadlo a dle současného požadavku na výkon chladicího stroje vypnut/nevypnut chladicí stroj. Naakumuluje se teplo do rozvodů a teplé vody a při teplotě vody výstup kondenzátoru cca 58 až 60°C, se tepelné čerpadlo vypne a zapne se zpět chladicí stroj. Ve stávajícím provozu v SOP se tepelné čerpadlo zapíná cca 3x během dne na dobu 1,5 až 2 hodiny a pokud to je ráno nebo večer, chladicí stroj se při tom vypíná.



Obr. 5 Letní provoz - využití odpadního tepla při výrobě chladu režimem akumulace

Když porovnáme provoz chladicího stroje, kdy rozvody na straně kondenzátoru jsou regulovány na minimální tlakovou diferenci mezi výparníkem a kondenzátorem a provoz tepelného čerpadla, kdy se využívá pro provoz jak chlad z výparníku, tak teplo z kondenzátorů na běžně používaných provozních parametrech tepla cca 50°C a chladu 6°C, vychází celková efektivita provozu obou strojů přibližně stejně. Viz příklad z běžného provozu v SOP. Chladicí stroj při příkonu 96 kW, má chladicí výkon 636 kW při tlakové diferenci 380 kPa, tzn. efektivita (Koeficient využitelnosti energie EER) je cca 6,625. Tepelné čerpadlo při příkonu 126 kW, má chladicí výkon 381 kW, tepelný výkon 488 kW, s tlakovou diferencí 991 kPa. Celkem z 126 kW generujeme 869 kW energie. V tomto případě efektivita je cca 6,7. Na vizualizaci jsou hodnoty u chladicího stroje 6,7, u tepelného čerpadla 3,9+3=6,9. Rozdíl je způsoben časovými prodlevami odečtu jednotlivých hodnot a jejich výpočtu. A to jsou stavy, kdy se u tepelného čerpadla použije pro provoz veškerý chlad i teplo. Pokud se při takto velkém rozdílu tlaků mezi výparníkem a kondenzátorem část vyrobeného tepla nebo chladu musí mařit, dostáváme se do stavů, že je ekonomicky výhodnější vyrábět teplo jiným zdrojem. Např. spalováním plynu v kondenzačních kotlích.



Obr. 6 Porovnání efektivity chodu chladicího stroje a tepelného čerpadla

Závěr: Na celkovou efektivitu provozu tepelného čerpadla má vliv nejen jeho zapojení do systémů rozvodů, ale i hodnoty požadovaných parametrů pro systémy tepla i chladu. Čím je mezi nimi menší teplotní rozdíl, tím je celková efektivita provozu lepší. Tuto efektivitu podstatným způsobem snižuje např. použití termohydraulických rozdělovačů degradací teplot na výstupu vůči vstupu dané větve. Další zásadní vliv má současné využití/nevyužití vyrobeného tepla/chladu pro provoz. Zde si je možné pomoci přerušovaným provozem akumulací do rozvodů. Např. v SOP, kdy průměrná spotřeba tepla je cca 50 kW a spotřeba chladu cca 250 až 750kW, se uvádí do provozu tepelné čerpadlo během dne na dobu cca 3x 1,5hodiny s plným využitím tepla i chladu. V tom čase je chladicí stroj mimo provoz.