

**Řízení výkonu spotřebiče pomocí
3-cestných regulačních ventilů,
2-cestných regulačních ventilů
a
inteligentních 2-cestných regulačních
ventilů**



Hydronic Systems

Modřanská 98

147 01 Praha 4

tel.: 244 466 792

fax.: 244 461 381

praha@hydronic.cz

Šámalova 78

615 00 Brno

tel.: 545 247 246

fax.: 545 247 519

brno@hydronic.cz

www.hydronic.cz

Řízení výkonu spotřebiče pomocí 3-cestných regulačních ventilů, 2-cestných regulačních ventilů a inteligentních 2-cestných regulačních ventilů (I2RV)

Ing. Rudolf Talian

Vážení projektanti,

S postupujícím vývojem a neustále se rozšiřující součástkovou základnou se nám stává problematika funkčního návrhu chladicích popř. otopných soustav dost nepřehlednou a musíme si přiznat, že ani není v lidských silách znát všechny dostupné komponenty i způsoby jejich použití a zapojení do systému.

Neděláme si nároky na to, že zde budeme prezentovat všechna možná řešení ani to, že námi presetovaná zapojení jsou jediná správná. Velmi dobře víme, že každá soustava je svým způsobem jedinečná, i když se skládá z více či méně opakovaných modulů. Nelze proto říci, že jedno zapojení je jediné správné a ostatní jsou špatná. Zejména to platí o rozlehlejších soustavách na multifunkčních centrech.

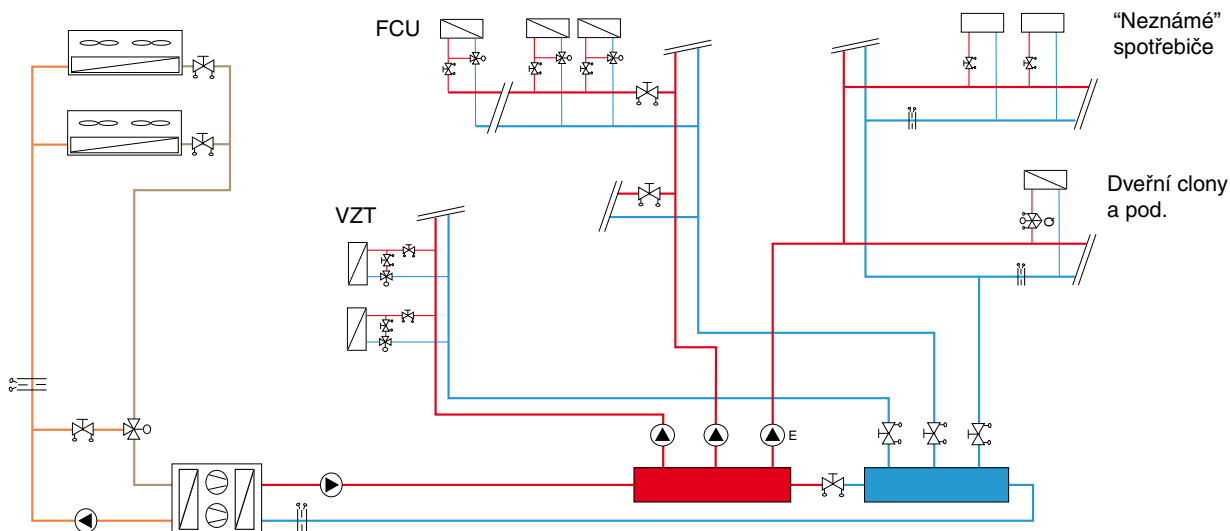
Každé zapojení, které budeme dále popisovat má dle našeho názoru své opodstatnění, a je na projektantovi, aby zhodnotil jeho přínos do jím řešené aplikace a to nejen z pohledu čistě technického, ale také z pohledu ekonomického. Tím je myšleno, že každé technické řešení dané aplikace má nejen své technické opodstatnění, ale také má své investiční náklady (náklady na nákup a instalaci zařízení), náklady na uvedení do provozu (hydronické vyvážení, součinnost s MaR) a v neposlední řadě též náklady na provoz zařízení a jeho údržbu (náklady na elektřinu pro čerpadla, soubor MaR, náklady na opravy případně výměny komponentů). To vše je také nutné při návrhu řešení zohlednit.

Dovolili jsme si proto vybrat z nepřehledného množství možných zapojení ty, se kterými se na stavbách můžete běžně setkat a vysvětlit jejich použití v kontextu celé soustavy.

Stran vlastního členění tohoto pojednání bude platit, že nejdříve si popíšeme celou soustavu, netroufáme si ji nazvat typickou, ale zohledňující běžně používané spotřebiče i jejich umístění a zapojení v soustavě. Následně popíšeme vždy jednotlivé sekce (okruhy) dle použitých spotřebičů a v každé sekci dále rozvedeme různé varianty zapojení.

1. Popis soustavy

Jako modelový příklad jsme zvolili soustavu chlazení (viz obr. 1) na multifunkční budově, kde jsou zastoupeny jak spotřebiče typu VZT jednotek (obvykle pro společné prostory, haly), tak spotřebiče typu fancoil [FCU] (obvykle nájemní prostory- kanceláře), spotřebiče typu dveřní clona a také i „neznámé“ spotřebiče - tj. předávací místo (rozhraní) na hraně nájemních prostorů-butiky, galerie (prostě všude tam, kde nejsou definovány typy a velikosti spotřebičů a známe jen rámcové



obr. 1: Celkové schéma soustavy

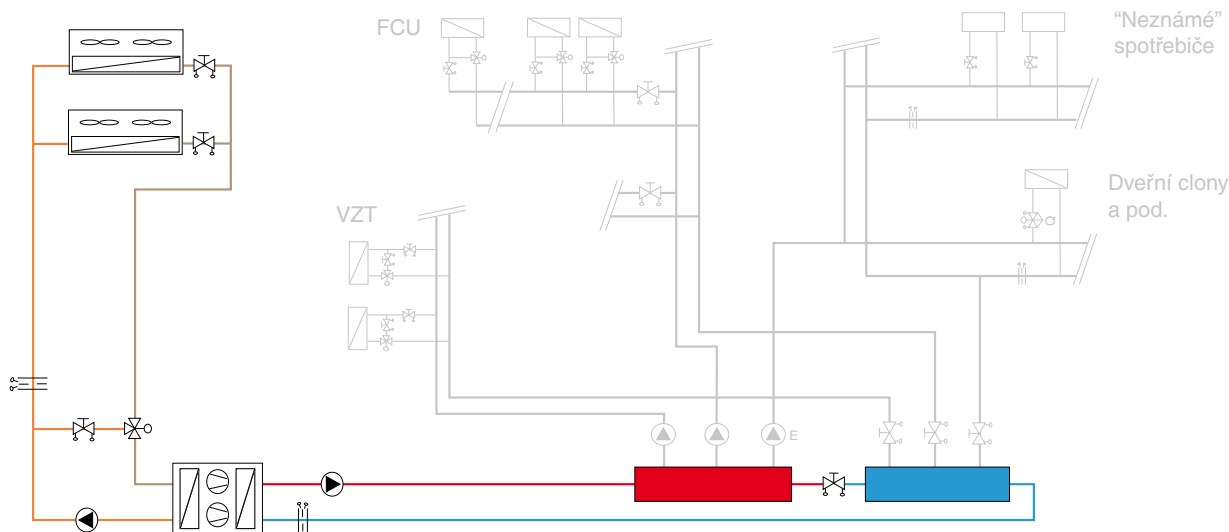
výkony, které jsou pro daný prostor rezervovány). Soustava má samozřejmě i svojí část zdrojovou, která je hydraulicky oddělená od části spotřeby ale kterou nesmíme při návrhu opomíjet.

2. Část zdrojová

Tato část se obvykle skládá ze dvou hydraulicky oddělených okruhů (viz obr. 2). První okruh je okruh chladicí vody (případně nemrznoucí směsí).

U větších jednotek se obvykle jedná o okruh s konstantním průtokem, kde 3-cestná armatura zajišťuje při konstantním průtoku jednotkou konstantní teplotu na vstupu do chladicího stroje a to zejména při spuštění po odstávce a nebo ze studené zálohy. Ruční vyvažovací ventil v bypasu 3-cest. směšovací armatury zde plní funkci kompenzace tlakové ztráty na chladicích věžích a v potrubní trase bypassu.

Instalace měřicí clony je zde uvedena z čistě praktických provozních důvodů, neboť obvykle 3-cest. armatury jsou umístěny ve strojovně (nezřídká v suterénech budov) a vlastní chladicí věže (nezřídká celé baterie suchých chladičů) obvykle na střeše budovy nebo mimo vlastní objekt. Pro kontrolu průtoku chladicím strojem za plném provozu nebo při uvádění do provozu je vhodné mít možnost odečtení celkového průtoku chladicím strojem a to přímo u něj. Ladění poměru průtoků mezi jednotlivými chladicími věžemi se provádí přímo u nich, kontrolní „součtový“ průtok se pak měří přímo ve strojovně u chladicího stroje. Použijeme-li místo vody nemrznoucí směsí, neměli bychom pominout jejich odlišné fyzikální vlastnosti (zejména měrné tepelné kapacity a viskozity) a zohlednit je při výpočtech.



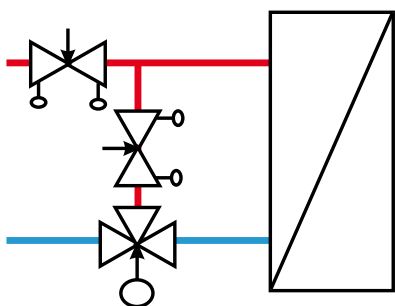
obr. 2: Schema zdrojové části

Na straně chladné vody (strana spotřeby) se, zejména na větších soustavách, celý hydraulický okruh dělí na část před rozdělovačem (napájecí) a část za rozdělovačem (jednotlivé větve spotřebičů). Jednotlivé okruhy za rozdělovačem jsou obvykle vybaveny ručními vyvažovacími ventily, které plní funkci měřicí, přednastavovací i uzavírací. Je možné se setkat se soustavami, kde část napájecí je ukončena v hydraulickém anuloidu, který může být zvětšen tak, aby plnil zároveň funkci zásobníku buď pro částečné vyhlazení provozní křivky chladicího stroje a nebo pro zachycení špiček spotřeby (v průběhu dne) či nárazových odběrů chladu (zejména při současném spouštění více velkých spotřebičů dle časových požadavků). Na obr. 2 zobrazený napájecí okruh je vybaven měřicí clonou pro kontrolní měření průtoku chladicím strojem, která v případě instalace anuloidu nebo zásobní nádrže, bude nahrazena ručním vyvažovacím ventilem. Mezi rozdělovačem a sběračem je instalován ruční vyvažovací ventil, který zde plní funkci technologického bypassu zajišťujícího minimální průtok okruhem chladicího stroje (pokud tento nebude zajištěn přímo soustavou samotnou). Funkčním předpokladem hydraulické stability je, že čerpadla z napájecího okruhu budou dimenzována tak, že nebudou do jednotlivých okruhů spotřebičů přenášet dynamickou složku čerpací práce a průtok napájecím okruhem bude vždy vyšší než celkový současný průtok všemi větvemi spotřebičů.

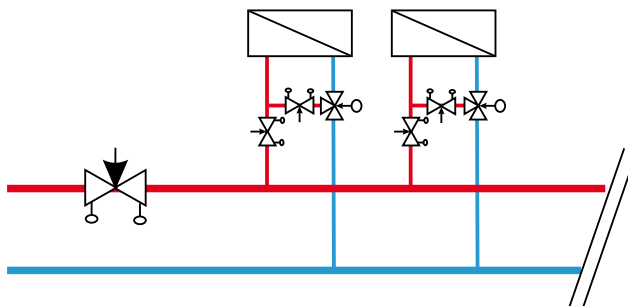
3. Stoupačka s VZT jednotkami

Standardní zapojení VZT jednotky v režimu chlazení v systému s konstantním průtokem je zobrazeno na obr. 3. Ručním vyvažovacím ventilem v přívodním potrubí kontrolujeme celkový průtok do výměníku VZT jednotky (za plně otevřeného 3-cest. RV) a ručním vyvažovacím ventilem v bypassu kompenzujeme rozdíl tlakové ztráty mezi potrubím bypassu a „dlouhým“ okruhem s výměníkem VZT jednotky.

Takto koncipované zapojení bude funkční s tím, že čím větší počet VZT jednotek bude na okruhu instalován a čím více budou od sebe jednotlivé VZT jednotky vzdálené, tím delší čas bude nutný pro uvedení do provozu a hydronické vyvážení celého okruhu. Toto zapojení vyžaduje, zejména na rozlehlejších soustavách, s ohledem na stabilizaci poměrů mezi jednotlivými stoupačkami a skupinami spotřebičů instalaci partnerského ventilu na prahu stoupačky (viz obr. 4), pomocí kterého jednak provádíme kontrolní měření součtového průtoku celým okruhem a také jím kompenzujeme případné vlivy od čerpadla napájecího okruhu.

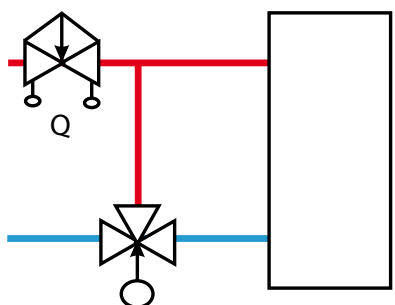


obr. 3:

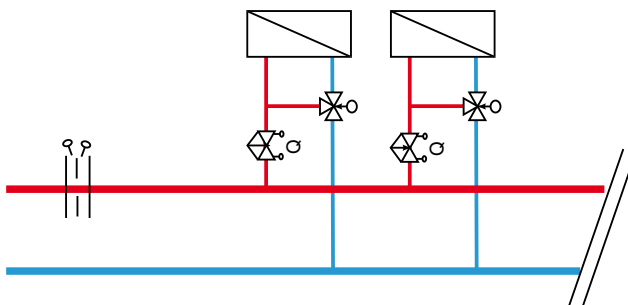


obr. 4:

Jako alternativu lze použít zapojení s automatickým vyvažovacím ventilem (viz obr. 5). Tato modifikace se projeví zjednodušením zapojení (není třeba instalovat druhý vyvažovací ventil v bypassu 3-cestné armatury, neboť kompenzaci průtoku provede automatický vyvažovací ventil sám). Na rozdíl od zapojení předešlého (obr. 3 a 4) u tohoto zapojení postačuje na místo partnerských ventilů instalovat pro kontrolní měření měřicí clonu (viz obr. 6), která však z čistě technického hlediska není nezbytně nutná a slouží pouze pro kontrolní přeměření součtového průtoku více spotřebičů (typicky na jedno patro nebo sekci). Při správném návrhu je hydraulická stabilita a konečné hydronické vyvážení zajištěno vlastní funkcí automatických vyvažovacích ventilů.

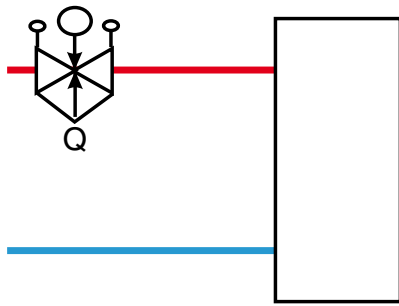


obr. 5:

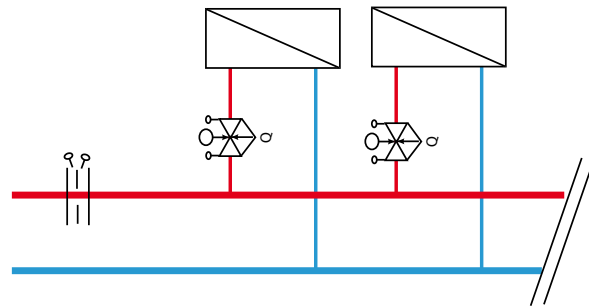


obr. 6:

V případě, že zvolíme dynamickou soustavu tj. soustavu s proměnným průtokem, lze s ohledem na měnící se hydraulické poměry doporučit použití zapojení dle obr. 7, které díky použití inteligentních 2-cestných regulačních ventilů zajistí jednak požadovanou hydraulickou stabilitu soustavy a zároveň zajistí potřebné přerozdělení průtoků mezi jednotlivé spotřebiče. Podíváme-li se pak na zapojení celého okruhu (viz obr. 8) zjistíme, že stejně jako v předešlém případě nám plně postačuje pro kontrolní měření součtového průtoku instalace měřicí clony na patě stoupačky (nebo případně sekce, vyžádá-li si to velikost a topologie sítě). Žádné další vyvažovací armatury (vyjma instalace I2RV na každý spotřebič na dané větvi) není nutno již z čistě technologického hlediska (tj. pro zajištění funkčnosti) nutně instalovat.



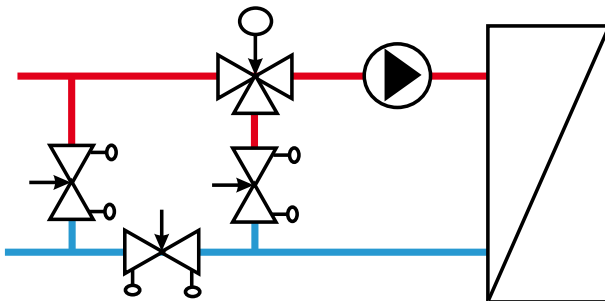
obr. 7:



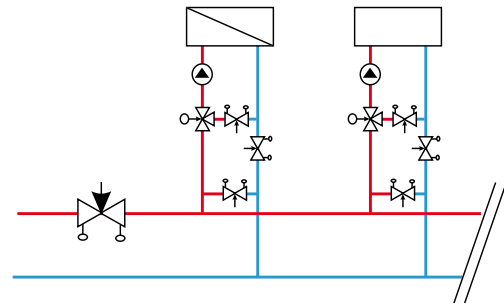
obr. 8:

Samostatnou kapitolou jsou zapojení topné části VZT jednotky, zejména pokud se jedná o VZT jednotku, která pracuje s čerstvým (z exteriéru nasávaným) vzduchem. Zde musíme brát v potaz skutečnost, že s ohledem na teplotně vlhkostní poměry čerstvého vzduchu může i za provozu nastat situace, kdy hrozí nebezpečí zámrazu výměníku a následně i k jeho možnému zničení.

Proto by již při volbě zapojení topného registru mělo být pamatováno na tyto situace. Zapojení, která se nabízejí je mnoho. Asi nejobyčtější zapojení je zapojení s třícestnou směšovací armaturou a oběhovým čerpadlem ve vnitřním okruhu výměníku (viz obr. 9).

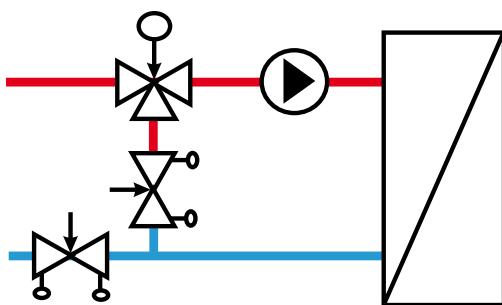


obr. 9:

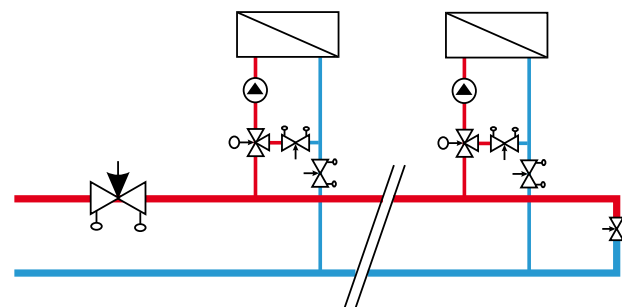


obr. 10:

U zapojení na obr. 9 je též instalován bypass ve vnějším okruhu (okruh zdroje tepla), pomocí kterého zajišťujeme, že za každé situace bude na vstupním portu 3 cestné armatury k dispozici topná voda o náběhové teplotě. Obvykle postačuje zajištění minimálních průtoků tzv. „natrhnutí“ ručního vyvažovacího ventilu tak, aby nedošlo k zastavení proudění ve vnějším okruhu. Tento bypass se umísťuje co nejbližší směšovacímu ventilu. Zapojení celé větve je patrné z obr. 10. Sekčním ručním vyvažovacím ventilem kompenzujeme rozdíly mezi jednotlivými podlažními a zároveň můžeme provádět kontrolní měření součtového průtoku celou větví. Pokud bychom zvolili zapojení bez bypassu (viz obr. 11) mohlo by dojít zejména po delším čase odstávky a dlouhých ležatých rozvodech k situaci, že při požadavku na natopení výměníku a start VZT jednotky nebude okamžitě k dispozici topná voda v přívodním potrubí o potřebné teplotě (bude vychladlá). Následně by mohlo dojít k dalšímu snížení teploty na výměníku VZT jednotky a k aktivaci protizámrazové ochrany. Ty ale obvykle bývají vybaveny manuálním resetem, takže opětovné uvedení do provozu je pak obvykle možné jen po ručním zásahu obsluhy. To ovšem vyžaduje čas, neboť obsluha může být společná pro všechna zařízení TZB na objektu nebo na více objektech a nemusí být k dispozici přímo na místě aby zjedнала nápravu ihned.



obr. 11:

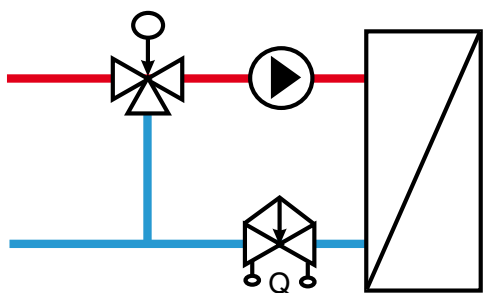


obr. 12:

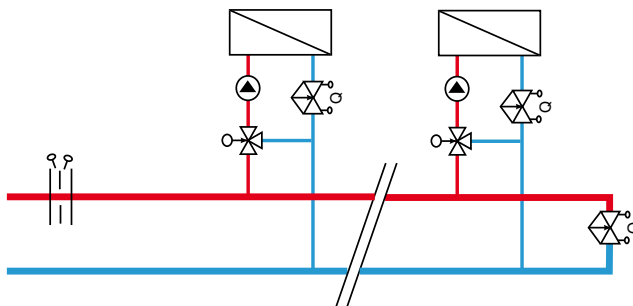
Použijeme-li tedy zapojení dle obr. 11, je vhodné mít zajištěnu cirkulaci topného média v horizontálním potrubí (viz obr. 12). To lze zajistit instalací technologického bypassu obvykle na konec předmětné větve. Dimenzace a umístění bypassu se potom řídí výpočtem tepelných ztrát v rozvodech.

Pro uvádění do provozu pro toto zapojení platí, že nejdříve měříme a nastavujeme vnitřní okruhy jednotlivých VZT jednotek (tj. ruční vyvažovací ventily v bypasech 3 cestných armatur) a ruční vyvažovací ventily v technologických bypasech a pak teprve vyvažujeme ruční vyvažovací ventily ve vnějších okruzích (směrem ke zdroji). Co se týče časové náročnosti platí, že čím je takovýchto spotřebičů na větvi více a jsou dále od sebe a čím je více takových to větví na okruhu, tím je časová náročnost vyšší. Pokud by soustava byla co do počtu instalovaných spotřebičů rozlehlá a pokud by se vypustili sekční (chcete-li partnerské) ruční vyvažovací ventily na odbočkách ze stoupaček, mohla by za určitých podmínek nastat situace, že nebude možno v reálném čase uvést soustavu do provozu tak, aby na všech spotřebičích bylo docíleno projektovaných průtoků.

Jako alternativu lze použít zapojení, kdy namísto ručního vyvažovacího ventilu použijeme automatický vyvažovací ventil (viz obr. 13). Vlastní funkcí automatického vyvažovacího ventilu je docíleno konečné hydraulické vyvážení okruhu dané VZT jednotky bez nutnosti dalších korekcí nastavení. Na odbočkách ze stoupaček do jednotlivých větví (viz obr. 14) doporučujeme instalovat měřicí bod (např. měřicí clonu) pro provedení kontrolního měření součtového průtoku na celé větvi. Při tomto zapojení (dle obr. 13) je vhodné instalovat technologické bypasy, obvykle na konce jednotlivých větví, (viz obr. 14) tak, aby bylo zajištěno, že nedojde podchlazení topné vody v případě odstavení VZT jednotek.

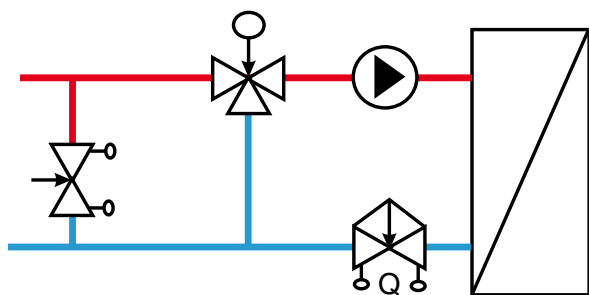


obr. 13:

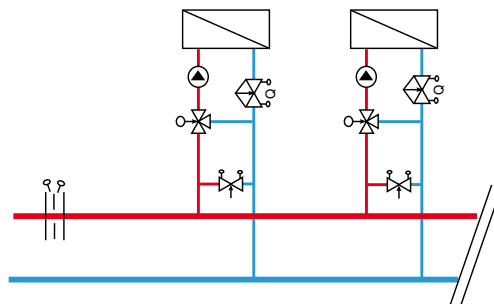


obr. 14:

Jako modifikaci zapojení dle obr. 13 lze použít variantu, kdy každý spotřebič bude mít vlastní technologický bypass (viz obr. 15). Toto zapojení lze doporučit všude tam, kde je dlouhá odbočka od ležatého rozvodu k jednotlivému spotřebiči. Na odbočku z páteřního rozvodu pak doporučujeme instalovat např. měřicí clonu pro kontrolní měření součtového průtoku. (viz obr. 16). Technologický bypass na konce jednotlivých větví pak není nutno instalovat, neboť nutný průtok topného média větví pro kompenzaci tepelných ztrát v potrubí je zajištěn technologickými bypasy u jednotlivých spotřebičů.



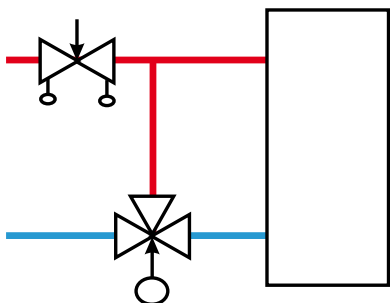
obr. 15:



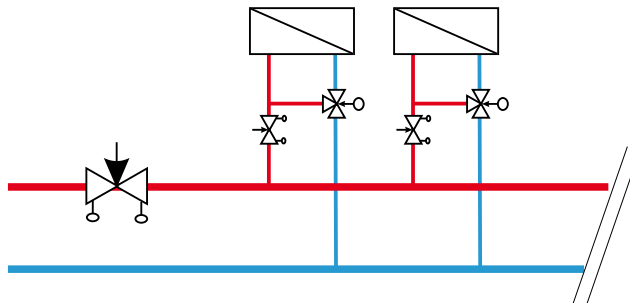
obr. 16:

4. Stoupačka s FCU jednotkami

Standardní zapojení v soustavě s konstantním průtokem je uvedeno na obr. 17, kdy na přímé větvi je instalován ruční vyvažovací ventil, pomocí kterého limitujeme maximální průtok média do výměníku FCU jednotky. V bypassu 3-cestné armatury žádný ventil pro kompenzaci rozdílných tlakových ztrát instalován není. Dilem proto, že je zde obvykle nouze o místo a dilem proto, že se částečnou kompenzací lze docílit použitím 3-cestných ventilů s redukovanou hodnotou kv v bypassu.



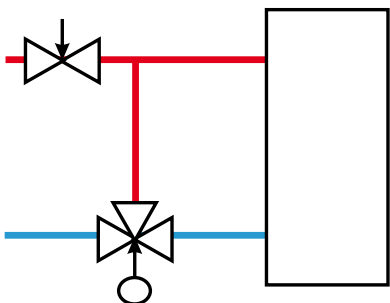
obr. 17:



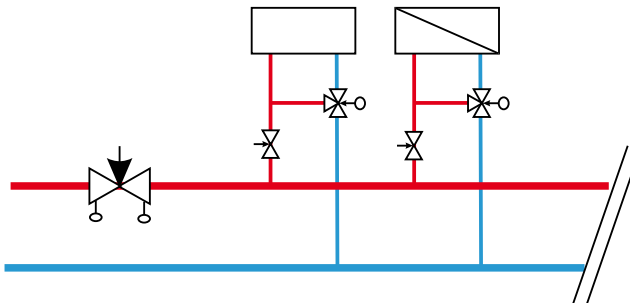
obr. 18:

Toto zapojení viz obr. 18 (stejně jako u VZT jednotek) předpokládá instalaci sekčních (nebo chcete-li partnerských) vyvažovacích ventilů na jednotlivých odbočkách a následně partnerského ventilu na rozdělovači.

Jednou z možných modifikací je náhrada ručního vyvažovacího ventilu „minivyvažovacím“ ventilem (viz obr. 19), kdy si při snížených pořizovacích nákladech (v porovnání s variantou ruční vyvažovací ventil na každém spotřebiči) zachováme možnost přednastavení a korekce průtoku, ale za cenu nemožnosti měření průtoku. Nutnost instalace sekčních ručních vyvažovacích ventilů na odbočkách a následně partnerského vyvažovacího ventilu na příslušné větvi rozdělovače zůstává zachována (viz obr. 20). Další možnou variantou je nahrazení sekčních vyvažovacích ventilů automatickými vyvažovacími ventily (viz obr. 21). Toto zapojení je vhodné zejména za situace, kdy budu soustavu uvádět do provozu např. po jednotlivých patrech (sekcích) a zajistí mi, že při uvedení dalšího patra do provozu nebude nutné provádět přeregulace a nové nastavení na ostatních, již dříve zprovozněných patrech tak, jak je to nutné v případě zapojení dle obr. 17 a 18.

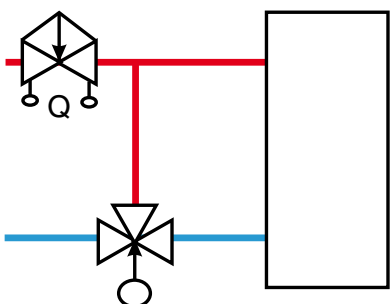


obr. 19:

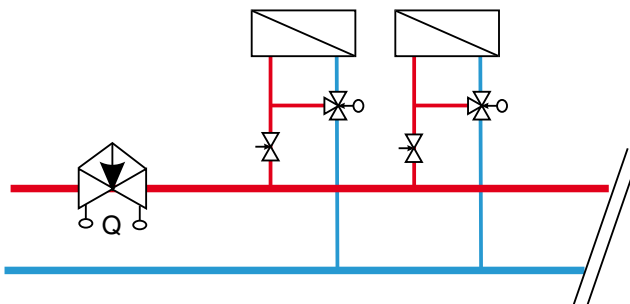


obr. 20:

Dalším možným zapojením je varianta, kdy nahradím na každém spotřebiči ruční vyvažovací (nebo minivyvažovací) ventil automatickým vyvažovacím ventilem (viz obr. 21). Zapojení celého okruhu (viz obr. 22) je analogické se zapojením dle obr. 5 a 6 u VZT jednotek.

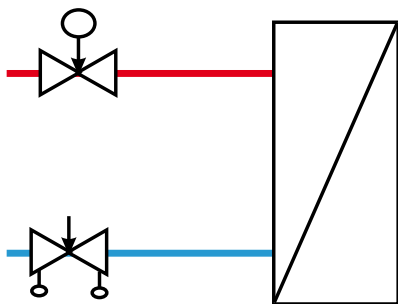


obr. 21:

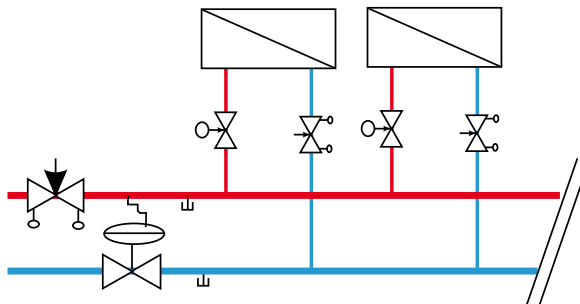


obr. 22:

Pokud zvolíme zapojení v soustavě s proměnným průtokem (tj. s 2-cestnými ventily) máme na výběr několik možností. Je možné použít zapojení dle obr. 23 kdy 2-cestný regulační ventil je doplněn ručním vyvažovacím ventilem. Toto zapojení z pohledu zajištění hydraulické stability vyžaduje zejména na rozlehlejších soustavách instalaci regulátoru tlakové diference a ručního vyvažovacího ventilu na jednotlivých sekcích (viz obr. 24), kdy ručním vyvažovacím ventilem provádíme měření průtoku a nastavujeme regulační pásmo pro regulátor diferenčního tlaku.



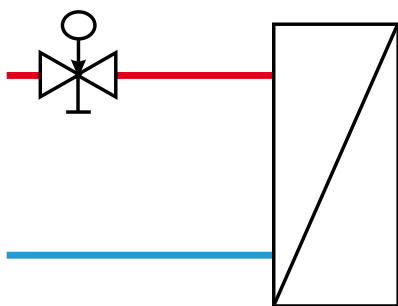
obr. 23:



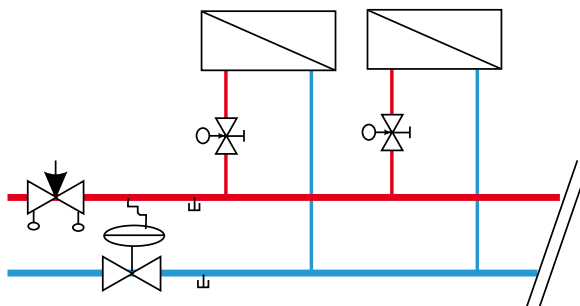
obr. 24:

Jako jisté zjednodušení zejména složitosti montáže lze použít namísto 2-cestného regulačního ventilu a ručního vyvažovacího ventilu kombinovanou armaturu, která slučuje obě armatury do jednoho těla (viz obr. 25).

Instalaci regulátoru tlakové diference se nevyhneme stejně jako v předchozím případě, protože pouze slučujeme dvě armatury do jednoho těla. Jak bude zapojení vypadat je vidět na obr. 26.

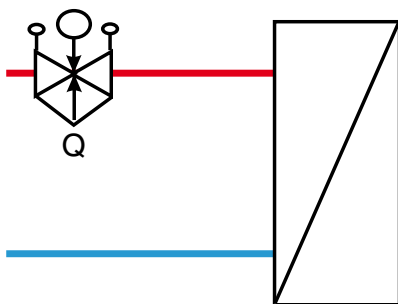


obr. 25:

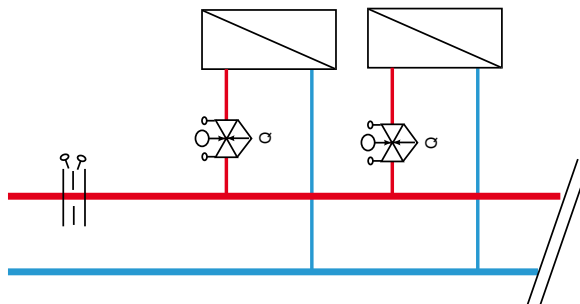


obr. 26:

Jako nejjednodušší a z pohledu rychlosti a flexibility instalace a uvádění do provozu i nejrychlejší se jeví použití inteligentních 2-cestných regulačních ventilů dle obr. 27 (zapojení je analogické se zapojením dle obr. 7 u VZT jednotek). Pro zajištění možnosti kontrolního měření nám postačuje instalace měřicí clony na jednotlivé sekce (viz obr. 28)



obr. 27:



obr. 28:

5. Stoupačka s dveřními clonami

Tento spotřebič jsme si dovolili vydělit do separátní skupiny i když svojí hydraulickou charakteristikou jej lze spíše přirovnat k fancoilu o velkém výkonu. Rozdíl obvykle bývá však v tom, že je instalován obvykle soliterně, více jednotek na jednom místě lze najít jen např. u velkých automaticky otvíraných dveří. Další skutečností je, že obvykle bývají provozovány pouze v režimu topení. Zřídka bývají provozovány i v létě. Poslední odlišností obvykle bývá to, že nemají své typické, chcete-li specifické, umístění v hydraulickém zapojení budovy. Bývají totiž instalovány jak společně

s rozvody fancoilů, tak je najdeme připojené na stoupačky, kde jsou napojeny VZT jednotky, nebo je můžeme najít přímo instalovány na ležaté rozvody. Navíc obvykle fungují na neregulovanou „ostrou“ vodu.

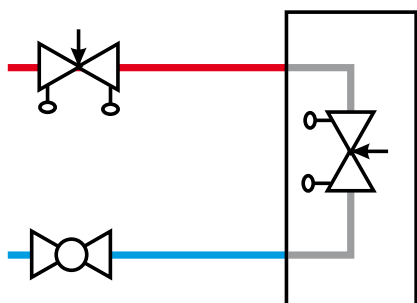
Pro tento typ použití za situace, kdy není jasné, kde na soustavě bude daný spotřebič umístěn, lze doporučit pouze zapojení s inteligentním dvoucestným regulačním ventilem (viz obr. 27 a 28).

6. Stoupačka s „neznámými“ spotřebiči

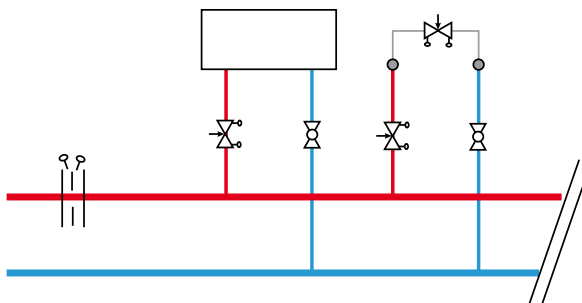
Posledním typem spotřebičů na naší modelové soustavě je „neznámý“ spotřebič. Slovem „neznámý“ je myšlena skutečnost, že při návrhu není jasné, co bude v daném prostoru instalováno, neboť se jedná obvykle o nájemní prostory a není ani zcela jasné, kdy a jaká zařízení bude ten který nájemce instalovat a používat. Obvykle máme pouze definován výkon, který je rezervován pro dané napojovací místo a také obvykle víme na jakém teplotním spádu bude tento maximální, chcete-li limitní, výkon předán. Víme tedy i maximální průtok v daném místě, ale není jasné bude-li tento průtok skutečně požadován a jakým spotřebičem, nebo spotřebiči.

V podstatě máme jen dvě zapojení, která lze relevantně použít.

Prvním z nich je zapojení, kdy na každý potenciální spotřebič (předávací místo) instalujeme vyvažovací ventil (viz obr. 29), který pak při uvedení do provozu nastavíme na požadovaný maximální průtok. Problém nám však nastane, když v době uvádění objektu do provozu zařízení není instalováno (prostor není pronajmut). Řešíme problém, jak nasimulovat budoucí (stále však neznámý) spotřebič. Lze si pomoci instalací bypassu na místo budoucího spotřebiče a dovybavit jej dalším vyvažovacím ventilem, který bude pevně nastaven tak, aby při průtoku odpovídajícím rezervovanému výkonu měl právě takovou tlakovou ztrátu, kterou předpokládal projekt. Následně postupujeme při hydronické vyvažování analogicky jako u soustavy s konstantním průtokem se všemi jejími zápory v případě postupného uvádění do provozu. Schéma zapojení pak může vypadat jako na obr. 30, kde je znázorněn jak spotřebič již instalovaný a také spotřebič který není instalován a je nahrazen simulací v podobě bypassu. Při instalaci reálného spotřebiče je bypass nahrazen tímto spotřebičem a případný rozdíl hydraulických charakteristik je kompenzován úpravou nastavení ručního vyvažovacího ventilu.



obr. 29:

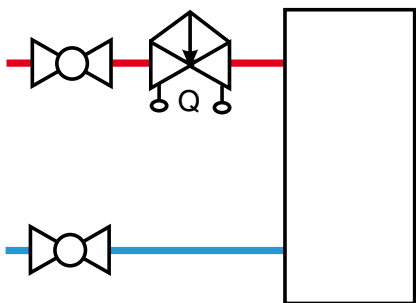


obr. 30:

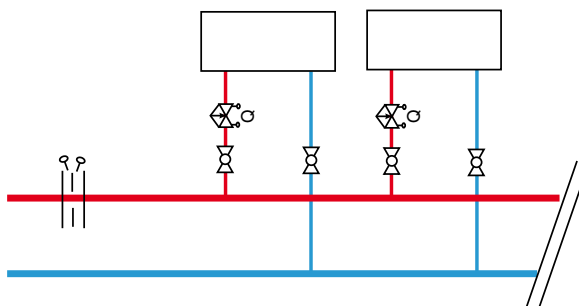
Druhou variantou řešení je instalace automatických vyvažovacích ventilů namísto ručních vyvažovacích ventilů (viz obr. 31).

Zde je maximální průtok limitován vlastní funkcí automatického vyvažovacího ventilu a není tedy nutno simulovat nenainstalované spotřebiče. Pouze se po jejich instalaci měřením kontroluje, zdali tento požadovaný průtok nepřekročil průtok odpovídající pro tento odběr rezervovanému výkonu.

Celkové zapojení s více spotřebiči pak může odpovídat zapojení dle obr. 32 s tím, že na patě stoupačky nebo sekce doporučujeme instalaci měřící armatury (na obrázku je touto armaturou měřící clona) pro kontrolu součtového průtoku danou větví.



obr. 31:



obr. 32:

Výše uvedená zapojení si nečiní býti dogmaty ani jedinými správnými zapojeními, pouze jsme si dovolili vybrat některé možné varianty zapojení a poukázat na jejich vlastnosti a možný dopad jejich použití na soustavu jako celek.

Při respektování fyzikálních zákonů a technických omezení daných stavební částí nebo architektonickým řešením celého objektu lze jednotlivé způsoby zapojení kombinovat a to jak za účelem úspory investičních nebo provozních nákladů, tak také z důvodů technických. Lze si např. představit za účelem zajištění minimálního průtoku chladicím strojem použít na určité části rozvodu soustavu s konstantním průtokem a na celý zbytek soustavy použít dynamickou soustavu (tj. soustavu s průtokem proměnným), neboť v dynamické soustavě mohou uvažovat o úsporách provozních nákladů přes úspory v čerpací práci).

Poznámky:



Hydronic Systems

Modřanská 98

147 01 Praha 4

tel.: 244 466 792

fax.: 244 461 381

praha@hydronic.cz

Šámalova 78

615 00 Brno

tel.: 545 247 246

fax.: 545 247 519

brno@hydronic.cz

www.hydronic.cz