

Energeticky vědomá rekonstrukce systémů TZB v bytových domech

Dílo bylo zpracováno za finanční podpory Státního programu na podporu úspor energie na období 2017–2021 – Program EFEKT 2 pro rok 2017.



Vydalo TZB-info
2017



tzbinfo
www.tzb-info.cz

Energeticky vědomá rekonstrukce systémů TZB v bytových domech

Koordinátor projektu a odborný garant:

Ing. Renata Straková – energetický specialista

Tým autorů:

Ing. Karel Mrázek

Ing. Alena Horáková

Ing. Roman Vavříčka, Ph.D.

Doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.

Ing. Vladimír Galád

Ing. Jiří Matějček, CSc.

Publikaci vydal odborný internetový portál TZB-info v roce 2017.

Publikace je vydána u příležitosti mimořádné konference Rekonstrukce TZB v bytových domech. Víme, že jsou témata, například vnitřní vodovod, kanalizace, plyn a domovní rozvody elektřiny a osvětlení, na které se nyní nedostalo, případně jen okrajově. K těmto tématům je celá řada podrobných článků na TZB-info v oblasti Regenerace domů.

Stejně tak na TZB-info najdete mnoho informací ke stavebnímu řešení, zateplení, požárnímu zabezpečení, bezpečnosti bydlení, požadavkům na stavby s ohledem na užívání osobami s omezenou schopností orientace a pohybu, právní komentáře k tématice bydlení, pronájmů a smluv a další informace ze správy budov.

Věříme, že Vám tato publikace bude dobrým pomocníkem, stejně jako portál www.tzb-info.cz.

Děkujeme za Vaše názory, náměty a dotazy, která nám do redakce můžete kdykoliv poslat.

Ing. Dagmar Kopačková, Ph.D., ředitelka TZB-info

OBSAH

1	OBECNÝ ÚVOD	5
2	PRÁVNÍ PŘEDPISY	7
2.1	Úvod	7
2.2	Terminologie	7
2.3	Energetické dokumenty	10
2.3.1	<i>Energetický audit (EA)</i>	10
2.3.2	<i>Energetický posudek (EP)</i>	11
2.3.3	<i>Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB)</i>	12
2.3.4	<i>Obálka budovy</i>	12
2.3.5	<i>Kontrola kotlů a tepelných rozvodů</i>	13
2.3.6	<i>Kontrola klimatizací</i>	14
2.4	Práce s energetickými dokumenty	14
2.5	Povinnosti zákona 406/2000 Sb. pro bytové domy	14
2.6	Zdroje	16
3	PŘÍPRAVA A PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE	21
3.1	Obecný úvod k zahájení energeticky vědomé rekonstrukce soustav TZB	21
3.2	Podklady nutné pro rekonstrukci	21
3.2.1	<i>Zmapování stávajícího stavu</i>	22
3.2.2	<i>Vyhodnocení stávajícího stavu včetně možných návrhů na rekonstrukci a jejich posouzení</i>	26
3.3	Rozsah projektové dokumentace	31
3.3.1	<i>Vzorový příklad</i>	31
4	VYTÁPĚNÍ	37
4.1	Úvod	37
4.2	Přehled vytápění bytových budov od roku 1850 do současnosti	37
4.2.1	<i>Lokální vytápění</i>	37
4.2.2	<i>Bytové vytápění s bytovým kotlem</i>	37
4.2.3	<i>Ústřední vytápění</i>	37
4.2.4	<i>Období výstavby 1850 až 1945</i>	39
4.2.5	<i>Období výstavby 1946 až 1960</i>	40
4.2.6	<i>Období výstavby 1961 až 1990</i>	40
4.2.7	<i>Období výstavby po roce 1990</i>	41
4.3	Členění otopné soustavy na část pro sdílení, rozvody, akumulaci a zdroje tepla	41
4.3.1	<i>Část sdílení tepla</i>	41
4.3.2	<i>Část rozvodů</i>	45
4.3.3	<i>Část akumulace tepla</i>	49
4.3.4	<i>Část zdroje tepla a kotelny</i>	49
4.4	Ekonomie	64
4.4.1	<i>Hospodárná doba životnosti – uvedení hodnot pro vybrané prvky a funkční díly</i>	64
4.4.2	<i>Preventivní údržba (servis, kontrola, oprava) – uvedení hodnot v % pořizovacího nákladu pro prvky a funkční díly</i>	66
4.4.3	<i>Metoda celkových nákladů – investiční náklady, obnovovací náklady, roční náklady a náklady na energii</i>	66
4.5	Změna zásobování teplem z centrálního zdroje na domovní plynovou kotelnu	68
4.5.1	<i>Ekonomická přijatelnost</i>	68
4.5.2	<i>Proveditelnost</i>	69
4.6	Montáž a převímka teplovodních otopných soustav	70
4.7	Doporučení	71
4.8	Podklady	72
5	OTOPNÉ SOUSTAVY PŘED A PO ZATEPLENÍ	79
5.1	Okrajové podmínky pro konstrukční řešení a provoz otopných soustav	79
5.1.1	<i>Konstrukční návrh</i>	79
5.1.2	<i>Provozní stavy</i>	80
5.1.3	<i>Konstrukční návrh bez zateplení při tepelných ziscích</i>	81
5.1.4	<i>Provozní stav po zateplení bez rekonstrukce otopné soustavy</i>	81

5.1.5	<i>Vývoj vlivů (okrajových podmínek) na parametry topné vody</i>	81
5.1.6	<i>Nesoulad otopových křivek na patě odběru tepla</i>	82
5.2	Principy regulace otopných soustav.....	83
5.2.1	<i>Méně vhodná zapojení</i>	84
5.2.2	<i>Vhodná a preferovaná zapojení</i>	85
5.2.3	<i>Proč preferovaná schémata?</i>	87
5.3	Požadavky na regulaci parametrů topné vody	87
5.3.1	<i>Analýza otopné soustavy a spotřeb tepla</i>	88
5.3.2	<i>Výtah z analýzy konkrétní stavby</i>	88
5.4	Energeticky vědomá rekonstrukce vytápění	93
5.4.1	<i>Náhodné a nesourodé počínání</i>	93
5.4.2	<i>Uvědomělé počínání správce a uživatele – seřizování a nastavování</i>	95
5.4.3	<i>Uvědomělé počínání uživatele – výměny a záměny těles</i>	98
5.4.4	<i>Uvědomělé počínání uživatele – rekonstrukce a výměny armatur otopné soustavy</i> ..	99
6	REKONSTRUKCE OTOPNÝCH SOUSTAV	103
6.1	Úvod	103
6.2	Koroze vyskytující se v teplovodních otopných soustavách	103
6.3	Jak omezit korozi v otopných soustavách	105
6.3.1	<i>Teplonosná kapalina</i>	105
6.3.2	<i>Odplyňování otopných a chladicích systémů</i>	106
6.3.3	<i>Biologická koroze</i>	106
6.4	Doporučení.....	108
6.4.1	<i>Postup při aplikaci inhibitoru</i>	109
7	PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY	114
7.1	Systémy přípravy teplé vody.....	114
7.1.1	<i>Rozdělení systémů teplé vody</i>	114
7.1.2	<i>Energetická náročnost přípravy teplé vody</i>	117
7.2	Návrh velikosti zásobníku a zdroje tepla pro přípravu teplé vody.....	126
7.2.1	<i>Návrh dle křivek dodávky a odběru tepla</i>	126
7.2.2	<i>Návrh dle DIN 4708</i>	129
7.2.3	<i>Návrh zohledňující přednostní přípravu teplé vody se společným zdrojem pro vytápění</i>	131
7.2.4	<i>Tepelně-technické vlastnosti zásobníků teplé vody</i>	133
7.2.5	<i>Faktory ovlivňující velikost zdroje tepla pro přípravu teplé vody</i>	134
7.3	Alternativní zdroje energie v přípravě teplé vody.....	137
7.3.1	<i>Rozdělení alternativních zdrojů energie</i>	137
7.3.2	<i>Optimalizace provozu zdrojů energie při přípravě teplé vody</i>	138
7.4	Cirkulace teplé vody [L2]	147
7.4.1	<i>Návrh cirkulačního potrubí</i>	148
7.4.2	<i>Dohřev teplé vody v rozvodném potrubí</i>	151
7.5	Tepelné izolace potrubí teplé vody a rozvodů vytápění	153
7.5.1	<i>Příklad výpočtu tloušťky tepelné izolace</i>	156
7.6	Literatura.....	157
8	VĚTRÁNÍ BYTOVÝCH DOMŮ	162
8.1	Úvod	162
8.1.1	<i>Co je větrání a proč je nutné větrat?</i>	162
8.1.2	<i>Nízké povědomí a negativní důsledky nedostatečného větrání</i>	162
8.2	Požadavky na větrání	163
8.2.1	<i>Národní požadavky na větrání obytných budov</i>	164
8.2.2	<i>Požadavky na větrání obytných budov v ČR dle ČSN EN 15665/Z1</i>	164
8.2.3	<i>Koncept větrání</i>	165
8.3	Větrací systémy obytných budov.....	165
8.3.1	<i>Historie větrání panelových domů</i>	165
8.3.2	<i>Doporučené větrací systémy</i>	165
8.3.3	<i>Využití zpětného získávání tepla (ZZT)</i>	168
	<i>Výměníky ZZT používané ve větracích jednotkách</i>	170

	<i>Deskové rekuperační výměníky</i>	170
	<i>Deskové výměníky s přenosem vlhkosti</i>	171
	<i>Rotační regenerační výměníky</i>	171
	<i>Lokální větrací jednotky</i>	172
	<i>Centrální větrací jednotky</i>	173
8.3.4	<i>Větrací hlavice jako náhrada stávajících ventilátoru</i>	174
8.4	Rekonstrukce větracího systému.....	176
8.4.1	<i>Příklad návrhu podtlakového větrání bytu</i>	176
	<i>Centrální podtlakové větrání</i>	177
	<i>Lokální podtlakové větrání</i>	177
8.4.2	<i>Příklad návrhu rovnotlakého větrání bytu</i>	178
	<i>Lokální rovnotlaké větrání se ZZT</i>	178
8.5	Provozní a investiční náklady	178
8.5.1	<i>Investiční náklady</i>	178
8.5.2	<i>Provozní náklady za energie</i>	180
	<i>Potřeba tepla pro ohřev venkovního vzduchu</i>	180
	<i>Potřeba energie pro pohon ventilátorů</i>	182
8.5.3	<i>Náklady na údržbu a servis</i>	183
8.5.4	<i>Vyplatí se větrat?</i>	183
8.6	Pokyny pro realizaci, převjímkou, provoz a údržbu větracího zařízení	184
8.6.1	<i>Projektová dokumentace</i>	184
8.6.2	<i>Realizace</i>	184
8.6.3	<i>Převjímkou dodaného díla</i>	184
	<i>Zkoušky</i>	184
	<i>Předání a převzetí díla</i>	184
8.7	Provoz a údržba	185
8.8	Literatura.....	185
8.8.1	<i>Příklady větracích systémů obytných budov podle [22]</i>	187
9	OSVĚTLENÍ	191
9.1	Úvod	191
9.2	Co očekáváme od osvětlení společných prostor chodeb?	191
9.3	Volba osvětlovací soustavy	191
9.4	Vliv technických prostředků	191
9.5	Kontrola dimenzování osvětlovacích soustav	192
9.6	Využití denního světla	192
9.7	Kontrola přítomnosti osob	193
9.8	Zavedení časových režimů	193
9.9	Typy osvětlení vhodných pro chodbu bytového domu.....	193
9.10	Závěr	194
9.11	Zdroje	194
10	ENERGETICKÝ MANAGEMENT	198
10.1	Základní přínosy energetického managementu	198
10.2	Měření, monitoring, práce s daty	199
10.3	Požadavky na vybavení otopné soustavy pro zavedení energetického manažerství	200

1

OBECNÝ ÚVOD

Úvod

Publikace je určena odborné veřejnosti v řadách správců a provozovatelů budov, ale může být i významným pomocníkem pro projektanty a energetické specialisty v oblasti rekonstrukcí soustav TZB v BD. Současná praxe ukazuje, že opravy soustav technických zařízení jsou nesystémové a poplatné havarijnímu stavu nebo legislativním požadavkům (instalace regulačních prvků, splnění měrných ukazatelů). Tyto skutečnosti se projevují sníženými funkčními vlastnostmi soustav, nižší životností a vyšší energetickou spotřebou. Očekávané úspory po realizaci zdaleka nedosahují předpokladů.

Cíl

Cílem publikace je uvedení do problematiky a zpracování souboru informací pro energeticky vědomou rekonstrukci soustav TZB (technických zařízení budov) v BD (bytových domech) s uplatněním OZE (obnovitelných zdrojů energie). Uvedený soubor textů je účinným pomocníkem pro odbornou veřejnost, ale i investory, kteří budou moci dohlédnout kvalitu a rozsah nabízených služeb.

Základní provedení legislativními požadavky zákona 406/2000 Sb. o hospodaření energií se zaměřením na oblast bytových domů a typy energetických dokumentů, se kterými se správa BD v praxi setkává. Samostatně se publikace věnuje přípravě projektové dokumentace, kde jsou uvedeny především informace o nutných minimálních podkladech, které by měly být – před zahájením jakékoli rekonstrukce – k dispozici. V současné praxi je tato část významně opomíjena. Jednotlivé kapitoly jsou členěny dle typu soustav, kde se podrobně věnují podmínkám návrhu, uvádějí přehledy doporučených norem a výpočtových postupů. Je kladen důraz na dosažení funkčních vlastností, hygienického a bezpečného užívání ve vazbě na novou potřebu tepla po celkovém či dílčím zateplení objektu. Vše v úzké vazbě na ekonomiku projektu, dobu životnosti a nákladů na údržbu. Obecný popis principů zavedení prvků energetického managementu v oblasti správy a provozu bytových domů. Příklad připravenosti otopné soustavy na zavedení EM či uplatnění monitoringu při výměně osvětlovacích těles společných prostor. Ve všech kapitolách byl kladen důraz na uvedení konkrétních příkladů, které splňují normativní požadavky a jsou ověřeny praxí jednotlivých autorů.

Díky všem autorům se podařilo naplnit uceleně téma rekonstrukce soustav TZB v bytových domech. Jednotlivé kapitoly jsou zpracovány různými autory, velkou přidanou hodnotou je vzájemné doplnění a návaznost plynoucí ze skutečné praxe. Cílem publikace nebylo vytvořit učebnici.

Tým zpracovatelů má za sebou dlouholetou praxi a patří k respektovaným autoritám v odborných kruzích. Všem zúčastněným velmi děkuji za vysoce odbornou a milou spolupráci ve sdílení svých zkušeností.

Koordinátor projektu a odborný garant:

Ing. Renata Straková – energetický specialista

Tým autorů:

Ing. Karel Mrázek

Ing. Alena Horáková

Ing. Roman Vavříčka, Ph.D.

Doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.

Ing. Vladimír Galád

Ing. Jiří Matějček, CSc.

2

PRÁVNÍ
PŘEDPISY

Ing. Renata Straková

2.1 Úvod

Provoz a správa budov s sebou přináší celou řadu legislativních povinností, které je nezbytné plnit. Požadavky plynoucí z právních předpisů je možné rozdělit do následujících oblastí:

- **hospodaření s energií (úspory energie, zvýšení účinnosti využití energie)**
- podnikání v energetice (nákup a prodej energie, státní dohled)
- životní prostředí (ochrana ovzduší, využití obnovitelných zdrojů energie)
- bezpečnost práce a ochrana zdraví (bezpečnost a ochrana zdraví při práci, zajištění provozu budov a zařízení)
- ostatní (stavitelství, kultura, sport, apod.)

Hodnocení energetické náročnosti budov spadá v České republice pod zákon 406/2000 Sb. Tento zákon se odvolává na mnoho dalších zákonů a má celou řadu prováděcích vyhlášek, ale i technických norem. Příslušné normy obvykle vycházejí z evropských norem, a jsou tedy platné v rámci Evropské unie. Norma je doporučena; pokud je ale uvedena v prováděcí vyhlášce, stává se závazným dokumentem.

Tato kapitola si klade za cíl seznámit čtenáře stručně s předpisy, které se týkají povinností zákona 406/2000 Sb. o hospodaření energií v oblasti zaměřené na požadavky pro bytové domy v oblasti rekonstrukcí systémů TZB.

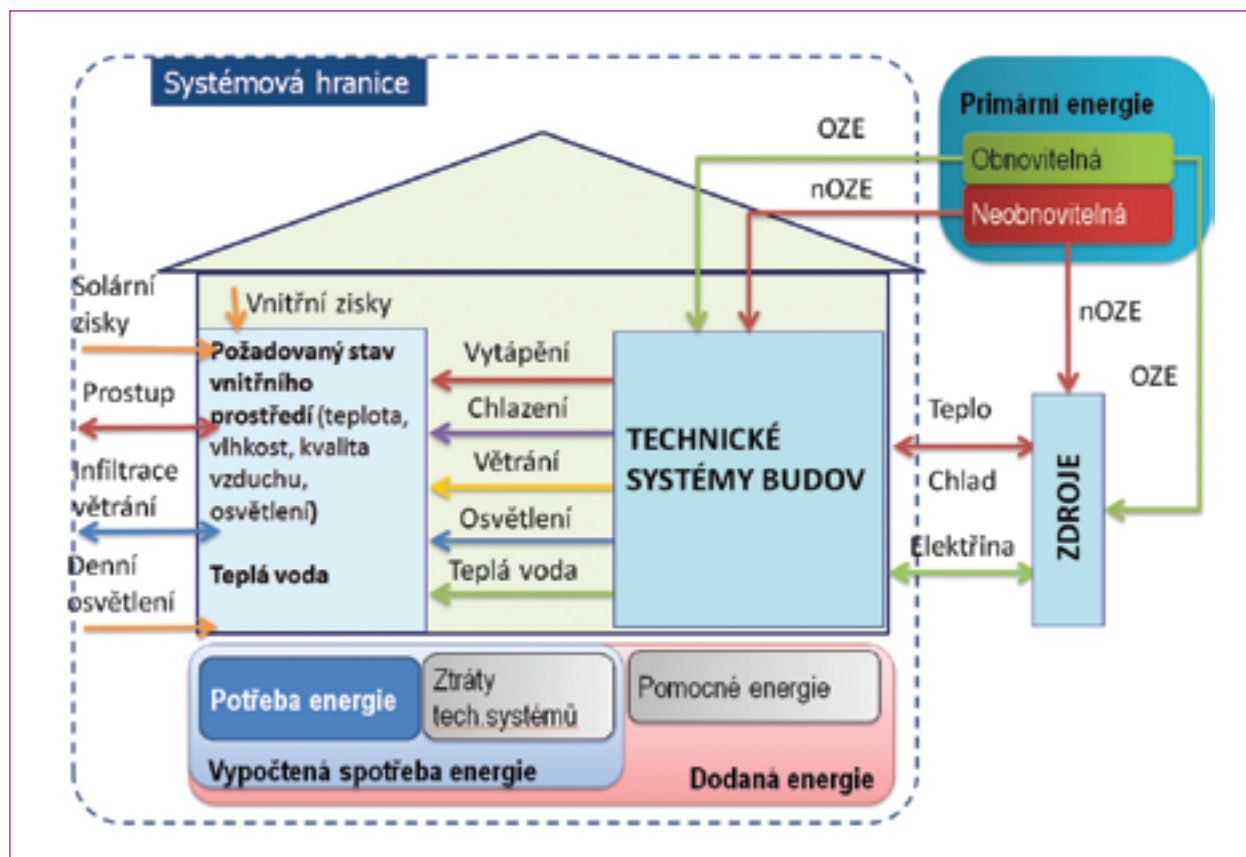
2.2 Terminologie

Správce budovy většinou připravuje pro investora podklady pro plánovaný investiční záměr, který mimo jiné zahrnuje i zpracování povinných energetických dokumentů. Užití a pochopení správné terminologie ovlivňuje vzájemnou komunikaci a zefektivňuje celý proces přípravy.

ENERGETICKÉ HOSPODÁŘSTVÍ je soubor technických zařízení a budov sloužící k nakládání s energií.

ENERGETICKÁ NÁROČNOST budovy je vypočtené množství energie nutné pro pokrytí potřeby energie spojené s užíváním budovy, zejména na vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení.

Obr. 1 – Hodnocení energetické náročnosti budovy



(zdroj: Ing. Miroslav Urban, Ph.D. – přednáška a článek pro TZB-info)

KLIMATIZAČNÍ SYSTÉM je zařízení sloužící pro úpravu parametrů vnitřního prostředí, které má funkci chlazení a je součástí budovy.

JMENOVITÝ VÝKON je nejvyšší tepelný výkon, vyjádřený v kW, uvedený výrobcem, kterého lze dosáhnout při trvalém provozu a při účinnosti uvedené výrobcem.

JMENOVITÝ CHLADICÍ VÝKON je elektrický příkon pohonu zdroje chladu udaný výrobcem.

PENB (průkaz energetické náročnosti budovy) je dokument, který obsahuje stanovené informace o energetické náročnosti budovy nebo ucelené části budovy.

BUDOVA je nadzemní stavba a její podzemní části, prostorově soustředěná a navenek převážně uzavřená obvodovými stěnami a střešní konstrukcí, v níž se používá energie k úpravě vnitřního prostředí.

UCELENÁ ČÁST BUDOVY je podlaží, byt nebo jiná část budovy, která je určena k samostatnému používání nebo byla za tímto účelem upravena.

CELKOVÁ ENERGETICKÝ VZTAŽNÁ PLOCHA je vnější půdorysná plocha všech prostorů s upravovaným vnitřním prostředím v celé budově, vymezená vnějšími povrchy konstrukcí obálky budovy.

VĚTŠÍ ZMĚNA DOKONČENÉ BUDOVY je změna dokončené budovy na více než 25 % celkové plochy obálky budovy.

OBÁLKA BUDOVY je soubor všech teplo-směnných konstrukcí na systémové hranici celé budovy nebo zóny, které jsou vystaveny přilehlému prostředí, jež tvoří venkovní vzduch, přilehlá zemina, vnitřní vzduch v přilehlém nevytápěném prostoru, sousední nevytápěné budově nebo sousední zóně budovy vytápěné na nižší vnitřní návrhovou teplotu.

TECHNICKÝM SYSTÉMEM BUDOVY je zařízení určené k vytápění, chlazení, větrání, úpravě vlhkosti vzduchu, přípravě teplé vody, osvětlení budovy či její ucelené části nebo pro kombinaci těchto účelů.

NÁKLADOVĚ OPTIMÁLNÍ ÚROVEŇ – Nákladově optimální úrovní se rozumí stanovené požadavky na energetickou náročnost budov nebo jejich stavebních či technických prvků, která vede k nejnižším nákladům na investice v oblasti užití energií, na údržbu, provoz a likvidaci budov nebo jejich prvků v průběhu odhadovaného ekonomického životního cyklu.

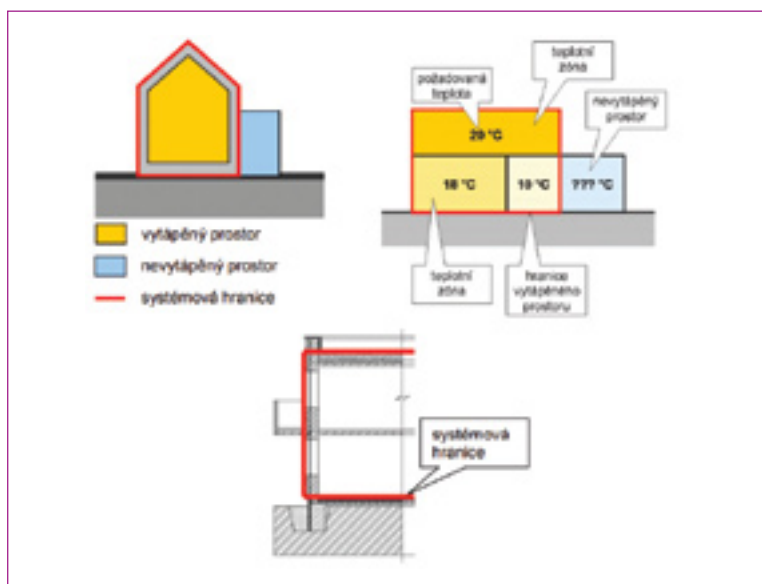
BUDOVA S TĚMĚŘ NULOVOU SPOTŘEBOU ENERGIE je budova s velmi nízkou energetickou náročností, jejíž spotřeba energie je ve značném rozsahu pokryta z obnovitelných zdrojů.

REFERENČNÍ BUDOVA – Výpočtově definovaná budova téhož druhu, stejného geometrického tvaru a velikosti včetně prosklených ploch a částí, stejné orientace ke světovým stranám, stínění okolní zástavbou a přírodními překážkami, stejného vnitřního uspořádání a se stejným typickým užíváním a stejnými uvažovanými klimatickými údaji jako hodnocená budova, avšak s referenčními hodnotami vlastností budovy, jejich konstrukcí a technických systémů budovy.

TYPICKÉ UŽÍVÁNÍ BUDOVY – Obvyklý způsob užívání budovy v souladu s podmínkami vnitřního a venkovního prostředí a provozu stanovený pro účely výpočtu energetické náročnosti budovy; hodnoty typického užívání budovy jsou uvedeny v technické normalizační informaci stanovující hodnoty typického užívání budov a referenční klimatické údaje.

SYSTÉMOVÁ HRANICE – plocha tvořená vnějším povrchem konstrukcí ohraničujících zónu.

Obr. 2 – Systémová hranice zóny



(zdroj: Stavební tepelná technika, 2011 – pomůcka pro cvičení)

ZÓNA – Celá budova nebo její ucelená část s podobnými vlastnostmi vnitřního prostředí, režimem užívání a skladbou technických systémů.

VENKOVNÍ PROSTŘEDÍ – Venkovní vzduch, vzduch v přilehlých nevytápěných prostorech, přilehlá zemina, sousední budova a jiná sousední zóna.

VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ – Prostředí uvnitř budovy nebo zóny, které je definováno návrhovými hodnotami teploty, relativní vlhkosti vzduchu a objemového toku výměny vzduchu, případně rychlostí proudění vnitřního vzduchu a požadované intenzity osvětlení uvnitř budovy nebo zóny.

VYTÁPĚNÍ – Dodávka tepla pro zajištění požadovaného teplotního stavu vnitřního prostředí.

CHLAZENÍ – Odvádění tepla pro zajištění požadovaného teplotního stavu vnitřního prostředí.

VĚTRÁNÍ – Přirozené či nucené dodávání nebo odvádění vzduchu do vnitřního prostoru budovy či z vnitřního prostoru budovy pro zajištění požadovaného stavu vnitřního prostředí:

- přirozeným větráním = větrání založené na principu teplotního a tlakového rozdílu vnitřního a venkovního vzduchu,
- nuceným větráním = větrání pomocí mechanického zařízení.

ÚPRAVA VLHKOSTI – Přidávání či odebrání vodní páry do vzduchu nebo ze vzduchu pro zajištění požadované vlhkosti vzduchu vnitřního prostředí.

PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY – Dodávka tepla za účelem zvýšení teploty vstupní vody tak, aby byla zajištěna požadovaná výstupní teplota uvnitř zóny.

OSVĚTLENÍ – Zajištění potřebné intenzity osvětlení uvnitř zóny.

ENERGO-NOSITEL – Hmota nebo jev, které mohou být použity k výrobě mechanické práce či tepla anebo na ovládání chemických či fyzikálních procesů.

POTŘEBNÁ ENERGIE – Energie, kterou je nutné dodat technickým systémům budovy pro zajištění požadované kvality vnitřního prostředí budovy bez zahrnutí účinností technických systémů.

VYPOČTENÁ ENERGIE – Energie, která se stanoví z potřeby energie pro daný jev se zahrnutím účinností technických systémů; v případě spotřeby paliv je spotřeba energie vztažena k výhřevnosti paliva.

POMOCNÁ ENERGIE – Energie potřebná pro provoz technických systémů.

DODANÁ ENERGIE – Energie dodaná do budovy přes systémovou hranici, potřebná k zajištění typického užívání.

PRIMÁRNÍ ENERGIE – Energie, která neprošla žádným procesem přeměny; celková primární energie je součtem obnovitelné a neobnovitelné primární energie.

FAKTOR PRIMÁRNÍ ENERGIE – Koeficient, jímž se násobí složky dodané energie po jednotlivých energo-nositelích k získání odpovídajícího množství celkové primární energie.

FAKTOR NEOBNOVITELNÉ PRIMÁRNÍ ENERGIE – Koeficient, jímž se násobí složky dodané energie po jednotlivých energo-nositelích k získání odpovídajícího množství neobnovitelné primární energie.

2.3 Energetické dokumenty

2.3.1 Energetický audit (EA)

Energetickým auditem se rozumí písemná zpráva obsahující informace o stávající nebo předpokládané úrovni využívání energie v budovách, v energetickém hospodářství, v průmyslovém postupu a energetických službách s popisem a stanovením technicky, ekologicky a ekonomicky efektivních návrhů na zvýšení úspor energie či zvýšení energetické účinnosti včetně doporučení k realizaci.

Povinnost zpracovat EA mají subjekty:

Hodnota celkové spotřeby energie – pro fyzické a právnické osoby – je **od 35 000 GJ za rok** jako součet za všechny budovy a energetická hospodářství uvedené osoby a týká se **pouze jednotlivých budov nebo jednotlivých energetických hospodářství, které mají spotřebu energie vyšší než 700 GJ za rok.**

Hodnota celkové spotřeby energie – pro organizační složky státu, krajů, obcí nebo příspěvkové organizace – je **od 1 500 GJ za rok** jako součet za všechny budovy a energetická hospodářství uvedené organizace a týká se pouze jednotlivých budov nebo **jednotlivých energetických hospodářství, které mají spotřebu energie vyšší než 700 GJ za rok.**

EA může být zpracován pouze příslušným energetickým specialistou podle § 10 odst. 1 písm. a), anebo osobou usazenou v jiném členském státě Unie, pokud je oprávněna k výkonu uvedené činnosti podle právních předpisů jiného členského státu Unie; ministerstvo je uznávacím orgánem podle zvláštního právního předpisu 5a).

Rozsah je specifikován v prováděcí vyhlášce č. 480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku.

Příklad: U BD se můžeme setkat s povinností EA například u BD v družstevním vlastnictví, kdy celková spotřeba právního subjektu přesáhne 35 000 GJ/rok. Pak tento subjekt je pod povinností zpracovat EA pro všechny budovy ve svém vlastnictví se spotřebou vyšší než 700 GJ/rok.

2.3.2 Energetický posudek (EP)

Energetickým posudkem je písemná zpráva obsahující informace o posouzení plnění předem stanovených technických, ekologických a ekonomických parametrů určených zadavatelem energetického posudku včetně výsledků a vyhodnocení.

Typy EP, s nimiž se můžete setkat v oblasti BD:

EP – Posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie **při výstavbě nových budov nebo při větší změně dokončené budovy se zdrojem energie** s instalovaným tepelným výkonem **vyšším než 200 kW**, pokud se nejedná o alternativní systém dodávek energie, nebo při přechodu z alternativního systému dodávek energie na jiný než alternativní systém dodávek energie.

EP – Posouzení proveditelnosti projektů týkajících se snižování energetické náročnosti budov, zvyšování účinnosti užití energie, snižování emisí ze spalovacích zdrojů znečištění nebo využití obnovitelných či druhotných zdrojů anebo kombinované výroby elektřiny a tepla financovaných z programů podpory ze státních, evropských finančních prostředků nebo finančních prostředků pocházejících z prodeje povolenek na emise skleníkových plynů, pokud poskytovatel podpory nestanoví s přihlédnutím k nárokům jednotlivého programu podpory jinak.

EP – Na základě vlastního rozhodnutí zadavatele; například pro nezávislé posouzení plánované rekonstrukce.

EP může být zpracován pouze příslušným energetickým specialistou podle § 10 odst. 1 písm. a), anebo osobou usazenou v jiném členském státě Unie, pokud je oprávněna k výkonu uvedené činnosti podle právních předpisů jiného členského státu Unie; ministerstvo je uznávacím orgánem podle zvláštního právního předpisu 5a).

Rozsah je specifikován v prováděcí vyhlášce č. 480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku.

Příklad: U BD se můžeme setkat s EP v případě čerpání dotačního titulu v oblasti snížení energetické náročnosti (např. výměny zdroje, zateplení, instalace OZE), kdy tento dokument prokazuje splnění podmínek dotačního titulu. **EP musí vždy respektovat podmínky vyhlášené dotace.** Dotační tituly mají svá specifika, příprava a samotné zpracování projektové dokumentace (PD) a energetického vyhodnocení je významně náročnější než u klasického stavebního řízení. Je nutné počítat nejen s vyšší časovou náročností, ale i finančními náklady na zpracování těchto dokumentů. Většina dotačních titulů má stanoveny lhůty realizace a následně monitorovaného období, kdy je nutné počítat s případnou nutností další spolupráce se zpracovatelem PD a EP. Jedná se např. o případy, kdy při realizaci dojde ke změnám materiálů či dodavatele díla.

Příklad: U BD, který se chce odpojit od CZT (dnes označováno jako SZTE = soustava zásobování tepelnou energií). Při změně z centrálního zásobování teplem (CZT) na domovní plynovou kotelnu je třeba splnit požadavky zákona 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší v platném znění (2) – v § 16 odst. 7) se uvádí: Právníká a fyzická osoba je povinna, je-li to technicky možné, u nových staveb nebo při změnách stávajících staveb využít pro vytápění teplo ze soustavy zásobování tepelnou energií (CZT) nebo zdroje, který není stacionárním zdrojem. To neplatí, pokud energetický posudek (EP) prokáže, že využití tepla ze soustavy zásobování tepelnou energií nebo zdroje energie, který není stacionárním zdrojem, není pro povinnou osobu **ekonomicky přijatelné**. Tento příklad je podrobně uveden v kapitole Vytápění.

2.3.3 Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB)

Průkazem energetické náročnosti se rozumí dokument, který obsahuje stanovené informace o energetické náročnosti budovy nebo ucelené části budovy.

Jedná se o nástroj pro prokázání splnění podmínek platné prováděcí legislativy pro nové a větší rekonstrukce, nástroj pro klasifikaci stávajících budov v majetku státu či budov určených pro prodej či pronájem.

V prováděcí vyhlášce 78/2013 Sb. je zavedena metodika hodnocení přes referenční budovu. Jsou stanoveny ukazatele energetické náročnosti budovy, celková primární energie, neobnovitelná primární energie, celková dodaná energie, dílčí dodané energie pro technické systémy vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení, průměrný součinitel prostupu tepla, součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici a účinnost technických systémů.

Povinnost zpracovat PENB a splnit energetickou náročnost je zmíněna v § 7 a § 7a zákona 406/2000 Sb. v posledním platném znění. Viz tabulka povinností.

PENB musí být zpracován příslušným energetickým specialistou podle § 10 odst. 1 písm. b), anebo osobou usazenou v jiném členském státě Unie, pokud je oprávněna k výkonu uvedené činnosti podle právních předpisů jiného členského státu Unie; ministerstvo je uznávacím orgánem podle zvláštního právního předpisu 5a).

Průkaz platí 10 let ode dne jeho vyhotovení nebo do provedení větší změny dokončené budovy, pro kterou byl zpracován, či do provedení změny způsobu vytápění, chlazení nebo přípravy teplé vody v této budově.

Průkaz se neopatřuje při prodeji či pronájmu budovy nebo ucelené části budovy, pokud se tak obě strany písemně dohodnou a jde-li o budovu, která **byla vystavěna a poslední větší změna dokončené budovy na ní byla provedena před 1. lednem 1947**. Fakticky se však takové budovy v oblasti bytových domů nevyskytují.

V praxi se můžeme setkat s PENB vydanými v letech 2009–2013.

2.3.4 Obálka budovy

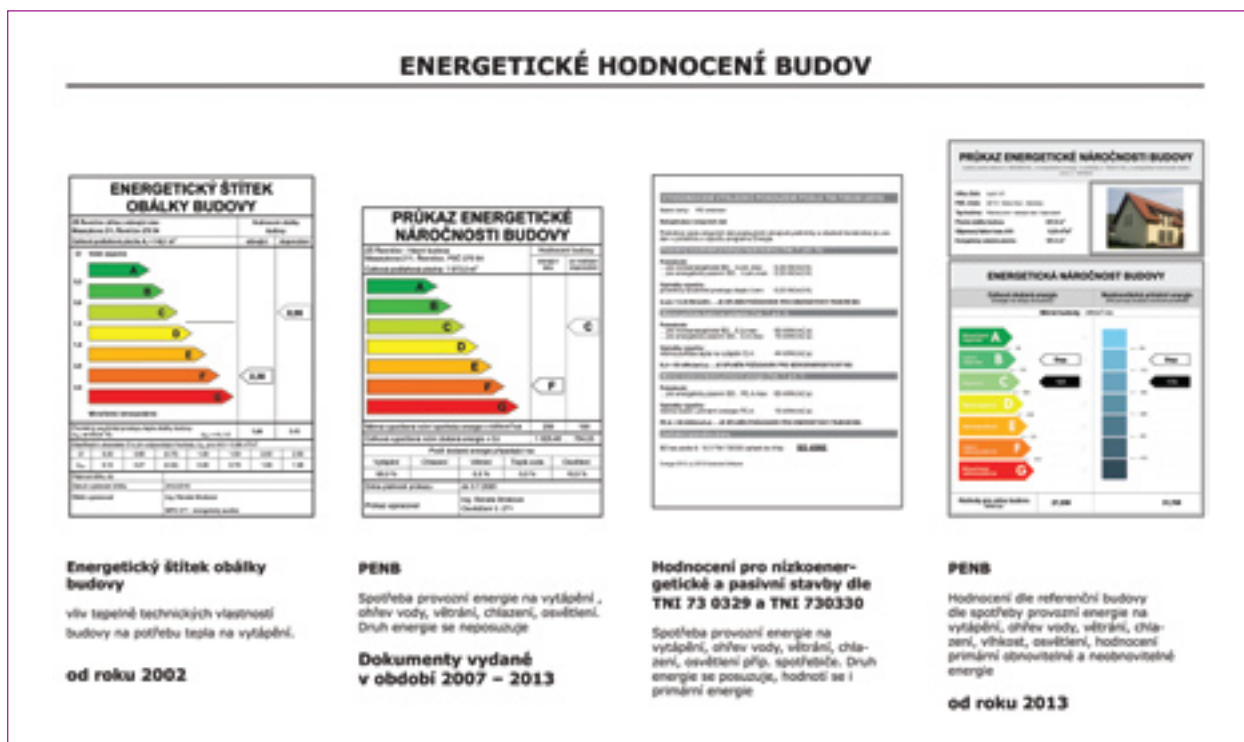
Obálkou budovy se rozumí soubor všech teplo-směnných konstrukcí na systémové hranici celé budovy nebo zóny, které jsou vystaveny přilehlému prostředí, jež tvoří venkovní vzduch, přilehlá zemina, vnitřní vzduch v přilehlém nevytápěném prostoru, sousední nevytápěné budově nebo sousední zóně budovy vytápěné na nižší vnitřní návrhovou teplotu.

Ukazatel kvality obálky budovy je charakterizován průměrným součinitelem prostupu tepla.

V praxi se můžeme setkat s ENERGETICKÝM ŠTÍTKEM OBÁLKY dle normy ČSN 73 0540 jako povinnou přílohou EP u dotačních titulů.

V minulosti byl omylem tento dokument zaměňován s PENB.

Obr. 3 – Vývoj energetického hodnocení



(převzato z publikace ENERGETICKÉ HODNOCENÍ BUDOV, 2013)

2.3.5 Kontrola kotlů a tepelných rozvodů

Kontrola kotlů a rozvodů tepelné energie dle požadavků prováděcího předpisu zahrnuje hodnocení dokumentace, dokladů kotle a rozvodů tepelné energie, vizuální prohlídku a kontrolu provozuschopnosti kotle a rozvodů tepelné energie, pokud jsou přístupné. Hodnotí se stav údržby kotle a rozvodů tepelné energie, vyhodnocuje se dimenzování kotle ve vztahu k potřebám tepla pro vytápění a přípravu teplé vody v případě kotle umístěného přímo v zásobované budově. Je nutné vyhodnotit účinnost kotle a rozvodů tepelné energie; závěrem je doporučení k ekonomicky proveditelnému zlepšení stávajícího stavu.

Tab. 1 – Četnost kontrol dle prováděcí vyhlášky 194/2013 Sb.

Výkon kotle	Druh paliva	První kontrola po uvedení do provozu (roky)	Další kontrola	
			Systém je trvale monitorován (roky)*	Systém není trvale monitorován (roky)*
od 20 kW do 100 kW	všechna paliva	10	10	10
nad 100 kW	pevná a kapalná	2	10	2
	plynná	4	10	4

Nejedná se o revizní zprávy ani o pravidelné servisní kontroly. Řada subjektů o této povinnosti zákona 406/2000 Sb. neví. Formální výstupy bez přidané hodnoty odborníka nemohou dosáhnout skutečné optimalizace. Praxe ukazuje, že v řadě případů se jedná spíše o výkazovou činnost a vyplnění tabulky požadovaného dokumentu. Je to škoda, protože potenciál je velký. Ve srovnání s vysoko nákladovými opatřeními do stavebních opatření jsou investice do zdroje, rozvodů, regulace výrazně nižší a významně ovlivňují konečné provozní náklady bytového domu na vytápění. Dokument je nezávislé posouzení stavu tepelného hospodářství bytového domu a může být podkladem pro naplánování smysluplného investičního záměru.

Kontrolu provozovaných kotlů a příslušných rozvodů tepelné energie, které nejsou předmětem licence na výrobu tepelné energie a licence na rozvod tepelné energie podle zvláštního právního předpisu 2), může provádět pouze příslušný energetický specialista.

2.3.6 Kontrola klimatizací

U provozovaných klimatizačních systémů se jmenovitým chladicím výkonem vyšším než 12 kW jsou jeho vlastníci nebo společenství vlastníků jednotek povinni zajistit pravidelnou kontrolu tohoto klimatizačního systému, jejímž výsledkem je písemná zpráva o kontrole klimatizačního systému.

Tab. 2 – Četnost kontrol dle prováděcí vyhlášky 193/2013 Sb.

Jmenovitý chladicí výkon	První kontrola po uvedení systému do provozu (roky)	Další kontrola	
		Systém je trvale monitorován* (roky)	Systém není trvale monitorován* (roky)
od 12 kW do 100 kW	10	10	10
nad 100 kW	4	10	4

* Kontrolu klimatizačních systémů může provádět pouze příslušný energetický specialista.

2.4 Práce s energetickými dokumenty

Na energetické dokumenty lze nahlížet jako na nutné zlo, tj. na dokumenty většinou za nejnižší nabídkovou cenu. Pokud jsou zpracovány kvalitně a správně, lze s nimi dále relevantně pracovat, např. je využít jako podkladu pro vyvážení otopné soustavy po zateplení, pro dimenzování nového, či výměnu starého zdroje tepla, anebo pro stanovení limitních měrných spotřeb do systému EM. Zpracovatel PENB má k dispozici výpočtovou část, která ale není součástí oficiálního dokumentu; dle zákona 406/2000 Sb. a vyhlášky 78/2013 Sb. je jen na objednavateli, zda si ji vyžádá. Pro další využití může být velmi užitečná. Více se tomuto tématu věnuje publikace v kapitole Příprava projektové dokumentace – Ing. Alena Horáková.

2.5 Povinnosti zákona 406/2000 Sb. pro bytové domy

Povinnosti zákona 406/2000 Sb. v posledním platném znění - paragraf § 7 a § 7a			
Bytové domy	Požadavek na energetickou náročnost	PENB (povinnosti vydání energetického dokumentu)	Poznámka
novostavba po 1. 1. 2013 (datum žádosti o stavební povolení)	tzk. nákladově optimální úroveň - prováděcí vyhláška 78/2013 Sb. v posledním platném znění	Ano, PENB MUSÍ být součástí dokladové části stavební dokumentace dle zákona č. 183/2006 Sb., v posledním platném znění dle prováděcího předpisu o dokumentaci staveb 62/2013 Sb.	Odpovídá požadavkům na kvalitu obálky budovy v nízkoeenergetickém standardu, dodržení musí zajistit projektant ve stavební dokumentaci
novostavba s energeticky vztáznou plochou nad 1500 m ² od 2018 nad 350 m ² od 2019 menší než 350 m ² od 2020	téměř nulová spotřeba - požadavky na parametry - vyhláška 78/2013 Sb. v posledním platném znění	Ano, PENB MUSÍ být součástí dokladové části stavební dokumentace dle zákona č. 183/2006 Sb., v posledním platném znění dle prováděcího předpisu o dokumentaci staveb 62/2013 Sb.	NZEB je zjednodušeně řečeno budova, která má kvalitativně přísnější požadavky na obálku budovy, dobře regulovatelné vytápění, větrání i osvětlení, technické systémy pokrývající potřebu energie s vysokou účinností a budova bude zásobována částečně z obnovitelných zdrojů energie, případně energií produkuje (elektrina, teplo). Dodržení musí zajistit projektant ve stavební dokumentaci
rekonstrukce po 1.1.2013	tzk. nákladově optimální úroveň pro měněné, či rekonstruované prvky nebo požadavky na parametry pro celou budovu - vyhláška 78/2013 Sb. v posledním platném znění	Ano, PENB MUSÍ být součástí dokladové části stavební dokumentace dle zákona č. 183/2006 Sb., v posledním platném znění dle prováděcího předpisu o dokumentaci staveb 62/2013 Sb. pokud je změna dokončené budovy na více než 25 % celkové plochy obálky budovy	
prodej nebo pronájem CELÉ budovy	není požadavek	Třída energetické náročnosti musí být uvedena při inzerci. Pokud v době nabídky není k dispozici, uvádí se třída en. náročnosti G. PENB musí být předán nejpozději před uzavřením kupní či nájemní smlouvy. Předává se originál nebo ověřená kopie. Zpracování zajišťuje vlastník budovy nebo společenství vlastníků prostřednictvím statutárních zástupců SVJ. U družstevního vlastnictví se nejedná o prodej budovy, ale o prodej podílu, povinnost zpracovat PENB není.	PENB platí 10 let ode dne jeho vyhotovení nebo do provedení větší změny dokončené budovy, pro kterou byl zpracován, nebo do provedení změny způsobu vytápění, chlazení nebo přípravy teplé vody
prodej nebo pronájem BJ	není požadavek	Třída energetické náročnosti musí být uvedena při inzerci. Pokud v době nabídky není k dispozici, uvádí se třída en. náročnosti G. PENB musí být předán nejpozději před uzavřením kupní či nájemní smlouvy. Předává se originál nebo ověřená kopie. Zpracování zajišťuje vlastník budovy nebo společenství vlastníků prostřednictvím statutárních zástupců SVJ. U družstevního vlastnictví se nejedná o prodej BJ, ale o prodej podílu, povinnost zpracovat PENB není.	PENB platí 10 let ode dne jeho vyhotovení nebo do provedení větší změny dokončené budovy, pro kterou byl zpracován, nebo do provedení změny způsobu vytápění, chlazení nebo přípravy teplé vody. PENB se provádí vždy pro celou budovu, nikoli pro BJ.
Bytový dům s energeticky vztáznou plochou nad 1500 m ² do 2015	není požadavek	PENB musí být zpracován pro budovy větší než 1500 m ²	Byla zavedena povinnost plošného zpracování PENB pro bytové domy s plochou nad 1500 m ² .
BD vystavěn a poslední větší změna dokončené budovy na ní byla provedena před 1. lednem 1947	není požadavek	není požadován, v praxi se uvádí třída G	Průkaz se neopatřuje při prodeji nebo pronájmu budovy nebo ucelené části budovy, pokud se tak obě strany písemně dohodnou.
BD, který je kulturní památkou, anebo není kulturní památkou, ale nachází se v památkové rezervaci nebo památkové zóně	není požadavek pro větší změny dokončené stavby (rekonstrukce)	není požadavek pro rekonstrukce, ani pro prodej či pronájem	Tyto budovy byly z povinností § 7 ZÁKONA 406/2000 Sb. vyjmuty.
Další povinnosti zákona 406/2000 Sb. v posledním platném znění			
BD s vlastním zdrojem nad 20 kW nebo klimatizací nad 12 kW	ano nechat si zpracovat požadovaný dokument	§ 6a zákona 406/2000 Sb. Kontrola provozovaných kotlů a rozvodů tepelné energie a klimatizačních systémů Prováděcí vyhláška č. 193/2013 Sb. o kontrole klimatizačních systémů Prováděcí vyhláška č. 194/2013 Sb. o kontrole kotlů a rozvodů tepelné energie	

2.6 Zdroje

Zákon 406/2000 Sb. v posledním platném znění.

Stavební tepelná technika, 2011 – pomůcka pro cvičení (pro magisterský program Inteligentní budovy) – Ing. Jiří Novák, Ph.D.

VYHLÁŠKA 62/2013 Sb. o dokumentaci staveb.

ENERGETICKÉ HODNOCENÍ BUDOV, 2013 – Autorský kolektiv: Ing. Petr Horák, Ph.D.

<http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/239-energeticka-narocnost-budov-definice-pojmu>

3

PŘÍPRAVA A PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE

Ing. Alena Horáková

3.1 Obecný úvod k zahájení energeticky vědomé rekonstrukce soustav TZB

Do soustav TZB, které jsou předmětem této publikace, je zařazeno vytápění (včetně měření a regulace), příprava teplé vody, větrání a z oboru elektro osvětlení společných prostor.

V této části jsou uvedeny především informace o nutných podkladech, které by měly být – před zahájením jakékoli rekonstrukce – k dispozici.

3.2 Podklady nutné pro rekonstrukci

Základním podkladem, který by měl být k dispozici před zahájením rekonstrukce jakékoli soustavy TZB je – stejně jako v případě rekonstrukce jakékoli jiné části objektu – **PROJEKT**.

Zdrojem pro zpracování kvalitního projektu, podle něhož bude soustava TZB rekonstruována, musí být jak informace o stávajícím stavu soustavy TZB, která má být rekonstruována, tak informace o tom, čeho má být rekonstrukcí dosaženo.

V případě, že bude přicházet v úvahu více variant řešení rekonstrukce (např. klasická x využití OZE), je nutné zpracovat – před zadáním projektu a po zjištění skutečného stavu – posouzení jednotlivých variant s vyhodnocením jejich kladů a záporů.

Nejde jen o ekonomické hodnocení (= investice a návratnosti), ale i o přínosy ke zdravému vnitřnímu prostředí budov. Hygienické hledisko se týká především způsobu rekonstrukce větrání. Dostatečné větrání zajistí nejen zdravé životní prostředí (odvod škodlivin), ale i minimalizaci rizika vzniku plísní z povrchové kondenzace po zateplení budovy v kombinaci s výměnou starých otvorových výplní za nové, velmi těsné.

Projekty je možné samozřejmě zpracovávat postupně na jednotlivé soustavy TZB. Nebo – možná je v některých případech vhodnější varianta – zpracovat celkový projekt na rekonstrukci všech soustav TZB s definováním pořadí rekonstrukcí a postupným prováděním.

Potřebné tedy je:

- Zmapování stávajícího stavu jednotlivých soustav TZB.
Tzn. obstarání dokumentace + provedení průzkumu.
- Vyhodnocení stávajícího stavu včetně návrhu/ů možného konečného způsobu rekonstrukce.
- Energetické, ekonomické a případně hygienické posouzení navržených variant rekonstrukce.
- Rozhodnutí o rozsahu a způsobu provedení rekonstrukce.
- Zpracování projektu.

3.2.1 Zmapování stávajícího stavu

3.2.1.1 Informace z dostupné dokumentace

Znalost stávajícího stavu skutečného provedení jednotlivých soustav TZB je nutná nejen pro zpracování nového projektu, ale – v případě vyhodnocování navrhovaných opatření pomocí některého z energetických dokumentů (audit, posudek, studie, apod.) – i pro tato hodnocení jako vstupního údaje.

Podklady ke stávajícímu stavu budou odlišné jak podle konkrétní soustavy TZB, která má být předmětem rekonstrukce, tak i podle období výstavby konkrétního bytového domu. To se projeví nejen ve způsobu řešení jednotlivých soustav, ale – a to pravděpodobně především – v dostupnosti informací o jejich provedení. Obvykle platí, že čím starší výstavba, tím méně dokumentace je k dispozici.

Menší problém bude u výstavby tzv. poválečné (cca od roku 1950), která je představována především typovými domy, k nimž lze dohledat alespoň částečnou typovou dokumentaci. Avšak i v této skupině samozřejmě budou existovat výjimky.

V případě svislých rozvodů teplé vody a větrání je stávající stav poválečné výstavby také obvykle jednodušší v tom, že v typové výstavbě byla používána bytová jádra. Cca od roku 1952; do tohoto roku se používaly tzv. instalační příčky.

Prvním krokem tudíž musí být vždy zmapování dostupných podkladů stávajícího stavu jednotlivých soustav TZB.

Tzn. kontrola dostupné dokumentace stávajícího stavu + dokumentace (nebo jakékoli jiné doklady = např. faktury za provedené práce včetně specifikace, apod.) k jejich již provedeným rekonstrukcím nebo opravám.

V následující části jsou – pro jednotlivé soustavy TZB – uvedené stručné vstupní informace pro projekty.

3.2.1.1.1 Vytápění včetně měření a regulace

Vstupními informacemi pro projektanta – před zadáním projektu – jsou informace o budově, které obsahují:

a) Obecné údaje, tj. např.:

- adresa objektu
- rok výstavby
- druh stavební konstrukce či typ domu nebo typ stavební soustavy
- počet nadzemních podlaží (NP)
- počet podzemních podlaží (PP)

b) Údaje o vytápěných (využívaných) prostorách, tj. např.:

- počet bytů podle podlaží a velikostní kategorie bytů
- plochy bytů celkové a vytápěné pro jednotlivé byty i pro celý dům
- počet nebytových prostor a jejich plochy celkové a vytápěné

c) Údaje o vytápění, tj. např.:

- zdroj tepla (kotelna x předávací stanice)
- počet otopných těles (lze doplnit odborným odhadem)
- použitý způsob regulace a měření
- informace o ležatých a svislých rozvodech (jejich stav včetně přípojek stoupaček, tepelná izolace, apod.)

d) Další nutné údaje, tj. např.:

- informace o dostupné dokumentaci včetně roku zpracování, zpracovatele a náplně dokumentace
- seznam provedených oprav a rekonstrukcí včetně rozsahu a roku provedení.

Podle podmínek konkrétního objektu se vstupní údaje, požadované projektantem, mohou mírně lišit. Případně, pokud nejsou k dispozici všechny, bude je nutné doplnit v rámci technického průzkumu.

Týká se to zejména informací o ležatých rozvodech. Jsou sice uvedeny výše v seznamu, ale budou obvykle součástí technického průzkumu. Ať už pro zjištění jejich stavu, nebo z důvodů ověření souladu s dostupnou dokumentací.

3.2.1.1.2 Příprava teplé vody

V případě „neindividuální“ přípravy teplé vody (TV) jsou vstupní informace obdobné, jako v případě vytápění.

Obecné údaje, tj. např.:

- adresa objektu
- rok výstavby
- druh stavební konstrukce či typ domu nebo typ stavební soustavy
- počet nadzemních podlaží (NP)
- počet podzemních podlaží (PP)

e) Údaje o prostorách, do nichž je dodávána TV, tj. např.:

- počet bytů podle podlaží a velikostní kategorie bytů
- počet nebytových prostor a jejich typ s ohledem na požadavky teplé vody
- počet uživatelů (lze doplnit odborným odhadem)

f) Údaje o přípravě TV, tj. např.:

- zdroj tepla (kotelna x předávací stanice)
- použitý způsob měření a regulace (např. informace o cirkulačních čerpadlech)
- informace o ležatých a svislých rozvodech (jejich stav včetně přípojek stoupaček, tepelná izolace, apod.)

g) Další nutné údaje, tj. např.:

- informace o dostupné dokumentaci včetně roku zpracování, zpracovatele a náplně dokumentace
- seznam provedených oprav a rekonstrukcí včetně rozsahu a roku provedení.

Podle konkrétních podmínek se vstupní údaje, požadované projektantem, mohou mírně lišit. Případně, pokud nejsou k dispozici všechny, bude je nutné doplnit v rámci technického průzkumu.

Týká se to zejména informací o ležatých rozvodech. Jsou sice uvedeny výše v seznamu, ale budou obvykle součástí technického průzkumu. Ať už pro zjištění jejich stavu, nebo z důvodů ověření souladu s dostupnou dokumentací.

3.2.1.1.3 Větrání

Pro vypracování konceptu větrání je nutné shromáždit následující podklady:

- základní popis provedení budovy / objektu / bytu, pro kterou / který je koncept zpracováván (projekt stavby, půdorysy a řezy objektu, vlastnosti obvodových konstrukcí, apod.)
- kvalita venkovního ovzduší v lokalitě, kde je stavba umístěna (mapy znečištění ČHMÚ)
- umístění objektu vzhledem ke zdroji hluku (komunikace, průmyslová výroba, apod.)

- venkovní klimatické údaje
- obsazenost, vnitřní tepelná a vlhkostní zátěž, využití objektu, atd.

Opět platí, že podle konkrétních podmínek se vstupní údaje, požadované projektantem, mohou mírně lišit. Případně, pokud nejsou k dispozici všechny, bude je nutné doplnit v rámci technického průzkumu.

3.2.1.1.4 Osvětlení

V tomto případě jsou „obecné“ a „další nutné“ údaje shodné s údaji pro vytápění a přípravu TV. Tzn.:

Obecné údaje, tj. např.:

- adresa objektu
- rok výstavby
- druh stavební konstrukce či typ domu nebo typ stavební soustavy
- počet nadzemních podlaží (NP)
- počet podzemních podlaží (PP)

h) Další nutné údaje, tj. např.:

- informace o dostupné dokumentaci včetně roku zpracování, zpracovatele a náplně dokumentace
- seznam provedených oprav a rekonstrukcí včetně roku provedení

i) Poslední platná revizní zpráva elektro.

Opět platí, že podle konkrétních podmínek se vstupní údaje, požadované projektantem, mohou mírně lišit. Případně, pokud nejsou k dispozici všechny, bude je nutné doplnit v rámci technického průzkumu. Zásadní význam má však poslední platná revizní zpráva elektro.

3.2.1.2 Technický audit, technický průzkum

3.2.1.2.1 Technický audit

Slouží ke zmapování technického stavu jednotlivých funkčních dílů budovy. V maximálním rozsahu se týká nejen jednotlivých soustav TZB, ale obvykle zahrnuje i stav stavebních konstrukcí (nejen ve vztahu ke spotřebě energie), výtahů a požární bezpečnosti.

Obvykle ho zpracovává tým specialistů na jednotlivé funkční díly.

Součástí technického auditu je i návrhí možného (nutného) způsobu údržby, oprav a rekonstrukcí (po projednání s klientem) včetně stanovení nutných investic. A obvykle na něj navazuje i zpracování energetického auditu, který navržené varianty vyhodnotí.

Rozsah auditu ale nemusí být maximální, je možné ho provést i jen na předem dohodnuté části budovy.

3.2.1.2.2 Technický průzkum

Provádí se obvykle k doplnění nebo zpřesnění informací o stávajícím stavu některé ze soustav TZB, kterých se má týkat uvažovaná rekonstrukce. Současně jsou sledovány i možnosti způsobu rekonstrukce. Obvykle jej provádí, v rámci projektu, projektant.

Pro investora by však měl mít přínos i ten, že bude mít zmapovaný stav celé soustavy TZB, které se průzkumem týká.

V následující části je uveden příklad manuálu pro technický průzkum vytápění, který byl zpracován pro jednu z pražských městských částí v rámci spolupráce na předpokládaném plošném zavedení regulace vytápění v bytových domech, jejichž je městská část vlastníkem.

3.2.1.2.2.1 Vzorový příklad průzkumu (manuál pro průzkum)

Bytový fond městské části se skládá z domů, které byly postaveny jak v době předválečné, tak z domů typových (částečně zděných a částečně panelových), i z domů postavených panelovou technologií, ale také atypických (dostavby v prolukách stávající zástavby). Rozsah dostupné dokumentace k objektům byl tedy velmi různorodý. V případě některých domů nebyla dokumentace vůbec žádná, s výjimkou velmi jednoduchých pasportů bytů.

Manuál byl rozdělen na části pro průzkum svislých rozvodů a otopných těles a na průzkum vodorovných rozvodů.

PRŮZKUM SVISLÝCH ROZVODŮ A PŘIPOJENÍ OTOPNÝCH TĚLES

Jako podklad byly pro provedení průzkumu připraveny slepé schematické půdorysy typických podlaží, do nichž byly – v průběhu průzkumu – zakreslovány stoupačky a otopná tělesa.

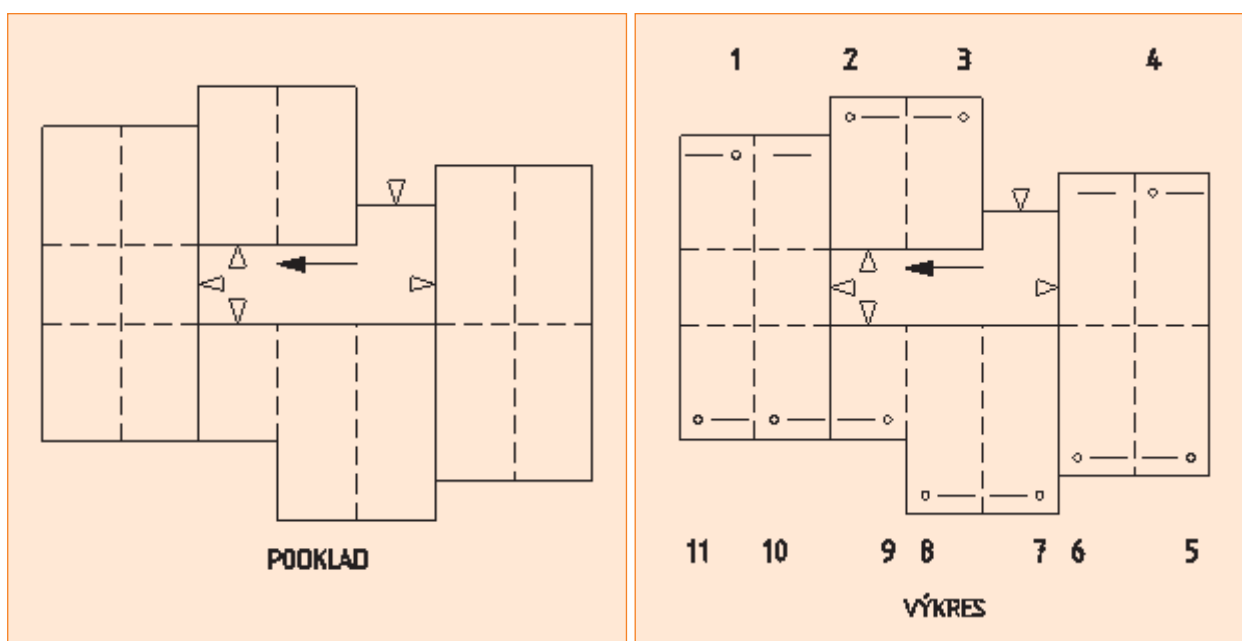
Obdobné – slepé schéma – bylo připraveno i pro zakreslení přehledu těles.

Schematický půdorys

Schematický půdorys na následujícím obrázku je výkres formátu A4 bez měřítko, na němž je typické podlaží bytového objektu.

Ve výkresu, který vznikne v rámci průzkumu, jsou pak vyznačeny polohy stoupaček a otopných těles.

Obr. 4 – Schematický půdorys



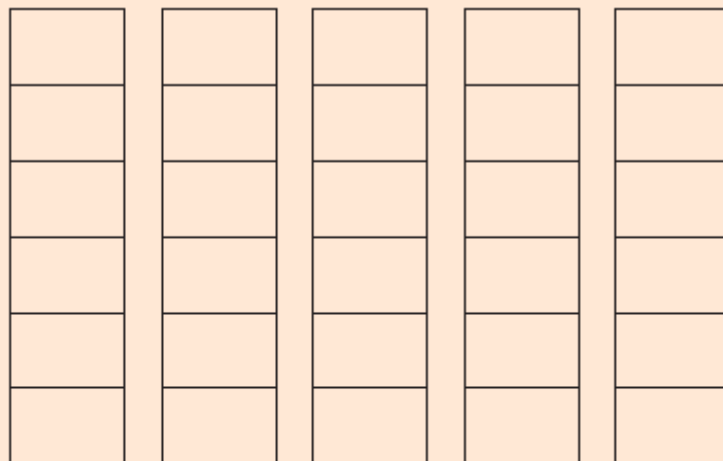
Schematický půdorys

Výkres se zakreslením otopných těles a stoupaček

Podkladem je slepý výkres typického podlaží bytového objektu, tj. výkres bez stoupaček a otopných těles. Objekt může mít jednu nebo více sekcí. Sekce se vyznačuje jedním popisným číslem a jedním hlavním vchodem, který je vyznačen trojúhelníkovou šipkou. Do tohoto půdorysu mají být zakresleny hranice jednotlivých bytů plnými čarami a vstupní dveře do bytu trojúhelníkovými šipkami. Poloha schodů se zakresluje jednou nebo dvěma čarami se šipkou, podle toho, zda jsou schody jedno nebo dvouramenné. Hlavní místnosti bytu, což jsou místnosti s otopnými tělesy, jsou ohraničeny čárkovanými čarami. Vedlejší místnosti se nemusejí zakreslovat.

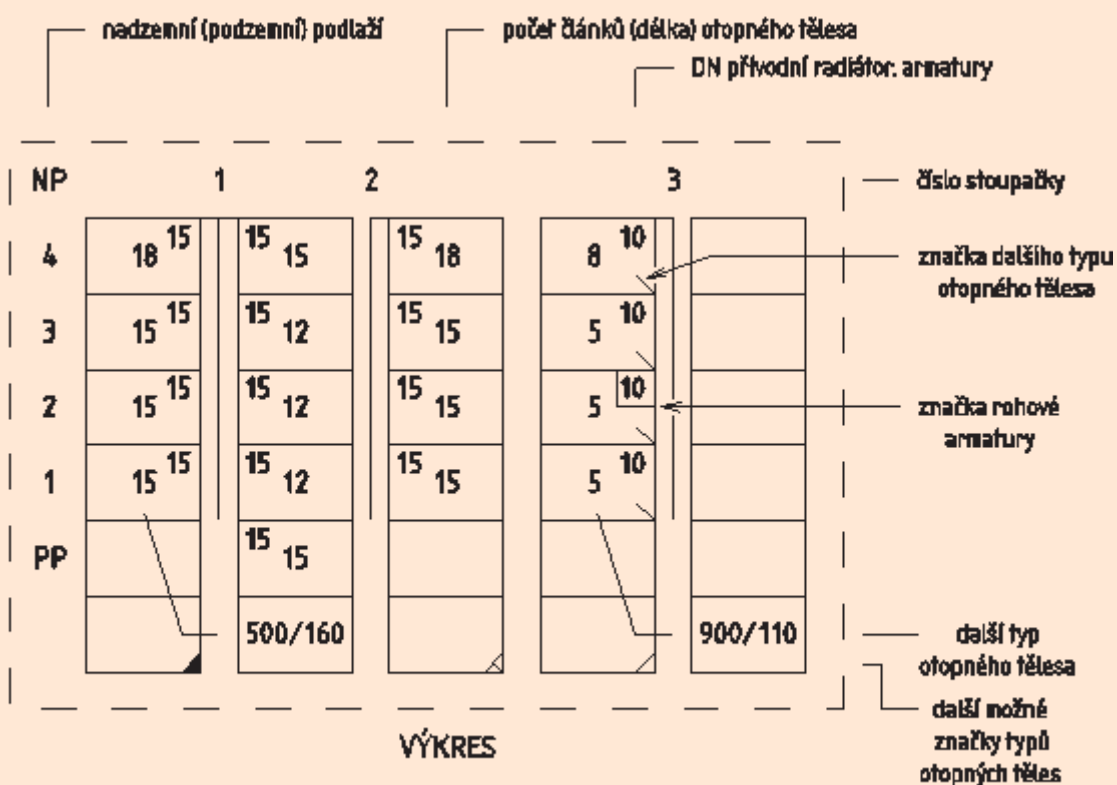
Do podkladu se při průzkumu zakreslují jednak pouze polohy jednotlivých stoupaček v příslušných místnostech kroužkem malého průměru, jednak polohy otopných těles jednou čarou. Poloha stoupačky a otopného tělesa se zakreslí tak, jak ji vidí pozorovatel stojící v centru dané místnosti. Otopné těleso může být vpravo od stoupačky nebo vlevo. Číslování stoupaček začíná na levém horním rohu půdorysu a pokračuje doprava ve směru hodinových ručiček. V levém horním rohu je vždy stoupačka č. 1, v oblasti levého dolního rohu je pak stoupačka s nejvyšším číslem.

Obr. 5 – Přehled otopných těles



PODKLAD

Schematický pohled



Výkres se zakreslením otopných těles a stoupaček

Přehled otopných těles je výkres bez měřítka, který je dán vodorovným pohledem na stoupačky s připojeními otopnými tělesy.

Podkladem je výkres formátu A4 zaplněný slepým rastrem, kde jednotlivé obdélníky představují otopná tělesa.

Do podkladu se při průzkumu zapisují či zakreslují:

- pořadová čísla nadzemních nebo podzemního podlaží,
- jednou svislou čarou stoupačky s číselným označením, které odpovídá číslování na půdorysu; u nejvyšších otopných těles se vyznačí čarou přípojky ke stoupačkám,
- všechny typy použitých otopných těles,
- další potřebné poznámky.

Do obdélníčku otopného tělesa se zapisují či zakreslují:

- počet článků nebo délka otopného tělesa,
- grafické značky typu otopného tělesa (neprovádí se u těles, které počtem převažují nad ostatními),
- DN přípojovací armatury (kohoutu, ventilu) na přívodu do otopného tělesa,
- značka pro rohové armatury.

PRŮZKUM HORIZONTÁLNÍCH ROZVODŮ

V bytových budovách městské části jsou teplovodní vertikální (stoupačkové) vytápěcí soustavy se spodním ležatým potrubním rozvodem. Ten je převážně veden pod stropem nejnižšího podlaží, často co nejbližší k patám stoupaček. Tento rozvod může být větvový (protiproudý) nebo okruhový (soproudý, také tichelmannský). Ve vytápěném objektu může být jedna větev nebo více větví či okruhů.

Větvový ležatý potrubní rozvod může být situován jednak centrálně do centrální chodby, jednak poblíž fasády objektu. Okruhový ležatý potrubní rozvod bývá převážně situován poblíž fasád a štítů. Oba typy rozvodů, s výjimkou centrálního větvového rozvodu, často procházejí místnostmi a sklípky pod uzavřením, které nejsou veřejně přístupné.

Původní záměr byl průzkum ležatých rozvodů obdobně jako svislých rozvodů a otopných těles zpracovat nekvalifikovanými pracovníky v oboru vytápění (např. studenty), kteří budou zaškoleni. Po zvážení byl tento přístup přehodnocen, zejména pro závažnost poznání stavu vodorovných rozvodů, samotnými projektanty. Průzkum si provedou projektanti sami při respektování dále uvedených zásad.

V rámci průzkumu ležatých rozvodů, které budou prováděny pro projektování osazení TRV do vytápěcích soustav, musí projektanti mimo jiné také posoudit:

- stav ležatého potrubí, včetně přípojek stoupaček, a stav jejich tepelné izolace,
- možnost přesunu budoucích stoupačkových seřizovacích a uzavíracích ventilů po přípojce stoupačky do prostoru veřejně přístupného; u okruhového rozvodu, který kopíruje obvod objektu, přesun ventilů nebude pravděpodobně možný.

Do technické zprávy projektu osazení TRV musí projektant uvést doporučení pro opravu ležatého potrubí a pro přesun budoucích stoupačkových ventilů.

3.2.2 Vyhodnocení stávajícího stavu včetně možných návrhů na rekonstrukci a jejich posouzení

Z podkladů, které budou shromážděné jak z dostupné dokumentace, tak z technických průzkumů, vyplyne stav jednotlivých soustav TZB.

Druhým krokem je návrh možné rekonstrukce.

V tomto bodu půjde o porovnání jak požadavků klienta, tak návrhů projektanta nebo auditora (energetického specialisty).

Základním dokumentem, který může přinést přehled kladů a záporů jednotlivých variant navržených rekonstrukcí do celého procesu rozhodování, by měl být energetický audit nebo posudek.

Případně (např. optimalizační) studie či technicko-ekonomické posouzení, apod. Dokument však musí zohledňovat energetické a ekonomické (případně i hygienické) podmínky jednotlivých variant a jeho základní výpočetní postupy musejí odpovídat hodnocení v energetickém auditu nebo posudku. Nikoli v PENB. Vysvětlení rozdílů mezi EA a PENB viz dále.

Základní přehled dokumentů pro hodnocení energetické náročnosti budovy, který vychází z platné legislativy, je uveden v předchozí kapitole.

V následující části je uveden pouze stručný přehled se základními rozdíly mezi jednotlivými dokumenty.

3.2.2.1 Stručný přehled dokumentů pro hodnocení energetické náročnosti budovy

Základními dokumenty jsou v současné době, podle zákona 406/2000 Sb. o hospodaření energií v platném znění, energetický audit (dále jen EA), průkaz energetické náročnosti budovy (dále jen PENB) a energetický posudek (dále jen EPo).

Od roku 2000, v němž byl uveřejněn ve Sbírce zákonů nový zákon 406/2000 Sb. o hospodaření energií, bylo v legislativě postupně zařazeno několik různých dokumentů, které hodnotí energetickou náročnost budov. Jsou to:

- 1) **Energetický audit**, zpracováváný podle vyhl. 213/2001 Sb., nebo 425/2004 Sb. a poslední platné vyhlášky 480/2012 Sb.
- 2) **Energetický průkaz**, zpracovaný podle vyhl. 291/2001 Sb.
- 3) **PENB**, zpracovaný podle vyhl. 148/2007 Sb.
- 4) **PENB**, zpracovaný podle vyhl. 78/2013 Sb. v platném znění.
- 5) **Energetický posudek**, zpracovaný podle vyhl. 480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku.

Posledním dokumentem, který sice není uveden v zákoně 406/2000 Sb., ale bývá – zejména dotačními programy – k energetickému hodnocení vyžadován, je:

6) **Energetický štítek obálky budovy**. Jeho zpracování požaduje ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov. Hodnotí pouze stavební řešení domu a v některých případech býval součástí energetického průkazu podle vyhl. 291/2001 Sb.

3.2.2.1.1 Základní rozdíl mezi EA (případně EPo) a PENB

Princip výpočtového hodnocení v EA, EPo i PENB je obdobný. Ve všech případech se stanovuje množství energií, které budova spotřebovává. Na vytápění, ohřev teplé vody, umělé osvětlení, případně na větrání a chlazení. Odlišné jsou ale okrajové podmínky výpočtů, výstup a rozsah.

Zatímco v EA je dům hodnocen podle konkrétních okrajových podmínek, a to zejména klimatických a z hlediska užití budovy, jsou při hodnocení v PENB použité tzv. standardizované okrajové podmínky.

Co to znamená?

Dejme tomu, že budou hodnoceny dva naprosto stejné bytové domy. Ale s různou skladbou obyvatel, která ovlivňuje způsob užívání. Např. v jednom domě žijí rodiny s malými dětmi = vyšší spotřeba teplé vody, ve druhém starší generace = nižší spotřeba teplé vody. A domy budou postavené v různých klimatických lokalitách. Např. podhůří a nížina.

Z PENB vyjde hodnocení obou domů shodně, protože PENB nezohledňuje vlivy užívání ani odlišné klimatické podmínky. Podle hodnocení v EA bude mít dům užívaný rodinami s malými dětmi vyšší potřebu energií. Obdobně bude vyšší potřeba energie na vytápění v domě, který je postavený v podhůří.

Kromě uvedených rozdílů je v EA předepsané i podstatně podrobnější ekonomické hodnocení navržených energeticky úsporných opatření. PENB pracuje pouze s prostou návratností.

3.2.2.1.2 Stručná charakteristika PENB zpracovaných podle různých vyhlášek

Protože se velmi často setkáváme s dotazy typu: „Nějaký energetický průkaz máme. A je u něj také štítek. Musíme dělat nový?“, je v následující části uvedena stručná charakteristika jednotlivých PENB, které byly od roku 2001 zpracovávány podle různých vyhlášek.

Včetně ukázky grafického vyjádření, které je uvedeno v tabulce na následující straně.

1) Energetický průkaz, zpracovaný podle vyhl. 291/2001 Sb.

V dnešní době už je neplatný. Předepsána byla pouze textová část (protokol), ale v některých případech obsahoval i grafické vyjádření energetického štítku obálky budovy. Obvykle v případě, že dům žádal o dotaci v programu Panel.

2) PENB, zpracovaný podle vyhl. 148/2007 Sb.

Jeho platnost je 10 let od data zpracování a díky tomu jsou všechny PENBy zpracované podle této vyhlášky platné minimálně do roku 2017.

PENB se skládá z protokolu, grafického vyjádření (tzv. štítku) a správně by jeho součástí mělo být i tepelně-technické posouzení stavebních konstrukcí.

3) PENB, zpracovaný podle vyhl. 78/2013 Sb. v platném znění

Současná verze PENB má opět platnost 10 let a opět jej tvoří protokol a grafické vyjádření. To má v tomto případě 2 strany.

3.2.2.1.3 Energetický posudek

Je poměrně novým dokumentem, který se v legislativě objevil v roce 2012. Zpracovává se především ve specifických případech, které definuje zákon o hospodaření energií v §9a.

Bytových domů se dotýká zejména v případě, že by byly instalovány alternativní systémy energie s výkonem vyšším než 200 kW. Nebo v případě dotačních programů, kdy je poskytována podpora na snižování energetické náročnosti, jako je např. Panel 2013+ nebo dříve program Nová zelená úsporám. Kromě toho je také vyžadován, podle zákona 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší (§ 16, odstavec 7) v platném znění, při odpojení budovy od dálkového vytápění.

Rozsah posudku je ve vyhlášce definován velmi stručně a konkrétní rozsah obvykle předepisuje poskytovatel finanční podpory.

3.2.2.2 Vyhodnocení navržených variant opatření

Jak už bylo uvedeno výše, základním dokumentem, který může přinést přehled kladů a záporů jednotlivých variant navržených rekonstrukcí do celého procesu rozhodování, by měly být EA nebo EPo či studie, které pro výpočty budou používat skutečné okrajové podmínky budovy (klimatické, způsob využití, apod.).

Vlastníkovi se jedná především o zjištění skutečné potřeby energie, kterou může porovnat s naměřenými hodnotami. To umožňuje pouze výpočet, jenž pracuje se skutečnými okrajovými podmínkami. PENB přináší hodnoty, které se mohou odlišovat až o 15 % (někdy i o více %) podle vlivu užití a místních teplot.

Důležitým činitelem podtrhujícím význam skutečných okrajových podmínek (a tedy EA nebo EPo) je tzv. energetické manažerství. Což je proces, díky němuž se trvale porovnává projektovaná potřeba energie budovy (ověřuje se, že navržené parametry budovy určující potřebu energie se nemění) se skutečnou naměřenou spotřebou tepla zejména na vytápění či přípravu teplé vody. PENB neposkytne přesné vstupy do procesu energetického manažerství.

3.3 Rozsah projektové dokumentace

Obecně je rozsah jakéhokoli projektu dán platnou vyhl. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb v platném znění.

Konkrétní rozsah projektů pro jednotlivé soustavy TZB se bude samozřejmě opět lišit podle toho, zda půjde o „prostou“ rekonstrukci (opravu), nebo o rekonstrukci s využitím OZE. Případně u vět-rání o změnu koncepce, např. s využitím zpětného získávání tepla.

Mělo by se ale vždy jednat o dokumentaci pro **provádění** stavby.

V následující části je uveden vzorový příklad dokumentace pro vyregulování otopné soustavy by-tového domu.

3.3.1 Vzorový příklad

Vzorový příklad zpracované dokumentace na vyregulování otopné soustavy je převzat z manuálu pro zpracování projektové dokumentace, který byl zpracován pro jednu z pražských městských částí v rámci spolupráce na předpokládaném plošném zavedení regulace vytápění v bytových do-mech, jejichž byla městská část vlastníkem.

3.3.1.1 Projektová dokumentace vnitřní části

Dokumentace obsahuje:

technickou zprávu,

j) nominál vytápěcí soustavy^{x)},

k) hydraulické schéma^{x)},

l) výpočtové hydraulické poměry^{x)},

m) přehled otopných těles^{x)},

n) specifikaci materiálu.

ad a) Technická zpráva

Zpráva obsahuje:

- úvod, v němž je stručně popsán objekt, typ, napojení a rozvody vytápěcí soustavy a výchozí podklady,
- popis osazení navrhovaných TRV a dalších armatur,
- princip hydraulického seřízení,
- princip řízení tlakových rozdílů,
- odvolávku na dokumentaci úpravy vstupní části vytápěcí soustavy.

ad b) Nominál vytápěcí soustavy

Nominál vytápěcí soustavy je základem štítkové dokumentace vytápěcí soustavy. Shrnuje a zpří-stupňuje hlavní výpočtové parametry vytápěcí soustavy. V nominálu je uvedeno 14 údajů:

ad c) Hydraulické schéma

Hydraulické schéma je nejjednodušším schématem vytápěcí soustavy objektu. Zahrnuje vstupní část, větve a stoupačky se zakreslenými seřizovacími armaturami a RTR. Je doplněno opět jednodu- chým půdorysem horizontálního potrubního rozvodu s vyznačením polohy stoupaček. V půdorysu mají být vyznačeny hranice jednotlivých bytů (plnými čarami) a místností (přerušovanými čarami).

^{x)} Označené části tvoří štítkovou dokumentaci, která musí být vyvěšena v prostoru vstupního uzlu.

ad d) Výpočtové hydraulické poměry

V tabulce uvedené hodnoty navazují na hydraulické schéma. Pro očíslované stoupačky musí být uvedeny průtoky, DN stoupačkových seřizovacích armatur, jejich typ a nastavení, tlaková ztráta a výpočtový tlakový rozdíl na stoupačce. Totéž platí pro případné větve soustavy. Uvedené údaje vyplynou z hydraulického výpočtu potrubní sítě.

ad e) Přehled otopných těles

V přehledu otopných těles jsou symbolicky zakresleny stoupačky se všemi otopnými tělesy. V poli každého otopného tělesa musí být uvedena jeho velikost (počet článků nebo délka), DN TRV, jeho nastavení, případně značka typu tělesa. Na celém přehledu pak typy otopných těles a typ a tvar TRV (přímý, rohový).

Pro zpracování přehledu se použije jednotný formulář se slepými poli otopných těles. Do formuláře se schematicky zakreslí stoupačky a ručně se zapíše údaje o tělesech a TRV. Pokud jsou některé stoupačky shodné, není nutno je opakovat. Postačí, když se zakreslí pouze jedna stoupačka, ke které budou připsána čísla shodných stoupaček.

Jakmile se na stoupačkách vyskytuje několik typů otopných těles, lze je graficky odlišit značkami v poli otopných těles, případně poznámkou pod schématem.

ad f) Specifikace materiálu

Ve specifikaci materiálu jsou popsány typy a počty veškerých nových armatur potřebných pro realizaci díla.

3.3.1.2 Projektová dokumentace Vstupní části

Bude zpracována pro dodávku tepla z tepelné sítě, z předávací či směšovací stanice nebo z plynové kotelny. Bude také obsahovat úpravy vstupní části z hlediska řízení tepelného výkonu a řízení hydraulických poměrů. Dále bude obsahovat případné větvení potrubních rozvodů, měření dodávaného tepla a přípravu na napojení na energetický dispečink. **Budou využita pouze vzorová zapojení, která schválí Pražská teplárenská.**

3.3.1.2.1 Výkresy Vstupní části

Do této části dokumentace patří výkresy:

odběrného místa objektu,

o) odběrných míst větví,

p) seřizovacích míst větví,

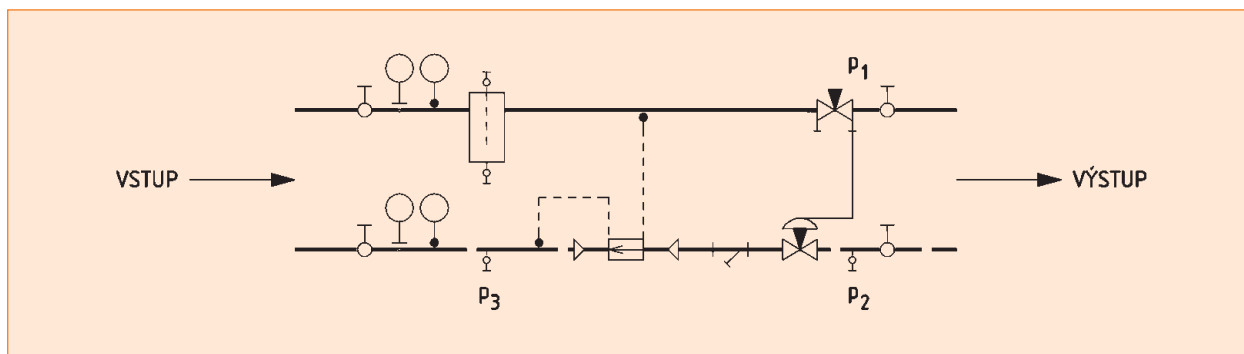
q) seřizovacích míst stoupaček.

Poslední dva druhy výkresů by měly správně patřit do vnitřní části, ale s ohledem na funkční podobnost s prvním druhem výkresu je vhodné je včlenit do vstupní části.

ad a) Odběrné místo objektu¹

Odběrné místo objektu (viz následující obr.) je zařízení na rozhraní mezi dodavatelem a odběratelem tepla. Nejčastěji obsahuje hlavní uzávěry, seřizovací armaturu, fakturační měřič tepla, RTR, kalník a filtr, pár teploměrů, manometrů a kulových vypouštěcích kohoutů. Ty slouží i pro odběr tlaků, resp. tlakových rozdílů.

Obr. 7 – Provedení odběrného místa



ad b) Odběrná místa větví

Tato odběrná místa větví jsou jednodušší obdobou odběrného místa objektu (předchozí obr.). Jsou používána v případech požadavků na měření tepla do jednotlivých větví. Obsahují uzávěry, seřizovací armaturu, rozdělovací měřič tepla, RTR, pár teploměrů, manometrů a kulových vypouštěcích kohoutů. Ty slouží i pro odběr tlaků, resp. tlakových rozdílů. Do těchto míst je možno umístit i směšovací zařízení.

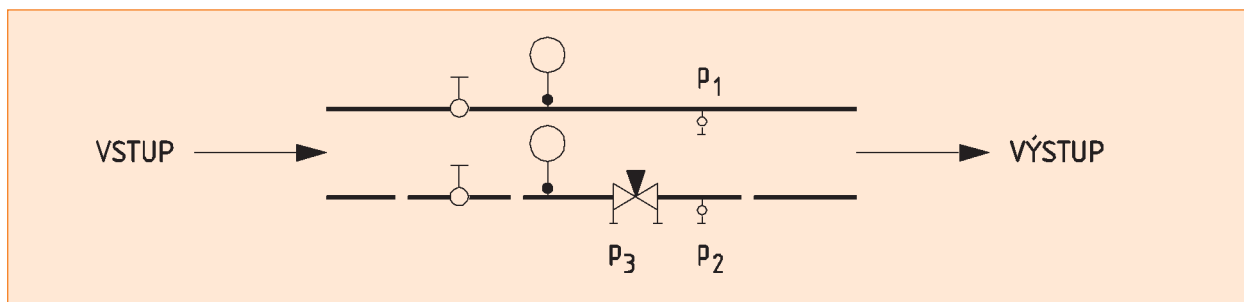
ad c) Seřizovací místa větví

Seřizovací místa větví (viz následující obr.) jsou používána jako základní zařízení na počátcích větví. Obsahují pouze uzávěry, seřizovací armaturu, pár teploměrů a kulových vypouštěcích kohoutů i pro odběr tlaků, resp. tlakových rozdílů.

ad d) Seřizovací místa stoupaček

Seřizovací místa stoupaček (viz následující obr.) jsou zřizována na počátcích stoupaček. Obsahují pouze uzávěry, seřizovací armaturu a pár kulových vypouštěcích kohoutů i pro odběr tlaků nebo tlakových rozdílů.

Obr. 8 – Provedení seřizovacího místa



3.3.1.2.2 Textová část Vstupní části

Do této dokumentace patří technické popisy uvedených zařízení s výpisem materiálu.

4 VYTÁPĚNÍ

Ing. Karel Mrázek

4.1 Úvod

Současná praxe ukazuje, že opravy vytápěcích soustav jsou nesystémové a poplatné havarijnímu stavu nebo opatřením plynoucím z požadavků současné legislativy. To se projevuje sníženými funkčními vlastnostmi soustav, nižší životností a vyšší energetickou spotřebou. Cílem je provést energeticky vědomou rekonstrukci vytápění v bytových domech s důrazem na uplatnění OZE a kvalitu vnitřního prostředí, dosažení funkčních vlastností a bezpečného užívání. Sledují se ekonomika projektu, doba životnosti a náklady na údržbu. Důležité je vytvoření předpokladů pro zavedení energetického managementu v oblasti správy a provozu bytových domů.

4.2 Přehled vytápění bytových budov od roku 1850 do současnosti

4.2.1 Lokální vytápění

Mnohé domy byly stavěny pouze s lokálním vytápěním kamny na tuhá paliva. Vytápění lokálními topidly hlavně na tuhá paliva bylo používáno u tradičních budov postavených před rokem 1945 a u prvních typových objektů v období od roku 1948 přibližně do konce 50. let 20. století v lokalitách, kde nebyl k dispozici centrální zdroj tepla nebo kde byly stavěny ojedinělé objekty. Jednalo se o objekty zděné z cihel, později z cihelných kvádrů nebo z kvádrů z lehčených betonů. V některých i novějších stavebních soustavách bylo realizováno lokální vytápění plynem, v modernizaci převážně topidly typu WAW-GAMAT s odvodem spalin na fasádu. V lokalitách s velkým ekologickým zatížením bylo navrženo i vytápění elektrickými akumulacími kamny. U panelových budov se jednalo o velmi výjimečné vytápění, které bylo v mnoha případech modernizováno na ústřední vytápění kotelnou a soustavou.

4.2.2 Bytové vytápění s bytovým kotlem

Soustavu tvoří plynový kotel s rozvodem a otopnými tělesy. S ohledem na problémy s odvodem spalin a omezenými možnostmi pro provádění horizontálních rozvodů se soustavy vyskytly v panelových budovách omezeně. Převážně se uplatňuje při modernizaci větších bytů v budovách, zejména ve zděné technologii.

4.2.3 Ústřední vytápění

Lépe vybavené domy měly ústřední vytápění. Jako otopné soustavy se především používaly teplovodní dvoutrubkové vertikální soustavy s přirozeným oběhem otopné vody. U objektů, kde to bylo nutné, se používal i nucený oběh otopné vody pomocí oběhového čerpadla na základě tzv. kozlíkového typu. Používala se čerpadla s nízkými otáčkami, a to jednak proto, aby byla co nejméně hlučná, jednak proto, že se otopné soustavy nenavrhovaly s vysokými rychlostmi proudění otopné

vody v potrubí a nepoužívaly se speciální regulační armatury s vysokými hydraulickými odpory, takže vyšší dopravní výšky nebyly žádoucí. Čerpadlo se používalo jedno centrální pro celou soustavu, čemuž bylo nutné přizpůsobit i návrh soustavy, tudíž se nepoužívalo dělení na samostatné větve.

Vytápění sestává z domovní kotelny pro jednu budovu nebo několik sousedících budov s otopnou soustavou vertikální dvoutrubkovou a původně dvouregulačními kohouty u otopných těles. Po zavedení individuální regulace jsou nahrazeny ventily s termostatickými hlavicemi.

Omezeně se vyskytlo velkoplošné podlahové vytápění Crittall s trubkami zabetonovanými ve stropní konstrukci. Jedná se o některé lokality se stavebními soustavami G 40 a G 57. Modernizuje se na tradiční rozvod dvoutrubkový s článkovými otopnými tělesy.

Do 30. let minulého století převažovaly kotelny na tuhá paliva. Regulace výkonu otopné soustavy se prováděla v lepším případě kotlovými regulátory tahu, které udržovaly v přiměřených mezích teplotu otopné vody nastavenou na stupnici regulátoru podle očekávané venkovní teploty nebo byla závislá na uvážení obsluhy zařízení.

Hlavními a převažujícími závadami byla kromě nedostatečné regulace teploty otopné vody hydraulická a tepelná nestabilita převažujících vertikálních dvoutrubkových soustav s dvouregulačními kohouty. Zapříčiňovala:

- přetápění nebo nedostatečné vytápění, které je jedním z faktorů pro vznik plísní;
- negativní postoj uživatelů k energeticky vědomému provozu bytu.

Po modernizaci zavedením individuální regulace je při správném seřízení rozvodů a provozu vytápění závada odstraněna.

Dalšími dodnes se opakujícími závadami jsou:

- neprovádění topných zkoušek podle předpisu (např. ČSN) (14),
- naprosto nedostatečná údržba,
- chybějící/nedostatečné izolace potrubí, nádob a armatur v nevytápěných prostorech,
- umožnění manipulace s regulačními prvky neodborníkům (stoupačky, atd.),
- modernizace otopných soustav jednotlivých budov bez přihlédnutí k parametrům tepelné sítě CZT,
- mizivé znalosti o energetickém manažerství při provozu budovy a ochota jej vykonávat.

V tabulce 3 je přehled ústředního vytápění bytů v obdobích podle sčítání 2001. Zbývající vytápění v jednotlivých obdobích je lokální.

Tab. 3 – Přehled vytápění bytů v bytových domech při sčítání 2001

		Počet domů		%		V nich počet bytů		%	
		panel	zdivo a ostatní	panel	zdivo a ostatní	panel	zdivo a ostatní	panel	zdivo a ostatní
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
		kpl	kpl	%	%	kpl	kpl	%	%
celkem		195 270		100%		2 301 641		100%	
CZT	1919 a dříve		767		0,4%		5 899		0,3%
	1920-1945		2 120		1,1%		26 616		1,2%
	1946-1960	1 590	12 536	0,8%	6,4%	21 620	127 145	0,9%	5,5%
	1961-1980	36 203	9 554	18,5%	4,9%	717 685	114 857	31,2%	5,0%
	1981-1990	16 556	1 006	8,5%	0,5%	353 762	11 136	15,4%	0,5%
	1991 a později	3 420	1 436	1,8%	0,7%	75 159	22 544	3,3%	1,0%
	nezjištěno	134	202	0,1%	0,1%	3 059	2 547	0,1%	0,1%
Kotelna v domě na pevná paliva	1919 a dříve		954		0,5%		3 655		0,2%
	1920-1945		928		0,5%		5 255		0,2%
	1946-1960	14	594	0,0%	0,3%	78	2 937	0,0%	0,1%
	1961-1980	819	3 798	0,4%	1,9%	5 301	18 698	0,2%	0,8%
	1981-1990	335	1 668	0,2%	0,9%	2 068	8 004	0,1%	0,3%
	1991 a později	50	354	0,0%	0,2%	330	1 761	0,0%	0,1%
	nezjištěno	9	129	0,0%	0,1%	44	575	0,0%	0,0%
Kotelna v domě na plyn a ostatní paliva	1919 a dříve		2 226		1,1%		12 100		0,5%
	1920-1945		3 290		1,7%		27 792		1,2%
	1946-1960	36	2 384	0,0%	1,2%	544	18 684	0,0%	0,8%
	1961-1980	2 572	6 576	1,3%	3,4%	34 345	49 945	1,5%	2,2%
	1981-1990	996	1 726	0,5%	0,9%	12 952	11 436	0,6%	0,5%
	1991 a později	382	2 325	0,2%	1,2%	6 538	24 351	0,3%	1,1%
	nezjištěno	12	218	0,0%	0,1%	114	1 578	0,0%	0,1%

4.2.4 Období výstavby 1850 až 1945

V tomto období se CZT vyskytlo až při rekonstrukcích a zásobuje cca 1,5 % bytů. Domovní kotelny na tuhá paliva se podílejí cca 0,4 % a překvapivě je jich málo i v domech postavených mezi roky 1920 až 1945. Domovní kotelny na plyn se podílejí cca 1,7 % a vyskytují se více v domech posta-

vených mezi roky 1920 až 1945. Zbytek pokrylo lokální vytápění a individuální bytové s kotlem a rozvody s otopnou plochou instalované v 30. letech anebo při modernizaci.

Tab. 4 – Přehled lokálního vytápění bytů v období 1850 až 1945 a jejich modernizace

Lokálními kamny (topidly) a bytovými kotli:	Období 1850 až 1945	
	původní	modernizace
na tuhá paliva		
uhlí hnědé	rozšířené zejména v sociální výstavbě	převážně topidly plynovými s uzavřenou spalovací komorou a odvodem do venkovního prostředí (lidově WAW), omezeně s odvodem spalin do komína; u větších bytů bytovým plynovým kotlem a rozvody s otopnou plochou
uhlí černé	omezené na dražší byty; představiteli kamen jsou kachlová stáložárná, americká stáložárná, apod.	
antracit		
koks	30. léta – omezeně bytové kotle s rozvody a vytápěcí plochou	
na plyn		
do komína	30. léta	převážně topidly plynovými s uzavřenou spalovací komorou a odvodem do venkovního prostředí (lidově WAW), omezeně s odvodem spalin do komína; u větších bytů bytovým plynovým kotlem a rozvody s otopnou plochou
do venkovního prostředí	-	
na elektřinu		
přímotopná	-	omezeně přímotopná topidla; omezeně akumulční topidla s dynamickým vybíjením; u větších bytů plynovým bytovým kotlem a rozvody s otopnou plochou; omezeně přímo-topným elektrickým kotlem
akumulační se statickým vybíjením	omezeně	
na biomasu		
na suché dřevo	velmi omezeně	omezeně u větších bytů bytovým kotlem na dřevo a rozvody s otopnou plochou
na dřevěné brikety	-	
na dřevěnou štěpku	-	
na dřevěné pelety	-	

4.2.5 Období výstavby 1946 až 1960

CZT zásobovalo cca 6,4 % bytů, domovní kotelny na tuhá paliva zásobovaly cca 0,1 % bytů a domovní kotelny plynové cca 0,8 % bytů. Modernizace lokálního vytápění se především prováděla plynovými topidly s uzavřenou spalovací komorou. U větších bytů se při modernizaci výrazně uplatnilo bytové vytápění s plynovým kotlem.

4.2.6 Období výstavby 1961 až 1990

52,1 % bytů bylo zásobováno z CZT, 1,4 % z domovní kotelny na tuhá paliva a 4,8 % z domovní kotelny na plynná paliva. Modernizace lokálního vytápění se především prováděla plynovými topidly s uzavřenou spalovací komorou. U větších bytů se při modernizaci výrazně uplatnilo bytové vytápění s plynovým kotlem.

4.2.7 Období výstavby po roce 1990

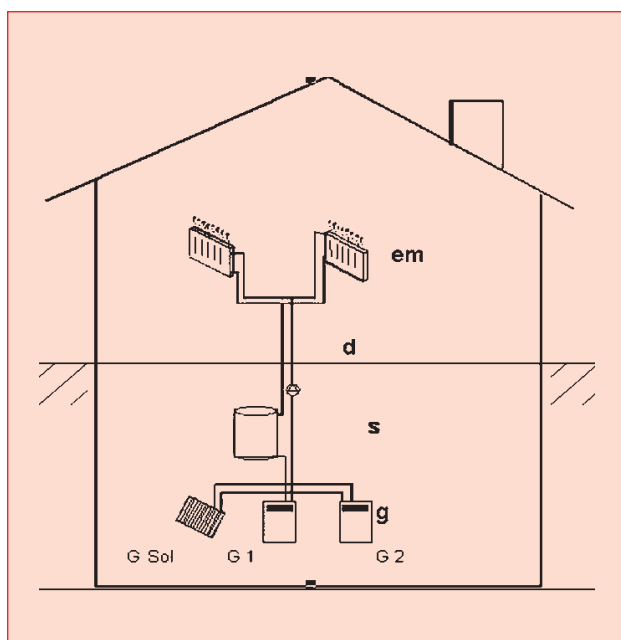
U nových budov převažuje dodávka tepla z domovních plynových kotlen. Uplatňuje se i zásobování teplem z bytových plynových kotlů, omezeně se vyskytují tepelná čerpadla elektrická s kompresorem a zkušební i plynová absorpční. Poněkud jinou strukturu dokončených bytů podle způsobu vytápění vykazují nástavby a přístavby k bytovým domům. Zde je převažujícím zdrojem tepla bytový plynový kotel. Pokud se připojují k stávající domovní plynové kotelně, musí mít samostatnou ekvitermně regulovanou větev.

4.3 Členění otopné soustavy na část pro sdílení, rozvody, akumulaci a zdroje tepla

Otopná soustava se člení na části:

- Sdílení tepla (otopné plochy). Hodnotí se trojí ztráta tepla, a to způsobená vertikálním rozdělením teploty vzduchu od otopné plochy, umístěním otopné plochy a individuální regulací otopné plochy. Pomocná energie (elektrina pro pohon prvků a zařízení) se stanovuje pro ventilátory v konvektorech, ventily u otopných těles se servopohonem nebo termopohonem, apod.
- Rozvody tepla. Hodnotí se ztráta tepla tepelnou izolací potrubí, armatur a nádob. Pomocná energie se stanovuje zejména pro oběhová čerpadla a případnou regulaci.
- Akumulace tepla. Omezeně zejména u zdrojů na biomasu, na tuhá paliva a tepelných čerpadel.

Obr. 9 – Členění otopné soustavy podle evropské metodiky



- Zdroje tepla – kotle, tepelná čerpadla (dále TČ), sluneční okruhy, CZT, fotovoltaika, případně PS a DPS. Hodnotí se ztráta tepla způsobená druhem a provedením kotle, provozem a regulací a pláštěm kotle. Stanovuje se potřeba pomocné energie. Je zajímavé, že v evropské metodice se namísto účinnosti stanovují ztráty tepla dané části a případně až následně účinnosti. Proto nenastává problém s účinností plynových kondenzačních kotlů, kdy se výpočet provádí na výhřevnost paliv, a ne na spalné teplo.

Pro správný návrh zdroje tepla je nezbytným předpokladem korektní stanovení tepelné ztráty tepla a přírážky na zátap. Rozhodující je správné stanovení potřeby tepla z roční tepelné ztráty prostupem a větráním a snížení o využití tepelné zisky – vnější od oslunění a vnitřní od pobytu lidí, technologie domácnosti, apod. Výpočet se provede po jednotlivých měsících včetně

letních. Jestliže zdroj tepla slouží také pro přípravu TV, je třeba stanovit tradičním způsobem roční potřebu tepla na její přípravu. Přípojná hodnota zdroje tepla v kW se navrhne podle ČSN 06 0310 Ústřední vytápění – Projektování a montáž, Přílohy A (14). Struktura výpočtu energetické náročnosti bytové budovy je na obrázku 10.

4.3.1 Část sdílení tepla

Část sdílení tepla tvoří otopné plochy a jejich regulace. Jako otopná tělesa byly používány většinou litinové radiátory těžké masivní konstrukce. Během války a v poválečném období se nouzově

používaly i ocelové radiátory. Otopná tělesa byla vybavena dvouregulačními kohouty, šroubením a v případě potřeby i odvzdušňovacími nebo vypouštěcími armaturami.

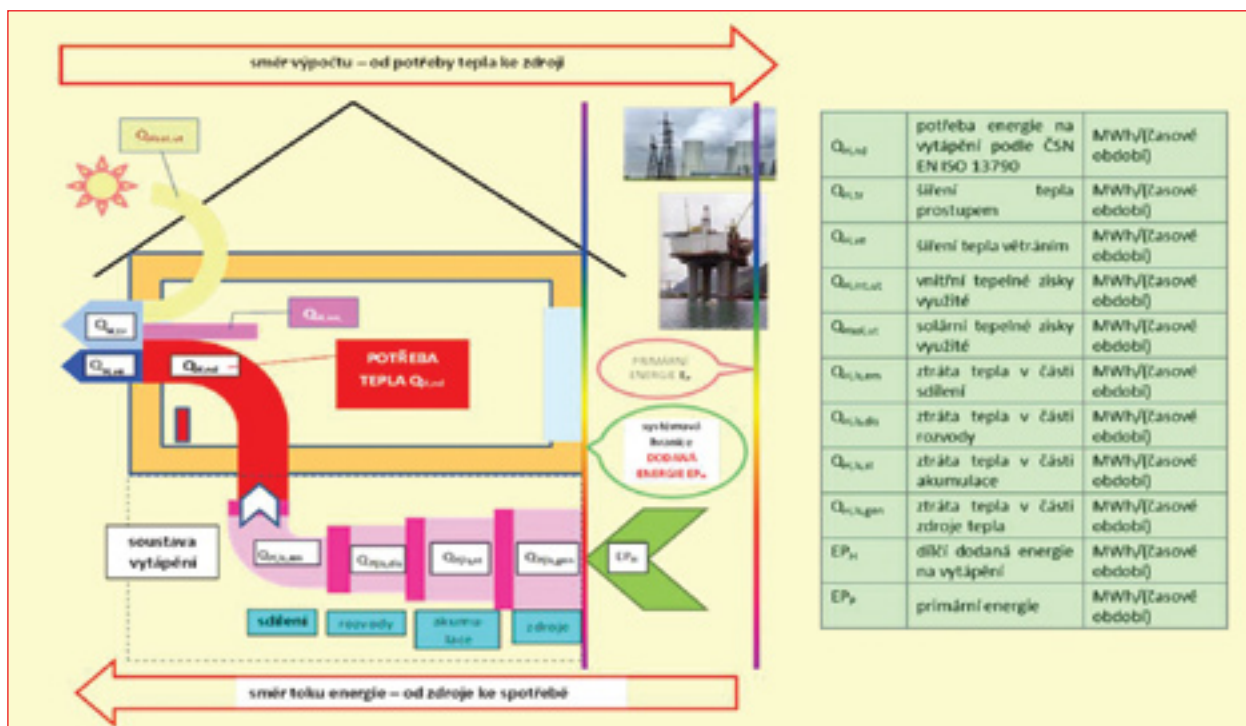
V bytových domech se užilo výjimečně velkoplošné vytápění Crittall ke konci 40. let. V některých realizacích se omezeně užily trubkové registry hladké nebo žebrové, a to v sociálním zařízení a společných prostorách budovy.

Od 50. let se v budovách uplatnila článková tělesa ocelová a litinová, desková tělesa ocelová a omezeně velkoplošné vytápění (např. Ss G 57). Doposud převládají litinová a ocelová (podle počtu podlaží a návrhového tlaku) článková otopná tělesa o rozměrech 500/160 a 500/110. V novějších objektech byla již osazena ocelová desková tělesa, nejčastěji dvojítá o výškách 500 a 600 mm.

Vývoj otopných těles nebude pokračovat používáním nových otopných těles, ta jsou již na hranici svých možností. Pouze bude využívána podrobná metodika dimenzování otopných těles, která lépe zohledňuje funkci tělesa ve vytápěném prostoru, zejména pod okny. Z toho plyne i modernizace otopných ploch.

Při návrhu otopné plochy je nutný přepočít výkonu tělesa na konkrétní parametry topné vody oproti parametrům udávaných výrobcí v návrhových podkladech.

Obr. 10 – Výpočet energetické náročnosti bytové budovy



Otopná tělesa bytových vytápěcích soustav jsou vybavována regulačními ventily převážně s přímočinnými termostatickými hlaviciemi, u komfortních provedení se zavedením inteligence bud' s termpohony, nebo s elektrickými pohony. Tyto ventily budou napojeny na programovatelný řídicí systém, který bude schopen udržovat v každé místnosti individuálně požadovanou vnitřní teplotu v požadovaných dobách, a to velice přesně s regulačními odchylkami $\pm 0,5$ K. Tím bude maximálně potlačeno přetápění místností. Bude docházet k dalšímu využívání tepelných zisků v místnostech a k úsporám tepla na vytápění.

Obecně doporučovaná otopná plocha – velkoplošné vytápění se zabudovanými teplovodními trubními rozvody (podlahové vytápění) není optimální. Vzhledem ke značné akumulaci soustavy a stavební konstrukce se nevyužijí možné přínosy z tepelných zisků individuální regulací. Nepříjemná je jejich výměna po dožití. Proto je vhodné energeticky, cenově i provozně uplatnit tradiční otopná tělesa dimenzovaná na příslušnou nízkou teplotu. Je nutno vždy ověřit možnost instalace plochy s ohledem na zvětšenou plochu.

Při modernizaci otopné soustavy s konvenčními tělesy lze u kotlů regulovaných podle venkovní teploty s korekcí na vnitřní teplotu (např. Geminox) a pracujícími s minimálním přebytkem vzduchu (přímým řízením směšovacího poměru) a spojitě řízeným výkonem v rozsahu 10 – 100 % dosáhnout maximální využití kondenzace.

U zateplených budov, kde dochází ke snížení potřeby tepla na vytápění o 35 až 50%, plocha stávajících otopných těles umožní plně využít přínos kondenzačního tepla, a proto je v zateplených modernizovaných domech s domovní kotelnou třeba vždy uplatnit při modernizaci domovní kotelny kondenzační kotle.

Ideálním rozvodem a otopnou plochou je tzv. dělená otopná soustava. Sestává:

- ze základní části – rozvodu a otopné plochy, která zajišťuje vytápění místnosti/prostoru na tzv. dělicí teplotu v rozmezí 15 až 18 °C;
- z doplňkové části, rozvodu a pružného otopného tělesa. Ideální řešení je elektrický rozvod a elektrický přímotopný konvektor řízený prostorovým termostatem. Doplňková část zabezpečí optimální provozní náklady a je určena k okamžitému dotopení místnosti podle požadavků uživatele.

Základní část zajistí rovnoměrné vytápění budovy na nastavenou teplotu a její užití je povinné, není ovladatelné uživatelem bytu. Dělicí teplota je výsledkem složitého rozboru zohledňujícího tepelnou ztrátu, setrvačnost stavby, velkoplošné vytápění (časovou konstantu T) a velikosti tepelných zisků. Určuje míru efektivnosti provozu vytápění. Náklady jsou děleny rovnoměrně na všechny uživatele.

Doplňkovou část ovládá individuálně uživatel, což umožňuje dotápět jednotlivé místnosti. Je měřena individuálně elektroměrem, proto je i z důvodů regulace a řízení nutný samostatný rozvod.

Dělená soustava by měla být jedinou možnou jak u sociálních budov – s ohledem na omezení dodávky tepla na hygienicky potřebnou hranici, tak i u ostatních budov usilujících o optimální provozní náklady při vysokém komfortu.

Jejím závažným nedostatkem jsou vyšší pořizovací náklady. Proto je její širší užití spojeno s nárůstem cen energie a paliv.

Ztráty energie části soustavy pro sdílení tepla a regulaci vnitřní teploty v budově závisí na:

- potřebě tepla pro vytápění (tepelné vlastnosti budovy, vnitřní a venkovní prostředí);
- nestejném rozložení vnitřní teploty v každé zóně s upravovaným prostředím (stratifikace teplot, otopné plochy podél vnější stěny či okna, rozdíly mezi teplotou vzduchu a střední teplotou sálání);
- otopných plochách zabudovaných v konstrukci budovy směrem do venkovního prostředí nebo do nevytápěného prostoru;
- regulaci výsledné teploty (místní, ústřední, útlumu, vlivu akumulace konstrukce, atd.);
- pomocné potřebě energie.

Výpočet tepelných ztrát a návrh otopných těles musí zahrnout:

- energetické vzájemné působení mezi různými otopnými plochami (otopné těleso, konvektor, podlahové/stěnové/stropní plochy) a prostorem;
- typ tepelné regulační strategie pro místnost/zónu a zařízení (termostatický ventil, regulace P, PI, PID, atd.) a jejich schopnost snížit změny teplot a jejich kolísání;
- umístění a charakteristiky zabudovaných otopných ploch.

Na základě těchto údajů se vypočítají dále uvedené výstupní parametry části soustavy sdílení tepla včetně regulace:

- ztráty tepla části soustavy pro sdílení tepla dané její účinností;
- potřeby pomocné energie;
- využitelné ztráty tepla.

V tabulce 5 jsou uvedeny hodnoty podle ČSN EN 15316-2-1 (18) pro výpočet účinnosti volně stojící otopné plochy a její regulace v bytových budovách.

Tab. 5 – Účinnost pro volně stojící otopnou plochu v místnosti; výška místnosti ≤ 4 m

Vlivové veličiny		Účinnost		
		η_{str}	η_{ctr}	η_{emb}
Regulace teploty prostoru	neregulovaná, s ústřední regulací vstupní vody		0,80	
	pilotní místnost		0,88	
	P - regulátor (2 K)		0,93	
	P - regulátor (1 K)		0,95	
	PI - regulátor		0,97	
	PI - regulátor (s optimalizací, např. řízení přítomnosti, adaptivní regulátor)		0,99	
Teplotní rozdíl (referenční vnitřní $\theta_i = 20 \text{ °C}$)		η_{str1}	η_{str2}	
	60 K (např. 90/70)	0,88		
	42,5 K (např. 70/55)	0,93		
	30 K (např. 55/45)	0,95		
Specifické tepelné ztráty obvodovými díly (GF = zasklené plochy)	otopné těleso na vnitřní stěně		0,87	1
	otopné těleso na vnější stěně			1
	- GF bez ochrany proti sálání		0,83	1
	- GF s ochranou proti sálání ^a		0,88	
	- běžná venkovní stěna		0,95	

^a Ochrana proti sálání musí izolací nebo odrazem zachytit 80 % ztrát sáláním z otopné plochy na zasklenou plochu.

Celková účinnost části soustavy pro sdílení tepla v prostoru η_{em} se stanoví podle rovnice:

$$\eta_{em} = \frac{1}{(4 - (\eta_{str} + \eta_{ctr} + \eta_{emb}))} \quad [-]$$

kde

η_{str} je dílčí účinnost pro svislý teplotní profil vzduchu,

η_{ctr} dílčí účinnost pro regulaci teploty v místnosti,

η_{emb} dílčí účinnost pro specifické ztráty venkovních dílů (zabudované zařízení).

Průměrné hodnoty pro η_{str} se stanoví z údajů pro hlavní vlivové parametry „rozdíl teplot“ a „specifické tepelné ztráty obvodovými díly“.

$$\eta_{str} = \frac{\eta_{str1} + \eta_{str2}}{2} \quad [-]$$

Tab. 6 – Porovnání účinností regulace u otopných těles při uvažování vlivu druhu regulace, umístění ploch a teplotního rozdílu topné vody

Teplotní rozdíl							
90/70							
70/55							
55/45							
Specifické tepelné ztráty obvodovými díly							
otopné těleso na vnitřní stěně							
otopné těleso na vnější stěně							
Regulace teploty prostoru							
neregulovaná, s ústřední regulací vstupní vody							
P - regulátor (2 K)							
PI - regulátor							
η_{str}	0,915	0,875	0,915	0,94	0,94	0,95	0,95
účinnost η_{em}	77,82%	83,68%	86,58%	88,50%	91,74%	89,29%	92,59%

Z tabulky 6 zřetelně plyne, že regulační schopnosti hlavice ovlivňují účinnost této části, a tedy i spotřebu tepla. Je záhodno si uvědomit, že samotná ekvitermní regulace bez místní na tělesech znamená v účinnosti ztrátu cca 10 %. Praktickým výstupem je požadavek na výměnu ventilů s hlavici, u nichž skončila hospodárná životnost.

4.3.2 Část rozvodů

Vnitřní rozvod tepelné energie. V budovách převládají vertikální (stoupačkové) protiproudé volně vedené potrubní rozvody se spodním ležatým protiproudým nebo souproudým (tichelmannským) rozvodem. Spodní rozvod je zpravidla veden pod stropem podzemního podlaží (PP). Na stoupačky jsou jednostranně i oboustranně napojena otopná tělesa. Paty stoupaček jsou již vybaveny páry kulových i vypouštěcích kohoutů. Celý potrubní rozvod je svařen plamenem z ocelových bezešvých závitových i hladkých trubek v rozsahu DN 10 až 100.

Tepelné izolace ležatého potrubí byly provedeny z minerální plsti, u novějších objektů z pěněných plastů, např. z polyetylenu a z polyvinylchloridu.

V odběrných místech vytápěcích soustav jsou osazeny fakturační měřiče tepla a pro termostatické radiátorových ventilů (TRV) také regulátory tlakového rozdílu. Zajišťují, aby během všech provozních stavů nepřestoupily tlakové rozdíly na TRV hodnotu 15 kPa. Při vyšších hodnotách by na TRV vznikaly nepříjemné hlukové projevy.

Teplotu vratné vody ovlivňuje vlastní otopná soustava, a sice:

- teplotním spádem topné vody,
- hydraulickým zapojením a seřazením,
- způsobem provozu a regulace.

Ideální jsou systémy, u nichž je teplota vratné vody po celé (nebo většinu) topné(ho) období, čili i při nejnižších venkovních teplotách, o 5 °C nižší než skutečná teplota rosného bodu spalin.

Kondenzační techniku lze v našich klimatických podmínkách efektivně využívat i u soustav s vyššími teplotami topné vody. V určitém časovém období – při velmi nízkých venkovních teplotách bude teplota vratné vody překračovat rosný bod spalin, k využití tepla z kondenzace nedojde a normovaný stupeň využití kotle se sníží. U otopných soustav s návrhovými teplotami topné vody 90/70 °C se toto omezení projeví výrazněji.

Modernizované dvoutrubkové soustavy s nuceným oběhem (zejména po zateplení) se na tyto parametry již nesmějí navrhovat; drtivá většina stávajících soustav s těmito návrhovými parametry se v praxi provozuje s mnohem nižšími teplotami topné vody, a to i při nejvyšším stupni zatížení. Vyhláška 193/2007 Sb. (5), platná pro nově zřizovaná zařízení a pro rekonstrukce zařízení, stanovuje v § 4 odstavci 3 u nuceného oběhu požadavek na teplotu vody na přívodu do otopného tělesa do 75 °C.

V našich klimatických podmínkách pracují otopné systémy se spádem 75/60 °C v kondenzačním režimu až po dobu 85 % topné sezony.

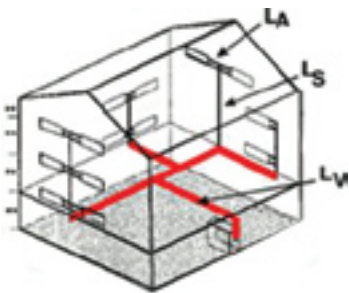
V rozvodech tepelných soustav nesmějí být použity prvky, které zvyšují teplotu zpětné vody. Jedná se zejména o přepouštěcí armatury a čtyřcestné směšovače. Teplotu zpětné vody zvyšují také vyrovnávací spojky, pokud není ve všech provozních stavech zajišťován větší průtok vytápěcím okruhem oproti průtoku v kotlovém okruhu. V tomto případě se na vyrovnávací spojce děje směšování, a ne nepřípustné přepouštění.

Při použití regulačních armatur, které pracují na principu škrcení průtoku, např. termostatických radiátorových ventilů nebo přímých či trojcestných regulačních armatur, bude průtok proměnný. Potom je vhodné použít kompaktní řízené oběhové čerpadlo s proměnnými otáčkami. Vliv škrcení průtoku regulačními armaturami na zvýšení okamžité účinnosti kondenzačních kotlů je velice příznivý, neboť teplota zpětné vody se značně snižuje.

Vývoj vytápěcích soustav bude směřovat k používání bytových rozvodů ať již s vlastním zdrojem tepla, tak k připojení na domovní kotelnu či CZT.

Některé tyto soustavy budou vybavovány i bytovými úpravami parametrů. Bude se jednat převážně o směšovací zařízení či deskový výměník pro vytápění a o ohřev vody v deskovém výměníku tepla s malým zásobníkem teplé vody. K výhodám tohoto způsobu patří to, že teplo pro vytápění a ohřev vody je do bytu dodáváno společně párem potrubí a snadno se měří bytovým fakturačním měřičem tepla. U rozvodů teplé vody a cirkulace, které dříve procházely celým objektem, odpadne cirkulační potrubí a rozvod teplé vody se zkrátí na několik metrů. Značně se sníží ztráty tepla při distribuci teplé vody.

Obr. 11 – Struktura dělení rozvodů podle ČSN EN 15316-2-3 (19)



LV Délka trubky mezi zdrojem tepla a svislým rozvodem. Tyto (vodorovné) trubky mohou být v nevytápěném prostoru (podzemním podlaží, podkroví) nebo ve vytápěném prostoru.

LS Délka trubky stoupacích potrubí (např. svislých). Tyto trubky jsou buď ve vytápěném prostoru, ve venkovních zdech, nebo uvnitř budovy.

LA Spojovací trubky. U těchto trubek je průtok regulován částí soustavy pro sdílení tepla (sdílení tepla do vytápěných prostor).

Rozvody tepla v objektu s bytovými vytápěcími soustavami budou sestávat z rozvodů mimo byty a z rozvodů v bytech.

Potrubní rozvody tepla mimo byty budou vyvedeny z odběrného místa objektu ležatým a následně vertikálním potrubím (stoupačkou) umístěným v prostoru schodiště. Potrubí bude svařeno z ocelových bezešvých hladkých trubek. V jednotlivých nadzemních podlažích budou na stoupačku napojena odběrná místa bytů s hlavními uzávěry a s fakturačními měřiči tepla. Zařízení odběrného místa bude zabudováno ve skřínce na chodbě podobně jako elektroměry.

Bytové rozvody budou prováděny převážně z vícevrstvých trubek spojovaných pomocí tvarovek lisováním speciálními kleštěmi. Zcela odpadne svařování trubek plamenem. Montážní práce se značně urychlí a práce bude podstatně kulturnější.

Bytové rozvody budou horizontální dvoutrubkové či jednostrubkové. U dvoutrubkových rozvodů může být použit i způsob, při němž je každé otopné těleso připojeno na kompaktní rozdělovač a sběrač samostatným vedením (tzv. paprskový rozvod). Vícevrstvé trubky jsou k jednotlivým otopným tělesům vedeny v podlaze, kde nesmějí být spoje trubek.

Pro zdroje je tak trvale zaručena vyšší sezonní účinnost ve spojení s teplovodními nízkoteplotními systémy se spádem 55/40 °C.

Podle vyhlášky č. 193/2007 Sb. (5), § 4 odstavce 1, se každý spotřebič tepelné energie opatřuje armaturou s uzavírací schopností, pokud to jeho technické řešení a použití připouští. Každé otopné těleso se vybavuje ventilem s uzavírací a regulační schopností s regulátorem pro zajištění místní regulace a u dvoubodového napojení, vyjma jednostrubkových otopných soustav, též regulačním šroubením.

4.3.2.1 Tepelná izolace při modernizaci rozvodů

Při modernizaci doporučuji posouzení podle ČSN EN 15316-2-3 (19). Tato norma zavádí evropské členění rozvodů podle obrázku 11. V téže normě jsou standardní hodnoty lineárního součinitele prostupu tepla, ψ W/(m.K), pro nové a stávající budovy.

Tab. 7 – Standardní hodnoty lineárního součinitele prostupu tepla, ψ W/(mK), pro nové a stávající budovy podle ČSN EN 15316-2-3

Rok výstavby nebo zařazení budovy	Rozvod		
	část V	část S	část A
od 1995: předpokládá se, že tloušťka izolace se přibližně rovná vnějšímu průměru trubky	0,2	0,3	0,3
1980–1995: předpokládá se, že tloušťka izolace se přibližně rovná polovině vnějšího průměru trubky	0,3	0,4	0,4
do 1980	0,4	0,4	0,4
Neizolované trubky			
$A \leq 200 \text{ m}^2$	1,0	1,0	1,0
$200 \leq \text{m}^2 A \leq 500 \text{ m}^2$	2,0	2,0	2,0
$A > 500 \text{ m}^2$	3,0	3,0	3,0
Trubky vedené ve vnějších zdech		celkové/ využitelné ^a	
Venkovní zeď bez izolace		1,35 / 0,80	
Venkovní zeď s izolací na vnější straně		1,00 / 0,90	
Venkovní zeď bez izolace, ale s nízkou hodnotou prostupu tepla, ($U = 0,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$)		0,75 / 0,55	
A – vytápěná plocha ^a celkové = celkové ztráty tepla trubky, využitelné = využitelné ztráty tepla trubky			

Pozornost je třeba věnovat tepelné izolaci armatur. V tabulce 8 jsou uvedeny ekvivalentní délky ventilů včetně přírub v závislosti na druhu izolace. Je z ní zřejmé, jak významná je jejich tepelná izolace. Podobně je vhodné izolovat i čerpadla, pro které se podle jejich druhu vyrábějí pouzdra. Přesnější požadavky jsou ve vyhlášce č. 193/2007 Sb. (5) V § 5 Tepelná izolace zařízení pro rozvod tepelné energie a vnitřní rozvod tepelné energie pro vytápění a technologické účely a pro rozvod

teplé vody se požaduje, aby část tepelné sítě, která prochází netemperovanými prostory, s teplonosnou látkou o teplotě vyšší než 40 °C nesloužící temperování prostorů, kterými prochází, se vybavila tepelnou izolací.

Tab. 8 – Ekvivalentní délky ventilů

Ventily včetně přírub	Ekvivalentní délka v m (průměr d ≤ 100 mm)	Ekvivalentní délka v m (průměr d > 100 mm)
neizolované	4,0	6,0
izolované	1,5	2,5

Připomínáme, že podle výše uvedené vyhlášky se tepelná energie předávaná do vytápěného prostoru z neizolovaného potrubí považuje za trvalý tepelný zisk, který se uvažuje při návrhu tepelného výkonu otopných těles, jestliže projektovaná teplota teplonosné látky v rozvodu je rovna nebo vyšší než 60 °C. Připojné potrubí k otopnému tělesu se respektuje až od délky 2 m.

Modernizace rozvodů tepla bývá slabým místem celé modernizace. Je třeba trvat na osazení vhodných izolačních výrobků patřičné tloušťky tepelné izolace potrubí, armatury, nádoby i čerpadla.

4.3.2.2 Oběhová čerpadla při modernizaci rozvodů

Oběhová čerpadla pro vytápění musejí splňovat požadavky ekodesignu. Ekodesign je soubor parametrů (především energetické účinnosti), které musí dodržet dodavatel (výrobce nebo dovozce) výrobku spojeného se spotřebou energie při jeho uvedení na trh EU, popř. do provozu. Záměrem legislativy stanovující požadavky na ekodesign je podpořit rozšíření nejúčinnějších technologií, a snížit tak spotřebu energie ve fázi používání výrobku. Česká republika zavedla požadavky této směrnice do novely zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií (§ 8a), a do vyhlášky č. 337/2011 Sb., o energetickém štítkování a ekodesignu výrobků spojených se spotřebou energie.

ČSN EN 12697-1 (38) a ČSN EN 16297-2 (39) a související nařízení (EU) č. 641/2009 a č. 622/2012 (11), (12) zavedla pojem **index energetické účinnosti (EEI)** ϵ_{EEI} dále označovaný EEI. Je to podíl referenčního příkonu a průměrného kompenzovaného výkonu vynásobený součinitelem. V tomto vztahu znamená:

- referenční příkon P_{ref} vztah mezi hydraulickým výkonem a spotřebou energie oběhového čerpadla;
- kompenzovaný výkon P_L přepočítaný výkon s vyrovnáním odchylek mezi naměřenými hodnotami dopravní výšky a hodnotami dopravní výšky na referenční regulační křivce a průměrný kompenzovaný výkon $P_{L,avg}$ vážený podle profilu zatížení;
- kalibrační součinitel $C_{20\%}$ který je pro samostatná oběhová čerpadla 0,49.

Index energetické účinnosti se vypočte ze vztahu $\epsilon_{EEI} = \frac{P_{L,avg}}{P_{ref}} \cdot C_{20\%}$

Platí, že čím nižší je hodnota EEI, tím je čerpadlo účinnější.

Požadavky na energetickou účinnost:

- v 1. stupni od 1. ledna 2013 musí mít bezucpávková samostatná oběhová čerpadla, s výjimkou čerpadel výslovně navržených pro primární okruhy tepelných solárních systémů a tepelných čerpadel, hodnotu indexu energetické účinnosti $EEI \leq 0,27$;
- ve druhém stupni od 1. srpna 2015 musí mít samostatná bezucpávková oběhová čerpadla a bezucpávková oběhová čerpadla vestavěná ve výrobcích hodnotu indexu energetické účinnosti $EEI \leq 0,23$.

Od 1. ledna 2013 je referenční hodnota nejúčinnějších oběhových čerpadel $EEI \leq 0,20$; tato informace musí být uvedena na výrobku.

Požadavek se nevztahuje na oběhová čerpadla vestavěná ve výrobcích a uvedená na trh nejpozději 1. ledna 2020 náhradou za identická oběhová čerpadla vestavěná ve výrobcích a uvedená na trh nejpozději 1. srpna 2015, kromě požadavků na informace o výrobcích.

Moderní řízená čerpadla s proměnnými otáčkami přinášejí:

- snížení spotřeby energie na jejich provoz o 60 až 70 %;
- snížení hlukové zátěže při jejich provozu, případně ve ventilech s termostatickou hlavicí dosažení optimálních provozních parametrů;
- řešení tlakových problémů způsobených termostatickými ventily a vyžadující regulaci tlakové difference. V projektu stanovit podle konkrétních podmínek dobré součinnosti řízených čerpadel a regulátorů tlakové difference až po vypuštění těchto regulátorů.

4.3.3 Část akumulace tepla

Nádoby se vyskytují:

- a) v solárních okruzích, ve kterých se doplňuje příprava TV s vytápěním; v bytových budovách jsou tato řešení velmi řídká;
- b) v kotelnách s kotli na pevná paliva; parametry definuje legislativa, a to nařízení EU (9) a (10);
- c) v instalacích tepelných čerpadel (TČ) pro omezení taktování zařízení; parametry zpravidla udává výrobce TČ.

Ve vyhlášce č. 193/2007 Sb. (5), v § 8, jsou uvedeny požadavky na tepelné izolace zásobníků teplé vody a expanzních nádob:

- Minimální tloušťka tepelné izolace zásobníků teplé vody a otevřených expanzních nádob je 100 mm při použití izolačního materiálu se součinitelem tepelné vodivosti λ menším nebo rovným 0,045 W/m.K (udáváno při teplotě 0 °C). Při jiných hodnotách součinitelů tepelné vodivosti se tloušťka izolace přepočítá tak, aby bylo dosaženo stejných nebo lepších tepelně-izolačních vlastností.
- Minimální tloušťka tepelné izolace pasivních zásobníků (akumulačních nádob) je 100 mm při použití izolačního materiálu se součinitelem tepelné vodivosti λ menším nebo rovným 0,04 W/m.K (udáváno při teplotě 0 °C). Při menších hodnotách součinitelů tepelné vodivosti se tloušťka izolace přepočítá tak, aby bylo dosaženo součinitele prostupu tepla $U \leq 0,30$ W/m².K.
- U dlouhodobých nebo sezonních zásobníků tepelné energie se tloušťka tepelné izolace určuje optimalizačním výpočtem respektujícím ekonomicky efektivní úspory energie.

4.3.4 Část zdroje tepla a kotelny

Podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření s energií v platném znění (1), v hlavě IV uvádějící některá opatření pro zvyšování hospodárnosti užití energie jsou v § 6 – Účinnost užití energie zdrojů a rozvodů energie – uvedeny požadavky:

(1) Stavebník nebo vlastník výroby elektřiny nebo tepelné energie je povinen u nově zřizovaných výroben a u výroben, u nichž se provádí změna dokončené stavby, zajistit alespoň minimální účinnost užití energie výroben elektřiny nebo tepelné energie stanovenou prováděcím právním předpisem.

(2) Stavebník nebo vlastník zařízení na distribuci tepelné energie a vnitřní distribuci tepelné energie a chladu je povinen u nově zřizovaných zařízení a u zařízení, u nichž se provádí změna dokončené stavby na distribuci tepelné energie a vnitřní distribuci tepelné energie a chladu, zajistit účinnost užití rozvodů energie a vybavení vnějších rozvodů a vnitřních rozvodů tepelné energie a chladu v rozsahu stanoveném prováděcím právním předpisem.

Také vyhláška č. 194/2013 Sb., o kontrole kotlů a rozvodů tepelné energie (7), požaduje v Příloze 2 – Způsob hodnocení účinnosti kotle – (4) Porovnání stanovené účinnosti kotle s hodnotou účinnosti

nosti kotle uvedené ve vyhlášce o stanovení minimální účinnosti užití energie při výrobě elektřiny a tepelné energie a s hodnotou účinnosti nového nejefektivnějšího kotle se uvede ve zprávě o kontrole kotle a rozvodů tepelné energie.

Velmi důležité pro modernizaci kotelen je požadavek ekodesignu. Ekodesign je soubor parametrů (především energetické účinnosti), které musí dodržet dodavatel (výrobce nebo dovozce) výrobku spojeného se spotřebou energie při jeho uvedení na trh EU, popř. do provozu. Obecný rámec pro požadavky na ekodesign stanovují směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES.

Česká republika implementovala požadavky této směrnice do novely zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií (1) (§ 8a), a do vyhlášky č. 337/2011 Sb., o energetickém štítkování a ekodesignu výrobků spojených se spotřebou energie.

Formální problém kondenzačních kotlů spočívá v nerozlišování pojmů výhřevnost a spalné teplo. Je třeba si uvědomit, že pro stejné množství tepla na výstupu z kotle dodáme u kotlů využívajících výhřevnost s teplotou spalin nejnižší přípustnou 60 °C v palivu méně využití energie než u kondenzačních kotlů využívajících spalné teplo. O kolik to maximálně může být, uvádí tabulka 10 (42) přepočítávacím činitelem.

Fyzikálně nevhodné vyjadřování účinnosti kondenzačních kotlů vyšší než 100 % vzniklo z poměru využitého tepla v palivu při uvažování výhřevnosti ku množství tepla na výstupu vzniklého ze spalného tepla. Česká metodika hodnocení energetické účinnosti se spoléhá pouze na účinnosti. V ČSN EN se stanovují ztráty tepla. Tak v dotčené ČSN EN15316-4-1 (21) tyto ztráty tepla pro nekondenzační kotle jsou kladné – zvyšují potřebu paliva, ale pro kondenzační kotle vychází záporné a snižují potřebu paliva. Doporučuji hodnotit kondenzační kotle podle metodiky pro „specifický případ“ v této normě, kdy se zvažuje účinnost při plném 100% zatížení, dílčím 30% zatížení a v klidu kotle (stand-by). Přepočítáte-li pak takto zjištěnou sezonní účinnost na formálně nesprávnou účinnost při uvažování výhřevnosti v palivu, zpravidla vychází 101 až 104%. V žádném případě se však nesmí, z důvodu vyplňování průkazu energetické účinnosti, omezovat tuto účinnost na maximálně 100 %, aby se dodržela formální „správnost“.

Tab. 9 – Minimální účinnosti výroby tepelné energie pro palivové kotle v % – Neobnovitelné zdroje energie – Zvláštní požadavky na ekodesign

Palivo		Příloha č. 15 k vyhlášce č. 441/2012 Sb.				Nařízení komise (EU) 2015/1189 ze dne 28. dubna 2015(9), kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES, pokud jde o požadavky na ekodesign kotlů na tuhá paliva	
výkon kotle v MW		do 0,5	0,51 až 3	3,1 až 6	6,1 až 20	Zvláštní požadavky na ekodesign	
spalovací zařízení roštové						Nařízení komise (EU) č. 2015/1189 Od 1. ledna 2020 musí kotle na tuhá paliva splňovat tyto požadavky:	
koks	výstavba*	69	-	-	-	a) sezónní energetická účinnost u kotlů se jmenovitým tepelným výkonem 20 kW nebo menším nesmí být menší než 75 % b) sezónní energetická účinnost u kotlů se jmenovitým tepelným výkonem větším než 20 kW nesmí být menší než 77 % . Dále se předepisují zásobníky podle způsobu příkládání: Ruční: kotel by měl být provozován se zásobníkem teplé vody. Automatický: doporučuje se, aby byl kotel provozován se zásobníkem teplé vody.	
	změna*	69	-	-	-		
černé uhlí **	výstavba*	68	70	75	81		
	změna*	68	70	75	79		
brikety	výstavba*	67	69	-	-		
	změna*	67	69	-	-		
hnědé uhlí ***	výstavba*	66	68	72	78		
	změna*	66	67	70	76		
spalovací zařízení s hořáky							Nařízení komise (EU) č. 813/2013(10) Od 26. září 2015 sezónní energetická účinnost kotlů nesmí být nižší:
LTO	výstavba*	80	83	84	85		Kotle o jmenovitém tepelném výkonu ≤ 70 kW musí mít sezónní energetickou účinnost vytápění vyšší než 86 % . Kotle B1 vybavené komínovou klapkou jmenovitém tepelném výkonu ≤ 10 kW musí mít sezónní energetickou účinnost vyšší než 75 % . Kotle o jmenovitém tepelném výkonu > 70 kW a ≤ 400 kW musí mít účinnost při 100 % jmenovitého tepelného výkonu vyšší než 86 % a účinnost při 30 % jmenovitého tepelného výkonu musí být vyšší než 94 % .
	změna*	80	83	84	85		
TTO	výstavba*	-	-	82	83		
	změna*	-	-	82	82		
zemní plyn	výstavba*	85	86	87	90		
	změna*	85	86	87	89		
	spol. spal*	82	83	84	87		
Pozor!	účinnosti se vztahují k výhřevnosti paliva				účinnosti se vztahují ke spalnému teplu		
<p>* - výstavba značí hodnotu min. účinnosti pro novou výstavbu kotle, - změna značí hodnotu min. účinnosti pro změnu (rekonstrukci) kotle, - spol. spal. značí hodnotu min. účinnosti pro společné spalování s jiným palivem, ** a *** - platí pro standardní uhlí podle přílohy č. 23 této vyhlášky, kde je uveden také způsob přepočtu účinnosti pro uhlí jiných parametrů.</p>							

Tabulka 9 a požadavky ekodesignu na účinnosti kotlů na plynná a kapalná paliva zdůvodňují náhradu tradičních kotlů kondenzačními.

Při volbě a posuzování provozu kotlů je třeba pečlivě rozlišovat, zdali jsou deklarované hodnoty vztažené na výhřevnost nebo na spalné teplo.

Tab. 10 – Orientační hodnoty výhřevnosti, spalného tepla, přepočítacího činitele a teploty kondenzace

palivo	jednotka	výhřevnost H_s	spalné teplo H_i	přepočítávací činitel f_{HS}/f_{HI}	teplota kondenzace
zemní plyn	kWh/m ³	10,4	11,5	1,11	56 °C
zkapalnělý zemní plyn (LNG)	ad e) kWh/m ³	ad f) 30,4	ad g) 32,8	1,08	53 °C
lehký topný olej	kWh/l	10,0	10,6	1,06	47 °C

Zvláštní požadavky na ekodesign pro palivové kotle s obnovitelnými zdroji energie jsou totožné s požadavky uvedenými v tabulce 10.

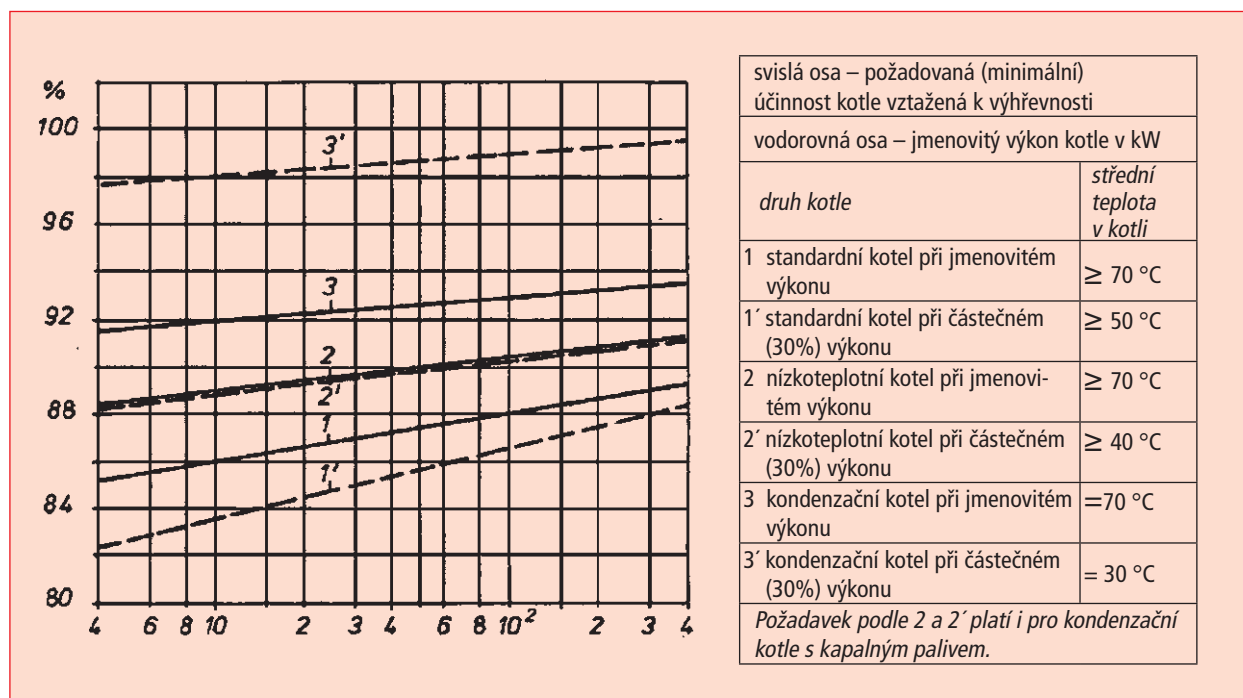
4.3.4.1 Kotle na tuhá, plynná a kapalná paliva, elektřinu, biomasu

4.3.4.1.1 Kotle na plyn

4.3.4.1.1.1 Nízkoteplotní kotle

Nízkoteplotní kotle pro domovní teplovodní plynové kotelny budou litinové článkové s atmosférickými hořáky. Tyto hořáky budou buď 2 až 4stupňové, nebo se spojitou regulací výkonu v rozsahu 100 až 50 (20) %. V prvním případě s přirozeným předsměšováním plynu se spalovacím vzduchem, ve druhém případě s předsměšováním pomocí vzduchového ventilátoru, které je dokonalejší a vede ke snížení přebytku vzduchu při spalování. Přehledné požadavky na účinnost podle výkonu kotle jsou na obrázku 12 (42).

Obr. 12 – Požadavky na plynové a olejové kotle podle směrnice pro účinnost kotlů 92/42/EWG



4.3.4.1.1.2 Kondenzační kotle

Kondenzační kotle budou podle výše uvedené legislativy jedinými plynovými kotli na trhu. Pracují tak, aby byly spaliny zemního plynu ochlazené pod teplotu rosného bodu, kdy z vodní páry obsažené ve spalinách bude kondenzovat voda, kondenzát. Na teplosměnných plochách kotle se uvolňuje latentní (skryté) teplo, obsažené v plynu ve formě tepla skupenského kondenzačního. Takto využitá teplo se převádí oběhovou vodou do tepelné soustavy, čímž se zvyšuje využití energetického obsahu zemního plynu. Následně se sníží spotřeba plynu. Teplo, které lze získat z úplné

kondenzace, tj. při ochlazení spalin na referenční teplotu 25 °C, má hodnotu až 11 % z tepla spaliného.

Výše přebytku vzduchu se udává součinitelem přebytku vzduchu λ (-). Je definován jako poměr skutečného množství spalovacího vzduchu a množství vzduchu teoretickému. Spaliny plynu bez přebytku vzduchu mají součinitel $\lambda = 1$. Když je hodnota λ vysoká, zhoršuje se účinnost spalování. Protože s rostoucí hodnotou λ klesá teplota rosného bodu spalin, je nutné, aby byl u kondenzačních kotlů udržován přebytek vzduchu na nejnižší a – pokud možno – na stálé úrovni.

Při snižování tepelného výkonu (vytížení) kondenzačního kotle se vždy zvyšuje okamžitá tepelná účinnost. Snižuje se totiž teplota spalin.

Na kondenzační kotel jsou kladeny tyto požadavky:

- musí pracovat s nejvyšší teplotou rosného bodu,
- musí pracovat s nejnižší teplotou spalin.

Teplota rosného bodu je závislá pouze na součiniteli přebytku vzduchu λ . Když je teplota rosného bodu spalin nízká, zmenšuje se hodnota využitelného podílu kondenzačního tepla, což znamená zhoršení účinnosti spalování. Současně se omezuje dostupnost teplonosné látky, která by svými teplotami způsobovala kondenzaci spalin v co nejširším provozním režimu kotle.

Nejnižší teplotu spalin je možné splnit tím, že spalinový výměník bude protiproudý s dostatečně dimenzovanou teplosměnnou plochou a že projektant tepelné soustavy zajistí nejnižší teplotu zpětné vody. Vliv teploty zpětné vody na účinnost kotle je u kondenzačních kotlů dominantní. Projektant může zajistit nejnižší teplotu zpětné vody:

- volbou nejnižších jmenovitých teplot vytápěcí nebo ohřívací vody,
- vhodným hydraulickým zapojením celé tepelné soustavy,
- vhodným řízením tepelného výkonu a hydraulických poměrů.

V tepelných soustavách nesmějí být použity prvky, které zvyšují teplotu zpětné vody. Jedná se zejména o přepouštěcí armatury a čtyřcestné směšovače. Teplotu zpětné vody zvyšují také vyrovnávací spojky, pokud není ve všech provozních stavech zajišťován větší průtok vytápěcím okruhem oproti průtoku v kotlovém okruhu. V tomto případě se na vyrovnávací spojce děje směšování, nikoli nepřípustné přepouštění.

Řízení tepelného výkonu kotle v domovních kotelnách musí být ekvitermní, kdy teplota výstupní vody z kotle je řízena podle venkovní teploty, a to v celém, případně v částečném rozsahu venkovních teplot. Potom nastavení topné křivky, musí být co nejnižší. Pokud je v kotelně více kondenzačních kotlů, musí být provozovány současně, ne postupně (kaskádově). Při současném běhu kotlů při nižším vytížení se lépe vychlazují spalinové a dosahuje se vyšší účinnosti.

Při použití regulačních armatur, které pracují na principu škrcení průtoku, např. termostatických radiátorových ventilů nebo přímých či trojcestných regulačních armatur, bude průtok proměnný. Potom je vhodné použít řízené oběhové čerpadlo s proměnnými otáčkami. Vliv škrcení průtoku regulačními armaturami na zvýšení okamžité účinnosti kondenzačních kotlů je velice příznivý, neboť teplota zpětné vody se značně snižuje.

Z uvedeného vyplývá, že energeticky úspěšný provoz kondenzačního kotle je závislý na tom, zda bude dosaženo nízkých hodnot 3 veličin – součinitele přebytku vzduchu λ , teploty spalin a teploty zpátečky.

Protože spalinové vstupující do komína jsou mokré, musí být komínová konstrukce odolná proti vlhkosti a také proti vnitřnímu přetlaku. Dimenze spalinové cesty vycházejí velice malé jednak vzhledem k nízké teplotě spalin, a tím i jejich vyšší hustotě, jednak k nízkému přebytku vzduchu. Je nutno plnit legislativní požadavky na odvod kondenzátu v závislosti na výkonu kotle.

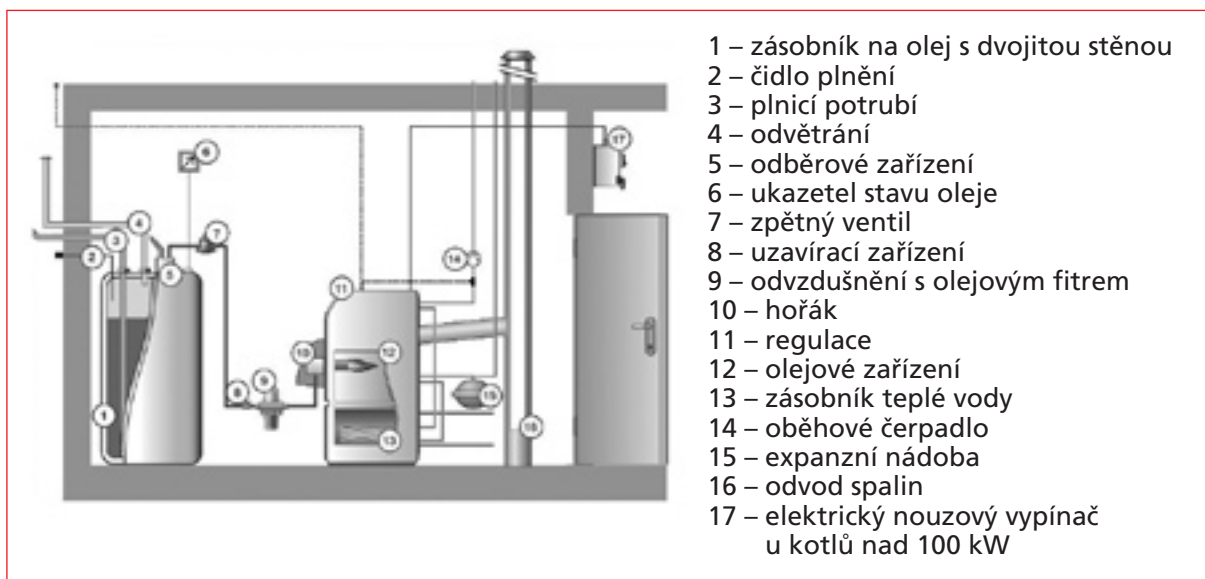
4.3.4.1.2 Kotle na kapalná paliva

Kotelny na kapalná paliva jsou pozůstatkem realizací ze 70. a 80. let. Sestávají se z olejového hospodářství (skladovací nádoby, stáčecí zařízení a propojení s kotli). Olejové hospodářství je provozně náročné a nepřispívá, zejména u těžkých topných olejů, k účinnosti kotelny (ohřev a doprava oleje). Ukládání kapalného paliva je:

- podzemní se zásobníkem v zemi; nutno splnit legislativní požadavky pro ochranu před únikem paliva;
- nadzemní s dodanou baterií zásobníků, buď s dvojitou stěnou zásobníku, nebo s těsnou stavebně vytvořenou jámkou pro ochranu při úniku paliva;
- nadzemní ze zásobníku montovaného na místě s těsnou stavebně vytvořenou jámkou pro ochranu při úniku paliva.

Na obrázku 13 je schéma malé olejové kotelny a úložiště pro vytápění budovy (42).

Obr. 13 – Malá kotelna na topný olej s nadzemním zásobníkem



Při modernizaci se uplatní kondenzační olejové kotle s mírně nižším využitím kondenzace – viz tabulka 10 a obrázek 12.

V současné době se uplatňuje ukládání olejů do nádrží z plastů, které jsou na obrázku 14. Pro splnění příslušných předpisů na ukládání paliva jsou možné dvě varianty uskladnění topného oleje:

- V nádržích z plastických hmot v jednoplášťovém provedení, pro které musí být zřízena havarijní jámka. Nádrže jsou provedeny v různých velikostech a mohou být sestaveny do baterií. Sestava nádrží do baterií bývá o objemu 1–5 m³, 1,6–8 m³ nebo 2–10 m³ a umožňuje maximální využití prostoru.
- V nádržích z plastických hmot v dvouplášťovém provedení. Nádrže mají dvě stěny pro variabilní uskladnění topného oleje od 0,7 do 5 m³. Toto řešení nevyžaduje záchytnou (bezpečnostní) jámku.

Nepředpokládám výraznější obnovu a zkvalitňování olejových kotel. Bezkonkurenční je biomasa v místech stávajícího užití kapalných paliv jak z důvodů nákladových, tak užitných.

Obr. 14 – Nadzemní zásobníky



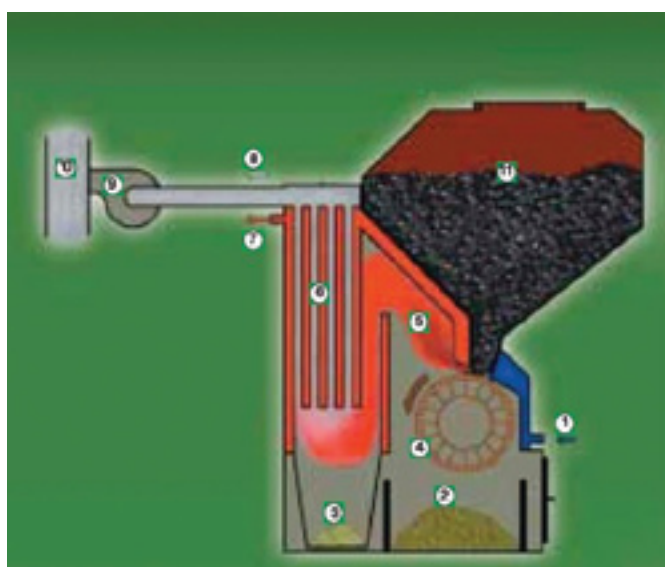
jednoplášťové provedení



dvouplášťové provedení

4.3.4.1.3 Kotle na tuhá paliva

Obr. 15 – Schematický řez automatickým kotlem na tuhá paliva



- 1 – přívod vratné vody
- 2 – popel
- 3 – popílek
- 4 – otočný bubnový rošt
- 5 – plamen
- 6 – výměník tepla
- 7 – odvod otopné vody
- 8 – odvod spalin
- 9 – spalinový ventilátor
- 10 – komín
- 11 – násypka (ořech 2)

Od 90. let minulého století se uplatňují automatické kotle na tuhá paliva. Tím se změnily podmínky pro modernizaci stávajících kotelen s tradičními kotli.

Instalují se automatické kotle na hnědé uhlí s občasnou obsluhou, vysokou účinností a regulací. Umožňují instalaci individuální regulace a uzavřený rozvod vody s tlakovými expanzními nádobami při splnění zvláštního požadavku na odvod přebytečného tepla.

Používáním nových efektivních technologií spalování hnědého uhlí dochází k výrazně nižšímu zatížení životního prostředí. Produkce emisí škodlivin (hlavně CO, NO_x a tuhých látek) je u kotlů nové generace v jednotlivých režimech několikanásobně nižší v porovnání s klasickými odhořivacími kotli. Při stoupajících cenách zemního plynu umožňuje hnědé uhlí energeticky účinnou modernizaci.

Tyto kotle vytvářejí podmínky k energeticky vědomé opravě a co nejvyššímu využití tepelných zisků. Při navrhování tepelného výkonu kotlů je nutné **nepředimenzovat zdroj**.

Schéma automatického kotle je na obrázku 15. Jedná se o moderní automatický kotel na tuhá paliva s občasnou obsluhou. Plocha otáčivého roštu je poměrně malá, a tím se podstatně liší od předchozích typů kotlů. Uhlí se při hoření postupně automaticky posouvá z násypky na rošt, na němž hoří pouze nejnutnější množství uhlí k momentální potřebě tepla v objektu. Rošt je segmentové válcové konstrukce a spalování je přesně regulované. Otáčivý pohyb roštu zajišťuje přísun uhlí ze zásobníku a odvod škváry do popelníkového prostoru. U správně nastaveného krokování roštu musí být popel odcházející do popelníku vyhořelý do šeda. Spalování probíhá vždy za dostatečné-

ho a řízeného přívodu vzduchu, který zaručí dokonalé spalování všech hořlavých látek obsažených v uhlí. Spalování řídí automatická regulace kotle a topný výkon je utlumován postupně. Během topné sezony obsluha provádí pouze občasnou obsluhu a kontrolu jednou za den při plném výkonu a jednou za tři dny při sníženém výkonu. Doplní palivo a vybere popel. Účinnost kotlů je cca 80%.

Kotel pracuje v podtlakovém režimu, tzn. přívod primárního a sekundárního spalovacího vzduchu zajišťuje kouřový ventilátor. Kotel se nastaví na konstantní teplotu od 65 do 90 °C a automatická regulace otopné vody je ekvitermní. V regulátoru je instalován havarijní termostat, který nedovolí přehřátí vody nad 98 °C. Na základě signálů termostatu je automaticky zapínán resp. vypínán chod ventilátoru a dávkování uhlí, tzn. provoz zapnuto/vypnuto. Při nastavení provozního režimu kotle je nutno dbát na to, aby teplota vratné vody nepoklesla pod 65 °C kvůli ochraně proti nízkoteplotní korozi teplosměnné plochy kotle.

Tab. 11 – Velikost zásobníků

Kotel s ručním přikládáním				
výkon kotle v kW	10	20	30	40
objem zásobníku v l	329	779	1 229	1 679
Kotel s automatickým přikládáním				
výkon kotle v kW	25	45	80	150
objem zásobníku v l	500	900	1 600	3 000

Regulace výkonu kotle v rozsahu 10 – 100 % se nastavuje regulátorem na boku kotle nebo dorazovým šroubem na rameně krokování. Kotel udržuje teplotu nastavenou na provozním termostatu, zapíná a vypíná motory potřebné k provozu (kotel buď topí, nebo netopí – je v klidu).

Vývod spalin z kotle je kouřovodem s kouřovým ventilátorem. V trubkovnici výměníku jsou umístěny spirální usměrňovače spalin, které slouží ke zvýšení účinnosti spalování a zároveň pro čištění trubek výměníku.

Na výstupu otopné vody bude instalována armatura pro ekvitermní regulaci směřováním a ochranu proti nízkoteplotní korozi. Na přívodu otopné vody bude instalováno regulovatelné čerpadlo, filtr a armatury.

Problémem u kotlů na tuhá paliva v uzavřených soustavách zůstává vhodné zařízení pro odvod přebytečného tepla tak, aby nebyla překročena teplota 110 °C (40) a (17). Podle normy se použije bezpečnostní zařízení pro odvod tepla (např. v kombinaci s výměníkem tepla zabudovaným v kotli (zařízení STW typu Th – bezpečnostní teplotní vypínání v bypassu s odvodem energie otevřením regulační armatury, např. ventilu). Výměníky mohou být zásobníkové nebo průtokové. Nejsou-li splněny požadavky (40), musí být kotel instalován v otevřené otopné soustavě.

V tabulce 9 jsou uvedeny zvláštní požadavky ekodesignu podle druhu přikládání:

- ruční: kotel by měl být provozován se zásobníkem teplé vody;
- automatický: doporučuje se, aby byl kotel provozován se zásobníkem teplé vody.

V nařízení je uvedeny vzorce pro výpočet objemu zásobníků. Orientační hodnoty jsou v tabulce 11.

4.3.4.1.4 Kotle na spalování biomasy

Přehled biomasy:

- Dřevo, polena, pelety, brikety, štěpka vyrobená z odpadu při těžbě, při čištění okolí silnic, tratí a koridorů pod elektrickým vedením. Nezanedbatelný zdroj je štěpka z keřů v krajině.

- Obilí. Může se jednat o méně kvalitní obilí, které nesplňuje parametry potravinářského nebo krmného obilí, či o cíleně pěstované obilí pro energetiku. Patří sem i kukuřice.
- Sláma. Jedná se o slámu, která není využitelná v zemědělství. Argument, že zaoráním slámy se zlepší půda, je sporný. Dlouhodobé zaorávání slámy není z agrotechnického hlediska dobré, půdu spíše devastuje. Naopak popel z biomasy je pro půdu jednoznačným přínosem.
- Seno. Se senem je počítáno pouze v granulované podobě, ale s využitím dotací na sklizeň trvalých travních porostů jde o perspektivní palivo.
- Energetické rostliny. Sem patří hlavně krmný šťovík, ale i další rostliny. Tento obor je v samých začátcích výzkumu, ale využití zemědělské půdy pro výrobu energie poskytuje jistotu produkce, jak ji poskytuje v oblasti potravin nebo technických plodin, a proto je zde veliký prostor pro další vývoj.
- Zemědělské odpady. Jedná se hlavně o odpady z čističek osiva, travního semene a obilí nebo o odpady živočišné výroby, včetně hnoje.

4.3.4.1.4.1 Palivo pro automatický provoz kotlů:

Tepelné výkony do 90 kW

- dřevní a travní pelety o průměru 6 – 8 mm, obilní přebytky (zrno) – pšenice, ječmen, oves, kukuřice
- kusové dřevo – délka 50 cm, Ø do 10 cm, jednotlivé kusy do Ø 20 cm, dřevní brikety, štěpka, piliny (palivo do 20% vlhkosti)

Tepelné výkony od 90 kW a více

- dřevní štěpka 30 x 30 x 60 mm
- zelená dřevní štěpka 30 x 30 x 60 mm
- piliny
- sláma – řezanka 3 až 5 cm
- energetické byliny – řezanka 3 až 5 cm
- alternativní pelety, dřevěné pelety

Toto rozdělení se může překrývat, jak je zřejmé z přehledu přiřazení vhodnosti paliva a výkonu zdroje.

4.3.4.1.4.2 Zdroje tepla pro tepelné výkony do cca 90 kW

Zdroji tepla o malých tepelných výkonech jsou automatické teplovodní kotle. Kotle mají automatický provoz, výbornou regulovatelnost moderním elektronickým regulátorem, který řídí dávkování paliva a reguluje otáčky ventilátoru. Kotle splňují emisní požadavky evropských norem. Obsluha je komfortní, není třeba roztápět – kotel je vybaven samočinným horkovzdušným roztápěním nebo lze nastavit libovolně dlouhý stáložárny provoz. Ke komfortu obsluhy přispívá i rozměrná násypka. Doplnovat palivo tedy stačí jednou za 2 či 3 dny.

Spalování probíhá ve speciálním hořáku se samočinným roštováním, které umožňuje spalování paliv s vyšší spékavostí popela. Přísun paliva z násypky do hořáku zajišťuje šnekový podavač. Přívod spalovacího vzduchu zajišťuje přetlakový ventilátor.

4.3.4.1.4.3 Zdroje tepla pro tepelné výkony nad cca 90 kW

Kotel sestává z podávacího šneku paliva, hořáku, dohořivací komory, výměníku, odtahového ventilátoru, odlučovače s filtrem a odpopelňovacího zařízení. K příslušenství patří elektrický rozvaděč (ovládání celé technologie) a hydraulická jednotka na pohon roštu ve skladu paliva. Celý proces spalování je řízen regulací. Palivo je do hořáku podáváno šnekem, který má protipožární ochranu proti proniknutí ohně do sila. V hořáku je palivo posunováno podavačem, a proto lze bez potíží spalovat i kůru nebo odpad znečištěný prachem a zeminou, který se spéká. Odpopelňování je automatické do připraveného kontejneru. Zásobník paliva – silo má pohyblivé dno, které zabraňuje

klenbování paliva a zaručuje jeho rovnoměrnou dodávku. Silo může být umístěno na stávající podlaze, zapuštěno pod zem nebo mít podobu nadzemní věže.

Tab. 12 – Minimální požadované výroby tepelné energie pro palivové kotle – Obnovitelné zdroje energie

Palivo		Příloha č. 15 k vyhlášce č. 441/2012 Sb.			
výkon kotle v MW		do 0,5	0,51 až 3	3,1 až 6	6,1 až 20
dřevěná paliva**	výstavba*	65	67	72	74
	změna*	65	67	70	72
	podpora*	64	66	69	71
zemědělská biomasa	výstavba*	64	66	71	73
	změna*	64	65	70	72
	podpora*	63	64	69	71
biologicky rozložitelná složka komunálního a průmyslového odpadu	výstavba*	65	67	72	74
	změna*	64	66	70	72
	podpora*	63	65	69	71
ostatní biomasa jinde neuvedená	výstavba*	60	59	-	-
	změna*	60	59	-	-
	podpora*	59	58	-	-
biokapaliny (rostlinné oleje, alkoholy)	výstavba*	80	83	-	-
	změna*	80	82	-	-
	podpora*	78	80	-	-
bioplyn, kalový plyn	výstavba*	80	83	85	88
	změna*	79	82	84	87
	podpora*	78	81	83	86
skládkový plyn	výstavba*	80	82	84	87
	změna*	79	81	83	85
	podpora*	78	80	82	84
Účinnosti jsou vztaženy k výhřevnosti paliva.					
<p>* - výstavba značí hodnotu min. účinnosti pro novou výstavbu kotle, - změna značí hodnotu min. účinnosti pro změnu (rekonstrukci) kotle, - spol. spal. značí hodnotu min. účinnosti pro společné spalování s jiným palivem, ** a *** - platí pro standardní uhlí podle přílohy č. 23 této vyhlášky, kde je uveden také způsob přepočtu účinnosti pro uhlí jiných parametrů.</p>					

Mohou se vyskytnout degradující faktory:

- bude-li koncepčně chybně plánován trvale udržitelný zdroj biomasy s důrazem na místní výrobu. Tento faktor je zesílen současným nepříznivým trendem přechodu od zemního plynu na pevná paliva a pravděpodobným vytvořením nedostatku palivového dříví.
- bude-li vytápění realizováno bez projektu zahrnujícího související vlivy v budově či zásobovaném sídelním útvaru, a to od zdroje biomasy, skladby kotlů v kotelně i s ohledem na jiná paliva, provoz kotelný a užití popela.

- nebude-li použita špičková technologie umožňující co nejvyšší provozní účinnost vytápění a udržení užitečných parametrů po dobu ekonomické životnosti zařízení (kotle, podavače a zásobníku paliva).

4.3.4.1.5 Elektrické kotle

Elektrické kotelny pro vytápění bytových budov se provádějí:

- přímotopné s přímotopnými kotli. Jsou cenově nenáročné a lze je zapojit do stávajícího rozvodu vytápění. Vyžadují přizpůsobení možnostem distribuční sítě, při uvažování nižšího proudového zatížení po delší časové období.
- akumulární, případně smíšené. Toto zařízení tvoří přímotopný kotel samostatný nebo integrovaný v akumulární nádrži a sestava dokonale tepelně izolovaných akumulárních nádrží o značném objemu. Je nutné potřebný elektrický výkon dodat do objektu v cca 2,5x kratším čase (např. místo za 20 hodin za 8 hodin), tudíž by celý systém zásobování elektrinou musel vyhovět i cca 2,5x vyšším proudům. Tato skutečnost by u větších objektů vyvolala potřebu změny distribuční sítě (nejen kabelových rozvodů, ale i transformačních stanic, atd.). U smíšeného vytápění se doba připojení k síti zvyšuje podle doby připojení v průběhu dne.

Užití elektrokotlen nepřispívá ke zvýšení účinnosti zásobování teplem, neboť se jedná o energeticky nevhodnou transformaci elektřiny na teplo ve vodě, rozvod otopné vody s příslušnými tepelnými ztrátami a sdílení tepla otopným tělesem s příslušnými ztrátami do místnosti.

Dále je nutno zvážit změnu tradiční přednosti akumulárního vytápění, a to cenově výhodné politiky. V průběhu 90. let došlo k vyrovnání denního a nočního špičkového odběru. V současné době se preferují přímé odběry s vysokým využitím prvotní energie vzhledem k poměru spotřebované elektřiny a získanému teplu, jakými jsou např. tepelná čerpadla.

Bude-li z nezbytných důvodů nutné uplatnit elektrické vytápění, použijí se přímotopná topidla s řídicím systémem umožňujícím individuální řízení provozu jednotlivých místností PC.

Elektrické kotle se uplatní výjimečně, a to pouze v tzv. integrovaných soustavách se zdroji na obnovitelné energie. V mnoha případech jsou však v těchto soustavách elektrické topné tyče integrovány v zásobnících teplé vody. Podobně moderní tepelná čerpadla mají vestavěné topné tyče pro bivalentní provoz.

4.3.4.2 Kotelny

Uvádíme obecné vlastnosti kotlen, které jsou předpokladem dosažení optimální účinnosti zařízení s ohledem na očekávaný vývoj kotlů a prvků kotlen. Musí být naplněny k dosažení optimální účinnosti kotelny. Převážně platí pro plynové kotelny, pro kotle na jiná paliva přiměřeně.

Vývoj řešení kotlen bude vycházet z energetického požadavku zajistit, aby dosahovaná roční provozní účinnost kotelny byla blízká účinnosti kotlů. Další zvyšování účinnosti kotlů je již velmi omezeno. Proto musí být:

- všechny kotle vybaveny zařízením, které umožňuje automaticky odstavovat kotle od vodní a vzduchové či spalinové cesty; sníží se tak tepelné ztráty kotlů, které jsou ve stavu rezervy a v pohotovostním klidu;
- oddělen provoz kotle pro vytápění od provozu kotle pro ohřev vody;
- použity kondenzační kotle a zajištěn jejich kondenzační provoz.

Řízení tepelného výkonu pro vytápění se musí provádět přímo na kotlích, a to kvalitativně podle venkovní teploty s následnou změnou teplot přírodní a zpětné vody. Řídicí systém má umožňovat řízení tepelného výkonu alespoň dvou kotlů se spojitými hořáky v závislosti na venkovní teplotě a nastavení denního časového programu trvání normální a snížené topné křivky. V nastavbě tohoto provedení mají být obsaženy funkce:

- řízení směšovačů několika zón podle vnitřní teploty v referenčním prostoru zóny s nastavením denního časového programu trvání normální a snížené vnitřní teploty a s adaptabilní funkcí zóny;

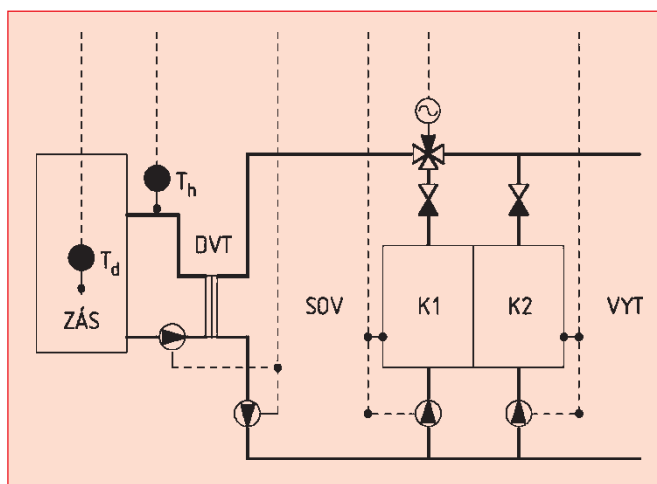
- nebo totéž řízení, ale podle venkovní teploty.

Řízení tepelného výkonu pro ohřev vody se musí také provádět přímo na kotlích, a to udržováním teploty přívodní vody na konstantní hodnotě 60 – 75 °C. Tím se omezí tepelné ztráty kotlů v základním běhu a v pohotovostním běhu sdílením tepla do kotelny a ztráty tepla spaliny do okolí větším vychlazením spalin.

4.3.4.2.1 Kotelny s přípravou teplé vody

Pokud bude v kotelně soustava ohřevu vody (SOV, obrázek 16), je zařízení ohřevu napojeno na levou stranu kotlů. Sestává ze dvou okruhů – z ohřívacího (nabíjecího) a ze zásobníkového. V ohřívacím okruhu je ohříváč tvořený deskovým výměníkem tepla (DVT) a oběhové čerpadlo. V zásobníkovém okruhu je zásobník (ZÁS) a další oběhové čerpadlo. Zásobník je nutný s ohledem na nesoučasnost mezi dodávkou a odběrem tepla při ohřevu vody.

Obr. 16 – Soustava ohřevu vody (SOV)



Kotel K1 je preferenčně vyčleňován pro ohřev vody. Preferencí se rozumí okamžité vybavení tepelného výkonu kotle pro ohřev vody i v případě způsobení nedostatku výkonu pro vytápění. Vyčleňování se děje trojcestnou rozdělovací armaturou s elektrickým pohonem napojenou na řídicí systém. Armatura rozděluje výkon kotle buď pro vytápění, nebo pro ohřev vody. Velikost objemu zásobníku teplé vody se stanoví z časových průběhů dodávky tepla na ohřev a odběru tepla v teplé vodě. Velikost zásobníku by měla být taková, aby umožnila chod vyčleněného kotle alespoň po dobu 0,2 h, a to v době bez odběru teplé vody. Obecně platí, že při čas-

tějším spínáním kotlů se snižuje jejich účinnost a také se zvyšují hodnoty emisí CO a NOx oproti hodnotám, které jsou dosahovány při ustáleném chodu kotlů.

Dodávka tepla pro ohřev vody se děje většinou za konstantního výkonu kotle, s konstantním průtokem ohřívací vody a s nízkou konstantní teplotou přívodní ohřívací vody, která má být max. 65 °C. Důvodem je ochrana deskového výměníku před vznikem tvrdých usazenin na teplosměnné ploše výměníku na straně teplé vody.

Výše uvedený příklad pro plynovou kotelnu se užije přiměřeně i pro kotelnu na tuhá paliva s automatickými regulovanými kotli a v kotelnách na biomasu.

4.3.4.3 Tepelná čerpadla (TČ)

Tepelná čerpadla pro obytné budovy mohou být s pohonem na elektřinu a na zemní plyn. Podkladem pro jejich navrhování a energetické posuzování jsou (13), (22) a (23). Připomínám, že TNI 73 0351 (22) uvádí důležitý podklad pro navrhování, a sice roční rozdělení teplotních intervalů pro užití intervalové metody výpočtu podle (23).

Důležité je sledovat tzv. sezonní topný faktor SPF (STF), který je podílem celkové roční energie dodané do dílčí soustavy rozvodu pro vytápění nebo přípravu teplé vody a celkové roční dodávky hnací energie (elektrická energie v případě tepelných čerpadel s elektrickým pohonem a paliva/tepla v případě tepelných čerpadel s pohonem spalovacím motorem nebo absorpčních tepelných čerpadel), plus celkové roční dodávky pomocné energie.

4.3.4.3.1 Elektrické kompresorové tepelné čerpadlo

TČ pro bytové domy se volí tam, kde je dostupná pouze elektrická energie. Umožňují snížit přípoj-
ný elektrický příkon, není-li přenosová síť dostatečná. Pro bytové domy je řešení s kompresorovým tepelným čerpadlem na elektřinu vzduch/voda. Doplnkovým zdrojem tepla je zpravidla elektrokotel nebo elektrický přímotopný doplněk instalovaný v TČ. Soustava pracuje v bivalentním provozu

s dělicím bodem např. -5°C . Pro omezení taktování TČ se navrhuje vyrovnávací zásobník zpravidla o objemu podle podkladů výrobce.

TČ v provedení pro venkovní prostředí je vhodnější z hlediska hlukového a mělo by být umístěno v otevřené přístavbě (ochranné zdi). Pokud se umístí v 1. PP, je nutno vytvořit předpoklady, tj. umístit v samostatné místnosti poblíž venkovního výparníku. Výparníková část bude oddělená a umístěna ve venkovním prostředí tak, aby byly splněny hygienické požadavky.

Nová generace tepelných čerpadel vzduch-voda umožňuje poměrně vysoké a stabilní tepelné výkony.

Hovoříme-li o topném faktoru jako ukazateli energetického efektu TČ, musíme si uvědomit, že jej dokumentuje sezonní topný faktor celého vytápěcího systému včetně doplňku, tj. poměr získaného tepla k/ke přivedené energii.

Množství hnací energie je nepřímě úměrné topnému faktoru; úspora energie neroste úměrně s topným faktorem, narůstá relativně pomalu, s růstem topného faktoru se nárůst úspory zpomaluje (závislost není lineární, ale hyperbolická); proto dvojnásobný topný faktor nezajistí dvojnásobnou úsporu spotřeby energie pro danou potřebu tepla, např. pro vytápění. Také investiční náklady nerostou lineárně s tepelným výkonem TČ. Proto je vhodné volit vyšší tepelné výkony a tzv. „dvojčata“ (2 TČ).

Minimální topný faktor podle (3) má být 3.

4.3.4.3.2 Plynová tepelná čerpadla (PTČ)

Plynová tepelná čerpadla se podle druhu pohonu dělí na:

- tepelná plynová čerpadla s motorem na plyn,
- tepelná plynová čerpadla s tepelným pohonem.

4.3.4.3.2.1 Plynová tepelná čerpadla s kompresorem poháněným plynovým motorem

Plynové tepelné čerpadlo je pro vytápění – vzduch / voda. Zdrojem tepla je vzduch. K pohonu kompresoru se využívá plynový motor. Palivem pro plynový motor je zemní plyn nebo zkapalnělý plyn LPG.

Teplu pro vytápění získává nejen z okolního vzduchu, ale i z chladicího okruhu motoru a z produkováných spalin. Proto je plynové tepelné čerpadlo energeticky účinným systémem. Využití zemního plynu GUE¹ vyjadřující dodané teplo ku energetickému obsahu potřebného plynu je v rozmezí 1,2 až 1,6 (COP). COP dále závisí na venkovní teplotě vzduchu – zdroje tepla. Změna není tak výrazná jako u elektrického tepelného čerpadla. Je-li teplo odváděné od motoru dále využito např. pro předehřev TV, COP může být vyšší (2). Toto čerpadlo se vždy instaluje ve venkovním prostředí (zdroj tepla venkovní vzduch). Pro vytápění se užije max. jmenovitá výstupní teplota 55°C a spád 10 K. Nepředpokládám jeho uplatnění v bytových domech.

4.3.4.3.2.2 Plynová tepelná čerpadla s tepelným pohonem

PTČ s tepelným pohonem využívají buď absorpční, nebo adsorpční princip. Převažují tepelná čerpadla s absorpčním cyklem. Pracovním médiem absorpčních čerpadel je roztok vody a čpavku. Čpavek působí jako chladivo a vody jako absorbér. Proces sestává z / ze:

- ohřevu roztoku čpavku a vody plynovým hořákem,
- vstupu čpavkového plynu do kondenzátoru, kondenzace a odevzdání tepla,
- redukce vysoce stlačeného roztoku čpavku v redukční armatuře na nízko stlačený roztok čpavku,
- absorbování čpavkového plynu do roztoku čpavku a vody,
- opakování procesu.

¹ Poznámka: GUE – Účinnost využití plynu. Rovná se při posouzení podle ČSN EN 12316-4-2 hodnotě COP.

Absorpční tepelné čerpadlo s termodynamickým cyklem vody a čpavku (NH₃ – H₂O) má zdroj tepla na plyn a je vybavené využitím kondenzačního tepla ze spalin. Plynový zdroj má vlastnosti kondenzačního kotle. Zařízení doplňuje ventilátor a čerpadlo roztoku. Pouze hořák, ventilátor, čerpadlo a regulace potřebují elektrickou energii. Proto např. při tepelném výkonu plynového čerpadla 41 kW je elektrický příkon cca 1 kW.

Zdrojem tepla pro výparníkovou část je venkovní vzduch. Proto se tato čerpadla přednostně umísťují ve venkovním prostředí. Účinnost využití plynu GUE je v rozsahu 1,2 až 1,65 (35 °C voda) a závisí na teplotě výstupní vody z kondenzátoru. Charakteristická pro plynová tepelná čerpadla je nízká citlivost na venkovní teplotu. Např. tepelný výkon (jmenovitě 41 kW) se v rozmezí teplot -15 °C až +15 °C mění pouze o 25 % z 31 kW při -15 °C na 41 kW při +15 °C. To ovlivňuje i dimenzování doplňkových zdrojů tepla, kterými jsou plynové kondenzační kotle.

Tepelné čerpadlo a kondenzační kotle budou umístěny buď na střeše budovy, nebo v 1. PP. K tomu je potřeba vytvořit předpoklady jako u elektrického TČ.

Dodavatelé plynových tepelných čerpadel předkládají jako přednost technologie účinnost využití primární energie a porovnávají velikost ztrát při těžbě, dopravě, transformaci, skladování, případně výrobě elektřiny (mezi zdrojem energie a zdrojem tepla) zemního plynu a výroby elektrické energie. Vyjadřuje ji zhruba činitel primární energie, který je u elektřiny 3 a u zemního plynu 1,1. PTČ jsou v České republice dostupná a několik jich bylo instalováno v bytových domech.

4.3.4.4 Solární okruh

Využití solární energie (SE) pro vytápění bytových domů je velmi omezené. Může se kombinovat a doplnit s celoroční přípravou TV v budovách s plochou střechou, která je v panelových domech ověřená.

4.3.4.4.1 Kolektory

Podle tepelného výkonu kolektorů se kolektory dělí na pět základních skupin (pořadí 5 má výkon nejvyšší):²

1) absorbér bez zasklení	nižší teploty pouze v létě se volí kolektory typu 1 (absorbéry pro bazény)
2) zasklený neselektivní kolektor	pro vyšší teploty pro celoroční provoz typu 2
3) zasklený selektivní kolektor	pro přednostní větší zisk tepla od podzimu do jara kolektory typu 3
4) plochý vakuový kolektor	pokud budou požadavky na teplotu média a výkon kolektorů stoupat, je zapotřebí navrhnout čím dál, tím více kvalitnější (i cenově dražší) kolektory – pořadí 4 nebo 5.
5) trubicový vakuový kolektor	

Je nutné řešit tyto nejdůležitější požadavky:

- co nejpresnější určení odběru tepla;
- plochu kolektorů, zejména s ohledem na přehřívání v letním období; velmi nevýhodné pro vytápění;
- objem solárního ohříváče a zásobníků ve vztahu ku ploše kolektorů (zpravidla 75 l na 1 m² kolektoru).

Sklony kolektorů se dělí na tzv. trvale letní (cca 30° od vodorovné), trvale celoroční (cca 45° od vodorovné). Letní sklon nelze využívat v zimě, z kolektorů by nesjel sníh. Sklony nejsou přesně závazné, malé odchylky se energeticky neprojeví.

² Poznámka: Nezasklené kolektory se nazývají absorbéry. Páté pořadí se ještě dělí na trubicové kolektory průtočné a s tepelnou trubicí. Koncentrační kolektory nejsou uváděny, protože se v ČR téměř nepoužívají; existují pouze historické realizace.

Kolektor je „tepelný stroj“, se ztrátami tepla přes skříň a sklo do okolí. Jeho užitečný výkon je funkcí střední teploty absorberu, teploty okolí a intenzity dopadajícího slunečního záření. Pokud se z něho přestane teplo odebírat, dojde k takovému růstu maximální teploty, až se výdej tepelných ztrát vyrovná s příjmem sluneční energie. Vzhledem ke stále dokonalejším kolektorům tato tzv. extrémní teplota roste:

- u plochých kolektorů se spektrálně selektivní vrstvou až na 190 °C,
- u vakuových kolektorů se stejnou vrstvou až na 270 °C.

Umístění kolektorů na plochých střeších je jednoduché, na orientaci objektu nezáleží. Problémem může být poškození střešního pláště při montáži, nutnost přístupu k němu, statická únosnost střechy.

Životnost kolektorů byla dříve krátká, např. u začínajících plastových absorberů i jedinou sezonu, u kovových kolektorů již více, 10 – 15 let. Vývojem koncepcí i výběrem materiálů se dostáváme k žádoucí době 20 – 25 let, přestože někteří výrobci uvádějí již 35 let. Doba 20 – 25 let můžeme považovat za cílový stav (doba jedné lidské generace).

4.3.4.4.2 Kolektorové pole na ploché střeše

Jižní orientace kolektorů je zřejmá. Problémem je zatížení střešní konstrukce – přetížení a ochrana před zatékáním. Existuje dvojí řešení:

- betonové bloky dostatečné hmotnosti pod každým kolektorem,
- roznášecí ocelová konstrukce nejčastěji mezi obvodovými zdmi (nosné atiky) s dostatečnou výškou nad střešním pláštěm pro jeho budoucí údržbu a opravy.

Řady kolektorů na střeše nemohou být umístěny blízko sebe, protože by byly vzájemně stíněny. Vzdálenost kolektorových řad se musí spočítat podle toho, jaké vzájemné stínění můžeme u konkrétní akce připustit. Podle názvosloví se celkové kolektorové pole dělí na řady a v řadách na spojené baterie – skupiny (např. maximálně 8 kolektorů v jedné baterii).

Všemi kolektory by mělo protékat přibližně stejné časové množství teplotonosné kapaliny. Řeší se zapojením potrubí systémem Tichelmann (soproudem křížem).

4.3.4.4.3 Sluneční okruh

Sluneční okruh tvoří potrubí s armaturami, čerpadlem a regulací a akumulací ohříváče TV a otopné vody. Přenosovým médiem tepla je zpravidla nemrznoucí směs. Ohřátá směs je ze solárních kolektorů vedena do zásobníků. Vychlazená směs je oběhovým čerpadlem ve vratném potrubí vedena zpět do solárních kolektorů.

Nepravidelnost a malou intenzitu slunečního záření lze eliminovat akumulacími nádržemi, ve kterých se voda ohřívá po celý den. Je nezbytný doplňkový zdroj tepla, vzniká tak bivalentní soustava.

Účinnost celé soustavy se pohybuje podle typu kolektoru mezi 50 – 60 %. Vyšší je při ohřevu vody na nižší teplotu a naopak.

Nepředpokládají se vývojové skoky ve výkonu kolektorů. Mohou se a budou se zlepšovat:

- optické ztráty zasklení,
- absorbtivita a emisivita absorberu,
- tepelné ztráty zasklením a skříňí kolektoru,
- parametry nemrznoucí kapaliny,
- možné reflexní plochy vedle kolektorů, atd.

Ke kolektorům však patří rozvody a soustavu uzavírá akumulací ohříváče TV nebo otopné vody. Zde je daleko více příležitostí, jak celou soustavu ještě více zdokonalit, nebo – což je nežádoucí – pokazit. Špičkové kolektory nezachráně špatně navrženou koncepcí ani počítačová automatická regulace nezvýší výkon špatného návrhu kolektorů.

4.3.4.5 Úpravny parametrů

Zdroje tepla jsou mimo zásobovaný objekt (teplárny, okrskové kotelny) a jsou propojeny s odběrnými místy objektů primárními a následně sekundárními rozvody tepla. Primární rozvody se vyznačují vysokými parametry teploty látky (teploty až 150 °C, tlak 2,5 MPa). Těmito dvoutrubkovými rozvody se vede teplo určené pro vytápění, pro ohřev vody.

Rozhraními mezi primárními a sekundárními rozvody jsou úpravny parametrů. Nejčastěji jsou to předávací stanice buď se zařízením ohřevu vody (centrální ohřev vody), nebo bez zařízení ohřevu vody (decentrální ohřev vody v objektech či v bytech). Jsou buď okrskové, nebo domovní (DPS). Sekundární rozvody se vyznačují nižšími parametry teploty látky (teploty až 110 °C, tlak 0,6 MPa).

Do bytového domu se teplo dodává dvěma způsoby:

- dvoutrubkovou tepelnou sítí do DPS, které zpravidla představují odběrné místo pro budovu;
- odděleně, kdy je teplo určené pro vytápění vedeno 1 párem potrubí, teplá voda s cirkulací dalším párem potrubí (tzv. čtyřtrubkový způsob).

U prvního způsobu s DPS je přenos tepla ve výměnících pro vytápění a pro přípravu TV. Zařízení je ekvitermně regulováno a vybaveno měřením spotřeby tepla. Toto uspořádání je nezbytné při zateplení budovy, kdy dochází ke snížení potřeby tepla o 40 až 60 %, a je třeba nastavit vhodnou regulační křivku. V DPS se někdy vyskytne i druhý způsob řešení, a to směšovací a ohřevací zařízení, které je umístěno do vytápěného objektu. Směšovací zařízení sestává z trojcestného regulačního směšovače s elektrickým pohonem ovládaného regulátorem a z oběhového čerpadla. Tímto zařízením pro domovní centrální regulaci se řídí teplota přívodní vytápěcí vody v závislosti na vnější teplotě (ekvitermní regulace).

U druhého způsobu jsou oba páry sekundárních rozvodů zaústěny přímo do odběrného místa, které má každý vytápěný objekt. Vytápěcí soustava je vybavena okrskovou centrální ekvitermní regulací. Zabezpečovací zařízení v úpravných parametřích je obdobné jako u domovních kotel. Při zateplení budov je nezbytné instalovat regulační uzel pro vytápění. Rozšířenou chybou majitelů budov po zateplení je opomenutí změny smlouvy pro dodávku tepla, zejména v případech smluvní roční dodávky tepla (platem za sjednané a odebrané množství).

4.4 Ekonomie

Ekonomické posuzování souboru opatření v bytových budovách se provádí podle (4) čistou současnou hodnotou NPV, vnitřním výnosovým procentem IRR a reálnou dobou návratnosti Tsd. Tato tzv. bankovní analýza není příliš vhodná pro oceňování opatření v budovách a neumožní např. posouzení nové výstavby, např. budov s téměř nulovou potřebou energie. Metodika ekonomického hodnocení zavedená ČSN EN 15459 (32) celkových nákladů se užila při stanovení tzv. referenčních hodnot podle (3) a poskytuje reálné hodnocení vlastníku pro rozhodování.

4.4.1 Hospodárná doba životnosti – uvedení hodnot pro vybrané prvky a funkční díly

Hospodárná doba životnosti (32) (tabulka 13) je empirická hodnota odvozená ze zkušenosti a začíná s protokolárním předáním a převzetím zařízení a prvním zahájením provozu zařízení. Je ukončena, když opravy a údržba i náklady na obnovení jednotlivých částí zařízení vyžadují tak velké náklady, že nejsou obhajtelné v porovnání s pořízením nového zařízení. Se vzrůstajícími náklady na údržbu se může v budoucnu ukázat tomu odpovídající zkrácení doby užití technických zařízení nebo částí zařízení.

Tab. 13 – Vybrané údaje o hospodárné životnosti a o nákladech na preventivní údržbu

Prvek, díl, soustava	Životnost	Roční náklady na preventivní údržbu, v % vstupní investice	Prvek, díl, soustava	Životnost	Roční náklady na preventivní údržbu, v % vstupní investice
	min. – max. (roky)			min. – max. (roky)	
Elektrické podlahové vytápění	25 – 50*	2	Potrubí měděné	30	1
Elektrické vytápění – konvektor	20 – 25	1	Potrubí ocelové v otevřené soustavě	15	1
Elektrický ohřívač – zásobníkový ohřívač vody	20 – 25	1	Potrubí ocelové v uzavřené soustavě	30	1
Expanzní nádoby s membránou	15	0,5	Potrubí z kompozitního materiálu nebo viz Vodní podlahové vytápění	50	1
Expanzní nádoby s tlakovou podložkou	15 – 25	2	Potrubí z korozivzdorné oceli	30	1
Elektrické vedení	25 – 50	0,5 – 1	Potrubní rozvody	30	0,5
Elektrický konstrukční celek	30	0,5 – 1	Regulační systém – prostorová regulace	15 – 25	4
Elektroinstalace	30	1	Regulační systém – ústřední	15 – 25	4
Expanzní nádoby z korozivzdorné oceli	30	1	Regulační ventily– automatické	15	6
Expanzní nádoby z oceli	15	2	Regulační ventily– ruční	30	4
Hořáky na kapalné a plynné palivo	10	4 – 6	Regulační zařízení	15 – 20	2 – 4
Klapky	20	1	Regulátory průtoku	15	6
Klapky s řídicími motory	15	4	Regulátory teploty pro otopná tělesa	15	4
Komin	15 – 20		Regulované čerpadlo	10 – 15	1 (2 – 5)
Kondenzátory	20	2	Ruční uzavírací ventily	30	2
Konvektory	20	1	Samočinné uzavírací ventily	15	4
Kotel – kondenzační	20	1 – 2	Solární kolektory (vakuový kolektor nebo deskový kolektor)	15 – 25	0,5
Kotel – přímý odvod spalin (turbo-kotle)	20	1 – 2	Tepelná čerpadla	15 – 20	2 – 4
Kotel – odvod spalin kouřovodem	20	1 – 2	Tlumiče hluku	30	1
Měřicí přístroje	10	1	Ventil	10	1
Motory – dieselové	10	4	Ventil – termostatický	20	1,5
Motory – elektrické	20	1	Ventil s pomocnou energií	10	1
Nátěr otopných těles	20 – 30	0	Teplovodní otopná tělesa	30 – 40	1 – 2
Oběhová čerpadla	10 - 20	2	Teplovodní podlahové vytápění	50	2
Ohřívače vzduchu– elektrické	15 – 20	2	Zásobník na palivo	30	0,5
Ohřívače vzduchu– parní	15 – 20	2	Zásobník na plynné palivo	30	0,5
Ohřívače vzduchu– vodní	15 – 20	2 – 4	Zásobník s výměníkem tepla pro teplou vodu	20	1
Pohon klínovým řemenem	10	6	Zásobník teplé vody	20	1

(*) smluvní doba životnosti odpovídá výsledkům zkoušek

Doba užití může být ovlivněna také tím, že po určité době neodpovídá zařízení či jeho podstatné části obecně uznávanému stavu techniky nebo tehdy stávajícím předpisům (tzv. morální životnost). V praxi je doba užití dána náklady a průvodními okolnostmi, které vyplynou z modernizace zařízení.

Jak již bylo uvedeno, pojmy „hospodárná doba životnosti“ a „životnost“ se musí rozlišovat. Životnost (fyzická) zařízení a jednotlivých částí může značně převýšit jejich hospodárnou dobu užití.

Životnost výrobků a prvků plyne z evropského požadavku, že zařízení po dobu ekonomicky opodstatněné doby musí mít deklarované parametry. Tato definice zpravidla vyjadřuje množinu doby mezi fyzickou a morální životností ve vztahu k náročnosti oprav a údržby umožňujících udržení parametrů po tuto dobu.

4.4.2 Preventivní údržba (servis, kontrola, oprava) – uvedení hodnot v % pořizovacího nákladu pro prvky a funkční díly

V evropské metodice podle ČSN EN 15 459 Energetická náročnost budov – Postupy pro ekonomické hodnocení energetických soustav v budovách (32) je zaveden přístup podle německé VDI 2067, Blatt 1. Roční náklady na preventivní údržbu jsou stanoveny procentně z ceny zařízení.

Preventivní údržba je definována jako činnosti pro udržení a obnovení požadovaných parametrů funkčního dílu (FD) a ohodnocení okamžitého stavu FD. Jsou vyjádřeny procenty investičních nákladů na zařízení. Preventivní údržba zahrnuje:

- servis – opatření pro uchování požadovaných vlastností funkčních dílů – výrobků (FD) a zařízení,
- kontrolu – opatření pro stanovení a ohodnocení okamžitého stavu FD,
- opravu – opatření pro obnovení požadovaných parametrů FD.

Roční náklady na servis jsou náklady vynaložené na činnosti k udržení definovaného technického stavu a parametrů funkčních dílů, zařízení/soustavy pro dobu jeho hospodárné doby životnosti.

Roční náklady na kontrolu jsou náklady vynaložené na činnosti ke kontrole funkčních dílů, zařízení/soustavy k ověření parametrů ovlivňujících energetickou náročnost budovy, které předepisuje legislativa (7).

Roční náklady na opravy jsou náklady vynaložené na znovu uvedení zařízení/soustavy technickými prostředky do požadovaného technického stavu s definovanými parametry.

4.4.3 Metoda celkových nákladů – investiční náklady, obnovovací náklady, roční náklady a náklady na energii

Metoda výpočtu poskytne hodnotu celkových nákladů za celé výpočtové období 30 (20) let. Náklady se rozdělují na investiční náklady a obnovovací náklady (tj. včetně periodické výměny prvků, obrázek 17), na běžné náklady a na náklady na energii.

4.5 Změna zásobování teplem z centrálního zdroje na domovní plynovou kotelnu

Při změně z centrálního zásobování teplem na domovní plynovou kotelnu je třeba splnit požadavky zákona 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší v platném znění (2). V § 16 odstavci 7 se uvádí: Právnická a fyzická osoba je povinná, je-li to technicky možné, u nových staveb nebo při změnách stávajících staveb využít pro vytápění teplo ze soustavy zásobování tepelnou energií (CZT) nebo zdroje, který není stacionárním zdrojem. To neplatí, pokud energetický posudek (EPo) prokáže, že využití tepla ze soustavy zásobování tepelnou energií nebo zdroje energie, který není stacionárním zdrojem, není pro povinnou osobu **ekonomicky přijatelné**.

EPo je určen zákonem č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů (1). Problém spočívá v tom, že zákon v § 9a rozlišuje v odstavci 1 povinných 6 druhů EPo a v odstavci 2 podle vlastního rozhodnutí vlastníka budovy 5 druhů EPo. Bohužel ani jeden z 11 druhů EPo není plně v souladu s požadavkem zákona 201/2012 Sb., v platném znění. Typově je mu nejbližší EPo podle 9a 2 c (podklad v oblasti zvyšování účinnosti energie, snižování emisí ze spalovacích zdrojů znečištění nebo využití obnovitelných nebo druhotných zdrojů nebo kombinované výroby elektřiny a tepla).

Uvedené hodnoty ekonomické proveditelnosti nejsem schopen stanovit podle (4), neboť ze zadání se posuzuje pouze jedna alternativa realizace účinné plynové kotelny, aniž by se zvažovalo porovnání s modernizací CZT. Naopak mohu prokázat v souladu s vyhláškou, že využití tepla z CZT není pro povinnou osobu ekonomicky přijatelné:

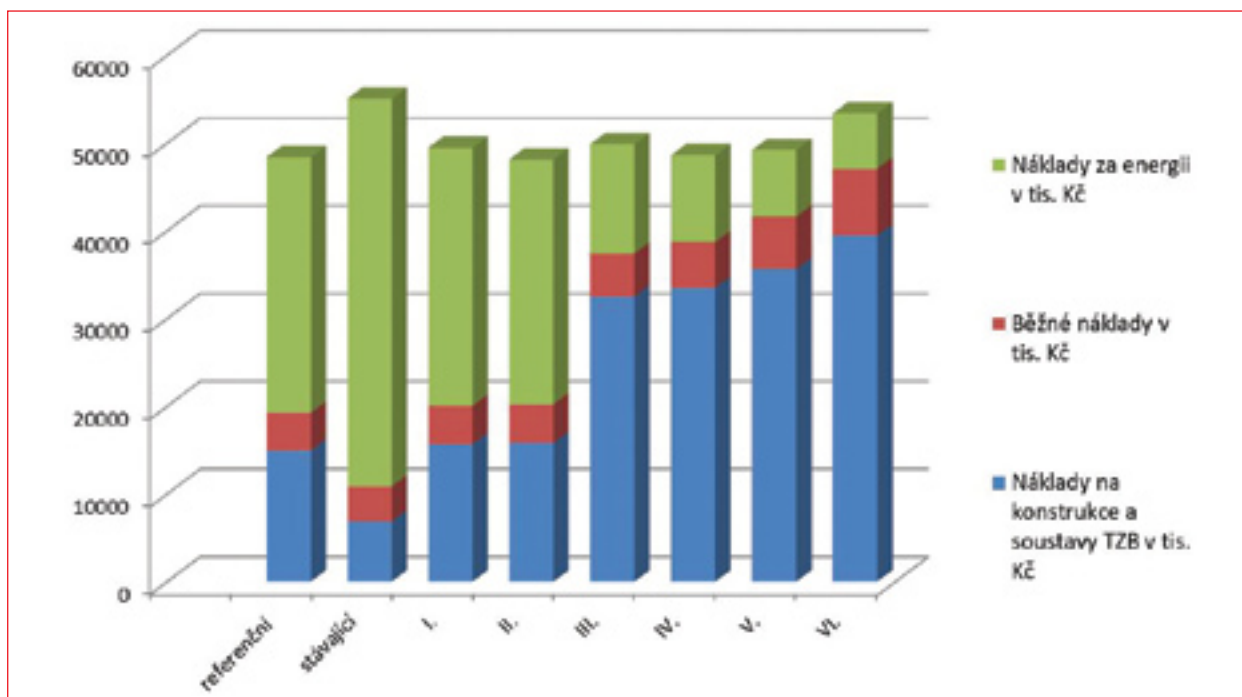
- a) nižší cenou 1 GJ v Kč z nové plynové kotelny, než stávající cena 1 GJ z dodávky tepla CZT. Je nezbytné mít jednotné dodané množství tepla z CZT i pro posouzení kotelny. Úspory dosažené v domovní kotelně se projeví v ročních nákladech.
- b) nižšími ročními náklady na teplo při dodávce z domovní kotelny, než byly stávající náklady na teplo z CZT. Potřeby tepla jsou přepočítány na klimatický 30letý průměr.

4.5.1 Ekonomická přijatelnost

Při stanovení ceny 1 GJ za vytápění a přípravu TV se uvažuje:

- anuitní splácení půjčky na pořízení kotelny po dobu 20 let,
- roční odpis investice na obnovu kotelny po 20 letech,
- roční náklady na preventivní údržbu,
- roční náklady na pohotovostní zásahy odborné společnosti,
- náklad na kontrolu provozovaných kotlů a rozvodů tepelné energie (10. rok po zahájení provozu) (7),
- roční náklady na nekvalifikovaný dozor kotelny, které plynou z ČSN EN 12171 (34),
- jiné běžné roční náklady,
- roční náklady na plyn pro vytápění a pro přípravu TV. (Náklady na studenou vodu jsou přibližně totožné a na elektřinu s ohledem na jejich vzájemný poměr k plynu se zanedbávají.)

Obr. 18 – Celkové náklady za výpočtové období 30 let pro bytový dům s VVÚ ETA podle variant souboru opatření



Při stanovení provozních nákladů se uvažují skutečné potřeby tepla přepočítané na klimatický 30letý průměr a vypočtená cena 1 GJ pro domovní kotelnu, pro CZT deklarovaná cena dodavatele.

V tabulce 13 je uveden příklad hodnocení nákladů na 1 GJ a podíly nákladů do hodnocení vstupujících. Je zřejmé, že při obnově kotelny budou náklady nižší, neboť odpadne anuitní splácení půjčky na pořízení kotelny.

4.5.2 Proveditelnost

Dokladuje se:

1) **Technická proveditelnost – dosažena**, neboť uvažovaný projekt domovní kotelny je funkční a energeticky úsporný. Úspora je 15,7 % a byla stanovena formou výpočtu energetické náročnosti podle postupu v EA. Úspora je způsobena:

- instalací kondenzačních plynových kotlů s vysokou průměrnou sezonní účinností ,
- instalací elektronicky řízených čerpadel,
- ekvitermní regulací pro bytový dům,
- časovým řízením chodu cirkulačního čerpadla při přípravě TV.

2) **Ekonomická proveditelnost – dosažena**, protože:

- a) zjištěná cena tepla z nové domovní kotelny je o 6 % nižší než cena tepla dodávaného z CZT.
- b) zjištění roční provozní náklady na teplo jsou u domovní kotelny nižší o 10,2 % než u stávajícího zásobování z CZT.

Ekologická proveditelnost – dosažena, protože po instalaci domovní kondenzační kotelny se dosáhne úspory škodlivin oproti okrskové plynové kotelně.

Tab. 15 – Roční náklady na provoz kotelny a cena 1 GJ (bez DPH)

	Náklady	Kč/rok	podíl na ceně 1 GJ
			%
1	anuitní splácení půjčky na pořízení kotelny po dobu 20 let	47 812	23,85 %
2	roční odpis investice na obnovu kotelny po 20 letech	21 272	10,61 %
3	náklady na preventivní údržbu	8 050	4,01 %
4	náklady na pohotovostní zásahy odborné společnosti	18 000	8,98 %
5	náklad na kontrolu provozovaných kotlů a rozvodů tepelné energie (10. rok po zahájení provozu)	750	0,37 %
6	náklad na nekvalifikovaný dozor kotelny	6 000	2,99 %
7	náklady na plyn	98 620	49,19 %
8	celkem roční náklady	200 504	100,00 %
9	cena 1 GJ v Kč	563	

4.6 Montáž a převjímkka teplovodních otopných soustav

Při montáži a převjímkce je třeba plnit systémové požadavky na montáž a převjímkku jednotlivých komponent soustav (např. zdrojů tepla, čerpadel regulace).

V terminologii jsou důležité pojmy:

- převjímkka, to jest přechod z fáze kompletace díla do provozuschopné fáze dle zadaných požadavků;
- vyvažování, které je procesem nastavování průtoků v otopné soustavě;
- proplachování, to jest vymývání potrubního rozvodu v souladu s formálním postupem odstraňování nečistot;
- PÚ & U značící provoz, údržbu a užívání.

	ČSN EN 14336 (36)	ČSN 06 0310 (14)
1.	<p>Montáž Zahrnuje koordinaci montáže, kontroly dodaných výrobků a materiálů, vhodnou přepravu a skladování. Při montáži výrobků a materiálů se musí dodržet montážní pokyny výrobce. Jednotlivé prvky se instalují v souladu s projektovou dokumentací. Jednotlivé prvky se instalují tak, aby je bylo možné izolovat, provádět údržbu, popřípadě provést výměnu. Každý prvek, který potřebuje pravidelnou údržbu, se instaluje tak, aby mohl být opraven nebo vyměněn. Elektrické prvky se instalují v souladu s požadavky CENELEC. Zohlední se specifické požadavky na montáž zdroje tepla, rozvodů tepla, části sdílení tepla, regulace a monitorování a tepelných izolací.</p>	

	ČSN EN 14336 (36)	ČSN 06 0310 (14)
2.	<p>Kontroly před předávkou Účelem je zkontrolovat, zda je soustava před předávkou v uspokojivém, bezpečném a kompletním stavu. Ověřuje se stav soustavy (soulad s ČSN EN 12828 (15)) a s požadavky na montáž výrobků a materiálů). Ve smyslu montáže a kompletace se prověřuje: soulad s projektovou dokumentací, dodržení správných montážních postupů a standardů, dodávka paliva do zdroje a montáž kouřovodů. Provede se:</p> <ul style="list-style-type: none"> • zkouška těsnosti, • tlaková zkouška, • proplachování a čištění, • napuštění a odvzdušnění, • protimrazová ochrana, • provozní kontroly – všechny prvky soustavy se kontrolují, zda pracují správně, zjistí se hodnoty a vyplní se kompletační protokoly. 	X
3.	<p>Uvádění do provozu Zajistí se předávání tepla otopným zařízením, provozuschopnost čerpadel, příprava všech částí soustavy na provoz tepelné soustavy a případnou úpravu nastavení armatur.</p>	X topná zkouška
4.	<p>Vyvažování Průtoky vody v soustavě se vyvažují, aby byly dodrženy požadavky návrhu.</p>	
5.	<p>Předání Při předávání díla uživateli (provozovateli) se předávají písemně provozní pokyny, pokyny pro údržbu a obsluhu tepelné soustavy a všech připojených soustav. Tím se stvrzuje, že podmínky převzetí díla jsou splněny. Zahrnuje:</p> <ul style="list-style-type: none"> • dokumenty pro provoz, údržbu a užívání (PÚ & U pokyny) se připravují v souladu se specifickými požadavky tepelné soustavy. Tyto instrukce vyhovují požadavkům ČSN EN 12170 nebo ČSN EN 12171. • pokyny pro provoz a užívání. Obsluha / provozovatel musí být proškolen(a) v provozování / obsluze tepelné soustavy. • předávací dokumentaci. Předávací dokumentace musí obsahovat všechny informace umožňující provoz a údržbu díla i jeho vybavení, a to: <ul style="list-style-type: none"> – PÚ & U pokyny, – regulační a elektrická schémata a schéma kabeláže, – protokoly o tlakové a provozní zkoušce, – protokoly o dopadu na životní prostředí, např. měření emisí, – protokol o hydraulickém vyvážení. 	

Výše uvedené činnosti by měly být smluvně ošetřeny a prováděny.

4.7 Doporučení

Při modernizaci bytových domů a jejich provozu je vhodné:

- a) Stanovit správně požadovaný tepelný výkon pro vytápění zejména u budov, které se zateplují.
- b) Rozhodování o opatřeních při energeticky vědomé modernizaci bytové budovy podložit stanovením celkových nákladů podle ČSN EN 15459 (32).
- c) Naplňovat zásady preventivní údržby.
- d) Udržovat ve funkčním stavu termostatické ventily a neváhat s jejich výměnou při jejich dožití. Provést seřízení rozvodů a splnit požadavek vyhlášky č. 193/2007 Sb., § 7 odst. 6 (5) na Protokol o měření.
- e) Správně tepelně izolovat potrubí, armatury, čerpadla a nádoby a provádět údržbu izolací.
- f) Při navrhování zdrojů tepla věnovat pozornost výpočtu přípojných hodnoty (kW) kotelny, aby nedocházelo k jejímu předimenzování (14).

- g) Realizovat kotelnu podle kvalitní projektové dokumentace s uplatněním energeticky účinných prvků – kondenzačních kotlů, regulace ekvitermní i kaskádní, elektronických čerpadel, osazení tepelné izolace na potrubí, nádoby, armatury a čerpadla.
- h) Při návrhu modernizace kotelny na tuhá paliva uplatnit automatické kotle a řešit vhodné / vhodná zařízení pro odvod přebytečného tepla tak, aby nebyla překročena teplota 110 °C. Zvážit instalaci zásobníků v uzavřené otopné soustavě.
- i) Instalovat v domovní kotelně dva měřiče tepla s dálkovým přenosem, jeden do okruhu vytápění a druhý do nabíjecího okruhu přípravy TV. Vytvoří se vhodné podmínky pro rozdělování spotřeby tepla na vlastníky jednotek a zejména se vytvoří předpoklady pro zavedení energetického manažerství, které přispěje k dalšímu snížení potřeby tepla.
- j) Pro modernizaci vytápění podle projektu zřídit technický dozor k zajištění správné instalace kotelny, případně rozvodů a otopných ploch.
- k) Věnovat pozornost uvedení do provozu kotelny a její přejímce. Plnit požadavky ČSN EN 14336 Montáž a přejímka teplovodních tepelných soustav (36) a ČSN 06 0310 (14).

4.8 Podklady

č.	označení podkladu	název podkladu	rok	označení v textu
1.	Zákon č. 103/2015 Sb.	Zákon č. 103/2015 Sb., kterým se mění zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů.	2015	(1)
2.	Zákon č. 201/2012 Sb.	Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší ve znění zákona č. 64/2014 Sb., zákona č. 87/2014 Sb., zákona č. 382/2015 Sb., zákona č. 369/2016 Sb., zákona č. 369/2016 Sb.		(2)
3.	Vyhláška č. 230/2015 Sb.	Vyhláška č. 230/2015 Sb., kterou se mění vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov.	2015	(3)
4.	Vyhláška č. 309/2016 Sb.	Vyhláška č. 309/2016 Sb., kterou se mění vyhláška č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku.	2016	(4)
5.	Vyhláška č. 193/2007 Sb.	Vyhláška č. 193/2007 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu.	2007	(5)
6.	Vyhláška č. 237/2014 Sb.	Vyhláška č. 237/2014 Sb., kterou se mění vyhláška č. 194/2007 Sb., kterou se stanoví pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody, měrné ukazatele spotřeby tepelné energie pro vytápění a pro přípravu teplé vody a požadavky na vybavení vnitřních tepelných zařízení budov přístroji regulujícími dodávku tepelné energie konečným spotřebitelům.	2014	(6)
7.	Vyhláška č. 194/2013 Sb.	Vyhláška č. 194/2013 Sb., o kontrole kotlů a rozvodů tepelné energie.	2013	(7)
8.	EU	Nařízení Komise v přenesené pravomoci (EU) č. 244/2012 ze dne 16. ledna 2012, kterým se doplňuje směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov stanovením srovnávacího metodického rámce pro výpočet nákladově optimálních úrovní minimálních požadavků na energetickou náročnost budov a prvků budov.	2012 Komise	(8)
9.	EU	Nařízení Komise (EU) 2015/1189 ze dne 28. dubna 2015, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES, pokud jde o požadavky na ekodesign kotlů na tuhá paliva.	2015 Komise	(9)
10.	EU	Nařízení Komise (EU) č. 813/2013 ze dne 2. srpna 2013, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES, pokud jde o požadavky na ekodesign ohřivačů pro vytápění vnitřních prostorů a kombinovaných ohřivačů.	2013 Komise	(10)
11.	EU	Nařízení Komise (ES) č. 641/2009 ze dne 22. července 2009, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2005/32/ES, pokud jde o požadavky na ekodesign samostatných bezucpávkových oběhových čerpadel a bezucpávkových oběhových čerpadel vestavěných ve výrobcích.	2009 Komise	(11)

č.	označení podkladu	název podkladu	rok	označení v textu
12.	EU	Nařízení Komise (EU) č. 622/2012 ze dne 11. července 2012, kterým se mění nařízení Komise (ES) č. 641/2009, pokud jde o požadavky na ekodesign samostatných bezucpávkových oběhových čerpadel a bezucpávkových oběhových čerpadel vestavěných ve výrobcích.	2012 Komise	(12)
13.	ČSN EN 15450	Tepelné soustavy v budovách – Navrhování tepelných soustav s tepelnými čerpadly.	2011	(13)
14.	ČSN 06 0310	Tepelné soustavy v budovách – Ústřední vytápění – Projektování a montáž.	2014	(14)
15.	ČSN EN 12828	Tepelné soustavy v budovách – Navrhování teplovodních otopných soustav.	20145 překladem	(15)
16.	ČSN EN ISO 13790	Energetická náročnost budov – Výpočet potřeby energie na vytápění a chlazení.	Novelizace 2009	(16)
17.	ČSN EN 303-5	Kotle pro ústřední vytápění – Část 5: Kotle na ústřední vytápění na pevná paliva, s ruční a samočinnou dodávkou, o jmenovitém tepelném výkonu nejvýše 500 kW, Terminologie, požadavky, zkoušení a značení.	2013	(17)
18.	ČSN EN 15316-2-1	Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy: Část 2-1: Sdílení tepla pro vytápění.	2010 překladem	(18)
19.	ČSN EN 15316-2-3	Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy: Část 2-1: Rozvody tepla pro vytápění.	2010 překladem	(19)
20.	ČSN EN 15316-3-3	Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy: Část 3-3: Soustavy teplé vody, příprava.	2010 překladem	(20)
21.	ČSN EN 15316-4-1	Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy: Část 4-1: Výroba tepla na vytápění – Kotle.	2010 překladem	(21)
22.	TNI 73 0351	Energetické hodnocení soustav s tepelnými čerpadly – Zjednodušený výpočtový postup.	2014	(22)
23.	ČSN EN 15316-4-2	Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy: Část 4-2: Výroba tepla na vytápění, tepelná čerpadla.	2011 překladem	(23)
24.	ČSN EN 15316-4-2	Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy: Část 4-2: Výroba tepla na vytápění, tepelná čerpadla.	2011 překladem	(24)
25.	ČSN EN 15316-4-3	Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy: Část 4-3: Výroba tepla, solární tepelné soustavy.	2013 překladem	(25)
26.	TNI 73 0302	Energetické hodnocení solárních tepelných soustav – Zjednodušený výpočtový postup.	červenec 2014	(26)
27.	ČSN EN 15316-4-4	Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy: Část 4-4: Výroba tepla na vytápění, kombinovaná výroba elektřiny a tepla integrovaná do budovy.	2009 překladem	(27)
28.	ČSN EN 15316-4-5	Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy: Část 4-5: Výroba tepla na vytápění, účinnost a vlastnosti dálkového vytápění a soustav o velkém objemu.	2009 překladem	(28)
29.	ČSN EN 15316-4-6	Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy: Část 4-6: Výroba tepla na vytápění, fotovoltaické systémy.	2014 překladem	(29)
30.	ČSN EN 15316-4-7	Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy: Část 4-7: Výroba tepla na vytápění, soustavy na spalování biomasy.	2011 překladem	(30)
31.	ČSN EN 15316-4-8	Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy: Část 4-8: Otopné soustavy, teplovzdušné vytápění a stropní sálavé vytápění.	2011 překladem	(31)
32.	ČSN EN 15459	Energetická náročnost budov – Postupy pro ekonomické hodnocení energetických soustav v budovách.	2009 překladem	(32)
33.	ČSN EN 15378	Inspekce kotlů a tepelných soustav.		(33)

č.	označení podkladu	název podkladu	rok	označení v textu
34.	ČSN EN 12171	Tepelné soustavy (otopné soustavy) v budovách – Návod pro provoz, obsluhu, údržbu a užívání – Tepelné soustavy (otopné soustavy) nevyžadující kvalifikovanou obsluhu.	2003 překladem	(34)
35.	ČSN 07 070	Kotelny se zařízeními na plynná paliva.	2005	(35)
36.	ČSN EN 14336	Montáž a převímka teplovodních tepelných soustav.	2011	(36)
37.	TNI 73 0331	Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet.	2013	(37)
38.	ČSN EN 16297-1	Čerpadla – Hydrodynamická čerpadla – Bezucpávková oběhová čerpadla – Část 1: Obecné požadavky a postupy pro zkoušení a výpočet indexu energetické účinnosti.	2013	(38)
39.	ČSN EN 16297-2	Čerpadla – Hydrodynamická čerpadla – Bezucpávková oběhová čerpadla – Část 1: Výpočet indexu energetické účinnosti (EEI) pro samostatná oběhová čerpadla.	2013	(39)
40.	ČSN EN 14597	Přístroje pro regulaci teplotní a teplotní omezovače pro systémy tepelných zdrojů.	2012 nepřeložená	(40)
41.	publikace	Dokumenty STÚ-E zpracované pro MMR, MPSV a MPO.	2006 až 2017	(41)
42.	Rechnagel, Sprenger, Albers	Taschenbuch für Heizung + Klima Technik 2017/2018 78. Auflage, 2 díly + internetový přístup s dalšími texty; 2 623 stránek.	2016 DIV Deutscher Industrie verlag GmbH	(42)

5

OTOPNÉ SOUSTAVY PŘED A PO ZATEPLENÍ

Minimalizace spotřeby tepla pro vytápění, optimalizovaná regulace spotřeby tepla s ohledem na tepelné zisky

Ing. Vladimír Galád

Příspěvek vychází z výsledků dlouhodobého praktického provozování otopných soustav a je zaměřen na provozně-technické problémy ve vytápění, které souvisejí zejména s řešením otázek týkajících se efektivity a snižování spotřeby tepla a také technickými i logickými prostředky či postupy, které vedou ke zdokonalení vytápění. Kromě toho popisuje příčiny provozních potíží.

5.1 Okrajové podmínky pro konstrukční řešení a provoz otopných soustav

5.1.1 Konstrukční návrh

Tato kapitola si klade za cíl zvýraznit rozdílnost mezi konstrukčním návrhem otopné soustavy a jejích provozních parametrů a konkrétním řešením provozních stavů nejen před zateplením, ale i po zateplení, zejména v případech již provozovaných budov s dodatkovou tepelnou izolací neprůsvitných konstrukcí, po výměně oken, ap., kdy nejsou rekonstruovány či vyměňovány otopné plochy (radiátory) ve vytápěných místnostech.

Následující poznámky jsou uváděny, aby byly zvýrazněny významné veličiny, které mají vliv na hospodárny provoz a které navíc vymezuje také platná legislativa, a tím určuje okrajové podmínky pravidla pro vytápění. Kromě řady technických kritérií pro technické provedení soustavy stanovuje:

- Výpočtovou teplotu ve vytápěné místnosti (vyhl. 194/2007 Sb.); například pro obytné prostory je teplota vnitřního vzduchu $t_i = 20\text{ °C}$ měřeno kulovým teploměrem, či o 1 °C výše při měření suchým teploměrem bez ovlivnění sálavým teplem.
- Hygienické předpisy pak určují intenzitu výměny vzduchu, která je určena jako násobek výměny objemu vzduchu ve vytápěné místnosti; například $i = 0,5\text{ x/h}$ v kuchyních (viz ev. kapitoly o větrání v této publikaci).
- Podle toho, ve které oblasti ČR se nachází řešený objekt, se také stanovuje výpočtová teplota venkovního vzduchu $t_e = -12\text{ °C}$ (například pro Prahu). Rozdíl teploty vnitřního vzduchu vůči venkovnímu je teplotním rozdílem, který je používán pro výpočet tepelných ztrát prostupem tepla konstrukcemi jednotlivých místností.
- Výpočet tepelných ztrát se vypočítá vždy jako součet tepelných ztrát prostupem tepla a tepelných ztrát větráním. Velikost tepelných ztrát je pak dána pro kvazi stacionární stav koeficienty prostupu tepla konstrukcemi, které zahrnují i koeficienty přestupu tepla z okolí do stěna naopak, a také rozměr konstrukce ve směru toku tepla a již zmíněný teplotní rozdíl pro danou místnost, a to mezi vnitřním a vnějším vzduchem. Výkon otopných ploch musí zajistit teplotní podmínky v místnostech tak, aby byla zajištěna i při nejnižších výpočtových teplotách taková dodávka tepla, která udrží potřebné teploty v místnostech.

- Konstrukční návrh otopné soustavy (velikost otopných ploch, dimenze armatur na tělesech a rozvodech, dimenze potrubí jednotlivých úseků, včetně stoupaček a potrubí až k patě dodávky tepla) tedy musí zajistit výše požadované podmínky pro udržení teploty vzduchu i při požadované intenzitě výměny vzduchu. V konstrukčním návrhu otopné soustavy nelze snižovat výkon otopných ploch – například vlivem tepelných zisků –, jelikož jsou teoreticky možné stavy, kdy tepelné zisky neexistují.
- Samozřejmě existují další požadavky na konstrukci otopné soustavy, jako je maximální teplota otopné vody na vstupu do tělesa (dnes je tendence používat nízkopotencionální hodnoty na úrovni tepelných čerpadel či kondenzačních kotlů cca 55 °C; dřívější soustavy byly zásobovány vodou o teplotním gradientu 92,5/67,5/20 °C, či 90/70/20 °C, atd.).

Tělesa musí být vybavena termoregulačními ventily s termostatickými hlavicemi, které omezují dávku tepla při existenci tepelných zisků v místnosti, a také minimálně uzavíratelným šroubením na odtoku vratné vody z tělesa, eventuálně uzavíratelným šroubením s možností seřízení průtoků.

V zásadě je správné konstrukční řešení otopné soustavy na projektantovi, který musí zohlednit i případné ostatní vlivy okrajových podmínek (například vyrovnání vlivu chladných stěn, zátopy, nesourodé režimy provozu různých částí budovy, atd.).

5.1.2 Provozní stavy

Výše uvedené poznámky nasvědčují tomu, aby byla funkce otopné soustavy proporcionálně správně funkční, musela by existovat rovnovážná bilance tepelných ztrát v celé soustavě. Aby se tak stalo, museli by všichni uživatelé místností vytápět výhradně na teplotu vnitřního vzduchu podle projektu a taktéž by museli všichni větrat stejnou intenzitou vzduchu. Rovněž by museli používat domácí spotřebiče o stejném výkonu; což by se týkalo například vaření, pečení a žehlení; a také by měl být v místnostech stejný počet osob. Rovněž by muselo být ze všech stran naprosto stejné oslunění. V neposlední řadě by nesměly existovat tepelné ztráty do okolí z potrubních rozvodů v soustavě, aby byla zajištěna stejná teplota topné vody na vstupu do každého tělesa – částečné zrovnoměnění by umožnily tepelné izolace stoupaček a přípojek těles v místnostech.

Po přečtení předchozího odstavce je zřejmé, že jde o naprosto ideální technické řešení, ale do procesu vytápění vstupuje celá řada okrajových podmínek, které jsou odchýlné od projektovaného předpokladu; jde tedy skutečně o konstrukční návrh, kterým je možné i nejhorší podmínky v rámci pravidel vytápění tzv. obsloužit.

Jak vypadá základní výkonová bilance vytápěné místnosti lze odvodit z rovnice, která bere do úvahy stav rovnováhy tepelných ztrát a tepelných zisků. V následující rovnici je uvedeno, jaký okamžitý výkon má mít těleso, tedy ovladatelný zdroj tepla v místnosti, který vyrovnává proměnlivost jiných okrajových podmínek.

Základní bilanci tepelných ztrát, zisků a akumulace tepla lze zapsat:

$$P_t = (P_p + P_v) - (P_e + P_i + P_s) \pm P_{ak} \quad (1)$$

, kde je / jsou:

- P_t potřeba tepla z otopného tělesa,
- P_p tepelné ztráty prostupem konstrukcemi,
- P_v tepelné ztráty větráním,
- P_e tepelné zisky z exteriéru,
- P_i tepelné zisky z interiéru,
- P_s tepelné zisky od sousedů či sousedních místností,
- P_{ak} kladná nebo záporná akumulace konstrukcí a vybavení místnosti.

Jsou-li pro ilustrativní příklad během dne a noci teoreticky stejné venkovní teploty a tepelné ztráty činí $P_{zt} = 1000 \text{ W}$ a tepelné zisky $P_e = 200 \text{ W}$, $P_i = 200 \text{ W}$, $P_s = 150 \text{ W}$ a $P_{ak} = 0 \text{ W}$, potom je potřeba

tepla z otopného tělesa $P_t = 1000 - 200 - 200 - 150 - 0 = 450 \text{ W}$. Pokud v noci nejsou vnější zisky P_e a vnitřní P_i se sníží na 100 W a „soused dodává“ stále 150 W , pak potřebujeme z tělesa $P_t = 1000 - 0 - 100 - 150 - 0 = 750 \text{ W}$. Závěrem tak lze říci, že přes den nám stačí 450 W , ale v noci potřebujeme v tomto případě 750 W . Při konstantní a dostatečně vysoké ekvitermní teplotě topné vody $t_{w,1}$ z toho jednoznačně plyne, že se otopná voda podstatně více ochladí, a tím i klesne teplota vratné vody – na vratném potrubím z otopných těles. Výkon tělesa klesá, jelikož se snižuje střední teplota tělesa.

5.1.3 Konstrukční návrh bez zateplení při tepelných ziscích

Podle výše uvedeného příkladu je patrné, že i v klasické otopné soustavě mohou různé vlivy vyvolat změnu potřebného výkonu vůči ostatním tělesům, jelikož je chování obyvatel domu individuální ve všech ovlivnitelných směrech – otopná soustava se proto také nemůže chovat rovnocenně proporcionálně s projektem, což pak vyžaduje jiný (složitější) přístup k řešení potřebných parametrů topné vody, a to nejen kvalitativně, ale vždy současně i kvantitativně, než při konstrukčním návrhu. Hydraulické parametry Δp se s průtokem M mění kvadraticky. Hydraulický odpor $\Delta p = f(M^2)$. Při poklesu průtoku na 70% ($0,7$) se ztráty sníží na cca polovinu, tedy na hodnotu $0,49$. Například namísto původního tlakového spádu $\Delta p = 40 \text{ kPa}$ na patě domu najednou stačí 20 kPa .

5.1.4 Provozní stav po zateplení bez rekonstrukce otopné soustavy

Ještě markantnější vliv na již provozovanou soustavu má dodatkové zateplení budovy, čímž se značně snižují tepelné ztráty objektu, zejména prostupem tepla, ale i infiltrací při výměně oken za okna s vyšším tepelným odporem.

Pokles tepelných ztrát znamená vždy snížení příkonu tepla P_t do tělesa, jak vyplývá z výše uvedené rovnice. Obvyklou úvahou dospějeme například k tomu, že při snížení průtoku na polovinu ($0,5$) klesne odpor na čtvrtinu, tj. $0,25$. Namísto 40 kPa pak stačí 10 kPa hnací síly. Každý jistě chápe, že tzv. „natvrdo“ seřízené armatury, tj. bez dynamického přizpůsobování automatickou regulací, nelze jemnou a někdy ani žádnou úpravu parametrů automaticky provést (změny nastavených hodnot).

Kdybychom měli zajistit, aby po snížení tepelných ztrát zateplením (třeba o 50%) byla navržena konstrukčně nová otopná soustava, jak byla popisována výše, museli bychom přinejmenším demontovat cca onu polovinu těles, tedy zmenšit velikost otopných ploch, a provést výměnu stávajících armatur na patách stoupaček i na tělesech. Rovněž by bylo nutné vyměnit stávající rozvodná potrubí. Tato skutečnost by si vyžádala značné investiční prostředky. V tomto případě by musely být zachovány i vyšší teplotní parametry topné vody.

Další komplikací při řešení provozních stavů otopných soustav je rovněž nesourodost zateplování. Jako příklad lze uvést rozdělení 6vchodového a 13podlažního paneláku na 4 samostatné subjekty (3 vchody – jedno SVJ, 2 vchody – samostatná SVJ a 1 BD v jednom vchodě). Často se stává, že má dodatková tepelná izolace různé tloušťky (podle solventnosti), a tím se z dříve zcela stejných konstrukcí otopných soustav stávají soustavy odlišné, tj. dané odlišnými tepelnými ztrátami po zateplení (od stejných typů a velikostí původních těles se vyžadují odlišné příkony).

5.1.5 Vývoj vlivů (okrajových podmínek) na parametry topné vody

Stávající systém a podmínky zateplování probíhají svým způsobem, který lze z hlediska fyzikálně správných parametrů otopných soustav nazvat „divokým“ zateplováním. Před nástupem zateplování se vycházelo z jednotných doporučených parametrů topné vody ($92,5/67,5/20 \text{ }^\circ\text{C}$, nebo $90/70/20 \text{ }^\circ\text{C}$), což umožňovalo používat stabilizovanou ekvitermní přívodní topnou křivku.

Termostatické (povinná instalace termoregulačních ventilů) byla prvním krokem k úspornějšímu provozu, termostatické hlavice šetří teplo, když existují tepelné zisky. Teplotní parametry topné vody se snižovaly již ve zdrojích tepla, jelikož se ukázala jistá rezerva ve výkonu otopných soustav a ve skutečnosti se asi více podílely na snižování potřebného výkonu těles některé tepelné zisky a částečné i snižování tzv. „trenýrkové teploty“ v bytech.

Dalším stupněm úspor, snižováním příkonu těles, byla rovněž „seřizovací éra“, kdy byly také lépe technicky řešeny paty stoupaček a domů pomocí automatických omezovačů diferenčního tlaku (neplést si s obvyklým názvem regulátory – regulátor musí „umět“, jak snížit, tak zvýšit sledovanou veličinu; když je na patě nižší diferenční tlak, tak ho omezovač nedokáže zvýšit; regulátor otáček to umí).

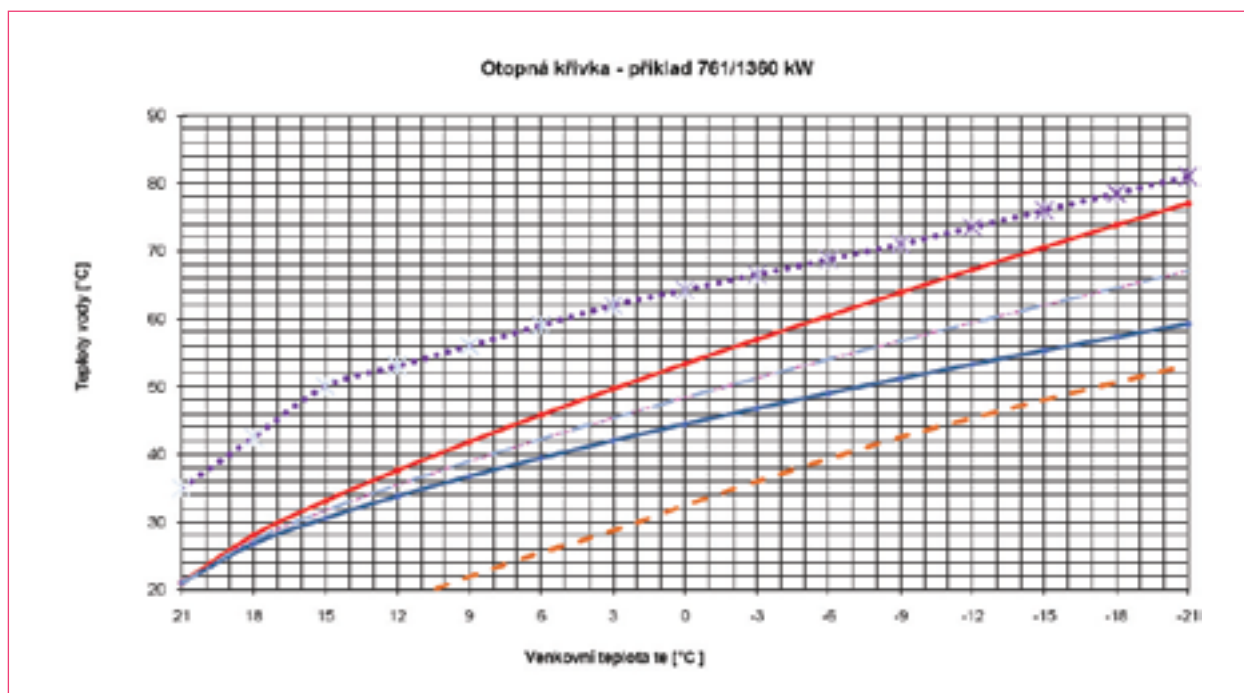
Centrální snižování dodávaných ekvitermních teplot v jakýchkoliv zdrojích tepla pro vytápění narazilo na fyzikální dno, na stav, kdy jsou na společně regulovaný zdroj tepla připojeny nesourodě zateplené budovy, jelikož se podle fyzikálních zákonů musí poskytovat tak vysoké teploty, aby bylo dosaženo předepsané teploty vzduchu i při optimálním větrání právě v těch méně zateplených budovách (s vyššími tepelnými ztrátami). Z výše popsané rovnice (1) rovnovážného stavu lze velmi rychle poznat, že když má nezateplený i dodatečně zateplený dům stejnou otopovou soustavu (otopovou plochu), nelze snížit teploty tak, aby tělesa nebyla schopna poskytovat potřebný výkon. Pokud se na základě výpočtu teploty vody nezmění, pak se v zatepleném domě stávají nadstandardními a umožňují uživatelům také nadstandardní spotřebu tepla – přetápění, a vlivem zvýšené teploty topné vody i zvýšené tepelné ztráty v rozvodech tepla.

V důsledku nadměrných teplot topné vody bylo v drtivé většině použito metody škrcením, což vyvolalo boom k osazování automatických omezovačů diferenčního tlaku – omezování průtoků otopovou soustavou až k hodnotám pod 50 % a níže. V mnoha případech se nedařilo odstranit hluk z otopné soustavy – typický šum vlivem nadměrných toků vody „odmítnutých“ velkou částí ventilů přetopených místností do ještě pootevřených ventilů těles a hluk vlivem výrazných dilatačních změn nadměrným zvýšením teplotního spádu mezi přívodní a vratnou trubkou těles.

5.1.6 Nesoulad otopových křivek na patě odběru tepla

Ukázka nevhodných teplotních parametrů v objektu, kde byly sníženy tepelné ztráty z 1360 kW na 761 kW na cca 56 % stavu před zateplením, je patrná z příloženého grafu 1. Zde nejsou podstatná čísla, ale ilustrace proporcí, jelikož pro každý stupeň zateplení jsou platné jiné, ale správně vypočítané hodnoty. V konstrukčně stejné soustavě při provozu a po zateplení lze určit různé optimalizované teplotní parametry, které nejsou v průběhu otopové sezony konstantní. Tečkovaná křivka na grafu 1 zobrazuje teplotu topné vody na přívodu, kterou určil dodavatel. Plná křivka pod tečkovanou je vypočítaný průběh fyzikálně správné teploty topné vody, která zajišťuje správný výpočtový výkon tělesa po zateplení, tj. po snížení tepelných ztrát, jejichž krytí má zajistit již původně instalovaného tělesa. Tomu odpovídá teplota vratné vody podle nižší plné křivky. Křivka uprostřed je střední teplotou, která určuje potřebný výkon tělesa. Nejnižší položená čárkovaná křivka informuje o tom, že bychom po zateplení s poklesem výkonu na cca 56 % měli při tečované teplotě dodavatele vracet vodu s nízkou teplotou. Křivky byly vypočítány na vnitřní teplotu 21 °C. Z grafu 1 lze přičíst, že bychom již při teplotě venkovního vzduchu nad cca 11 °C měli vracet vodu z tělesa chladnější, než je teplota vnitřního vzduchu 21 °C. Z tohoto vidíme, že jde o fyzikální nonsens, který je nesplnitelný, ledaže bychom vodu z vratné trubky chladili pod 21 °C. Dále si lze všimnout, že plné a neplné křivky mají v průběhu otopové sezony jiný sklon, tedy se při vyšších venkovních teplotách od sebe vzdalují, což je známkou toho, že bychom v teplejším období měli k dispozici vyšší výkon, než odpovídá ekvitermní křivce pro otopné těleso. Tedy zbytečný nadstandard v teplejší části otopové sezony, kdy lze vždy očekávat zvýšený přínos tepla vlivem tepelných zisků, např. z oslunění.

Graf 1



Obecný závěr je ten, že když potřebujeme zachovat určitou střední teplotu tělesa, musíme volit průtok tak, aby vratná voda z tělesa měla šanci vychladnout v tělese podle fyzikálních zákonů. Jinak fyzikálně stoupne výkon tělesa zbytečně nad hospodárny provoz. Pokud je správně nastavena termostatická hlavice, měla by uzavřít přívod tepla = omezení průtoku a posun hydraulické stability.

Z toho plyne úměra: Když je teplotní rozdíl mezi přívodní a vratnou vodou malý, musí být pro stejný výkon zachován vyšší průtok topné vody tělesem a „naopak“. To „naopak“ musí být alespoň takový průtok, který ještě umožní zachovat průtočnost seřizovacími armaturami v rozsahu jejich provozních charakteristik tak, abychom je nemuseli bezdůvodně vyměňovat za menší či větší, pokud ještě nejsou tzv. na odpis pro závadnost pohyblivosti, korozi, atd. Tím je také sledována hospodárna využitelnost stávající otopné soustavy bez nežádoucí hydraulické nestability a doprovodných hlukových projevů. To lze snadno upravit snížením teploty topné vody na přívodu do tělesa.

5.2 Principy regulace otopných soustav

Existuje celá vývojová řada různých způsobů připojení odběratelské části otopné soustavy, které se vyvíjely od počátků, kdy byly k dispozici pouze jednoduché uzavírací ventily, které se používaly k seřízení jak na větvích, tak na tělesech. Hydraulické řešení ne zřídka využívalo změnu dimenzí rozvodných potrubí, aby bylo možné soustavu přiměřeně hydraulicky stabilizovat. Je známo, že se regulace teplot v místnostech prováděla pomocí různě otevřených oken.

V současné době se dospělo k jakési přeregulovatelnosti otopných soustav. Kdybychom si regulaci označili jako R , pak bychom mohli často říci, že existují soustavy přeregulované (spíše lze říci zbytečně mnohastupňové) na druhou R^2 až R^n . Často jsou nadbytečné a neefektivní. Není výjimkou, že existují na patě odběratele až 4 stupně automatických omezovačů diferenčního tlaku, například $2x$ na vstupu a potom ještě na patě stoupačky a na ventilu tělesa. Nejspíše se jedná o dodatková řešení předchozích špatných řešení.

Předem je nutné podotknout, že máme ještě stále mnoho objektů připojených k dodavatelským nebo i vlastním zdrojům tepla tzv. „natvrdo“, tj. bez jakékoliv aktivní regulace s výjimkou automatických omezovačů diferenčních tlaků na patách domů, a ekvitermní regulací mimo dům odběratele, což neumožňuje dynamicky a pružně reagovat na potřeby domu. Tato schémata zde nebudou uváděna, jelikož již nesplňují požadavky na regulaci, která zajistí minimální spotřebu

tepla – nejvyšší možné úspory. Klasická ekvitemní regulace tzv. „neumí“ reagovat na jakékoliv tepelné zisky.

5.2.1 Méně vhodná zapojení

Není účelem zabývat se historickým vývojem schémat připojení paty odběratelů s regulací pro přizusobení dodávaných parametrů topné vody na úrovni potřebné pro každý objekt individuálně.

Proto jsou dále uvedena jen některá ilustrativní schémata, která se stále používají. Tato schémata jsou již zastaralá a vznikla v dobách, kdy nebyly vysoké nároky na kvalitu vytápění a zejména nebyl kladen tak značný požadavek na úspory tepla. V dřívějších dobách ani nebyly mnohé (dnes známé) armatury na trhu dostupné.

Zde jsou vybrána jenom tři schémata, která se ještě používají, a proto je vhodné se o nich alespoň velmi stručně zmínit (schémata nejsou podrobným technickým řešením – mají ilustrovat princip a objasnění funkce).

Vysvětlivky: U3 – U6 jsou uzavírací armatury; teploty topné vody T_d ... dodávaná, T_p ... přívodní, T_z ... zpátečka (vratná voda); M1 ... obecně motory čerpadel; S1, S2 ... servopohony regulačních ventilů; TRV ... termostatický ventil s termostatickou hlavicí; mc ... množství cirkulující vody soustavou; ms ... množství směšovací vody ze zpátečky; md ... množství dodávané vody z vnější sítě či zdroje; A ... port A směšovacího ventilu; B ... port B směšovacího ventilu; AB ... společný port smíchané vody; obdélník se šipkami znázorňuje deskový výměník a svíslé čárkovaný čtverec znázorňuje otopné těleso – radiátor.

Schéma označené jako D (vpravo nahoře) je deklarováno jako levné směšovací zařízení, které vznikne připojením zkratovací trubky namísto směšovacího 3cestného ventilu. Jeho jistou nevýhodou je stav, když je teplota dodávané vody T_d blízká teplotě požadované teplotě vody T_p pro vytápění. Neřízeným zkratem proudí množství vody ms o teplotě vratné vody z těles T_z , která je vždy nižší než T_d a T_p . Abychom mohli ohřát vratnou vodu z teploty T_z na teplotu T_p , musíme přivést do okruhu určité množství vody od dodavatele o teplotě T_d , která musí být vždy vyšší než T_z a T_p . V tomto případě vždy musíme od dodavatele požadovat vyšší teploty dodávané vody, než je zapotřebí pro vytápění v objektu. Nutnost zvýšené teploty vody na straně dodavatele způsobuje i zvýšené tepelné ztráty v rozvodech. Množství vody zkratem nelze nijak omezit.

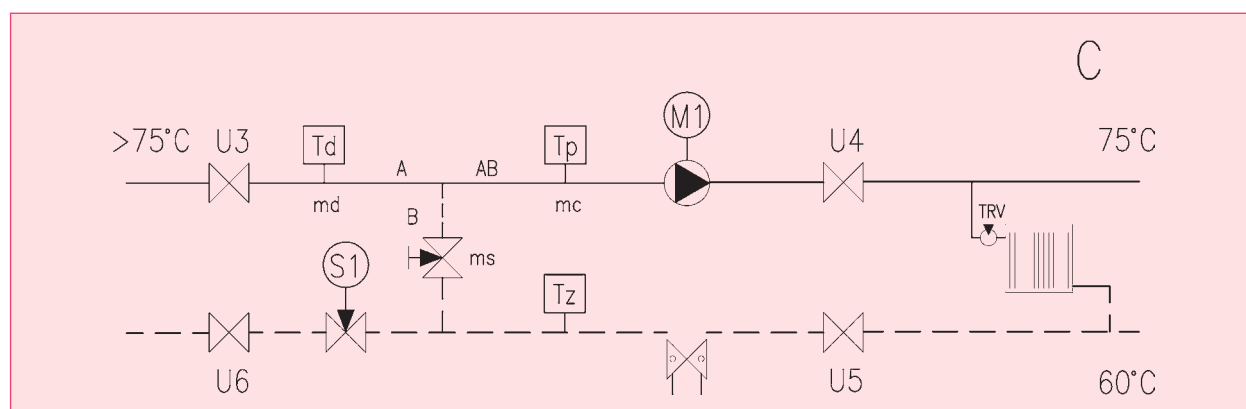
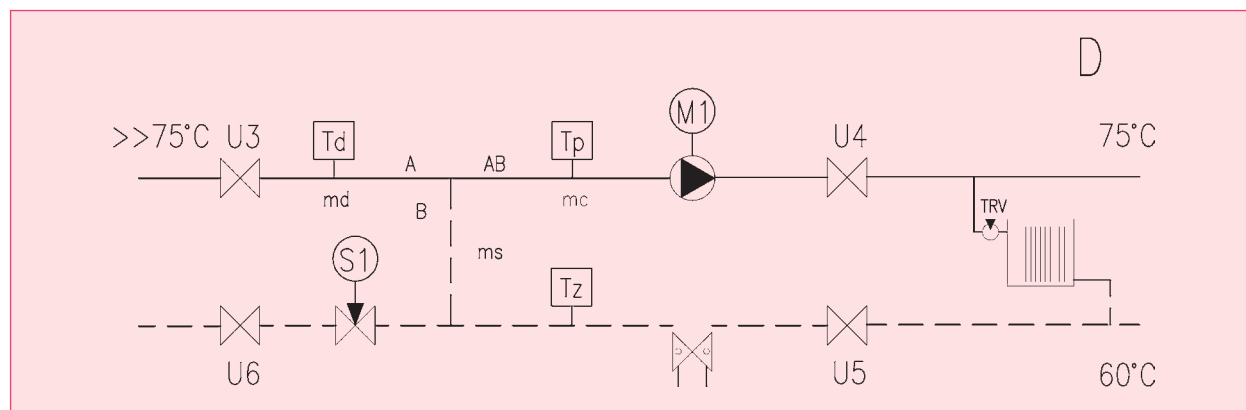
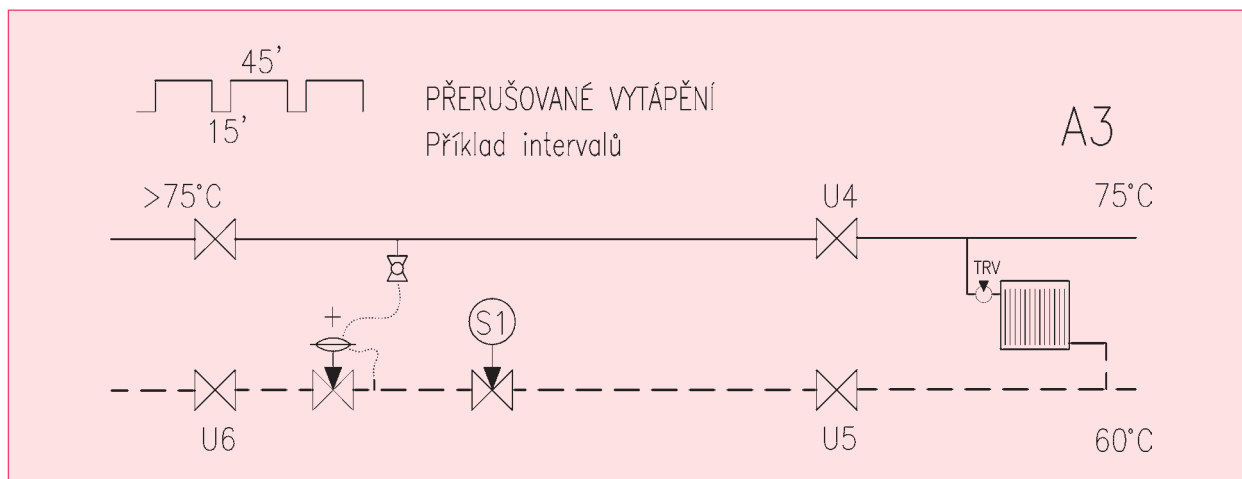


Schéma označené jako C (vpravo nahoře) je doplněno armaturou pro seřízení průtoku zkratem, i když i v tomto případě zůstává nevýhoda potřeby zvýšené teploty na straně dodávky. V průběhu otopové sezony je třeba upravit průtok ms , což znamená zásahy kvalifikované obsluhy, která bývá v automatizovaných systémech občasná, a tudíž i změny na ručním seřizovacím ventilu nemohou být prováděny včas.

Další schéma označené jako A3 – přerušované vytápění, bylo zavedeno jako levné řešení, podle kterého se snižuje odběr tepla tak, že je v časovém spínači nastaven podle uvážení obsluhy interval pro vytápění a interval pro odstávku, například 45 minut vytápění a 15 minut odstávka. Tento způsob je také označován jako „snižování střední teploty topné vody“. Toto vysvětlení je zavádějící, protože v době provozu nedochází k žádnému snížení střední teploty topné vody. Střední teplota topné vody je totiž rozhodující pro kvalitní řízení spotřeby tepla tak, aby co nejlépe platila rovnice (1) v části 1.2. Nastavení časové proporce není techniky správnou technickou zpětnou vazbou na tepelnou pohodu v bytech v souladu s pravidly vytápění.



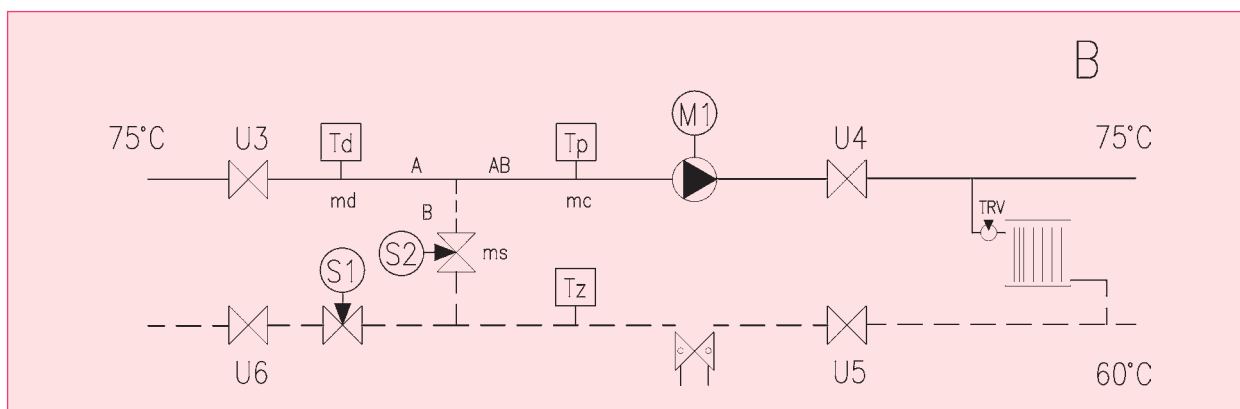
Vysvětlivka: Armatura označená + (plus) je automatický omezovač diferenčních tlaků (nesprávně označováno jako automatický regulátor diferenčních tlaků). Tyto omezovače lze používat i v jiných schématech, neboť umožňují nastavení základních parametrů na vstupu dodávky do objektu.

Přerušované vytápění má svá ekonomická negativa a lze je spatřovat v tom, že tento princip regulace způsobuje cyklické změny, které spočívají nejen v cyklické dodávce tepla, ale zhoršují i ekonomickou bilanci ve složené sazbě „sjednaný maximální výkon + odebrané teplo za rok“. Po provedeném vypnutí a vychladnutí místností nutně nastává zvýšený odběr – příkon, než kdyby byl provoz plynulý. Zvýšený příkon = zvýšené maximum = zvýšená platba za relativně málo časté a neefektivní využití zvýšeného příkonu.

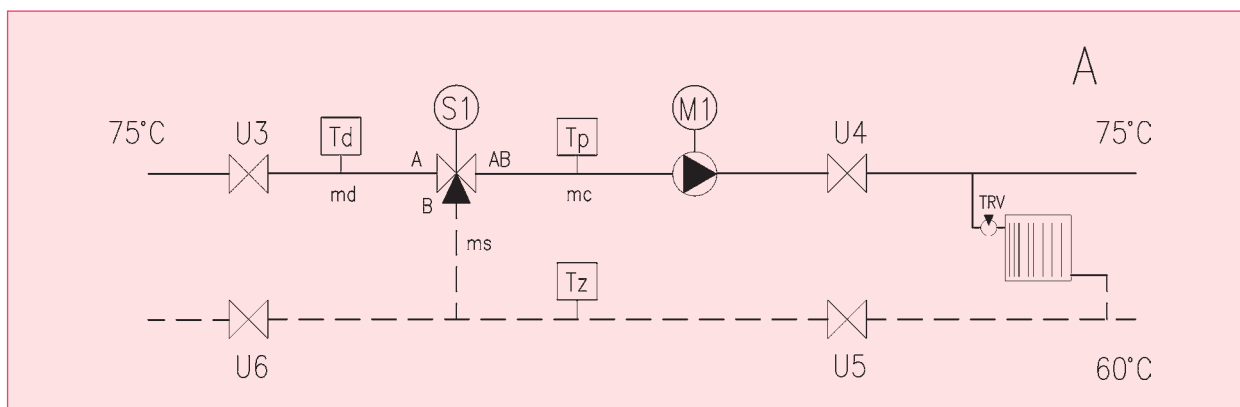
5.2.2 Vhodná a preferovaná zapojení

Pro dynamické a kvalitativně lepší řízení spotřeby tepla jsou vhodná řešení na bázi směšování dvěma dvoucestnými ventily či jedním trojcestným, anebo v určitých případech pro tlakové oddělení odběratelského zařízení od dodavatelského (např. vysoké tlaky a teploty, či výrazná nestabilita dodávek) řízením výkonu dvoucestným ventilem u deskového výměníku, které lze používat i u systému ohřevu vody.

Následující schéma označené jako B (vpravo nahoře) namísto 3cestného ventilu používá 2ks 2cestných ventilů, z nichž ventil s pohonem S2 umožňuje zcela uzavřít zkrat v případě, že se teplota dodávané vody blíží teplotě potřebné pro vytápění; tudíž **zařízení lze využít podstatně lépe až do okamžiku, kdy $T_d = T_z$** (oproti schématu C a D). I toto schéma, z tepelně-technického pohledu jako vhodné řešení, má však jistá úskalí při realizaci, jelikož vyžaduje dvojí napájení servopohonů (kabeláž a její uchycení), dvojce vstupy a výstupy v regulátoru a dvojí algoritmy, včetně jejich součinnosti a vzájemné vazby. Vlivem těchto realizačních požadavků lze tuto konfiguraci považovat za investičně náročnější.

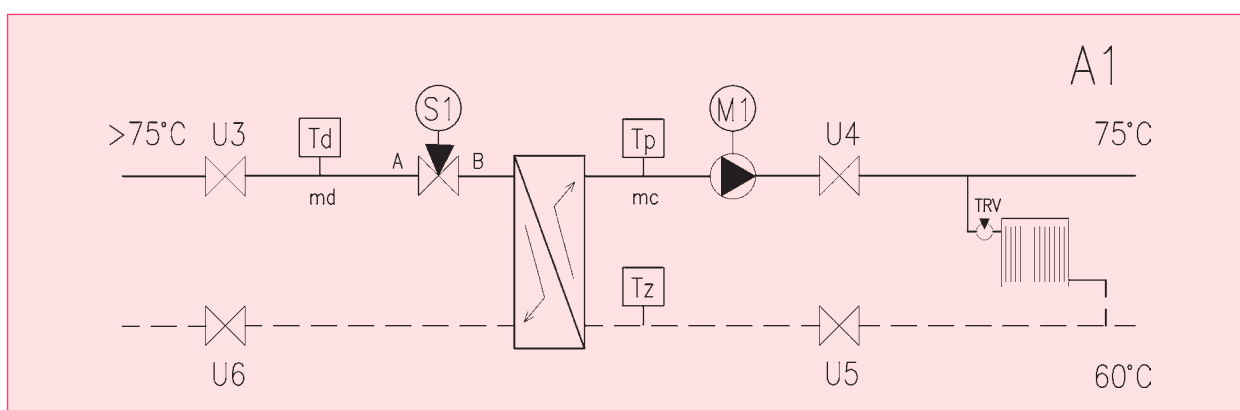


Následující schéma označené jako A (vpravo nahoře) lze považovat za preferované, které plní funkce stejné jako výše schéma B, ale má tu výhodu, že jsou funkce dvou regulačních ventilů obsaženy v 3cestném směšovacím ventilu nebo klapce. Kromě výše uvedených dvojích instalací je zde pouze jedna, což umožňuje plynulé přechody v řízení teplotních podmínek pro vytápění. Zkratovou cestu lze zcela uzavřít a odběratelská část není omezena, i když teplota na vstupu od dodavatele klesne na hodnotu požadovanou pro vytápění, tj. T_p .



K tomuto schématu bývají připomínky z hlediska tlakové stability i kvůli případům obrácení toku ve zkratu. Zpravidla se jedná o nedostatečná řešení či špatný návrh 3cestného ventilu; obrácení toků lze zamezit instalací zpětných klapek.

Následující schéma označené jako A1 (vpravo nahoře) je preferované v případech, kdy jsou dodavateléské parametry teplot a tlaků vyšší, než je z bezpečnostních důvodů pro odběratelskou část otopné soustavy vhodné; v těchto případech jde o tlakově nezávislé připojení.



5.2.3 Proč preferovaná schémata?

Pro dynamické řízení potřeby tepla nestačí statické nastavení diferenčních tlaků na patách domů, stoupaček a na tělesech podle hodnot K_v . Tento stav slouží výhradně pro seřízení otopné soustavy ve výpočtovém stavu podle oblastních venkovních teplot a požadovaných teplot podle vyhl. 194/2007 Sb. Stav seřízení otopné soustavy má zaručit rovnoměrnou dodávku tepla do všech připojených těles podle projektu. Jak jsme si výše v oddílu 5.1.1 a 5.1.2 uvedli, existuje značný rozdíl v parametrech pro konstrukční řešení otopné soustavy a při reálném provozu jak ve stavu bez zateplení, tak ještě více ve stavu po zateplení, kdy nelze metodou „škrcení“ průtoků zajistit fyzikálně správné parametry; naopak, často tím dochází k nestabilitě všech funkcí. Jakékoliv seřízení sice přináší zpravidla nějaké úspory, ale nikoliv spotřebu v minimalizované podobě.

Nutno poukázat na to, že ani klasická ekvitermní regulace nemůže ze své podstaty reagovat na tepelné zisky, jelikož se řídí výhradně teplotou vzduchu ve stínu, a není proto schopna reagovat například na tepelné zisky v domácnostech či z oslunění, a to zejména proto, že mnoho uživatelů místností nevyužívá termostatické hlavice podle pravidel vytápění. A i kdyby je využívala, způsobí se tím výrazné omezení průtoků, a tudíž je třeba z hlediska hydraulické stability provést regulační zásahy, které tuto stabilitu udrží v přijatelných mezích.

„Natvrdo“ seřízené armatury jsou statické a nejsou vybaveny ničím, jak by se automaticky přestavěly na jiné podmínky (ani mechanicky, ani s oblibou používaného slova „inteligencí“).

Není ekonomické a správné provozovat domy se stejnou původní otopnou plochou, když mají po fázi „divokého zateplování“ zcela odlišné charakteristiky v důsledku rapidních změn tepelných ztrát.

Toto je důvod, proč je nutné používat taková schémata, která umožní dynamické řízení, tj. nejen vzájemné přizpůsobení dodávaných a potřebných fyzikálních parametrů topné vody, ale i proměnlivé individuální potřeby v každém domě v souladu s pravidly vytápění. Uvedená schémata sama o sobě neumožňují tento princip regulace zajistit, pokud budou pracovat pouze na bázi ekvitermní regulace. Pro lepší využití tepelných zisků a omezení přetápění či nedotápění je nutné na zařízení podle vhodných schémat doplnit vyšší stupeň automatické regulace.

Z těchto důvodů se doporučuje například dělit objekt na zóny, a reagovat tak na potřeby zón, které mají odlišné požadavky na výkony (například markantně sever – jih). Je nevhodné provozovat zónu jih na výkony pro sever.

Příkon tepla v době oslunění není možné řídit podle ekvitermní křivky, která snímá teplotu vzduchu ve stínu. Je totiž prokázáno, že tepelné zisky mohou podle stupně zateplení domu docílit více než 25 % (až 40 %). Záleží tedy nejen na klimatických podmínkách, ale i na domácích činnostech a vybavení domácností spotřebiči, které produkují teplo.

Zásadním způsobem se po zateplení změní otopové křivky; i domácí činnosti a zejména intenzita větrání mohou výrazně ovlivnit potřebné parametry pro vytápění. Viz dále.

5.3 Požadavky na regulaci parametrů topné vody

Již jsme vícekrát zmínili, co všechno ovlivňuje otopnou soustavu, a zdůrazněny byly zejména vlivy po „divokém zateplování“. Zde nebude podán podrobný návod na stanovení parametrů obecně, jelikož pro každý dům platí jiné hodnoty, a proto není také možné provádět podrobné výpočty, které spadají do kompetence projektanta.

Jako příklad použijeme údaje z konkrétního objektu po zateplení. Příklad popíše i jakýsi postup, jak najít správné fyzikální parametry, tj. parametry, které zajistí, že instalované těleso například o výkonu 1000 W poskytne jen 500 W, pokud se tepelné ztráty objektu sníží na 50 % původně instalovaných před zateplením.

5.3.1 Analýza otopné soustavy a spotřeb tepla

Abychom mohli objektivně a fyzikálně správně zjistit skutečné využití stávající otopné soustavy (tedy výchozí stav před změnou – stav „0“ /nula/) a posoudit, jak bude zapotřebí nově nastavit stávající výkony instalované plochy (v novém stavu „1“/jedna/), je nutné analyzovat dostupná data nejen spotřeb, ale i stav a vybavenost otopné soustavy, vstupní a provozní parametry a také rozsah (stupeň) zateplení podle projektu, či energetického štítku, ap.). Tato analýza s návrhem na budoucí stav je stěžejní pro stanovení budoucích správných fyzikálních parametrů.

Co je k tomu zapotřebí?

- fakturované roční spotřeby tepla na vytápění, nejlépe za 3 a více let;
- dokumentace stávající otopné soustavy domu (v případě, že není, musí být proveden technický průzkum – počet, typ a velikost těles, dimenze jejich přípojek a typy ventilů, vybavení pat stoupaček a paty domu, parametry připojení);
- PENB, resp. protokol k průkazu či EA;
- v případě, že je třeba řešit také ekonomickou efektivitu technického řešení vytápění, je třeba znát platební podmínky = jednosložková sazba (Kč/GJ), dvousložková sazba A (sjednané + odebrané teplo), dvousložková sazba B (sjednané 1/4 h max P max + odebrané teplo), ev. roční náklady na teplo; součástí ad a/ by tedy měly být také uvedeny nejen uhrazené faktury, ale i ceníkové ceny (sazby);
- prohlídka a projednání stávajícího stavu na místě se zástupci objektu.

5.3.2 Výťah z analýzy konkrétní stavby

Předmětem analýzy je posouzení a vyhodnocení spotřeb tepla a provozních podmínek otopné soustavy v objektu 6podlažního panelového domu v Praze.

Stručný popis stávajícího stavu

Volně stojící panelový objekt se nachází ve výpočtové oblasti $t_e = -12\text{ °C}$.

Otopná soustava má instalováno celkem 264 ks ventilů na tělesech (TRV). Tělesa jsou osazena termostatickými ventily TRV. Na vnitřní ležatý rozvod, který je umístěn pod stropem suterénu, je napojeno 37 stoupaček (č. 26 – 37 jsou koupelňové průběžné registry z hladkých trubek).

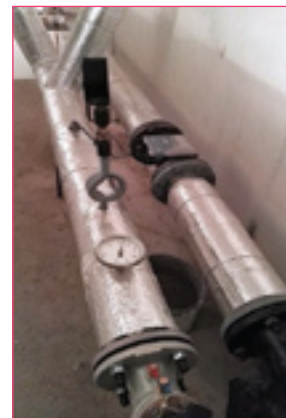
- instalovaný výkon otopných těles $\approx 356,5\text{ kW}$
- výpočtový průtok pro teplotní spád 90/70/20 °C $15,33\text{ m}^3/\text{h}$

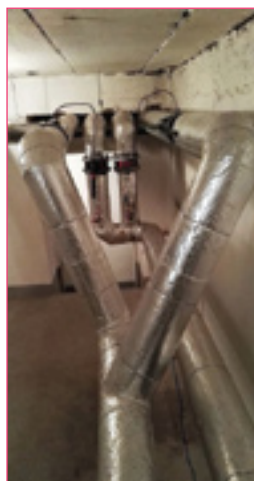


Topná voda je dodávána z ekvitermně regulované vnější tepelné sítě prostřednictvím předávací stanice PT, a.s., která je umístěná mimo dům a zásobuje další obdobné objekty v lokalitě. Z objektu 2504/24 je zajištěna také dodávka teplé vody, což není součástí této analýzy.

Objekt 2492-2494 je de facto na konci jedné zásobovací větve. Hlavní přívod (obr. vlevo) je vybaven filtrem před měřicí tratí a ručním seřizovacím ventilem Hydrocontrol DN65 s nastavením N2.0, což znamená při průtoku $8\text{ m}^3/\text{h}$ škrcení dispozičního tlaku ve výši cca 65 kPa (cca 0,6 barů).

Otopná soustava 2492-2495 je (obr. vpravo) osazena fakturačním kalorimetrem L&G DN80, $q_p = 40\text{ m}^3/\text{h}$ a $q_i(\text{min}) = 400\text{ litrů}/\text{h}$, který nahradil v letní odstávce před otopovou sezonou 2017/2018 předchozí kalorimetr se stavem 7115 GJ (podle papírové karty u nového kalorimetru).





Hlavní přívod se za fakturačním měřením rozděluje na 2 větve (viz vlevo), z nichž každá zásobuje 2 vchody. Vpravo je větev V2 pro vchod 2492 a 2294 a vlevo větve V1 pro vchody 4293 a 2495. Obě větve jsou osazeny automatickým omezovačem diferenčního tlaku DN40/50 DA516. Přesto dochází k hlukovým situacím v objektu.

Provozní parametry topné vody jsou nastavovány dodavatelem tepla na tzv. dodávanou ekvitermní teplotu topné vody, tj. v závislosti na teplotě venkovního vzduchu. Minimální teplota je nastavována pro nejméně zateplený objekt připojený na dodavatelskou síť. Z toho vyplývá, že jsou tyto teploty nadměrně vysoké pro dobře zateplené domy. Dodavatel tepla je povinen zajistit dostatečnou dodávku tepla pro všechny odběratele. Tím se stane, že je pro zateplené domy nabídka parametrů nadstandardní a bez fyzikálně správné transformace dodavatelských parametrů na odběratelské nelze technicky zajistit nejvyšší možnou úsporu = nejnižší možná spotřeba tepla pro vytápění.

Podle PENB z 08/2015 je objem budovy 16992 m³. Po zateplení je tepelný tok prostupem tepla konstrukcemi ve výši 3,015 kW/K, tj. 99,5 (100) kW. Tepelný tok při větrání s $i = 0,1$ je pak 18,8 kW a při $i = 0,5$ je příkon 94 kW.

Maximální ztráty jsou potom při $i = 0,5$ ve výši $(95+94) = 189$ kW.

Spotřeby tepla a plánování

Výkaz spotřeb – objekt 2492–2495 Praha					meziročně minus = úspora	převod kWh/D21
Rok	D21	GJ/r	GJ/D21	Poměr		
2010	4 577,1	2 332,00	0,5095	1,0000	0,0 %	141,526
2011	3 963,4	1 655,00	0,4175	0,8195	-18,0 %	115,983
2012	4 130,1	1 852,3	0,4485	0,8803	7,4 %	124,580
2013	4 284,10	1 970,60	0,4600	0,9028	2,6 %	127,772
2014	3 618,60	1 690,00	0,4670	0,9167	1,5 %	129,731
2015	3 816,80	1 833,00	0,4802	0,9426	2,8 %	133,401
2016	4 003,4	1 833,40	0,4580	0,8989	-4,6 %	127,211

Tabulka shrnuje spotřeby tepla vykázané objednatelem a ukazuje měrné spotřeby za posledních 7 let.

Zelená (tmavší) pole v tabulce jsou pole, kam se do výpočtu vkládají hodnoty databáze.

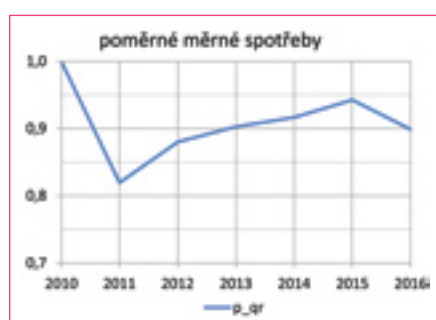
GJ/D21 je roční měrná spotřeba tepla q_r vypočítaná z množství spotřebovaného tepla v GJ/rok a počtu denostupňů, které vyjadřují intenzitu zimy v daném roce.

Poměr je poměr roční měrné spotřeby tepla každého roku k maximální hodnotě (byla v daném přehledu v roce 2010).

Meziročně je vyjádřen rozdíl měrných spotřeb mezi dvěma následujícími roky.

kWh/D21 je přepočítání GJ/D21 na kWh/D21.

Názornější výsledek tabulky je v následujícím grafu.



Vztažnost k maximu vyjadřuje podíly vůči sobě, tj. například dosažená roční poměrná hodnota v roce 2015 (viz tabulka), tedy číslo ve sloupci poměr = 0,9426 znamená, že v daném roce 2015 byl rozdíl roční měrné spotřeby $(1,000 - 0,9426) = 0,057$. Z toho plyne, že roční měrná spotřeba roku 2015 byla oproti maximu v roce 2010 o 5,7 % nižší. Stejný výklad principu platí pro všechny poměrné hodnoty.

Z grafu je patrné, že bylo dosaženo maxima roční měrné spotřeby, tj. 100 % v roce 2010, s minimem v roce 2011. Pokles je způsoben zřejmě některými technickými opatřeními provedenými SVJ.

Větší kolísání je způsobeno hlavně nevhodnou regulací a nedostatečnou ekvitermní metodou řízení potřeby tepla.

Správné je, když je poměrná spotřeba téměř přímkou. Značný vliv na spotřeby má také způsob chování uživatelů = správné používání termostatických hlavice. **Uživatelé mají výrazný negativní vliv na růst spotřeby tepla, pokud nastavují termostatické hlavice na maximum.** V tomto případě nejsou hlavice schopny ušetřit teplo z tělesa, pokud v místnosti existují tepelné zisky z oslunění a domácích spotřebičů, které jsou také tepelným zdrojem; o toto teplo lze odebrat méně tepla z otopné soustavy.

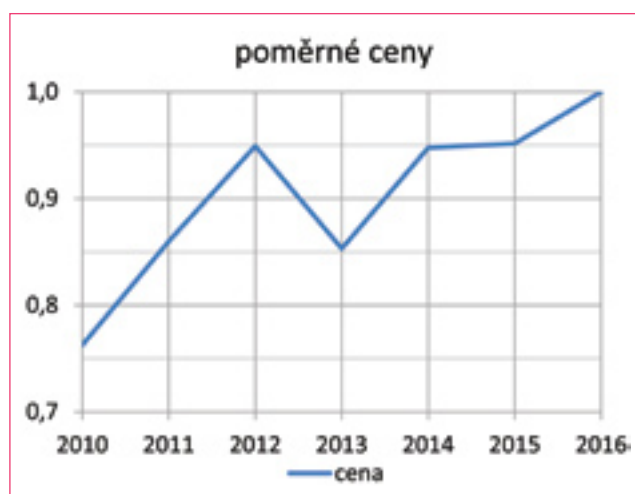
Rovněž provoz těles obdobně jako kamna (zatopit v. vyhasnout) způsobuje silné výkyvy ve výkonu zdroje tepla; namísto trvale průměrného vytápění se zavírají ventily těles a po jejich náhlém otevření pak také náhle zvyšují potřeby tepla ve vychlazeném bytě, aby nahradily deficit ztraceného tepla. Zejména se to projeví v sazbě „výkon – spotřeba“, kdy se projeví vytváření špiček až na 1,5násobek, což zvyšuje cenu tepla.

Vykazování a vyhodnocování jednorázových hodnot spotřeb tepla po uplynutí topné sezony nedává šanci úspěšně plánovat a průběžně řídit spotřeby tepla. Bez vybavení soustavy sběrem relevantních provozních dat a jejich použití v on-line zpětné vazbě nemůže přinášet všechny dosažitelné úspory tepla. Nejvyšších úspor lze dosáhnout pouze kontinuálním procesem řízení, tedy on-line.

Velmi nejistá je při plánování spotřeb předpověď intenzity zimy. Nejpřesnější hodnoty pro sestavení algoritmů řízení však může poskytnout dlouhodobá statistika z paměťové části moderního systému regulace SOOS na patě domu. Kvalitní regulace dokáže využívat okamžitých hodnot parametrů vedoucích k úsporám. Proto platí, že okamžité řízení parametrů topné vody musí být upřednostněno.

Spotřeba tepla je výrazně závislá na stupni zateplení a na úrovni regulace parametrů topné vody na patě domu. Každý odlišný stupeň zateplení, byť původně stejných objektů, potřebuje odlišné parametry topné vody pro vytápění.

Nákladovost otopné soustavy mohou ovlivnit také nesprávné metody a postupy při sjednávání odběrů tepla podle různých tarifů. Jde zpravidla o dvousložkové tarify:



A) „Sjednaná potřeba tepla a odebrané teplo“; zde se může zvýšit průměrná cena v Kč/GJ, když si uživatel z obavy velké zimy, která nepříjde, sjedná vysoké množství tepla. Sjednané teplo se platí, i když se neodebere. Kolísání měrné ceny tepla ukazuje tento graf.

B) „Sjednané výkonové maximum a odebrané teplo“; v této sazbě bývá průměrná cena v Kč/GJ silně ovlivněna výkonem a množstvím, ale hlavním nebezpečím je vytváření nepotřebných špiček (například po útlumu), což zvyšuje náklady. V tomto případě je nutné hlídat špičkový výkon, aby nepřekročil sjednanou mez; důsledkem jsou penále a zvýšení sjednaného výkonu na další období.

Technické řešení otopné soustavy

Hodnoty výkonů podle PENB vykazují, že i při nejvyšší intenzitě větrání $i = 0,5$ by potřeba výkonu po zateplení neměla překročit 193,42 kW. Výkon instalovaných těles je $\approx 356,5$ kW (více než dvojnásobný).

Podle ověřených zkušeností je však maximální intenzita v praxi pod hodnotou $i = 0,1$. Snížení spotřeby tepla na větrání se spíše využívá na zvýšení teploty vzduchu v místnostech.

Vydeme-li ze základního příkonu bez větrání a porovnáme-li jej s potřebným příkonem pro různé intenzity větrání, obdržíme výsledek, podle kterého bychom měli být schopni dodávat (dynamicky řídit) příkon ve výpočtovém stavu v rozpětí 99,5 kW až 193,42 kW, tj. 100 – 194 %. Prakticky cca od 15 % do 194 % - poměr cca 12,9x.

Za daného stavu, když je v objektu instalován výkon těles 356,5 kW, lze odvodit, že se maximální zatížení instalovaných těles po zateplení snižuje na $\approx 54,3$ %.

Toto značné snížení zatížení stávajících těles je jednoznačným argumentem k tomu, že prosté škrcení stávajícího průtoku v předdimenzované stávající předávací stanici a obyčejná ekvitermní regulace nejsou schopny na tyto rozdílné potřeby objektivně a dynamicky reagovat. Pouhé snížení průtoků na 30 % – 50 % zcela degraduje hydraulickou stabilitu otopné soustavy.

Z uvedených důvodů je třeba vypracovat nové technické vybavení předávacího místa, tj. vyprojektovat a instalovat stanici a provést nové seřízení otopné soustavy, což znamená zcela přepracovat princip řešení a převést otopnou soustavu na správné fyzikální parametry odpovídající stavu zateplení.

Z technického hlediska se proto musí postupovat takto:

- 1) Výpočtem (přepočtem) otopné soustavy **stanovit nové správné fyzikální parametry topné vody** (teploty, průtoky a diferenční tlaky) a podle nich provést 2/. Stanovení teplotních spádů, ap., nesmí být určeno tzv. odborným odhadem (volbou autora), musí být vždy určeno výpočtem.
- 2) Jako součást přepočtu otopné soustavy je posouzení technického stavu zařízení a doplnění projektu, který určí podrobnosti:
 - nastavení pro fyzické seřízení všech armatur těles a pat stoupaček;
 - dle výsledku přepočtu také ev. výměnu či opravy seřizovacích armatur, které nesplní potřebný rozsah nastavení;
 - přizpůsobení dodavatelských parametrů na parametry odběratele pro stav po zateplení.
- 3) Tam, kde po zateplení objektu není soulad mezi parametry dodavatele a potřeb odběratele, musí být pro zajištění vysoké kvality regulace s dynamickým řízením parametrů topné vody a stabilizací roční měrné spotřeby tepla:
 - vypracován projekt nové technologie pro vzájemné přizpůsobení technických parametrů dodavatele tepla na parametry, které potřebuje objekt vlastníka po zateplení.

Doporučuje se nová technologie na základě provedené analýzy a přepočtu otopné soustavy.

Souhrn všech výše uvedených postupů lze shrnout pod označení SOOS (Sofistikované Optimalizace Otopné Soustavy). Tato technologie vychází ze základů analýzy, z přepočtu otopné soustavy, z projektů na fyzické seřízení a z projektu přizpůsobení parametrů mezi dodavatelem a odběratelem). Komplexní řešení má nejvyšší potenciál úspor tepla, jelikož je zaměřeno na využití tepelných zisků, což klasická ekvitermní regulace nedokáže. Jde o stanici SOOS na bázi směšování či deskového výměníku.

Z mnoha možných technických řešení je technologie SOOS nejen **stabilnější, ale i dynamičtější**. Stabilita a dynamika není protimluv, jelikož dynamické řízení má zajistit podstatně lepší stabilitu měrné spotřeby tepla (co nejnižší) v daném objektu, tj. zamezit výkyvům měrné spotřeby tepla v GJ/D° (gigajoule na denostupeň), protože zohledňuje také intenzitu zimy – změny spotřeb v závislosti na změně průměrných teplot v otopném období roku.

Stabilita teplotních parametrů topné vody nemá umožňovat přetápění, a je důležitým prvkem pro dosažení úspor. Úspory při zachování standardního komfortu jsou podmíněny instalací kvalitní regulace s nepřetržitým snímáním všech relevantních dat a jejich přímým a okamžitým využitím v regulaci = zpětná vazba. Rovněž je vhodné programově provádět provozní odstávky v otopové sezoně, pokud se vyskytují dny či hodiny s vyšší teplotou venkovního vzduchu a příkon tepla se stává nadbytečným i při regulaci na technické minimum. Velké zdroje tepla se v otopném období nevypínají a nepřetržitě dodávají ekvitermně regulované teplo. Tyto velké zdroje mají určitou setrvačnost, která neumožňuje z hlediska optimalizace tepelných ztrát provádět krátkodobé od-

stávky a starty. Nežádoucím dodávkám tepla lze zabránit na patě domu, jelikož jsou v jednotlivých domech podstatně kratší doby chladnutí a tzv. „náběhů“ na potřebný provozní stav.

Jak již bylo zmíněno, také plánování spotřeby má svůj dopad na náklady za teplo; bez vybavení stanice potřebnými paměťovými prvky pro dlouhodobý sběr a ukládání provozních dat nelze provádět jak přímou zpětnou vazbu, tak dostatečně přesné vyhodnocení provozu. Četná data umožňují také objektivizaci parametrů při eventuálních reklamacích. Technologie SOOS je vybavena potřebnými díly pro dlouhodobou paměť s možností záznamu všech dat s vysokou četností, což také umožňuje působení přímou zpětnou vazbou na okamžité řízení spotřeby tepla a lépe stabilizuje řízení parametrů topné vody oproti ekvitermní regulaci. Provozní parametry jsou tak udržovány ve stanovených „mantinelech“ pro hospodárny provoz.

Současně se tím odstraňují doprovodné projevy, jakým je hluk, ap. Ekvitermní regulace to neumí. Klasická ekvitermní regulace (pouze podle venkovního teploměru umístěného ve stínu) nedokáže reagovat na tepelné zisky, které lze využít k tomu, aby se v době jejich existence mohl odběr tepla z těles omezit, či zcela zastavit. U zateplených domů je tento přínos vyšší než u málo zateplených nebo vůbec nezateplených domů.

Významným příspěvkem pro úspory tepla bývá také rozdělení otopné soustavy podle orientace objektu na zóny, například sever – jih, či východ – západ. Přínos tohoto rozdělení je v tom, že je možné při oslunění omezovat vytápění té či oné zóny, a tím ušetřit teplo.

Realizaci všech potřebných kroků po zateplení objektu je třeba rozdělit na tři etapy:

- I.) Přípravné práce spočívající v přepočtu otopné soustavy na stav po zateplení, stanovení správných fyzikálních parametrů na patě domu, výpočet nastavení seřizovacích armatur na tělesech a patách stoupaček, včetně navržení nezbytné výměny, pokud nevyhovují z hydraulického hlediska, a projekt technologie SOOS na patě domu pro sofistikované a optimalizované řízení spotřeby tepla.
- II.) Výměny či opravy (pokud je to třeba) seřizovacích armatur na tělesech a patách stoupaček, včetně fyzického seřízení podle projektu I. etapy, aby tím byla odběratelská část otopné soustavy připravena na instalaci a použití směšování či deskového výměníku – viz III. etapa.
- III.) Výměna technologie na patě domu (podle projektu, dle I. etapy), tj. demontáže, instalace, oživení m+r, spuštění, zkušební provoz a doladění.

ZÁVĚRY (analýzy z hlediska odhadu návratnosti investice)

Z výše uvedených popisů vyplývá, že je nezbytné upravit parametry stávající otopné soustavy na stav po zateplení.

Všechna opatření, včetně samotného zateplení, mohou přinést snížení nákladů:

- a) Zateplením budovy dodatkovou tepelnou izolací 160 mm, atp., podle PENB lze očekávat úspory ve výši cca 500 GJ/rok, což je při ceně 623,- Kč/GJ úspora 311,5 tis. Kč/rok.

Úspora zateplením se odhaduje na částku 311,5 tis. Kč/rok.

- b) Úsporami tepla z otopných těles vlivem tepelných zisků mezi 15 – 20 % z možných 25 – 35 %. Při přibližné průměrné spotřebě tepla v letech 2012 – 2016 ve výši 1880 GJ/r by mohla být úspora $(1880-980) = 900 \times 0,2 = 180$ GJ/r, což je při ceně 623,- Kč/GJ přínos cca 112,1 tis. Kč/rok.

- c) Vlivem lepšího sjednávání spotřeby tepla a automatickou regulací maxima již na vstupu do objektu by mohl být přínos cca 5 % z 900 GJ/r, tj. do cca 28 tis. Kč.

Úspora pomocí SOOS a regulací (b/ + c/) se odhaduje na částku 140,1 tis. Kč/rok.

– bude-li odhadovaný přínos cca 140,1 tis. Kč/rok pouze z úspor regulací SOOS a lepším plánováním, potom by byla prostá návratnost stanice při ceně cca 580 tis. Kč a předpokládané úspoře 140 tis. Kč 4,14 roku. Pokud zahrneme do návratnosti veškeré náklady, potom bude prostá návratnost za delší dobu, odhadem do 5 let.

Z hlediska úspor se jedná o přijatelnou mez návratnosti; kromě jiných benefitů (odstranění hlučnosti, přetápění, ap.) při provozu takové stanice.

Po fyzickém seřízení termostatických ventilů na základě přepočtu otopné soustavy bude nutné technologii SOOS, která automaticky a účinně „hospodaří“ teplem, doladit parametry podle zkušebního provozu, který má být součástí dodávky.

Poznámka:

Do doby návratnosti investice nelze zahrnovat náklady na opravy, doplnění či rekonstrukci, která může přinášet víceméně malé úspory, ale udržuje dobrý technický stav vybavení domu. Nositelem úspor je SOOS technologie (ev. doplněná o zóny a seřízení na podkladě přepočtu otopné soustavy).

Do doby návratnosti by se neměly započítávat výměnu ventilů, doplnění šroubení, atd., neboť se jedná o opravy, ne o úsporná opatření, i když nové výrobky mají drobné benefity v úsporách. Předběžný odhad nákladů bude upřesněn až po vypracování projektu na dodávku, montáž a zprovoznění technologie SOOS.

5.4 Energeticky vědomá rekonstrukce vytápění

Energeticky vědomá rekonstrukce v oblasti vytápění znamená, že již v přípravě takového projektu musí být promyšleny nejen všechny konstrukční, ale zejména budoucí provozní a ekonomické otázky, aby bylo zajištěno vytápění s minimem investičních a zejména provozních nákladů. Za tím účelem musí být výsledek založen na technologii, která bude technicky řešena s ohledem na podmínky hospodaření teplem, tj. na sofistikované optimalizaci provozních stavů, které zajistí:

- minimalizaci nežádoucích tepelných ztrát;
- vybavení uživatelsky vhodnými prvky pro správné seřízení těles, s termostatickými hlavicemi, ap., včetně možnosti jejich individuálního odpojení (šroubení);
- výpočtem optimálních parametrů topné vody, tj. fyzikálně správných, které neumožní přetápění místností nad rámec pravidel vytápění;
- možnost nastavení hydraulických veličin na patách stoupaček;
- instalaci nepřetržitě automatické regulace s okamžitou zpětnou vazbou na řízení parametrů topné vody, tj. se zaměřením na vytvoření transformace dodávaných parametrů topné vody na individuální parametry připojené uživatelské části otopné soustavy;
- aby byla do regulátoru na patě domu zabudována možnost komunikace správce pro potřeby alarmů s možností odstranění poruch a závad, ovládání prvků stanice na dálku, dálkovou správu stanic, tvorbu databáze naměřených parametrů s možností zpětné kontroly pomocí dálkové správy;
- možnost on-line sledování vybraných dat na PC pro informaci vlastníka či správce.

K tomu, aby soustava pracovala efektivně nestačí pouze instalace nových moderních prvků či zařízení předávacích (nebo výměňkových) stanic. Když nebude stanice vybavena kvalitními algoritmy řízení provozu, ani tak moderní zařízení nemusí přinést předpokládaný efekt.

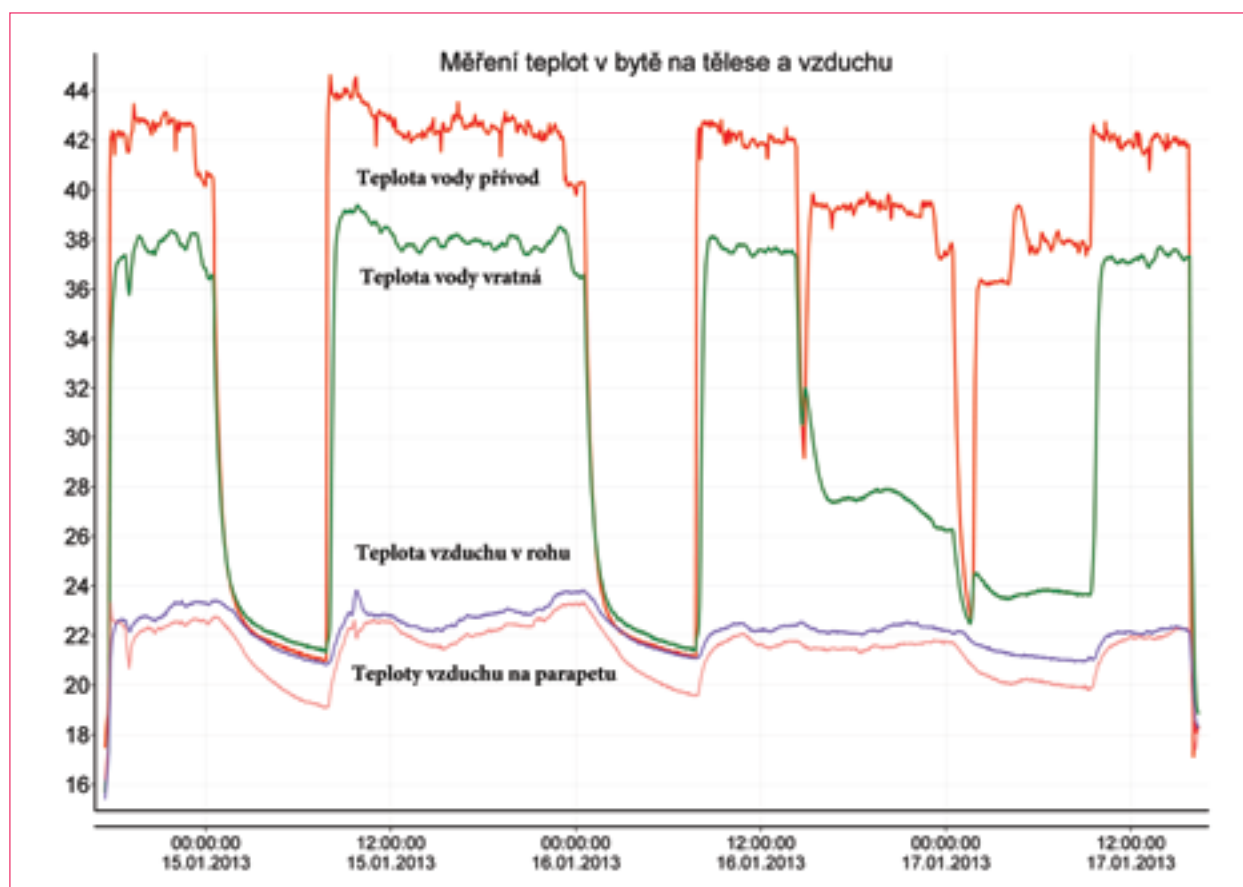
Na úsporném provozu se tedy musejí podílet jak instalovaná technika, tak i uživatelé, kteří svým počínáním mohou značně ovlivnit spotřebu tepla a také maximum výkonu, jehož překročení bývá podle obchodních podmínek penalizováno.

5.4.1 Náhodné a nesourodé počínání

Uživatel – koncový spotřebitel tepla – významným způsobem může ovlivňovat spotřeby tepla. Existují de facto možnosti, které jsou uvedeny v základní rovnici (1); jsou to zejména teploty ve vytápěné místnosti, které silně ovlivňují výši tepelných ztrát prostupy tepla a větráním. Výrazný vliv má i orientace místnosti s ohledem na oslunění (např. sever – jih); a méně významné je ovlivňování spotřeby tepla, když jsou mezi místnostmi teplotní rozdíly a teplo uniká z teplejší místnosti do chladnější. To může být jak mezi byty, tak v rámci bytu.

Výrazné jsou prostupy tepla mezi sousedy, když někteří prakticky často či dlouhodobě uměle uzavírají ventily na tělesech, a tím čerpají teplo od sousedů. Někdy uživatelé téměř nevětrají a existují příklady, kdy není odváděna vlhkost z bytu a koncentrace vodní páry se hromadí až k hodnotě rosného bodu na povrchu stěn a pak na nich kondenzuje, čímž vytváří podmínky pro množení plísní.

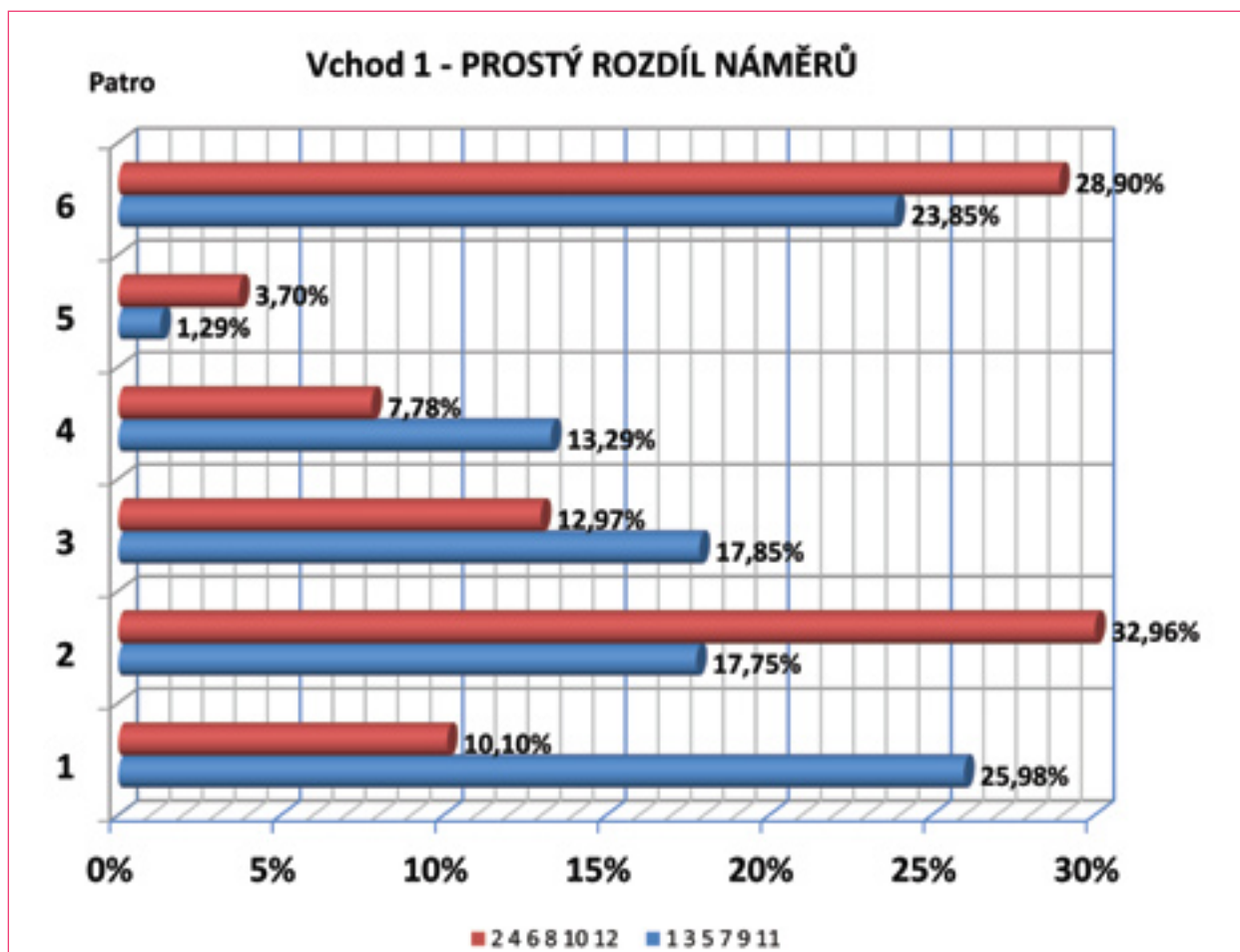
Graf 2



Tento graf 2 pouze ilustruje dosti časté a podobné průběhy teplot naměřených na tělesech v místnostech. Horní křivka ukazuje teplotu na přívodu do tělesa, nižší je teplota vratné vody a dvě nejnižší křivky jsou teploty vzduchu; za noc bez vytápění (propad teplot na tělese) klesla teplota na parapetu okna (nejnižší křivka) na 19 – 20 °C a v rohu místnosti, cca 0,5 m od zdi, neklesla pod 21 °C. V době vytápění byla teplota vzduchu 22 – 23 °C. Měření bylo provedeno v důsledku stížnosti uživatele, že „topení nefunguje“. Je zcela logické, že když není těleso cca 6 – 7 hodin v provozu, tedy téměř 30 % celého dne, pak tato kapacita nemůže stačit na pokrytí celodenní potřeby tepla. Při náběhu teploty je patrný nárůst – jak na přívodu, tak na vratce –, který zvyšuje špičku výkonu ≈ navýšení maxima výkonu.

Následující graf 3 pro změnu dokumentuje značné rozdíly spotřeby tepla v důsledku nesourodého počinání v kombinaci s hodnotami vypočítanými z údajů indikátorů pro rozdělování nákladů za teplo na tělesech. Jde o byty v jednom vchodě – jedny jsou vpravo od schodiště, druhé vlevo od schodiště.

Graf 3



Jde o typickou ukázkou, kdy v předposledním patře se prakticky nevytápí, zato v posledním již nemá kdo teplem přispět.

Uvedené ukázky grafů poskytují jasný obraz o tom, že nelze ponechat parametry teplot a tlaků bez regulace, jinak dochází ke značným hydraulickým destabilizacím s hlukovými projevy a také k teplotní nestabilitě. Rovněž je nutná osvěta, jak správně provozovat vytápění.

5.4.2 Uvědomělé počínání správce a uživatele – seřizování a nastavování

Bez uvědomělého počínání uživatelů je často nemožné uvést otopnou soustavu na úroveň bez hlukových projevů, bez plýtváním teplem a bez dalších poruch v distribuci tepla (nerovnoměrné zatékání, snížené průtoky mimo optimální charakteristiky seřizovacích armatur, ap.).

Správný chod otopného tělesa vyžaduje:

- a) nastavení fyzikálně správných parametrů topné vody na patě domu a stoupačkách (optimalizovaná regulace).

V této souvislosti je vhodné objasnit také pojem Automatický regulátor diferenčního tlaku (AODT) paty stoupačky nebo paty domu. Jde o často neúplné vymezení funkce, v drtivé většině AODT pouze omezuje nastavený přebytek existujícího přetlaku, není však schopen dle potřeby tlakovou diferencii zvýšit, pokud se tak nestane na vstupu do objektu, a proto nesplňuje funkci regulátoru. Například by to mohl být regulátor otáček motoru, kterým lze snižovat i zvyšovat otáčky.

- b) nastavení tlakové difference a průtoku na tělese ventilu (vypočítá projektant a nastavení provede odborný topenář).

- c) nastavení tlakové diference na regulačním šroubení tělesa s uzavírací funkcí (nastavení – pokud je třeba – vypočítá projektant a nastavení provede odborný topenář).
- d) nastavení termostatické hlavice na rysce nebo čísla, které odpovídá teplotě vzduchu v místnosti podle pravidel vytápění – viz teploty stanovené ve vyhl. 194/2007 Sb. (**nastavení provádí uživatel sám podle návodu**).

Podmínkou pro takto určené seřízení (nastavení) určuje vyhl. 193/2007 Sb., která ukládá ohřívat topnou vodu jen na takovou teplotu, která zajistí stanovené teploty v místnostech, což znamená, že topná voda nemá mít zbytečně ani vyšší, ani nižší teplotu, která odpovídá fyzikálním parametrům tepelných ztrát místnosti. Potřebujeme-li z tělesa o instalovaném výkonu 1000 W pouze 300 W, musíme při jmenovitém průtoku zajistit snížení teplot topné vody.

Přepočet správných fyzikálních parametrů provede projektant – vychází z rovnic sdílení tepla, podle rovnic (2) a (3), kde je:

- ϕ_{ts} ... zatížení tělesa (*exponent 1,33 je nutné volit podle typu tělesa – viz podklady výrobce*)
- Δt_s ... střední logaritmický teplotní spád (*mezi střední teplotou topné vody a teplotou vzduchu v místnosti – číslo 60 ve vzorci je zaokrouhlený teplotní rozdíl při jmenovitém teplotním spádu 90/70/20 °C*)
- t_p ... teplota vody – přívod
- t_z ... teplota vody – zpátečka
- t_a ... teplota vzduchu v místnosti

$$\phi_{ts} = \left(\frac{\Delta t_s}{60} \right)^{1,33} \quad (2) \quad (3) \quad \Delta t_s = \frac{t_p - t_z}{\ln \frac{t_p - t_a}{t_z - t_a}}$$

Jak jsme uvedli v kapitole 5.1.2, jsou v průběhu otopové sezony různé požadavky na okamžitý výkon, na které musí zdroj tepla reagovat, což je úkolem kvalitní regulace.

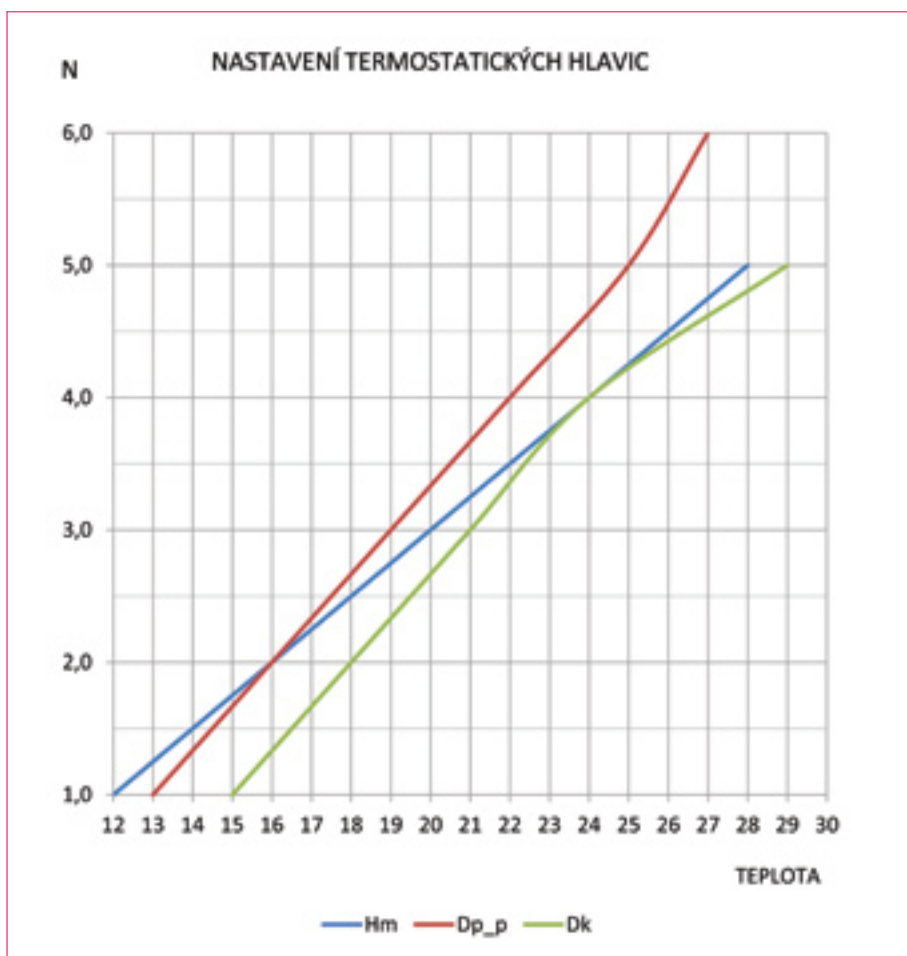
Uživatel nemá možnost zvyšovat teplotu topné vody.

Uživatel by měl k uvědomělému provozu v zájmu úspor tepla přistupovat tak, že:

- nebude zbytečně provádět útlumy – po útlumu vzniká nárůst výkonu na 150 až 250 % = zvýšení maxima = zvýšené celoroční náklady za výkon;
- omezí požadavky na individuální odlišnosti v teplotách vytápěných místností na hodnoty podle projektu (nebude přetápět či odstavovat tělesa z provozu). Otopná soustava jako celek není konstruována tak, aby byla schopna reagovat na individuální a extrémní požadavky. Požadavky nad rámec pravidel vytápění (projektu) nelze ani z ekonomických důvodů u každého tělesa individuálně zajistit.
- nikdy neprovádět svépomocné zásahy do instalované techniky vytápění – na společné otopné soustavě lze tím způsobit zhoršení vlastního tepelného komfortu a poškození práva souseda na vytápění podle projektu.

Graf 4 znázorňuje, že ani termostatické hlavice nemají naprosto stejné charakteristiky nastavení. Když se podíváme na osu „x“ a na hodnotu 20 °C, zjistíme, že na jednom typu hlavice musíme nastavit (čteme na ose „y“) v jednom případě číslo cca 2.6, ve druhém případě (výše) číslo 3.0 a ve třetím až skoro 3.4.

Graf 4



Proto je třeba vždy ověřovat u výrobce termostatické hlavice, jaký je průběh charakteristiky pro nastavení teplot podle značek na hlavici.

Tato skutečnost bývá velmi často podstatou nedorozumění uživatele s provozovatelem či správcem, jelikož bývá zaznamenána četná stížnost v duchu: „Mám hlavici nastavenou na 2,0, a ono to netopí...“ Z grafu je patrné, že při uvedeném nastavení si uživatel de facto zvolil teplotu 16 až 18 °C (tedy podle typu hlavice), ale stěžuje si, že nemá v bytě ani 20 °C... Při nastavení na 2,0 lze mít teplotu v bytě i přes 20 °C jen za předpokladu, že existují tepelné tisky, kterými jsou hrazeny tepelné ztráty (například dobře vytápí soused, nebo svítí slunce, či se produkuje teplo v domácnosti, třeba TV, žehlička, ap.).

Doposud bylo popisováno seřízení a nastavování v době vytápění. V současné době je ekonomicky posuzována část roku od ledna do konce května a od cca září do konce prosince, nikoliv jako topná sezona – například 2016/2017, atp.

V době odstávky v průběhu června až září, kdy není žádný příkon tepla do těles, bývá častým zlovykem ponechávat termostatické hlavice v poloze uzavřeno. V tomto stavu dochází nejen ke zbytečnému namáhání „vlnovce“ v hlavici, který automaticky ovládá polohu kuželky ve ventilu. V letní době jsou poměrně vysoké teploty v místnostech a v osluněných nejvíce, a ve „vlnovci“ působí vysoký tlak vlivem dilatace náplně. Jde tedy o neodůvodněné působení tlaku, protože v době odstávky není co regulovat. Tento vysoký tlak působí na materiál, trvalé namáhání snižuje jeho životnost.

V takto uzavřeném tělese v horní části se hromadí vzduch a eventuálně jiné plyny, které se zdržují v tělese; k tomu napomáhá i změna objemu vody v tělese. Při zahájení podzimní části vytápění již dochází k ohřevu vody, a pokud bude ventil otevřen až poté, rychlost proudění topné vody směrem do tělesa působí proti snaze proudy vzduchu, který by měl tímto ventilem proudit do přívodního

potrubí stoupačky. Proud vody tedy omezuje únik vzduchu z tělesa. Pokud by byl ventil v odstávce plně otevřen, omezí se nejen zbytečné namáhání materiálu termostatické hlavice a sedla kuželky, ale po celou dobu odstávky může snadno unikat plyn z tělesa do horních podlaží, kde se potom nejvíce hromadí v nejnvýše položených tělesech.

Tento způsob manipulace (v odstávce otevřené ventily) sice způsobí zavzdušnění těles, ale jen v horním nebo horních podlažích; podle vybavení odvzdušňovacími armaturami se tato tělesa automaticky odvzdušní, případně bude úkon odvzdušnění soustředěn pouze na podstatně menší část podlaží. Toto řešení s otevřeným ventilem, zejména ve více podlažních domech (až 14 podlaží) výrazně zkrátí dobu odvzdušnění, která se někdy „vleče“ i 2 měsíce, protože níže položená tělesa nemají odvzdušňovací ventily a uvězněný vzduch musí odborně vypustit pouze školený a zkušený topenář, nikoliv uživatel místnosti. Na tělesech s odvzdušňovacími ventily (OV) je z bezpečnostních důvodů zakazováno odvzdušňovat tím, že bude nějakým nástrojem tzv. povolen celý OV, tj. odšroubováván. Tlak topné vody a příp. vysoká teplota jsou nebezpečí, která mohou způsobit u vysokoteplotních soustav i zaplavení bytu a sousedů pod ním, či vlivem teploty značně poškodit některé materiály v bytě. Nehledě k tomu, je v řadě případů topná voda znečištěná, ba někdy až černá.

Zejména po opravách otopné soustavy v odstávkách může probíhat vypouštění vody ve značném rozsahu, a to samo o sobě po uvedení do provozu přináší do těles velké množství vzduchu.

Závěr je tedy ten, že uživatel má ponechat v době odstávky plně otevřené ventily na tělesech a až po několika dnech (cca po týdnu) upravit nastavení hlavice na předepsanou hodnotu.

Sníží se tím pracnost odvzdušňování, odstraní se celá řada případů s komentářem „ono to netopí“ a sníží se tím také náklady na údržbu.

5.4.3 Uvědomělé počínání uživatele – výměny a záměny těles

Předem je třeba uvést, že výměna a záměna není totéž.

Při výměně tělesa nahrazujeme stávající (například vadné) těleso stejným typem a velikostí vyměňovaného tělesa, případně včetně stejných přípojovacích armatur (ventil, hlavice, šroubení). Tato výměna de facto není problematická, pokud těleso zůstane na stejném místě a na stejné přípojce ke stoupačce. Je vhodné ji provést v době odstávky, kdy lze snadno vypustit příslušnou stoupačku bez vlivu na ostatní tělesa v soustavě.

Záměnu těles nemá provádět uživatel ani za odborného provádění vyškoleným topenářem či instalatérem.

Bez odborného posouzení a návrhu projektantem se nedoporučuje provádět záměny těles a často nestačí ani to, že ji provádí topenář – instalatér, který se běžně nezabývá výpočty podle uvedených rovnic.

Jak je patrné z rovnice (2), výkon určitého typu tělesa má charakteristickou křivku průběhu výkonu, která je závislá na teplotním exponentu „n“ (v rovnici použitý $n = 1,33$). Pro různé typy otopných ploch se mění a pro zachování původně instalovaného výkonu se podle výpočtů potom určují i teploty topné vody.

Exponenty „n“ se pohybují v mezích:

– podlahová otopná plocha	1,10
– desková otopná tělesa	1,26 – 1,33
– trubková koupelňová otopná tělesa	1,20 – 1,30
– tělesa podle DIN 4703	1,30
– konvektory	1,30 – 1,50
– konvektory s ventilátorem	1,05 – 1,20

I když bude mít za stejných výpočtových teplot v místnosti původní a nové otopné těleso stejný výkon i teplotu na přívodu, nebude již shoda při snížených výkonech v počátku a na konci otopné sezony (vyšší venkovní teploty). Výkon náhradního tělesa musí být zvolen za stejných definovaných podmínek, tj. nesmí být porovnáván výkon původního tělesa pro navržený teplotní spád 90/70/20 °C a nového tělesa pro aktuální teplotní spád dodavatelské sítě, např. 80/60/20 °C.

Tělesa také nemají totožné hydraulické odpory, a proto je nutné posoudit také seřízení hodnoty Kv ventilu na tělese, eventuálně včetně spodního šroubení. V praxi se lze setkat s případy, kdy je enormně zmenšen průtočný profil trubky přípojky tělesa ke stoupačce, případně se prodlouží délka, což způsobuje zvýšení hydraulického odporu, a to může vést ke sníženému zatékání tělesa s dopadem na snížení výkonu tělesa.

Rovněž je nutné posoudit umístění nového tělesa, jelikož je odlišné sdílení tepla z tělesa do vzduchu, když je těleso pod oknem s chladnými proudy, pod parapetem, v zákrytu, ap., než třeba sdílení z tělesa umístěného u některé vnitřní zdi.

Nesourodé požadavky na teplotu topné vody jsou také při použití různých typů konvektorů (vysokých, podlahových, bez ventilátoru či s ventilátorem, atd.). Tato proměnlivost fyzikálně potřebných parametrů pro odlišné typy a velikosti těles způsobuje, že otopná soustava nemůže pracovat proporcionálně správně, tedy podle otopových křivek stanovených pro drtivou většinu původně instalovaných těles.

Z uvedených důvodů se doporučuje provádět pouze výměny tělesa původním nebo obdobným typem. V opačném případě může dojít k teplotní i hydraulické nestabilitě celé společné otopné soustavy.

5.4.4 Uvědomělé počínání uživatele – rekonstrukce a výměny armatur otopné soustavy

Problematika optimální životnosti armatur není za každou cenu podmíněna předpisy o ekonomické životnosti (odpisech), i když určité vazby v tomto směru existují.

Z praxe je patrné, že se názory na toto téma liší, jelikož není výjimkou, když dodavatel (prodejce) armatur například u kategorií termostatických ventilů deklaruje životnost svých výrobků na dobu 25 – 30 let. Jde zpravidla o bližší detailně nespecifikované provozní podmínky, i když se uvádí, jaké vlastnosti má mít topná voda, a existují návody na montáž a používání. Jde zpravidla o určité deklarace, které nemají jasný podklad v argumentaci ohledně jakéhosi objektivního posouzení okolností provozu, technických a technologických podmínek provozu, ověřitelného zadokumentování rozsahu a kvality péče a také četnosti typů a rozsahu oprav částí armatur (například zatuhlost a její příčiny, nebo v některých případech jde o solné zbytky u těsnících spojů, u kterých není zkoumáno a zaznamenáno, zda je to způsobeno nadměrným množstvím solí, či normálním množstvím solí s nedostatečným dotažením konstrukčních spojů, ap., či opotřebením závitů matic a šroubení, atd.

Pro rozhodnutí o termínu výměny či záměny by bylo nutné mít také statistiku oprav a jejich povahy v průběhu doby od počátku montáže s popisem zjištěné příčiny opravy. Pokud tomuto tak není, což je obecně dáno a přijímáno, pak vlastně není dostatečný podklad ani o celkových nákladech vynaložených na opravy za dosavadní dobu života armatur.

Z těchto důvodů pak značně závisí na celkovém postoji uživatelů a citlivém posouzení, zda existuje vůle uživatelů stav změnit. Samozřejmě by nemělo existovat nekvalifikované rozhodnutí bez odborného posouzení provozních a technických argumentů. Je tedy na správcích otopných soustav, aby postupně zavedli kvalifikovanou a vypovídající statistiku událostí a příčin i jejich četnost s podrobnějším posouzením alespoň statisticky vybraného počtu armatur.

Posouzení doby výměny či záměny a rozsahu následné údržby je prozatím ve stadiu, kdy je nutné veškeré činnosti s tímto problémem teprve deklarovat, popsat a zavést do praxe vyšší stupeň sledování a vyhodnocování pro konečná rozhodnutí.

6 REKONSTRUKCE OTOPNÝCH SOUSTAV

Ing. Jiří Matějček, CSc.

6.1. Úvod

Předpokladem úspěšné rekonstrukce otopných soustav je smlouva o dílo. Jednotlivé oddíly smlouvy zpravidla tvoří nebo kontrolují právníci.

Objednatel musí co nejpřesněji vymezit předmět díla. Často je dílo prováděno bez projektové dokumentace na základě výpisu materiálu, případně podle dokumentace pro výběr zhotovitele. V některých případech je dílo zhotoveno podle ideových schémat pro instalaci kotlů, solární techniky či tepelných čerpadel. Může se stát, že neodborně instalovaný kvalitní a drahý zdroj tepla nebude efektivně pracovat a jeho životnost bude nízká.

Smlouvu o dílo je dobré rozdělit do dvou částí. Nejprve uzavřít smlouvu na zhotovení projektové dokumentace podle požadavků investora. Následně uzavřít smlouvu na zhotovení díla. Cenu za dílo je možné stanovit až na základě výpisu materiálu, který je součástí projektu.

Pro vlastní realizaci díla doporučuji objednat technický dozor investora. Technický dozor investora je investor povinen zajistit u všech akcí financovaných ze státních prostředků dle §152, odst. 4 Stavebního zákona.

Technický dozor zajistí mj. řádné vedení montážního deníku. Informace z montážního deníku jsou velmi důležité. Dojde-li k soudnímu sporu, může znalec zjistit, kdo se dopustil chyby, a nese odpovědnost za případné vady a nedostatky.

Technický dozor zkontroluje, zda fakturované částky za materiál i práce byly provedeny v souladu s projektem. V některých případech ušetří značné částky financí.

Zajistí řádné provedení zkoušek těsnosti a provedení funkčních zkoušek dle platných norem.

Každé technické zařízení vyžaduje určité podmínky pro svoji správnou funkci a dlouhou životnost. Obojí může do značné míry ovlivnit projektant.

Projektant by měl být obeznámen s vhodným používáním konstrukčních materiálů a jejich kombinací z hlediska možné nadměrné koroze a zkrácení životnosti otopné soustavy.

Korozní procesy probíhající v otopných soustavách způsobují materiálové škody, zkracují životnost technických zařízení, způsobují funkční problémy a podílí se na zvýšené hlučnosti.

Projektanta, instalátéra i provozovatele otopných soustav by mělo především zajímat, jak výše uvedené nepříznivé jevy omezit na minimum.

6.2 Koroze vyskytující se v teplovodních otopných soustavách

Podle příčin vzniku a podle mechanismů, jakými koroze ve vodním prostředí vzniká, rozlišujeme korozi chemickou, elektrochemickou a biologickou.

Koroze chemické a elektrochemické se zpravidla ve vodním prostředí vyskytují současně a není mezi nimi zásadní rozdíl.

Každý konstrukční materiál se vyznačuje standardním elektrochemickým potenciálem.

Standardní potenciál kovu je aktivita kovových iontů v roztoku za standardních podmínek (teplota $T = 293,15 \text{ K}$, tlak $P = 101325 \text{ Pa}$). Standardní potenciál charakterizuje snahu kovu přecházet do oxidovaného stavu a uvolňovat elektrony. Kovy ušlechtilé, tj. s vyšším standardním potenciálem, mají tuto snahu menší než kovy s nižším standardním potenciálem.

Standardní potenciály konstrukčních kovů nemají absolutní význam. Praktický význam má pouze vzájemné srovnání potenciálů konstrukčních materiálů použitých v konkrétní otopné soustavě.

Při rozdílných teplotách se rozdíly elektrochemických potenciálů oproti standardním hodnotám mění. Důsledkem rozdílných teplot materiálů je zpravidla větší rozdíl potenciálů.

Spojením dvou kovů s rozdílným elektrochemickým potenciálem vzniká makročlánek.

Mezi oběma kovy probíhá měřitelný elektrický proud.

Korozi je až na malé výjimky více postižen konstrukční materiál s nižším elektrochemickým potenciálem, tj. materiál méně ušlechtilý. V některých případech koroduje oproti předpokladům materiál ušlechtlejší.

Existuje tzv. vzájemná výměnná proudová hustota, jejíž velikost určuje rychlost koroze v aktivním stavu. Někdy je rychlost koroze s větší výměnnou proudovou hustotou větší, ačkoliv podle standardního potenciálu by tomu mělo být naopak.

Intenzita výměnné proudové hustoty závisí na vlastnostech teplotnosné kapaliny.

K elektrochemické korozi může docházet i v případě, že není přímé spojení dvou kovů s různým potenciálem. Např.: Přeneseli se prouděním kapaliny malé množství korozních produktů mědi na povrch železa, dojde k vytvoření korozních článků na celém povrchu železa. Vložením části plastového potrubí mezi měděné a ocelové potrubí, korozi nezabráníme. Změní se však charakter korozního napadení. Při přímém spojení dvou rozdílných kovů je nejvyšší proudová hustota v místě spoje. Proto jsou spoje nejvíce ohroženy a dochází v těchto místech ke vzniku netěsností způsobených korozi.

Důležitou veličinou pro rychlost korozních procesů ve vodním prostředí je **poměr velikosti ploch rozdílných materiálů** i rychlost a směr proudění teplotnosné kapaliny. Rychlost koroze méně ušlechtilého kovu vzrůstá s rostoucím podílem ušlechtilého kovu.

K elektrochemické korozi může docházet i v rámci mikrostruktury kovů a jejich slitin. Rychlost koroze závisí na chemickém složení materiálu, homogenitě a případném obsahu nekovových vměstků (grafit, karbidy, aj.).

Jsou-li v otopné soustavě použity konstrukční materiály s výrazně rozdílným potenciálem, dochází ve vodním prostředí ke korozi za současného uvolňování plynů, nejčastěji vodíku.

Tabulka standardních elektrochemických potenciálů některých prvků:

hořčík	Mg	-2,370 V
hliník	Al	-1,660 V
zinek	Zn	-0,763 V
železo	Fe	-0,440 V
nikl	Ni	-0,250 V
čín	Sn	-0,136 V
olovo	Pb	-0,356 V
vodík	H ₂	0,000 V
měď	Cu	+0,137 V
stříbro	Ag	+0,799 V
zlato	Au	+1,500 V

6.3 Jak omezit korozi v otopných soustavách

Nepoužívat konstrukční materiály s příliš velkým rozdílem elektrochemických potenciálů. Kombinace materiálů měď – ocel je použitelná za určitých podmínek. Podíl mědi je nutné omezit.

Pokud je to možné, nepoužívat ocelové potrubí v soustavách s měděnými rozvody a s výměníky tepla s měděnou teplosměnnou plochou. V některých případech bývá část potrubí z mědi a potrubí velkých dimenzí z oceli. Bude-li se v soustavě vyskytovat měď a ocel, budou korodovat ocelové části. Čím bude větší podíl měděného povrchu, tím bude koroze ocelových částí rychlejší.

Nejčastější konstrukční materiály používané v otopných soustavách jsou ocel, měď, nerez.

Často se používají akumulární výměníky tepla pro přípravu teplé vody z nerez. Nerez je mnoho druhů. Jsou to korozivzdorné oceli stabilizované legujícími přísadami. Nejběžněji používanými legujícími prvky jsou chrom, nikl a molybden. Nerez nižší kvality má vůči mědi mírně záporný elektrochemický potenciál. Je tedy v soustavách s velkým podílem mědi ohrožen elektrochemickou korozi. Kvalitní výměníky tepla jsou z materiálu stabilizovaného přísadou titanu.

Vyskytují-li se v soustavě materiály s podstatně rozdílným elektrochemickým potenciálem, musíme použít vhodný inhibitor koroze. V každém případě je nutné nejpozději po dvou letech odebrat vzorek teplotnosné kapaliny a zjistit, zda kapalina nezměnila barvu a neobsahuje velké množství korozních produktů. Pokud ano, je nutné provést chemický rozbor a provést příslušná opatření.

6.3.1 Teplonosná kapalina

Korozní procesy podstatným způsobem ovlivňují vlastnosti teplotnosné kapaliny.

Pro vznik a rychlost koroze je důležitý obsah kyslíku i dalších agresivních plynů, množství a typ rozpuštěných solí, přítomnost organických látek a mikroorganismů, pH, teplota, rychlost proudění a obsah pevných částic.

Z plynů rozpouštěných ve vodě má největší vliv **kyslík**.

Není-li ve vodě rozpuštěný kyslík, je koroze velmi malá. Proto je nutné přítomnost kyslíku omezit.

Rychlost koroze ovlivňuje přítomnost **chloridů**. Je-li ve vodě rozpuštěný kyslík, chloridy zrychlují korozi. Za nepřítomnosti rozpuštěného kyslíku nemají chloridy na rychlost koroze podstatný vliv.

Chloridy působí potíže hlavně při použití korozivzdorných ocelí. Dochází k bodové a štěrbinové korozi a za zvýšených teplot ke koroznímu praskání. Také hliník snadno podléhá bodové korozi vlivem chloridů.

Kyslíku by mělo být v teplotnosné kapalině co nejméně. Kyslík vniká do kapaliny několika cestami. Např. netěsnostmi na oběhových čerpadlech, automatickými odvzdušňovacími ventily, závitovými spoji armatur a také difuzí stěnou plastových trubek.

Trubky z PPR. Kyslík proniká stěnou na základě rozdílu parciálních tlaků plynů.

Množství kyslíku pronikající stěnou trubky by podle normy DIN 4726 mělo být rovno nebo menší než 0,1 g/m³/den. Množství pronikajícího kyslíku stěnou trubky je vztaženo k objemu teplotnosné kapaliny v trubce.

Trubky z PPR průměrů 16, 20, a 25 mm jsou opatřovány antidifusní bariérou EVOH. Trubky dimenze 32 mm a větší mají zesílenou stěnu a také splňují požadavky normy DIN 4726.

Tloušťka stěny klade odpor pronikání kyslíku. Proto má význam používání trubek pro větší PN. Zpravidla se používají trubky PN 16.

Množství kyslíku vstupujícího do soustavy difuzí stěnami trubek představuje jen 5 až 20 % z celkového množství kyslíku obsaženého v teplotnosné kapalině.

Vnikání kyslíku do otopné soustavy zcela zabránit nelze. Proto je nutné veškeré plyny kontinuálně odstraňovat.

6.3.2 Odplyňování otopných a chladicích systémů

Běžně používané automatické odplyňovačky umožní zprovoznění otopné soustavy, ale nedokážou odstranit drobné bublinky plynů unášené teplotně kapalinou a plyny rozpuštěné ve vodě. V otopných soustavách rodinných domků stačí instalace odplyňovacího zařízení pracujícího na principu zvýšení rychlosti proudění a náhlého poklesu tlaku, případně pracujícího na principu odstředivky. Zařízení má být instalováno v místě nejvyšší teploty a nejnižšího tlaku. Zařízení pracuje spolehlivě do výškového rozdílu mezi instalačním místem a nejvyšším bodem soustavy max. 15 m. Výškový rozdíl by měl být co nejmenší.

Otopné a chladicí soustavy ve velkých obytných budovách a průmyslových objektech je nutné vybavit kombinovaným zařízením pro automatické odzdušňování a odplyňování během provozu, udržování konstantního tlaku a zabezpečení otopné soustavy.

6.3.3 Biologická koroze

Koroze kovů může být ovlivněna nebo způsobena mikrobiologickou činností. Mikroorganismy mohou mít přímý vliv na rychlost anodických nebo katodických reakcí, mohou měnit odolnost kovu metabolickými produkty (produkty látkové přeměny), nebo mohou vytvářet korozní mikroprostředí tím, že při svém růstu a množení vytváří bariéry, čímž vznikají koncentrační články na povrchu kovu.

Činností a rozkladem mikroorganismů dochází též k vývinu plynů a opakovanému zavzdušňování soustav.

Korozně nejvýznamnější jsou bakterie redukující sírany. Žijí v mírně alkalickém prostředí. Využívají elementární vodík z katodické korozní reakce železa k redukcí síranů na siřníky, a tím urychlují korozi. Za přítomnosti CO_2 produkují sirovodík. Odolávají teplotám i nad $80\text{ }^\circ\text{C}$. Ke svému životu nepotřebují kyslík.

Zejména v nízkoteplotních otopných soustavách a v chladicích systémech se mohou vyskytovat mikroorganismy běžné v životním prostředí. Proto je nutné zamezit infekci otopné soustavy při skladování trubek a konstrukčních materiálů ve venkovním prostředí.

Dojde-li k přemnožení mikroorganismů v teplotně nebo chladicí kapalině, je nutné provést analýzu biosestonu a použít vhodný desinfekční prostředek. Dobrým ukazatelem mikrobiální činnosti je obsah organického uhlíku v teplotně kapalině.

Objeví-li se v otopné soustavě korozní problémy, ať již opakovaným zavzdušňováním, nebo vznikem netěsností, je nutné řešit příčiny, nikoli následky.

V objektu je instalováno podlahové vytápění z plastových trubek, a ocelové otopné žebříky. Otopná soustava je v provozu cca 10 let. Zdrojem tepla byl původně ocelový kotel. V současné době byl ocelový kotel nahrazen kondenzačním kotlem. Vlevo je napájecí voda z vodovodního řádu, vpravo oběhová voda odebraná z kotle. Napájecí voda je čirá, bez viditelných mechanických nečistot, bez zápachu. Oběhová voda je silně zakalená. Zákal je oranžové barvy. Voda silně zapáchá.

Obr. 19 – Příklady řešení korozních problémů



Obr. 20 – Protokol chemického rozboru

ukazatel	PITNÁ VODA	KOTEL
Konduktivita ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	338	571
pH při 25 °C	7,5	5,4
pH _s při 25 °C	8,3	Nelze spočítat voda není ve vápenato-uhličitanové rovnováze
Ryznarův index	9,05	
Langelierův saturační index	- 0,8	
$\Sigma \text{Ca}+\text{Mg}$ (mmol/l) / jako mg CaCO ₃	1,1 / 110	0,85 / 85
celková alkalita <i>m</i> (KNK _{4,5}) (mmol/l)	1,3	3,4
Rozpuštěný kyslík (mg/l)	9,52 T=26,6 °C	0,27 T=36,0 °C
železo celkové (mg/l)	< 0,02	84,7
vápník (mg/l) / mmol/l)	34,1 / 0,85	20,1 / 0,5
hořčík (mg/l) / (mmol/l)	6,08 / 0,25	8,51 / 0,35
tvrdost uhličitanu (°N , resp °dH)	7,28	4,76
tvrdost vápníku (°N , resp °dH)	4,76	2,8
DOC (mg/l)	1,58	235
sodík (mg/l)	16,1	55,1
draslík (mg/l)	5,84	5,48
měď (mg/l)	0,006	0,119
hliník (mg/l)	0,035	0,255
zinek (mg/l)	0,023	0,137
amonné ionty (mg/l)	0,235	12,8
chloridy (mg/l)	19,7	27,2
sírany (mg/l)	43,7	0,92
dusitany (mg/l)	< 0,01	< 0,01
dusičnany (mg/l)	18,1	26,4
fosforečnany (mg/l)	0,013	0,016
Nerozpuštěné látky (mg/l)	Nepřítomnost	58
hydrogenuhličitanu/uhličitanu (mg/l)	79,3	207
volný CO ₂ (mg/l)	4,3	180
agresivní CO ₂ (mg/l)	3,1	Nelze spočítat

Hodnocení výsledků chemického rozboru.

Napájecí voda

- Konduktivita je v obvyklých mezích.
- Hodnota pH je mírně snížena.
- Je porušena vápenato-uhličitanová rovnováha.
- Voda obsahuje nadměrné množství rozpuštěného kyslíku.

Oběhová voda

- Konduktivita je mírně zvýšena.
- Hodnota pH je výrazně nízká.
- Je významně porušena vápenato-uhličitanová rovnováha.
- Voda obsahuje zvýšené množství rozpuštěného kyslíku.
- Voda obsahuje zvýšené množství rozpuštěných kovů, zejména železa, mědi, hliníku a zinku.
- Vysoký obsah organického uhlíku svědčí o intenzivní bakteriologické činnosti.
- Oběhová voda obsahuje významné množství nerozpuštěných látek.

Napájecí voda je agresivní vůči konstrukčním materiálům.

Oběhová voda je vysoce agresivní zejména vůči ocelovým materiálům, regulačním a uzavíracím armaturám.

6.4 Doporučení

- Otopnou soustavu vypustit a propláchnout.
- Zcela otevřít všechny regulační armatury.
- Uzavřít všechny ventily podlahových smyček a topných těles.
- Odstranit sítko z filtrů.
- Připojit tlakovou vodu do zpětného potrubí v kotelně.
- V nejnižších místech otevřít výpustní ventily přívodního potrubí, připojit do kanalizace.
- Otevřít postupně ventily podlahových smyček.
- Každou podlahovou smyčku proplachovat tlakovou vodou cca 10 minut.
- Uzavřít ventily propláchnutých okruhů.
- Postup opakovat u ostatních potrubních okruhů.
- Po skončení proplachu soustavu vypustit, instalovat síta filtrů a nastavit regulaci ventilů na původní hodnoty.
- Na výstupní potrubí od kotle instalovat separátor plynů.
- Otopnou soustavu napustit vodou z vodovodního řadu.
- Aplikovat inhibitor koroze.

6.4.1 Postup při aplikaci inhibitoru

- Uzavřít ventily v rozvodném potrubí suterénu.
- Do topné soustavy vpravit potřebné množství inhibitoru koroze. Systém napouštět vodou z vodovodního řádu. K dávkování inhibitoru je možné použít tlakovou pumpu.
- Potom zařízení doplnit vodou a odvzdušnit.
- Zkontrolujte koncentraci inhibitoru koroze. Při nedostatečném dávkování inhibitoru může docházet k intenzivní korozi.
- Soustavu provozovat při tlaku 1,8 – 2 bary.
- Po 6 měsících odebrat vzorek oběhové vody a zjistit, zda nedochází ke korozi napadení konstrukčních prvků soustavy.

Obr 21 – Oběhová voda odebraná z přívodního potrubí, vpravo je voda ze zpětného potrubí otopné soustavy ve výměňkové stanici.



Otopná soustava v bytovém domě se opakovaně zavzdušňuje.

Zdrojem tepla pro otopnou soustavu objektu je výměňková stanice. Tato stanice zásobuje teplem též jiné objekty.

Otopná soustava je vyprojektována s teplotním spádem otopných těles 70/50 °C.

Otopná tělesa jsou ocelová desková. Jsou připojena k bytovým stanicím plastovými trubkami s protikyslíkovou vrstvou.

Bytové stanice jsou mosazné. Jsou opatřeny odvzdušňovacími ventilkami.

Hlavní potrubní rozvody k bytovým stanicím jsou z ocelových trubek.

Při prohlídce výměňkové stanice jsem se pokoušel zapálit plyny nashromážděné v odvzdušňovací nádobě. Plyny nehoří.

V přístupných bytech nebylo zjištěno zavzdušnění těles ani rozdělovačů a sběračů.

Tlak v sekundárním okruhu otopné soustavy byl 0,35 MPa.

Odebral jsem vzorky topné vody z přívodního topného potrubí ve výměňkové stanici a ze zpětného potrubí ve výměňkové stanici.

Topná voda silně pění. Vykazuje značný obsah plynů ve formě drobných bublinek. Zvýšené povrchové napětí kapaliny způsobuje vytváření pěny v horní části vzorkovnice.

Opakované zavzdušňování otopných těles bývá způsobováno korozními procesy, při kterých dochází k vývinu plynů. K vývinu plynů dochází též činností a rozkladem mikroorganismů.

Aby bylo možné zjistit příčinu opakovaného zavzdušňování koncových částí otopné soustavy v objektech, byl proveden chemický a biologický rozbor topné vody.

Bylo sledováno:

- pH
- konduktivita
- organický uhlík (TOC)
- amonné ionty
- dusitany
- obsah železa, mědi, zinku a hliníku.

Z rozboru je zřejmé, že v sekundární topné vodě neprobíhají bouřlivé chemické či elektrochemické korozní procesy, které by mohly být příčinou nepřiměřeně častého zavzdušňování otopných těles. Dochází k mírné elektrochemické a chemické korozi způsobené použitím mosazných prvků a ocelového potrubního rozvodu. Intenzita korozních procesů se nevymyká obvyklým hodnotám probíhajících v otopných soustavách.

Vysoký obsah celkového organického uhlíku (TOC) svědčí o činnosti mikroorganismů.

Ze vzorku topné vody byl proveden mikroskopický obraz. Byla zjištěna přítomnost živých organismů a částic rozpadlých schránek.

Ve vzorku byly přítomny:

- Konidie mikromycet – dvojbuněčné a jednobuněčné zbytky rodu *Fusarium*
- Vlákno sinice
- Cysty prvoků se železitými schránkami
- Rostlinné zbytky
- Korozní produkty – sraženiny železa a manganu

Nalezené mikroorganismy se mohou dostávat do otopné soustavy pouze z okolního prostředí.

Vzorky teplotnosné kapaliny byly odebrány do sterilních nádob.

Teplota topné vody při odběru byla 65 °C.

Byla zjištěna přítomnost:

- **Bioseston** (individua organismů) – rozsivky, konidie a nymfy mikromycet
- **Abioseston** (neživý materiál)
- korozní produkty
- písek
- schránky rozsivek
- živočišné zbytky
- detritus (rozpadající se odumřelá organická hmota)

Mikrobiologický rozbor prokázal značný obsah kultivovatelných mikroorganismů při teplotě 36 °C.

Otopná soustava byla infikována pravděpodobně před montáží. Potrubí z PP-R bylo zřejmě skladováno ve vnějším prostředí a konce potrubí nebyly zázátkovány.

Doporučení:

- Otopnou soustavu vypustit.
- Do nové náplně dávkovat desinfekční prostředek.
- Náplň ponechat a nechat působit nejméně 12 hodin.
- Otopnou soustavu propláchnout.
- Do otopné soustavy vřadit zařízení pro aktivní odstraňování plynů.

U větších otopných a chladicích soustav je výhodné místo používání chemických prostředků použít fyzikální úpravu topné nebo chladicí vody.

Výrazným způsobem se sníží náklady na údržbu a provoz energetických soustav, odstraní se již vzniklé kaly, nebude docházet k poruchám regulačních armatur. Prodlouží se životnost otopné soustavy a odpadá pravidelná kontrola stavu teplotosné kapaliny či doplňování inhibitorů koroze.

[1] BARTONÍČEK, R. a kol.: Koroze a protikorozi ochrana kovů. Academia, Praha 1966. 719 s.

[2] MATĚJČEK, J.: Koroze v otopných soustavách, solárních soustavách a primárních okruzích tepelných čerpadel, úprava vody, filtrace a odplynění. Topenářství instalace, 2013, č. 2, s. 32 – 34.

[3] MATĚJČEK, J.: Znalecké posudky.

7 PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY

Ing. Roman Vavříčka, Ph.D.

7.1 Systémy přípravy teplé vody

Teplá voda (zkratka TV) je zdravotně nezávadná voda v kvalitě vody určené k lidské potřebě. Není určena k pití a vaření, ale pro mytí, koupání, praní a umývání.

Termín teplá užitková voda (zkratka TUV) označuje ohřívanou provozní vodu, využívanou např. k technologickým účelům (např. toalety, mytí podlah, oken, výrobní technologie, apod.), kde její požití člověkem nepřichází v úvahu. Pokud chceme v objektu použít i vodu, která není určena k lidské spotřebě, musí být pro tuto vodu navržen samostatný vodovod; tento vodovod musí být zabezpečen tak, aby voda z něj nemohla proniknout do vodovodu k lidské spotřebě.

7.1.1 Rozdělení systémů teplé vody

Základní principy ohřevu teplé vody dělíme dle použitého systému na:

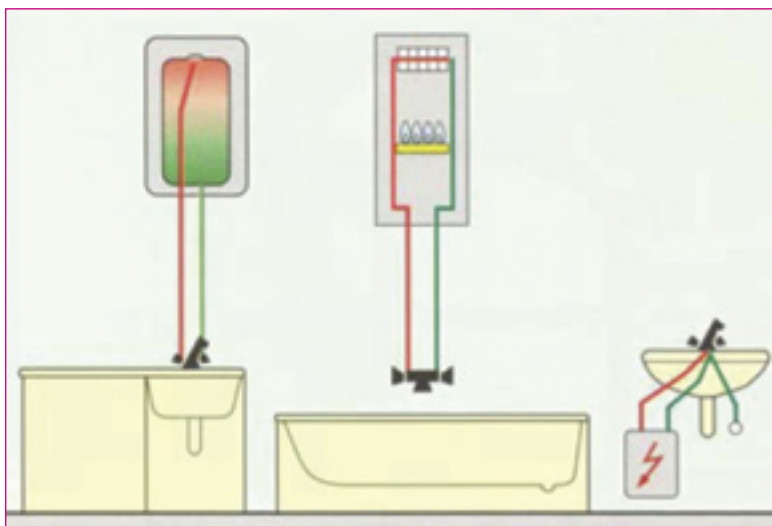
- Místní (lokální) přípravu
- Centrální (skupinovou) přípravu
- Ústřední přípravu

Každé technické řešení přípravy teplé vody musí obsahovat zdroj pro vlastní ohřev teplé vody, potrubní rozvod teplé vody včetně regulačních, pojistných a zabezpečovacích armatur a výtokové armatury pro nastavení požadované výstupní teploty teplé vody. Základním požadavkem všech výše uvedených technických zařízení je zajištění dostatečného množství teplé vody o požadované teplotě v co nejkratší době po otevření příslušného výtoku.

7.1.1.1 Místní (lokální) příprava teplé vody

Místní (lokální) ohřev vody se provádí v tzv. jednotkových ohřivačích, které jsou řešeny jako zásobníkové nebo průtočné. Základní schéma lokální přípravy teplé vody ukazuje obr. 22. Každé místo odběru je vybaveno vlastním ohřivačem vody. Tento způsob provozování umožňuje optimální přizpůsobení proměnlivé potřebě a rozdílným teplotám. Místní způsob ohřevu je vhodný k dodatečné instalaci, přičemž pro místa odběru, nacházejících se od sebe ve větších vzdálenostech, není nutný rozsáhlý potrubní rozvod. Lokální příprava teplé vody také umožňuje oddělenou fakturaci spotřeby energie pro každé místo odběru [L1].

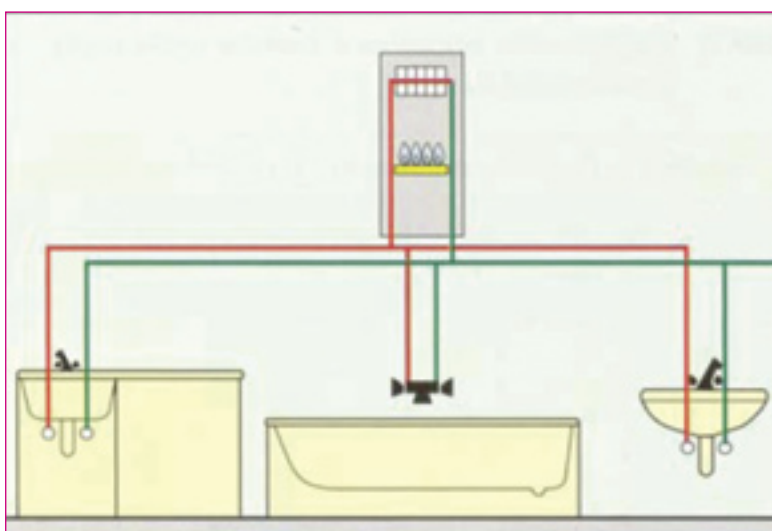
Obr. 22 – Lokální ohřev teplé vody [L1]



7.1.1.2 Skupinová příprava teplé vody

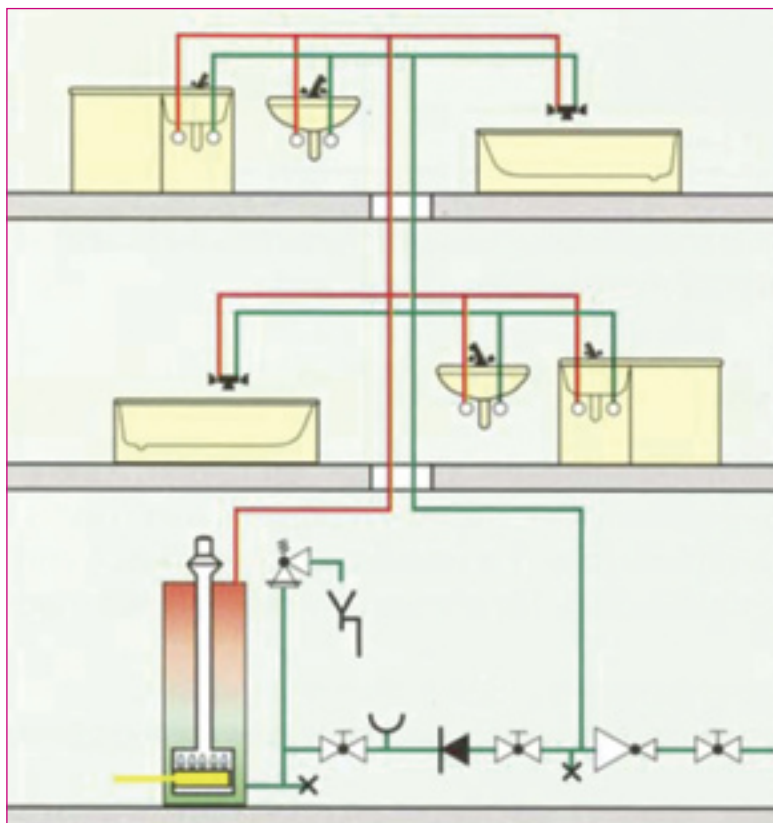
U skupinové přípravy teplé vody – často nazývané přípravou místní – zásobuje teplou vodou několik míst odběru (např. v jednom bytě) jeden ohřívač vody (obr. 23). Zásadou tohoto způsobu je, že by ohřívač teplé vody měl být instalován tak, aby potrubí k výtokům bylo co nejkratší a aby objem vody v potrubí nepřekročil 3 litry (viz kapitola 7.4 – Cirkulace TV).

Obr. 23 – Skupinová příprava teplé vody [L1]



7.1.1.3 Ústřední příprava teplé vody

Obr. 24 – Ústřední příprava teplé vody [L1]



Ústřední příprava teplé vody nastává tehdy, když jsou všechna místa odběru v budově zásobována z jednoho ústředního ohřívače společným rozvodem teplé vody (obr. 23). Tento způsob přípravy teplé vody je v obytných budovách nejpoužívanější. Bohužel nutností je dodržení pravidla o zajištění teploty teplé vody na výtoku i z nejbudnější armatury, a proto je nutné kromě vhodné navržené trasy potrubní sítě rozvodu teplé vody kalkulovat také u rozsáhlejších budov s možností cirkulace nebo přehřívání samoregulačním topným kabelem.

7.1.1.4 Konstrukční typy ohřivačů vody

V základním provedení lze přípravu teplé vody provádět buď zásobníkovým (24a), nebo průtokovým (24b) způsobem. Často se dnes používá také smíšená příprava teplé vody, která je kombinací průtokového ohřívače (deskového výměníku nebo plynového průtokového ohřívače) a zásobníku teplé vody. Některé typy ohřivačů jsou pod tlakem – tj. uzavřené tlakové ohřivače –, nebo existují tzv. otevřené (beztlaké) ohřivače s neuzavíratelným (otevřeným) výtokem vody. Ohřev vody v nich může být přímý i nepřímý (26). Dle uvedeného textu tak rozlišujeme:

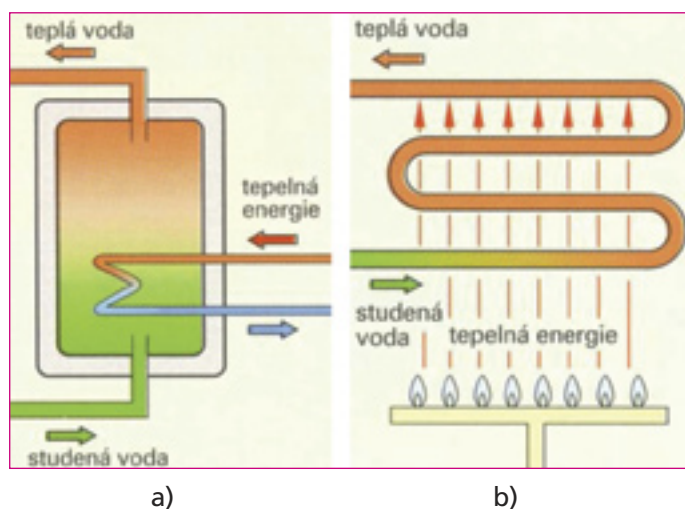
- Zásobníkové a průtokové ohřivače vody (25),
- Přímý a nepřímý ohřívání ohřivače vody (26).

Zásobníkové ohřivače vody využívají akumulace teplé vody. Doba přípravy (ohřevu) teplé vody je závislá na objemu zásobníku, tepelném výkonu ohřivače a na požadované teplotě vody na výstupu ze zásobníku. Podle paliv a energie lze rozlišovat zásobníkové ohřivače vody na elektrický proud a na pevná, kapalná a plynná paliva. Zásadním provozním předpokladem zásobníkového ohřivače vody je vhodně navržená tepelná izolace nádrže.

V průtokových ohřivačích je voda ohřívána při aktuálním průtoku. Potřebná tepelná energie musí být tedy dodávána v průběhu odběru teplé vody. Z toho ale vyplývá základní nevýhoda průtokového ohřevu, protože v závislosti na požadovaném průtoku teplé vody, teplotě ohřáté vody je nutné zajistit dostatečný tepelný výkon ohřivače. Rozlišují se základní typy elektrických a plynových

průtokových ohřivačů určené převážně pro lokální ohřev vody anebo většinou externí výměníky ohřívané z nezávislého zdroje tepla (kotle, centrální zásobování teplem, atd.).

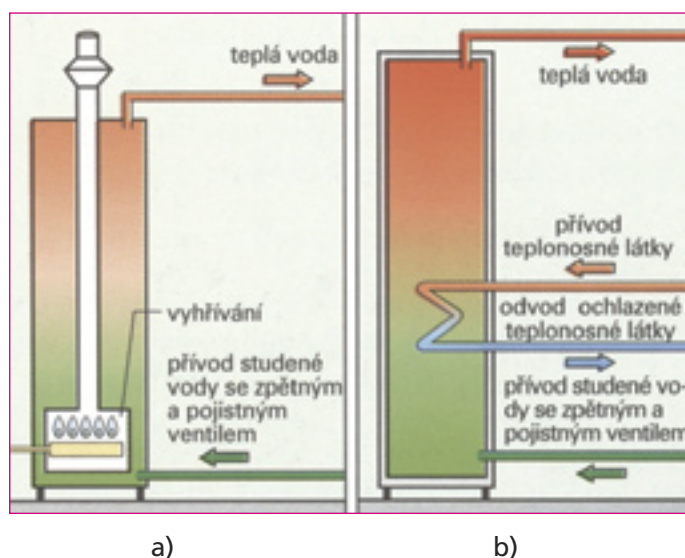
Obr. 25 – Způsoby ohřevu vody [L1] – a) zásobníkový, b) průtokový



Přímý ohřev vody v ohřivačích je prováděn buď elektrickou energií (topnou patronou), nebo spalováním zemního plynu, lehkého topného oleje či tuhých paliv. Výhodou je, že spaliny předávají teplo přímo stěnou kouřovodu a spalovacího výměníku do nádoby s ohřívanou vodou (25a).

Nepřímý ohřev nastává vždy, když je tepelná energie předávána teplonosné látce; a pak – následně – výměníkem tepla v nepřímo ohříváném ohřivači vody (26b). Přenos tepla tak probíhá např. topnou vložkou nebo dvojitou stěnou pláště zásobníku teplé vody. Ohřivač může být i průtokový napojený na tepelnou síť. Např. v kombinaci s externím deskovým výměníkem a s akumulací nádobou.

Obr. 26 – Přímý a nepřímý ohřívání ohřivač vody [L1]



7.1.2 Energetická náročnost přípravy teplé vody

Základním předpokladem správného návrhu systému přípravy teplé vody je sestavení tzv. odběrového profilu tepla dodaného ohřivačem za danou periodu (obvykle 1 den = 24 hodin). Odběrový profil udává základní údaje o velikosti potřeby teplé vody během vybraného časového úseku.

Potřebu tepla dodaného ohřivačem teplé vody za 24 hodin pro zajištění přípravy teplé vody lze vyjádřit jako:

$$Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} = (1+z) \cdot Q_{2t} = \frac{(1+z) \cdot V_{2p} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_2 - t_1)}{3600 \cdot 1000} \quad (1.1),$$

kde je

Q_{2p}	teplo dodané ohřivačem TV [kWh/den],
Q_{2t}	teplo pro ohřev vody [kWh/den],
Q_{2z}	teplo ztracené při ohřevu a distribuci TV [kWh/den],
z	poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci TV [-],
V_{2p}	celková potřeba teplé vody [m^3 /den],
ρ	hustota vody při střední teplotě zásobníku [kg/m^3],
c	měrná tepelná kapacita vody [$J/(kg.K)$],
t_1	teplota studené vody [$^{\circ}C$],
t_2	teplota teplé vody [$^{\circ}C$].

Hodnoty poměrné ztráty tepla při ohřevu a distribuci tepla z jsou závislé na kvalitě tepelné izolace rozvodů teplé vody, tepelné izolaci zásobníku tepla a v neposlední řadě také na době provozu cirkulace během dne a během roku. Pro bytové domy s řízenou cirkulací se hodnota tohoto součinitele pohybuje okolo 0,5. U rodinných domů bez cirkulačního potrubí lze pro výpočet uvažovat hodnoty $z = 0,2$ až $0,3$ [L2].

7.1.2.1 Potřeba teplé vody podle ČSN 06 0320

V ČR je platná norma ČSN 06 0320 – Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody – Navrhování a projektování [L3]. Výpočet podle této normy je poměrně jednoduchý, nicméně výsledky jsou při srovnání se skutečným provozem velmi odlišné. Důvodem jsou nadhodnocené údaje o potřebě teplé vody podle využití. Výpočet potřeby teplé vody rozděluje norma ČSN 06 0320 na:

- mytí osob – V_o
- mytí nádobí – V_j
- úklid – V_u

Celková potřeba teplé vody V_{2p} v dané periodě se stanoví ze vztahu:

$$V_{2p} = V_o + V_n + V_u = \left(n_i \cdot \sum_{i=1}^n (n_{di} \cdot U_{3i} \cdot \tau_{di} \cdot p_{di}) \right) + n_N \cdot V_N + n_U \cdot V_U \quad (1.2),$$

kde je

V_{2p}	celková potřeba teplé vody [m^3 /perioda, např. m^3 /den],
V_o	potřeba teplé vody pro mytí osob [m^3 /den],
n_i	počet uživatelů [-],
n_{di}	počet dávek [-],
U_{3i}	objemový průtok teplé vody při teplotě t_3 do výtoku [m^3/h],
τ_{di}	doba dávky [h],
p_{di}	součinitel prodloužení doby dávky [-].
V_N	potřeba teplé vody pro mytí nádobí [m^3 /jídlo],
n_N	počet jídel [jídlo/den].
V_U	potřeba teplé vody pro úklid a pro mytí podlah [m^3/m^2],
n_U	výměra ploch [m^2 /den].

Základní hodnoty potřeby teplé vody na jednotlivé činnosti dle ČSN 06 0320 ukazuje 014.

Je důležité si uvědomit, že všechny uvedené tabulky vycházejí z měření denní spotřeby teplé vody v bytech v několika českých lokalitách. Spotřeba byla měřena o nedělích, kdy byla spotřeba

o 50 % vyšší oproti všedním dnům. Dodávka teplé vody se dělá z centrálních ohřivačů pro 100 až 600 bytů; spotřeba teplé vody byla měřena podle údajů bytových vodoměrů [L3].

Jak je patrné ze vztahu (1.2), největším problémem je určení objemu dávky teplé vody na mytí osob V_o . Skutečné množství potřeby teplé vody na osobu závisí na individuálním chování každého uživatele; hodnoty uváděné normou ČSN 06 0320 jsou díky výše popsaným podmínkám měření nadsazené nejméně o 50 %.

Tab. 16 – Potřeba teplé vody o teplotě $T_v = 55\text{ °C}$ dle ČSN 06 0320

Činnost			Doba dávky τ_d		Objem dávky V_o		Teplo v dávce Q_2
			[s]	[h]	[l]	[m ³]	[kWh]
Mytí osob	Umyvadlo $U_3 = 0,14\text{ m}^3/\text{hod}$	mytí rukou	50	0,014	2	0,002	0,10
		mytí těla	260	0,071	10	0,010	0,52
	Sprcha $U_3 = 0,23\text{ m}^3/\text{hod}$		400	0,110	25	0,025	1,32
	Vana $U_3 = 0,47\text{ m}^3/\text{hod}$	Standardní délka	300	0,085	40	0,040	2,10
		délka vany 1 600 mm	610	0,170	80	0,080	4,20
Mytí nádobí	Pouze výdej jídel		$U_3 = 0,30\text{ m}^3/\text{h}$ o $t_4 = 55\text{ až }80\text{ °C}$ na jedno jídlo		1	0,001	0,05
	Vaření + výdej				2	0,002	0,10
Mytí podlah + úklid			$U_3 = 0,30\text{ m}^3/$ o $t_4 = 55\text{ °C}$ na 100 m^2		20	0,020	1,05

7.1.2.2 Potřeba teplé vody podle ČSN EN 15316-3

Evropská norma ČSN EN 15 316-3 – Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení potřeb energie a účinností soustavy – část 3-1: Soustavy teplé vody, charakteristiky potřeb (požadavky na odběr vody) byla převzata v českém jazyce v červenci 2010 a má celkem tři části [L4]. ČSN EN 15 316-3-1 se zabývá požadavky na odběr TV. ČSN EN 15 316-3-2 řeší soustavy TV, zejména pak rozvody TV (tj. tepelné ztráty potrubí, potřebu pomocné energie pro cirkulační čerpadlo, atd.). Poslední díl normy ČSN EN 15 316-3-3 je pak věnován zjednodušenému výpočtu ročního provozu systému přípravy TV z pohledu potřeby stanovení roční dodané energie pro přípravu TV. Ačkoli by se tedy mohlo zdát, že tato norma je primárně určena k energetickému hodnocení systémů přípravy teplé vody z hlediska budovy jako celku, lze hodnoty potřeby tepla, stanovené dle této normy, dále využít právě při návrhu velikosti zásobníku TV, resp. dimenzování velikosti zdroje tepla pro přípravu TV. Pro určení potřeby teplé vody v dané periodě (tj. 24 h) lze využít vztah:

$$V_{W,day} = V_{W,f,day} \cdot f \quad (1.3),$$

kde je

$V_{W,day}$ potřeba teplé vody, při výstupní teplotě $t_{TV} = 60\text{ °C}$ [m³/den],

$V_{W,f,day}$ specifická potřeba teplé vody ($t_{TV} = 60\text{ °C}$) [m³/měrná jednotka-den],

f počet měrných jednotek [-].

Měrnou jednotkou se většinou rozumí počet osob (např. pro rodinné a bytové domy, kancelářské a školní budovy), počet lůžek (pro ubytovací zařízení, nemocnice, apod.) nebo počet odběrů TV (např. u průmyslových provozů). U sportovních zařízení je za měrnou jednotku považován počet instalovaných odběrných zařízení, nejčastěji sprch, apod. Hodnoty potřeby teplé vody pro budovy jsou uvedeny v příloze B1 normy ČSN EN 15316-3-1, výběr z normy je uveden v Tab 17.

Tab. 17 – Modifikované specifické potřeby teplé vody o teplotě $T_{w,del} = 60\text{ °C}$ (výběr z normy ČSN EN 15316-3-1)





















Druh budovy	$V_{w, f, day}$ [m ³ /měrná jednotka-den]	Měrná jednotka
Rodinný dům	0,04 až 0,05	Osoba
Bytový dům	0,04	Osoba
Ubytovací zařízení	0,028	Lůžko
Čtyřhvězdičkový hotel s prádelnou	0,132	Lůžko
Restaurace	0,01 až 0,02	Jídlo
Nemocnice s prádelnou	0,088	Lůžko
Administrativní budova	0,01 až 0,015	Osoba
Sportovní zařízení	0,1	Instalovaná sprcha
Průmyslový závod	0,03	Sprchová koupel

Hodnoty uvedené v tabulce pro bytový dům a sportovní zařízení jsou stanoveny pro tzv. vysoký komfort. Pro bytové domy je obvyklejší počítat s hodnotou v rozmezí od 0,02 do 0,04 [m³/os-den] a pro střední standard u sportovních zařízení s hodnotou 0,06 [m³/sprchu-den].

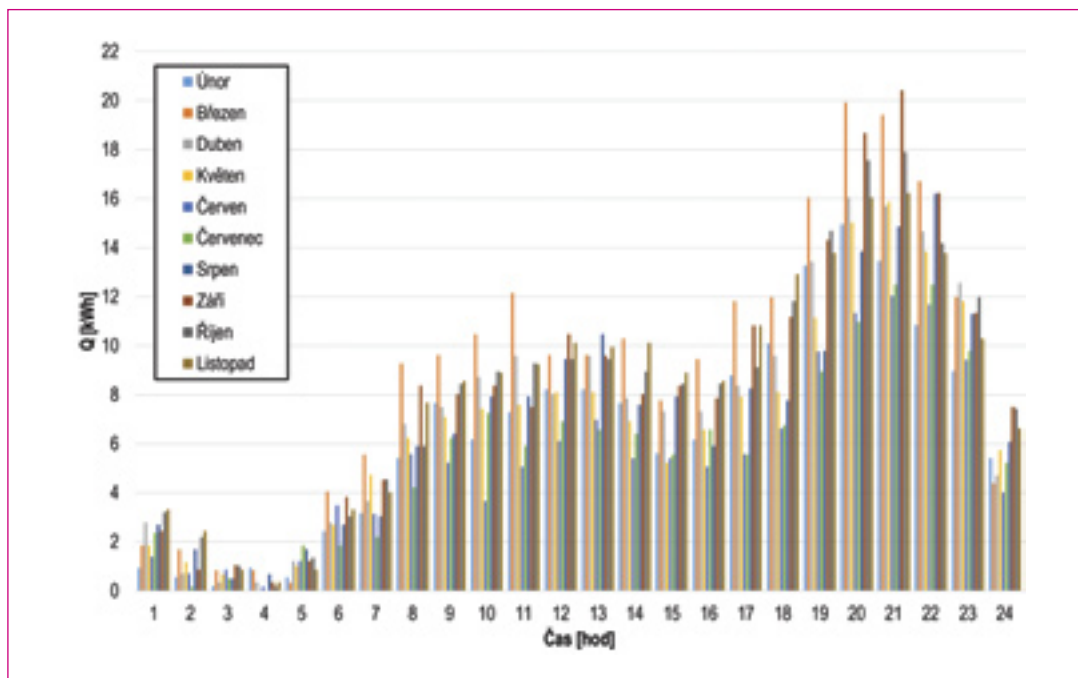
7.1.2.3 Profil odběru teplé vody

V rámci ErP, tj. „Energy related Products“ neboli „Výrobky spojené se spotřebou energie“, vyšly v roce 2013 Nařízení komise EU s přímou vazbou jak na ohřívače a zásobníky teplé vody, tak i na další zdroje tepla v souvislosti s využitím v rámci topenářské techniky. V každém z nařízení se vyskytuje příloha obsahující tabulku s typickými zátěžovými profily, které slouží ke zkoušení ohřívačů vody. V nařízeních č. 811/2013 a č. 812/2013 se vyskytují zátěžové profily od 3XS do XXL, nařízení č. 813/2013 a č. 814/2013 rozšiřují rozsah zátěžových profilů o další dva: 3XL a 4XL. V normě ČSN EN 15316-3, která v podstatě čerpá programy odběru z normy EN 13 203-2, se vyskytují 3 z těchto profilů – S, M a L. Podle časového harmonogramu a druhů odběrů profily S až L charakterizují potřebu teplé vody v jednogeneračních rodinných domech. Profil S je přirovnán k typickému průměrnému dennímu odběru pro jednu osobu, profil M odpovídá průměrnému dennímu odběru pro rodinu s používáním sprchy a profil L charakterizuje průměrný denní odběr pro tříčlennou rodinu s používáním vany a sprchy. Podrobné popisy v nařízeních komise chybí, nicméně v dokumentu *Methodology for the Assessment of the Hot Water Comfort of Factory Made Systems and Custom Built Systems* z univerzity Stuttgart jsou zobrazeny piktogramy k jednotlivým profilům popisující jejich běžné použití (Tab 18). Například zátěžový profil 3XS je přirovnán k odběrům odpovídajícím občasnému mytí rukou nebo menšímu úklidu. A v případě profilu XXL až 4XL už se jedná o odběry odpovídající špičkovým odběrům – např. ve sportovním areálu nebo průmyslovém závodu.

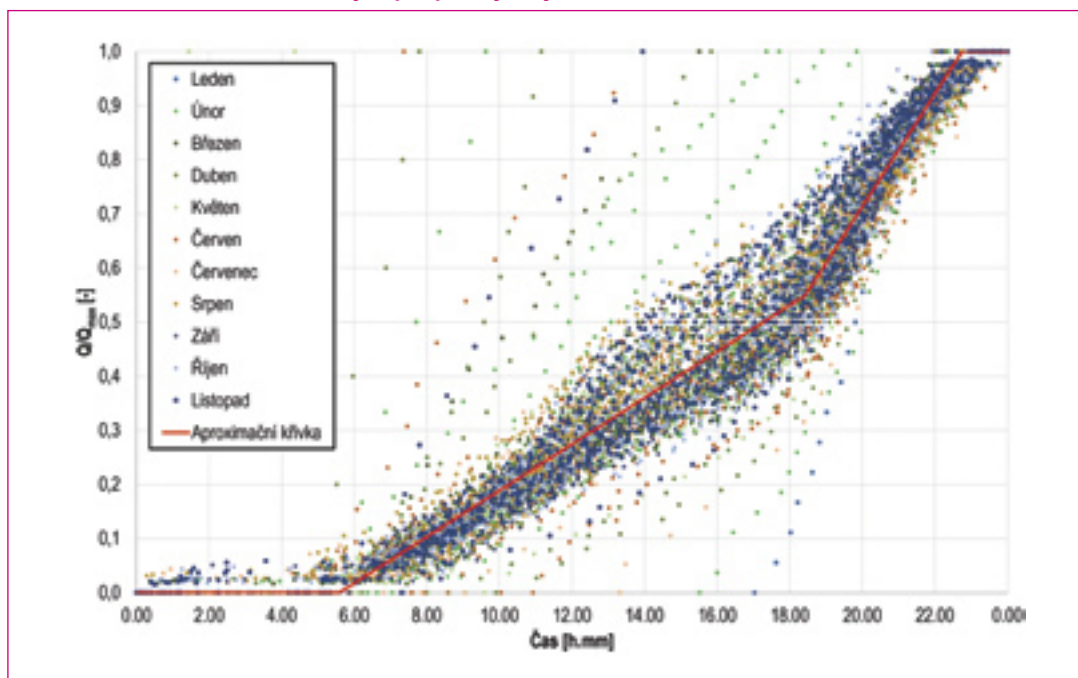
Tab. 18 – Typické použití zátěžových profilů odběrů teplé vody

Deklarovaný zátěžový profil	Piktogram	Typické použití
3XS	 35 °C	Umyvadlo s 35 °C vodou (např. výlevka, umyvadla na toaletách)
XXS	 40 °C	Umyvadlo se 40 °C vodou (např. umyvadla na toaletách)
XS		Sprcha zásobovaná např. elektrickým průtokovým ohřivačem
S	  35 °C	Sprcha a umyvadlo s 35 °C vodou (např. ubytovny)
M	2x   55 °C	Sprcha a dřez (umyvadlo) s 55 °C vodou (např. hotely, penzióny)
L	   55 °C	Vana, sprcha a dřez s 55 °C vodou (např. menší byty)
XL	3x    55 °C	Vana, sprcha a dřez s 55 °C vodou (např. větší byty, jednogenerační rodinné domy)
XXL	3x    55 °C	Současné použití van a sprch (např. vícegenerační rodinné domy, apartmány)
3XL	8x   55 °C	Krátkodobý špičkový odběr (např. sportovní areál)
4XL	16x   55 °C	Krátkodobý špičkový odběr (např. průmyslový areál)

Průběh typického odběru teplé vody během dne u bytového domu (64 bytů) ukazuje obr. 27. Je vidět, že v ranních a večerních hodinách dochází k odběrové špičce (ranní a večerní hygiena).

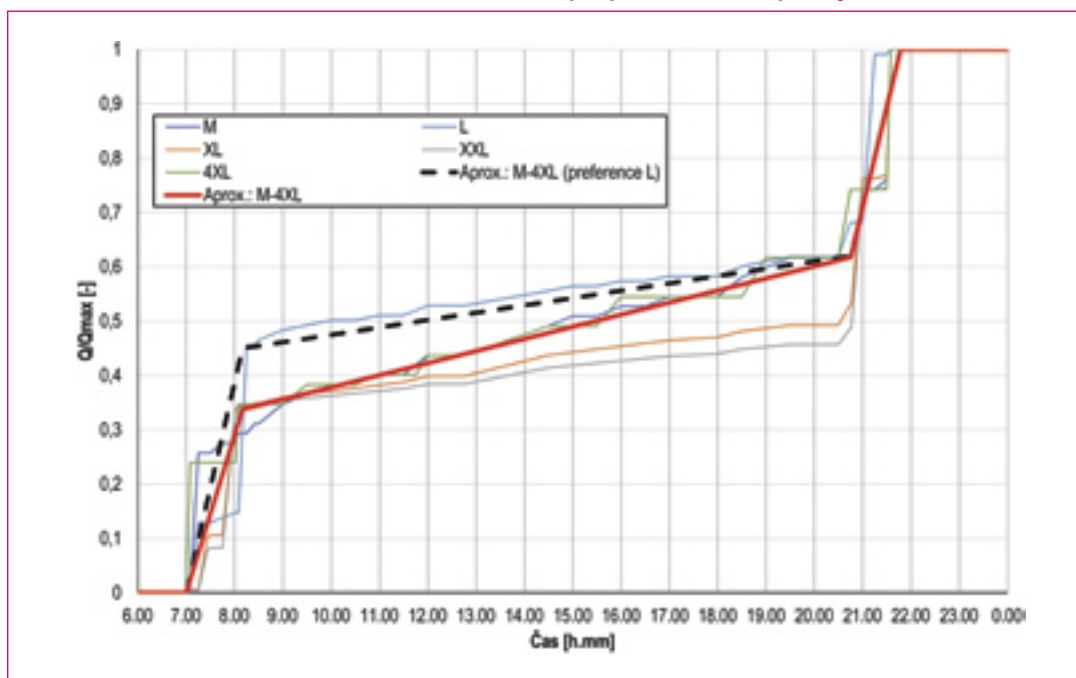
Obr. 27 – Denní průběh odběrů tepla dodané ohřivačem TV pro bytový dům (64 bytů)

Obr. 27 je převedení odběrů teplé vody z obr. 28 do tzv. kumulativní křivky. Kumulativní vyjádření formou aproximační křivky poskytuje reálný pohled na procentuální rozdělení odběru během dne, neboť pracuje sváženým průměrem jednotlivých četností výskytu dané hodnoty odběru teplé vody v danou hodinu.

Obr. 28 – Kumulativní odběry tepla pro bytový dům

Kumulativní průběh profilů dle obr. 27 je graficky znázorněn na obr. 28. Špičkové odběry a následné utlumení se dá vysvětlit simulací spotřeby uživatele. Na začátku (mezi 7:00 až 8:30) se uvažuje s ranní hygienou, která např. v průměrné domácnosti zahrnuje sprchování, ústní hygienu, atd. Během dne dochází k malým odběrům teplé vody – např. mytí rukou, umývání nádobí, úklidy, apod. Ve večerních hodinách začíná večerní hygiena zahrnující např. koupání, sprchování, ústní hygienu, atd. Cca po 22:00 už není simulován žádný odběr teplé vody.

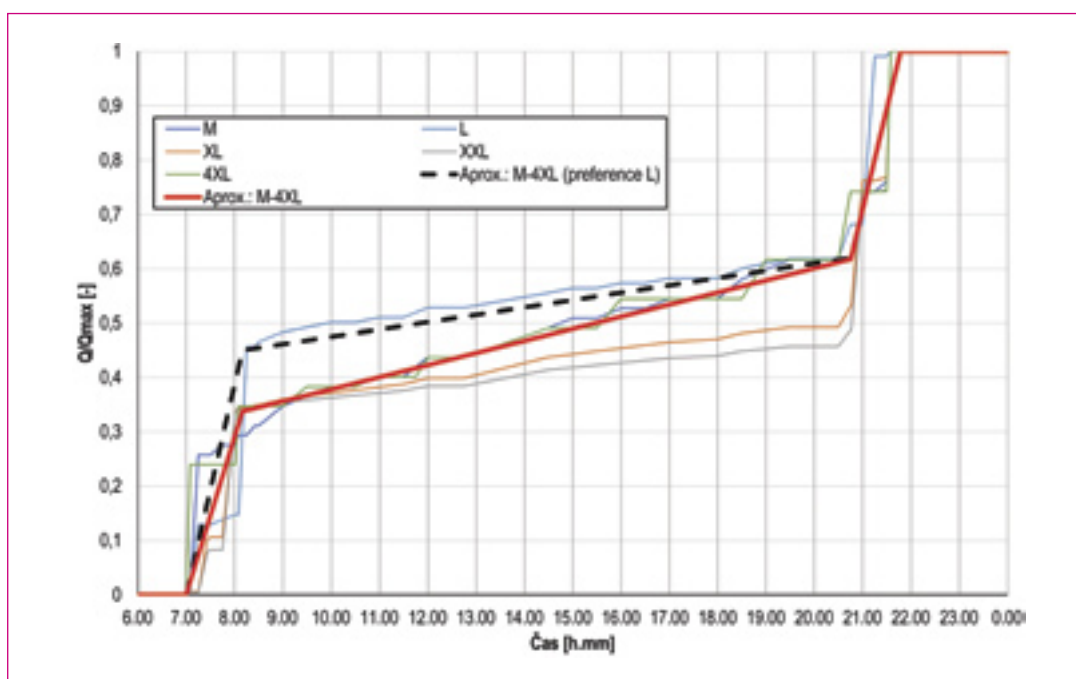
Obr. 29 – Poměrové zobrazení křivek odběru tepla pro ohřev TV – profily M, L, XL, XXL, 3XL a 4XL



Výrazné změny odběru tepla v teplé vodě na začátku (od 7:00 do 8.30) a na konci (od 20:00 do 21:30) člení průběh na tři odběrové úseky:

- od 7:00 do 8:00 – vysoký odběr teplé vody,
- od 8:00 do 21:00 – nízký odběr teplé vody,
- od 21:00 do 21:50 – vysoký odběr teplé vody.

Obr. 30 – Poměrové zobrazení křivek odběru tepla pro ohřev TV – aproximace M-4XL, M-4XL (preference L) a 3XS-S

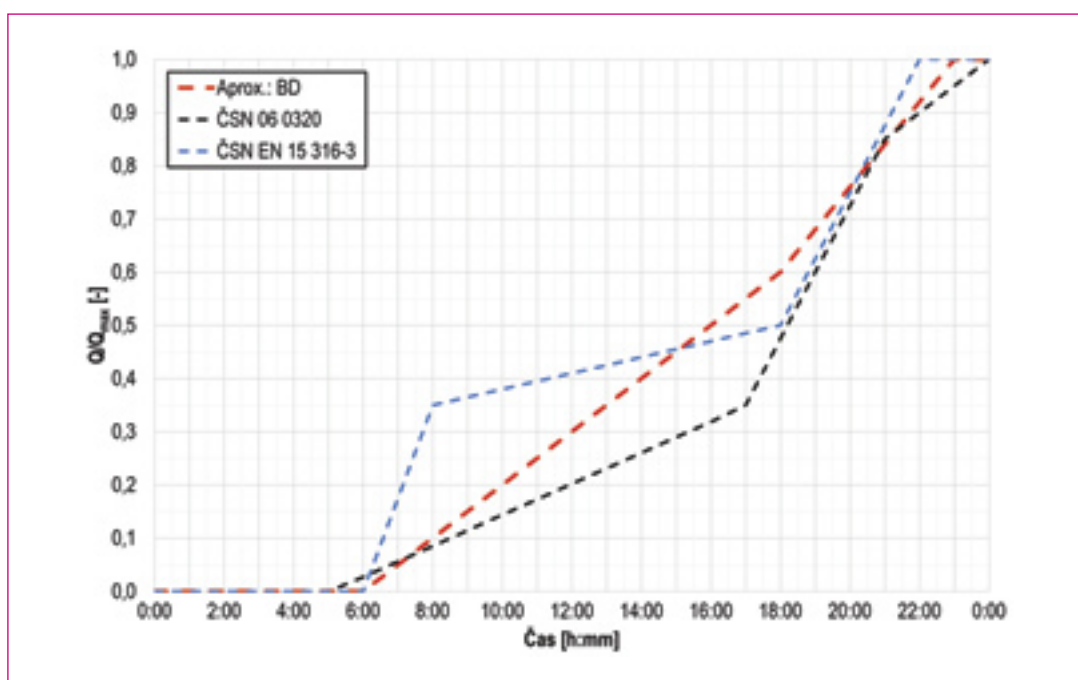


Nahrazení jednotlivých křivek formou aproximací je pak názorně vidět na obr. 30. Je zřejmé, že profily uvažují významný rozdíl ve sklonu v přibližném časovém úseku od 7:00 do 21:00, kde z nižší pozice začíná aproximační křivka pro skupinu profilů 3XS až S. Postupný růst je způsobený odběry

v průběhu celého dne, které vzhledem k celkové referenční energii hrají významnou roli a viditelně se projevují v grafickém znázornění spotřeby daného profilu.

Pro porovnání výše uvedených normových požadavků, bylo provedeno měření na několika různorodých typech bytových domů v ČR [L2]. Z výsledků vyplývá, že profil odběru teplé vody se s rostoucím počtem obyvatel výrazně vyhlazuje a odběrové špičky nejsou tak výrazné. Z pohledu typického dne je zřejmé, že volné dny (víkendy, státní svátky, apod.) dávají zcela rozdílný profil odběru v důsledku většího počtu obyvatel v domě během dne a nestandardních hygienických požadavků (sprcha, vana) v ranních a večerních hodinách. Víkendový provoz tak poskytuje daleko výraznější špičky odběru teplé vody. Základní porovnání nabízí 0. Zatímco křivka označená ČSN 06 0320 odpovídá spíše nedělnímu provozu odběru teplé vody bytového domu, pak křivka označená ČSN EN 15 316-3 je bližší běžnému pracovnímu dnu menšího bytového domu. Křivka Aprox.: BD pak v sobě zahrnuje průměrný odběr teplé vody po celý týden. Zvolený profil odběru teplé vody, který bude použit při návrhu zásobníku teplé vody nebo tepelného výkonu ohřívače teplé vody pak zcela zásadně ovlivňuje výsledky výpočtu.

Obr. 31 – Porovnání aproximační křivky BD s křivkami odběru uváděných obvykle dle norem ČSN EN 15 316-3 a ČSN 06 0320 [L2]

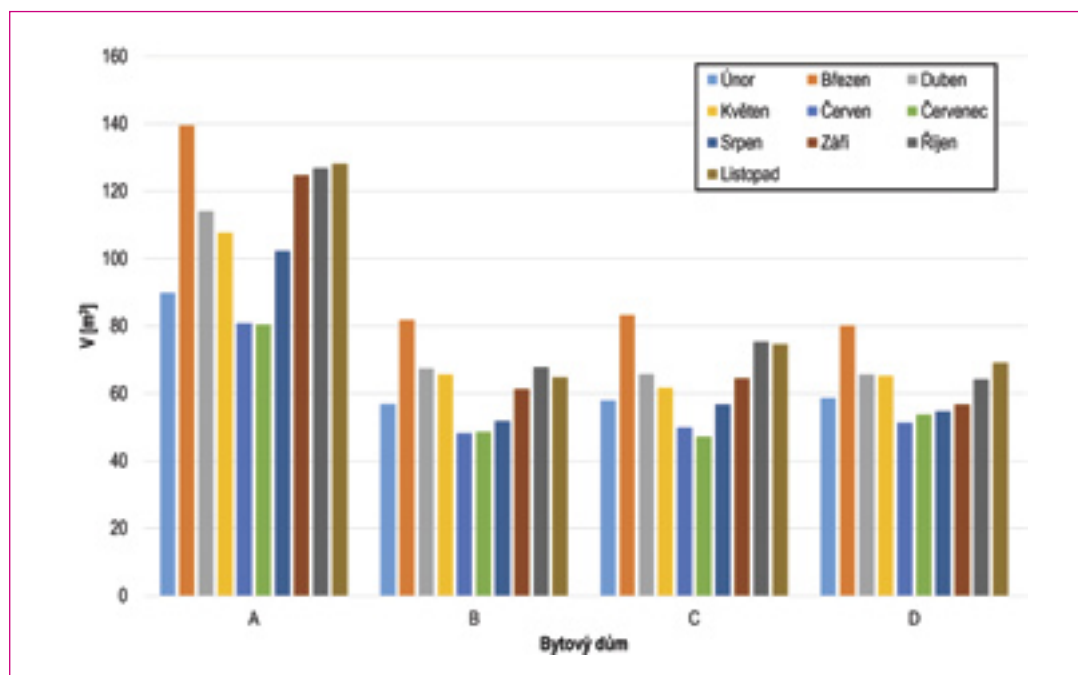


Tab. 19 – Celkové srovnání časových parametrů odběrů tepla pro přípravu TV dle jednotlivých norem a měření (dle obr. 31)

Křivka odběru teplé vody	Čas odběru tepla pro přípravu TV	Podíl z celkově odebraného tepla pro přípravu TV [%]
ČSN 06 0320	0:00 až 5:00	0
	5:00 až 17:00	35
	17:00 až 21:00	50
	21:00 až 24:00	15
ČSN EN 15 316-3	0:00 až 6:00	0
	6:00 až 9:00	35
	9:00 až 19:00	15
	19:00 až 22:00	40
	22:00 až 24:00	10
Aproximace dle měření na BD Aprox.: BD	0:00 až 6:00	0
	6:00 až 18:00	60
	18:00 až 23:00	40
	23:00 až 24:00	0

V souvislosti s denním profilem odběru teplé vody se nabízí myšlenka, jak vypadá celková roční potřeba teplé vody. Je nutné si uvědomit, že v letních měsících, kdy obyvatelé domů cestují, dochází k poklesu potřeby teplé vody jednoduše proto, že v domě nikdo není. Z pohledu energetického se také jedná o fakt, že v letních měsících je teplota studené vody v rozvodech vyšší, a tudíž je nižší množství energie k ohřevu. Tento aspekt je velice důležitý právě u bytových domů, u nichž může docházet ke snížení potřeby teplé vody v letních měsících až o 30 % oproti „normálu“. Na obr. 32 je vidět typický pokles v červenci a srpnu oproti jiným měsícům.

Obr. 32 – Měsíční potřeba teplé vody pro čtyři bytové domy [L2]



7.2 Návrh velikosti zásobníku a zdroje tepla pro přípravu teplé vody

Návrh zásobníku teplé vody by měl v první řadě odpovídat použitému zdroji tepla a předpokládanému profilu odběru. V případě využití metody křivek odběru a dodávky tepla klade projektant největší význam na minimální velikost zásobníku TV (tj. tvar křivky dodávky) bez ohledu na potenciální změny v uvažovaném profilu odběru TV (tj. křivce odběru). A naopak při použití např. tzv. přednostní přípravy TV je zase v poslední době opomíjený základní předpoklad, že požadovaný tepelný výkon společného zdroje tepla musí vyhovovat nejen systému přípravy TV, ale i ostatním profesím, pro které je používán.

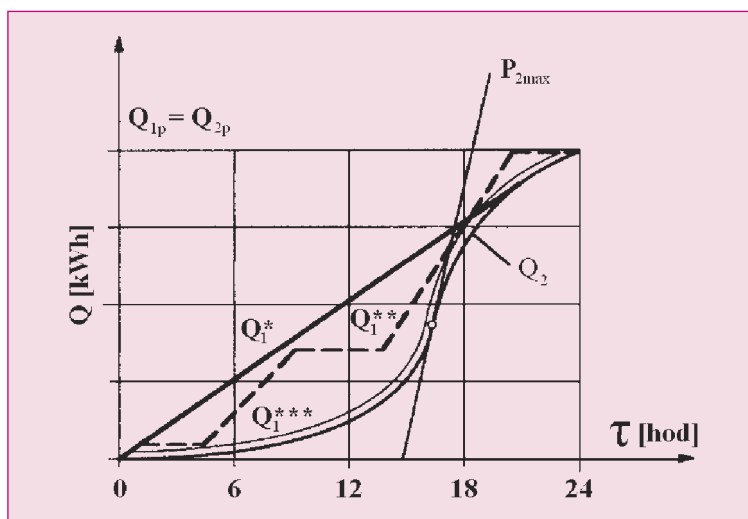
V žádném případě nelze stanovit univerzální postup návrhu velikosti zásobníku nebo zdroje tepla pro přípravu teplé vody. Každý řešený objekt je specifický jednak svým využitím (např. chováním obyvatel, provozem technologií, apod.), jednak použitým typem zdroje tepla.

7.2.1 Návrh dle křivek dodávky a odběru tepla

Křivka odběru teplé vody Q_2 je závislost odběru objemu teplé vody V_2 na čase τ . Křivka dodávky Q_1 je závislost dodávky tepla ze zdroje tepla v časovém intervalu. Důležitým předpokladem pro sestavení výše uvedených křivek je několik nezbytných bodů:

- křivka dodávky tepla Q_1 je vždy nad křivkou odběru tepla Q_2
- teplo dodané ohřivačem do teplé vody se rovná teplu odebranému z ohřivače $Q_{1p} = Q_{2p}$

Obr. 33 – Příklad křivek dodávky a odběru tepla při ohřevu vody různými zdroji tepla [L2]



Q_1^* – zdroj tepla s nepřetržitým provozem a zásobníkem,

Q_1^{**} – zdroj tepla s přerušovaným provozem a zásobníkem,

Q_1^{***} – zdroj tepla s dostatečným výkonem spjitě regulovaným podle odběru teplé vody bez zásobníku (např. průtokový ohřev).

Křivka dodávky tepla musí být vždy nad křivkou odběru tepla, jinak by nastal nedostatek energie pro ohřev vody na požadovanou teplotu. Křivky dodávky a odběru tepla s rostoucím časem neklesají. Sklon tečny k těmto křivkám k časové ose představuje hodnotu tepelného výkonu. Při nulovém výkonu je průběh křivky vodorovný s osou x, při největší strmosti křivky je předpokládaný tepelný výkon maximální. Objem zásobníku teplé vody se stanoví z maximálního rozdílu mezi křivkami dodávky a odběru tepla jako:

$$V_2 = \frac{\Delta Q_{max}}{\rho \cdot c \cdot (t_2 - t_1)} \cdot 3600 \cdot 1000 \quad (2.1),$$

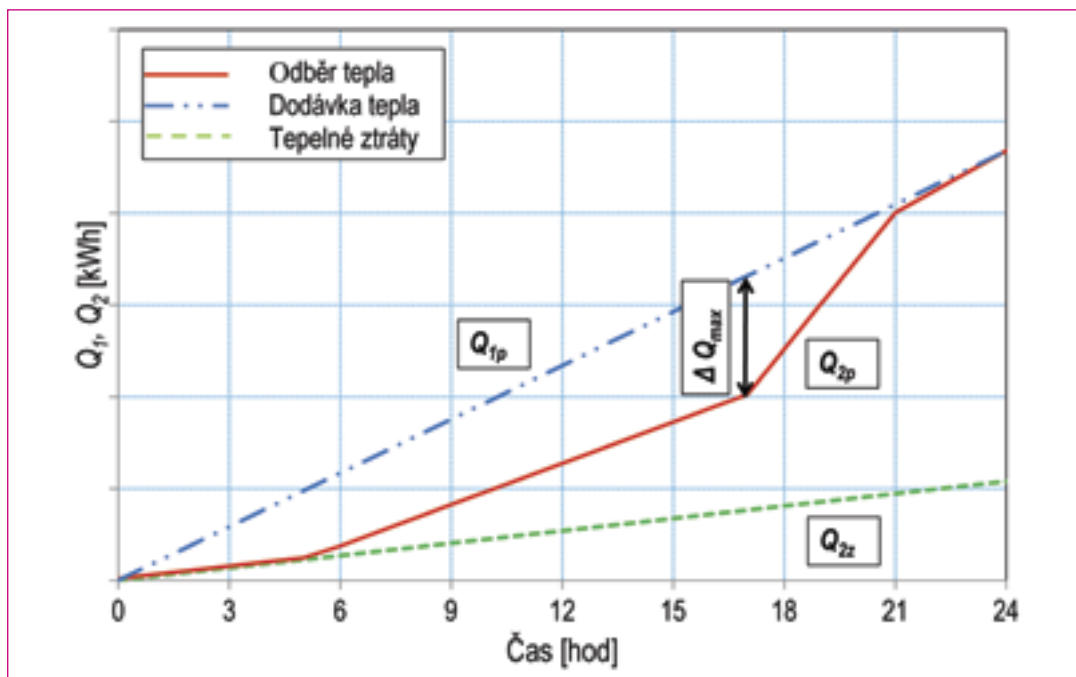
kde je

V_z objem zásobníku [m³],

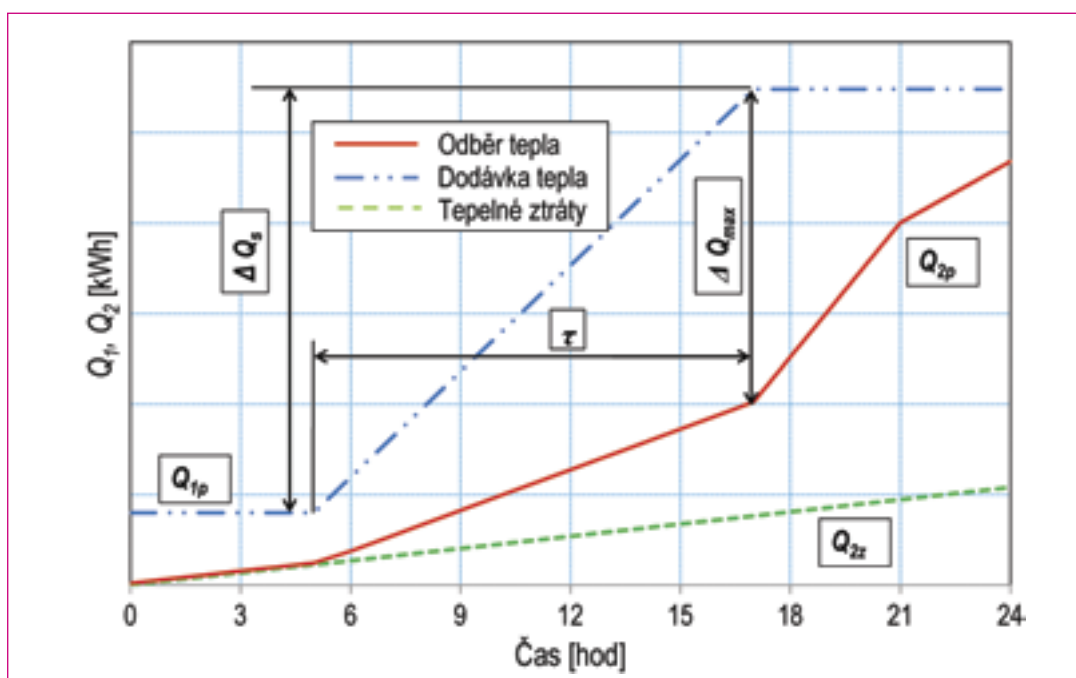
ΔQ_{\max} největší možný rozdíl tepla mezi Q_1 a Q_2 [kWh].

Křivku dodávky tepla Q_1 je možné sestavit ve dvou základních variantách. První případ nastává v okamžiku, kdy předpokládáme, že dodávka tepla do zásobníku teplé vody je během jedné časové periody trvalá (obr. 34). Druhý případ nastává, pokud bychom uvažovali, že využijeme teplo v zásobníku z předchozí časové periody ohřevu teplé vody, je-li dodávka tepla časově kratší než délka periody odběru teplé vody (obr. 35).

Obr. 34 – Křivky odběru a dodávky tepla s nepřerušovanou dodávkou tepla do zásobníku teplé vody



Obr. 35 – Křivky odběru a dodávky tepla s časově omezenou dodávkou tepla do zásobníku teplé vody



Pro ohřev se zásobníkem se požadovaný tepelný výkon zdroje tepla stanoví jako:

$$P_{1n} = \left(\frac{\Delta Q_s}{\tau} \right)_{\max} \quad (2.2),$$

kde je

P_{1n} jmenovitý tepelný výkon ohřevu [kW],

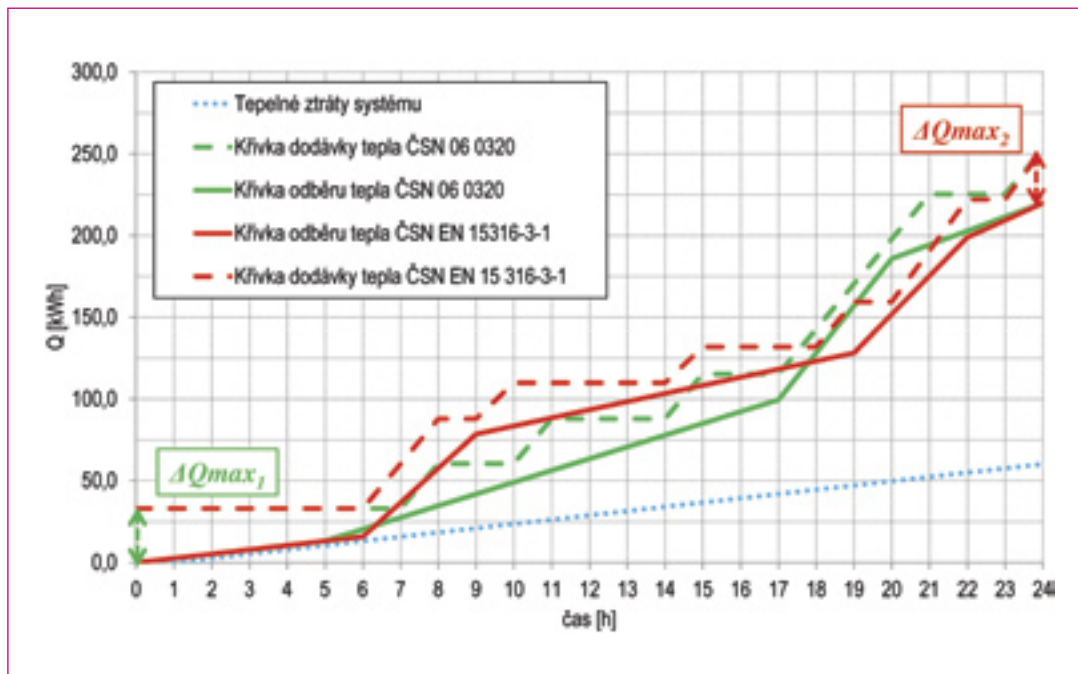
$\left(\frac{\Delta Q_s}{\tau} \right)_{\max}$ maximální sklon křivky dodávky tepla v čase [kWh/h].

Poměr $\left(\frac{\Delta Q_s}{\tau} \right)_{\max}$ vyjadřuje maximální sklon tečny k časové ose. V případě trvalé dodávky tepla z ohřivače teplé vody během celé periody (obr. 34) je hodnota $\Delta Q_s = Q_1$. V případě přerušovaného provozu v několika různých časových fázích jedné periody ohřevu teplé vody se pro výpočet podle (2.2) uvažuje maximální hodnota. Z uvedeného postupu tak vyplývá, že pro časově kratší dodávku tepla ze zdroje do zásobníku teplé vody je nutné navrhovat větší objem zásobníku, ale také zároveň požadovat vyšší tepelný výkon zdroje tepla než při trvalé dodávce tepla do zásobníku během celé periody odběru teplé vody (obr. 35). Platí tedy, že pokud bychom měli dostatečně velký zdroj tepla se spojitou regulací tepelného výkonu, bylo by možné navrhnout ohřev teplé vody bez zásobníku, tj. průtočným způsobem.

Příklad 1

Je dán bytový dům s obsazeností 100 osob (30 l/osoba-den) a poměrným ztrátovým součinitelem $z = 0,5$. Způsob zajištění přípravy teplé vody bude řešen formou centrálního zásobování teplem v zásobníku teplé vody. Celková potřeba tepla je pak $Q_{zp} = 157$ kWh/den. Při návrhu bylo uvažováno se zbytkovým teplem v zásobníku teplé vody v hodnotě 15 % z celkové potřeby tepla za celou periody (tj. 1 den). Výsledek časových křivek odběru a dodávky tepla ukazuje obr. 36. Dle vzorce (2.1) pak vypočítáme velikost zásobníku $V_{TV} = 630$ l (pro oba profily odběru). Následně potřebný tepelný výkon zdroje tepla (v tomto případě elektrické topné patrony) je $Q_{TV} \approx 27,5$ kW.

Obr. 36 – Křivky odběru a dodávky tepla pro příklad 1



7.2.2 Návrh dle DIN 4708

Výchozím parametrem pro návrh je definice tzv. „jednotkového bytu“, ve kterém je uvažován tzv. koeficient potřeby $N = 1$. Koeficient potřeby porovnává násobek N jednotkového bytu k posuzované budově, matematicky můžeme tento poměr vyjádřit jako:

$$N = \frac{\sum(n \cdot p \cdot \sum Q_i)}{Q_N} = \frac{\sum(n \cdot p \cdot \sum Q_i)}{(p \cdot Q_i)_{nom}} \quad (2.3),$$

kde je

N koeficient potřeby [-],

n počet bytů [-],

p koeficient obsazenosti, nebo počet osob (0) [-],

Q_i potřeba tepla odběrných míst [kWh].

Jednotkový byt je definován 4 místnostmi, kde bydlí průměrně 3 až 4 osoby. Koeficient obsazenosti p (Tab 20) udává, kolik osob žije skutečně v bytě a jakou mají potřebu teplé vody. Nejsou-li k dispozici skutečné údaje o obsazenosti bytu, použije se průměrná hodnota dle Tab 20 pro jednotkový byt se 4 místnostmi $\Rightarrow p = 3,5$. Tab 20 je vztahována k obytným místnostem jednoho bytu. Vedlejší místnosti, jako např. kuchyň (ne společný kuchyňský kout), komora, chodba, koupelna a vedlejší prostory, se do výpočtu nezahrnují. Výjimku tvoří místnosti typu obytné předsíně nebo např. zimní zahrady, které se do výpočtu zahrnují jako 0,5násobek obytné místnosti. V případě výpočtu bytů s převážně jednou místností nebo se dvěma místnostmi se uvažuje koeficient obsazenosti $p = 2,5$.

Tab. 20 – Koeficient obsazenosti bytu podle DIN 4708

Počet místností r [-]	Koeficient obsazenosti p [-]	Počet místností r [-]	Koeficient obsazenosti p [-]
1	2,0	4,5	3,9
1,5	2,0	5	4,3
2	2,0	5,5	4,6
2,5	2,3	6	5,0
3	2,7	6,5	5,4
3,5	3,1	7	5,6
4	3,5		

Dalším parametrem je definice místa odběru teplé vody. Norma DIN 4708 předpokládá pro návrh zásobníku teplé vody zohledňovat pouze největší spotřebič teplé vody, který bude v daném bytě používán. Při sanitární vybavenosti bytu se v principu rozlišují dva druhy vybavenosti:

- normální vybavenost bytu (Tab 21),
- komfortní vybavenost bytu (Tab 22).

Normální vybavenost bytu je definována jednou sprchou (nebo vanou), jedním umyvadlem a jedním kuchyňským dřezem. V případě sprchové kabiny se uvažuje hodnota potřeby tepla odběrného místa Q_i shodná pro vanu. Ostatní spotřebiče (tj. umyvadlo a dřez) se do výpočtu nezahrnují.

Tab. 21 – Odběrná místa teplé vody v bytech s normální výbavou

Prostor	Stávající vybavení	Q_i [kWh] pro výpočet podle Tab 23
Koupelna	koupací vana (1 600 mm x 700 mm) cca 140 l, nebo sprchová kabina se směšovací baterií a normální sprchou	jako koupací vana (1 600 mm x 700 mm) cca 140 l
	1 umyvadlo	nezohledňuje se
Kuchyň	1 dřez pro kuchyň	nezohledňuje se

Komfortní vybaveností je definován byt, který má ve větším množství jiná zařízení ve srovnání s normální vybaveností jednoho bytu. Rozdíl oproti bytu s normální vybaveností je v započítávání jednotlivých odběrných míst. Pokud není v bytu s komfortní vybaveností k dispozici žádná vana, ale pouze sprcha, bude pro výpočet použit údaj Q_i pro koupací vanu (1 600 mm x 700 mm). Má-li byt k dispozici více rozdílných sprchových kabin (Tab 23), použije se pro výpočet místo sprchové kabiny s největším odběrem koupací vana. Další odlišností je započítávání tzv. „malých spotřebičů“ (bidet, umyvadlo, dřez). V případě osazení bidetu, a s tím spojené další instalace více než dvou malých spotřebičů (tj. umyvadla a dřezu), je nutné do výpočtu bidet započítat.

Tab. 22 – Odběrná místa teplé vody v bytech s komfortní výbavou

Prostor	Stávající vybavení	Q_i [kWh] pro výpočet podle Tab 23
Koupelna	Koupací vana (druh dle Tab 23)	podle Tab 23
	Sprchová kabina (druh dle Tab 23)	podle Tab 23
	Umyvadlo	nezohledňuje se
	Bidet	nezohledňuje se
Kuchyň	Dřez pro kuchyň	nezohledňuje se
Pokoje pro hosty	Koupací vana (druh podle Tab 23)	50 % Q_i podle Tab 23
	Sprchová kabina (druh podle Tab 23)	100 % Q_i podle Tab 23
	Umyvadlo	100 % Q_i podle Tab 23*)
	Bidet	100 % Q_i podle Tab 23

*) Pokud je u pokoje pro hosty vana, nebo sprchový kout, umyvadlo se do výpočtu neuvažuje.

Tab. 23 – Potřeba tepla u různých odběrných zařízení podle DIN 4708

Odběrné místo	Zkratka podle DIN 4708	Odebírané množství V [l]	Potřeba tepla odběrného místa Q_i [kWh]
Koupací vana (1 600 mm x 700 mm)	NB1	140	5,82
Koupací vana (1 600 mm x 700 mm)	NB2	160	6,51
Vana do malého prostoru a vana se stupínky	KB	120	4,89
Velkoprostorová vana (1 800 x 750 mm)	GB	200	8,72
Sprchová kabina se směšovací baterií a úspornou sprchou	BRS	40	1,63
Sprchová kabina se směšovací baterií a normální sprchou	BRN	90	3,66
Sprchová kabina se směšovací baterií a luxusní sprchou	BRL	180	7,32
Umyvadlo	WT	17	0,7
Bidet	BD	20	0,81
Umyvadlo na ruce	HT	9	0,35
Kuchyňský dřez	SP	30	1,16

Jednotkový byt má definovanu jednu normální koupelnovou vanu (1 600 mm x 700 mm – NB1, Tab 23). Potřeba tepla pro ohřev TV pro jednotkový byt (4 místnosti => $p = 3,5$ a vanu NB1) je $Q_N = p \cdot Q_i = 3,5 \cdot 5,82 = 20,37$ kWh. S touto hodnotou jsou pak další výpočty porovnávány a vzorec pro stanovení koeficientu potřeby N (2.3) přejde do tvaru:

$$N = \frac{\sum(n \cdot p \cdot \sum Q_i)}{20,37} \quad (2.4)$$

Při následném výběru velikosti zásobníku je nutné zohlednit následující požadavky:

1. Koeficient potřeby vybraného typu zásobníku teplé vody N_L musí být minimálně tak velký, jak je velký vypočtený koeficient potřeby N , (tj. $N_L \geq N$).
2. Tepelný výkon kotle musí být minimálně tak velký, jak je trvalý tepelný výkon Q_D (údaj výrobce zásobníku teplé vody pro teplotní rozdíl při ohřevu 10/45 °C), potřebný k dosažení koeficientu potřeby zásobníku N_L .
3. Bude-li kotel uvažován jak pro otopnou soustavu, tak i pro ohřev teplé vody, je požadován zvýšený výkon kotle $Q_D = Q_{budovy} + \Delta Q_{TV}$ kde Q_{budovy} představuje tepelný výkon pro pokrytí nároků tepla (vytápění, vzduchotechnika, apod.) pro budovu [L2].

Příklad 2

Zadání je opět shodné s příkladem 2. Bytový dům (100 osob) 30 bytů. Každý byt obsahuje 1 vanu, 1 umyvadlo a 1 dřez. Do výpočtu lze uvažovat tzv. normální vybavenost bytu (tzn., že umyvadlo a dřez se do výpočtu odběru tepla v teplé vodě nezahrnuje). Koeficient obsazenosti je volen podle počtu místností (převažují 3+1 a 3+kk), tj. $p = 2,7$ [-].

$$\sum Q_i = 5,82 \text{ kWh}$$

Následně se vypočte koeficient potřeby N jako:

$$N = \frac{\sum (n \cdot p \cdot \sum Q_i)}{Q_N} = \frac{\sum (100 \cdot 2,7 \cdot 5,82)}{20,37} = 77,14$$

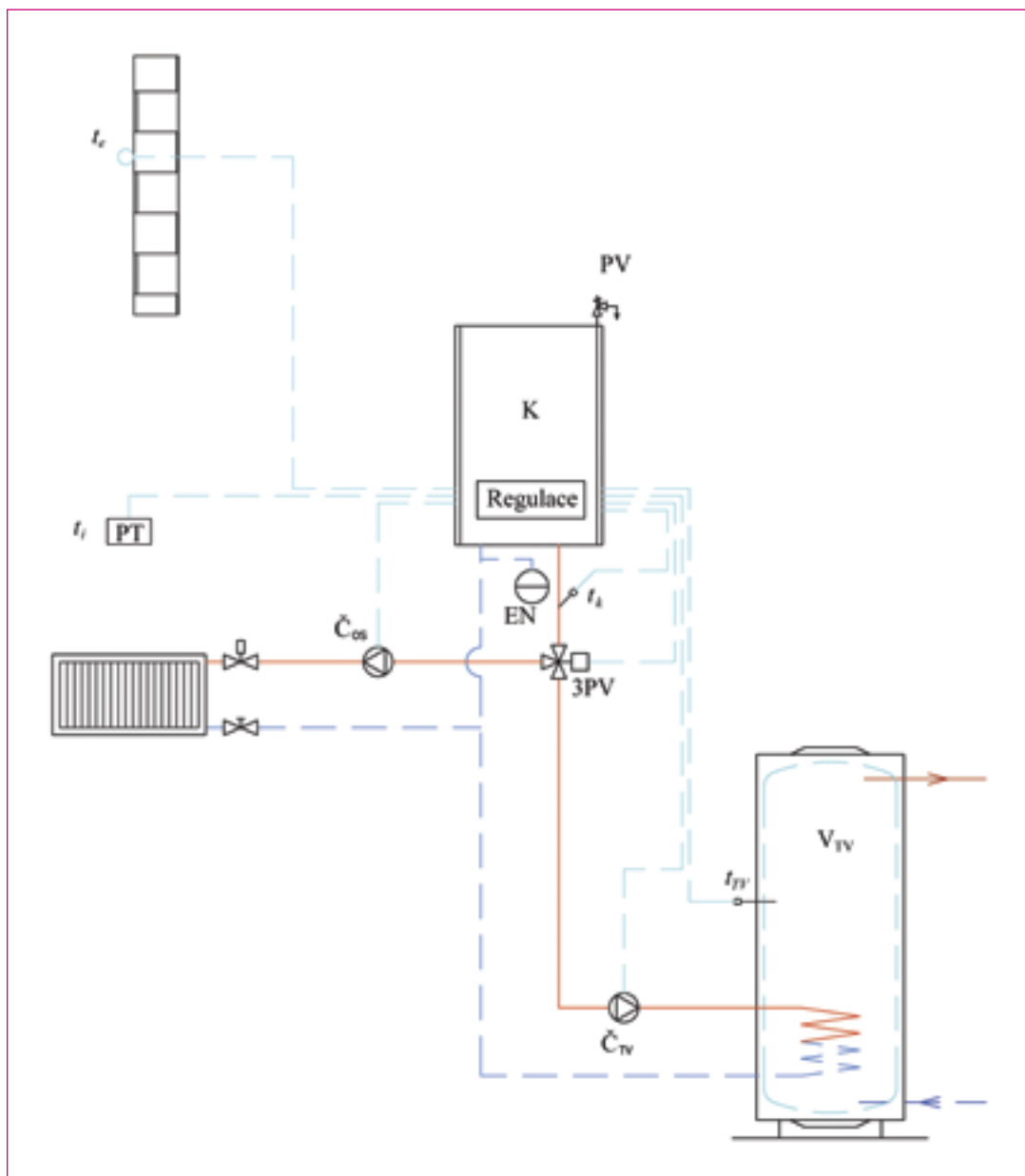
Z katalogu výrobců bychom pak vybírali typ zásobníku teplé vody, který by splnil podmínku, že vypočtený koeficient potřeby N je roven nebo menší než koeficient výkonu zvoleného zásobníku N_L . Pro příklad 2 by to bylo 2 x 400 l. Nicméně tady je ještě nutné kontrolovat přenosovou schopnost teplosměnné plochy navrženého zásobníku teplé vody. Ne zřídka se proto navrhuje externí výměníky v kombinaci s akumulací nádrží. Pro příklad 2 by právě z pohledu vysokého nároku na výkonové číslo zásobníku bylo vhodnější navrhnout externí výměník s požadovaným výkonovým číslem v kombinaci s akumulací nádrží, která může splňovat požadavky odpovídající návrhu soustavy rozvodů teplé vody (ZTI) a může být navržena např. pouze pro pokrytí dopravního zpoždění regulace systému rozvodů teplé vody. Pro příklad 2 by to pro standardní vertikální soustavu s řízenou cirkulací při návrhu externího deskového výměníku s výkonovým číslem $N_L = 80$ byla akumulací nádrž o objemu cca 100 až 150 litrů.

7.2.3 Návrh zohledňující přednostní přípravu teplé vody se společným zdrojem pro vytápění

V praxi se u rodinných a menších bytových domů velmi často využívá tzv. přednostní příprava teplé vody (obr. 37). V principu jde o možnost přepnutí celého výkonu zdroje tepla pro přípravu teplé vody a následně jeho využití pro akumulaci v zásobníku teplé vody.

Výhodou přednostního ohřevu teplé vody je možnost využití maximálního tepelného výkonu zdroje tepla, který je primárně navržen pro otopnou soustavu. Pokud nastane odběr teplé vody ze zásobníku, teplota vody v zásobníku t_{TV} začne klesat. Po dosažení spínací teploty vody t_{TVmin} v zásobníku regulace zdroje tepla vypne oběhové čerpadlo otopné soustavy a přepne trojcestný přepínací ventil ve směru nabíjení zásobníku teplé vody. Zároveň zdroj tepla navýší teplotu kotlové vody (obvykle na maximální jmenovitou teplotu, např. až 80 °C) a regulace sepne nabíjecí čerpadlo zásobníku teplé vody. V okamžiku, kdy je teplota vody v zásobníku dostačující, regulace celý systém přepne zpět do režimu vytápění. Je tedy zřejmé, že čím bude spínací diference ($\Delta t_{TV} = X_p = t_{TV} - t_{TVspin}$) větší, tím bude čas pro dobití zásobníku τ_a delší. Spínací diference se obvykle volí 5 K nebo 10 K podle typu zásobníku teplé vody. Doba potřebná k dohřátí zásobníku teplé vody τ_a by ale neměla být příliš dlouhá, a sice proto, aby během přerušení dodávky tepla do otopné soustavy nedošlo k ovlivnění tepelné pohody ve vytápěném prostoru. Pro lehké stavby s minimální akumulací tepla by doba potřebná k dohřátí vody v zásobníku teplé vody τ_a neměla překročit 10 minut. U středně těžkých a těžkých staveb s akumulací schopností zdiva by doba dohřevu τ_a neměla být delší než 20 minut.

Obr. 37 – Příklad zapojení zdroje tepla s přednostní přípravou teplé vody: Č_{OS} – oběhové čerpadlo otopného systému, Č_{TV} – nabíjecí čerpadlo zásobníku TV, EN – expanzní nádoba, K – kotol, PT – dálkové ovládání s čidlem vnitřní teploty, PV – pojistný ventil, 3PV – trojcestný přepínací ventil, V_{TV} – zásobník teplé vody, t_e – venkovní teplota, t_i – vnitřní teplota, t_k – teplota kotlové vody, t_{TV} – teplota vody v zásobníku teplé vody



Postup návrhu objemu zásobníku teplé vody vychází z předpokladu, že tepelný výkon kotle Q_k je větší nebo roven požadovanému výkonu pro přípravu TV Q_{TV} .

$$Q_k \geq Q_{TV} \quad (2.5)$$

Pro obytné budovy se nejčastěji používají nepřímo ohříváné zásobníky s integrovaným výměníkem. Ty pracují na principu přirozeného vztlaku, tj. obsah zásobníku je zahříván od spodní části nahoru. U těchto systémů je tedy velmi problematické zajistit dokonalý ohřev celého objemu zásobníku teplé vody na žádanou teplotu. Abychom mohli vypočítat skutečný využitelný obsah zásobníku, je nutné zahrnout do výpočtu tzv. korekční faktor odběru y (Tab 24).

Tab. 24 – Korekční faktor odběru tepla ze zásobníku TV [L5]

Zásobník teplé vody	y [-]	
	$\tau_a < 20$ minut	$\tau_a < 10$ minut
Vertikální zásobník	0,94	0,89
Horizontální zásobník (do 400 l)	0,96	0,91
Horizontální zásobník (nad 400 l)	0,90	0,85

Rovnicí pro výpočet potřebné doby dohřevu teplé vody τ_a je bilance dodaného tepla určitému objemu kapaliny za časovou jednotku při známém rozdílu teplot jako:

$$Q_k = \frac{V_{TV} \cdot y \cdot \rho \cdot c \cdot X_p}{\tau_a} \Rightarrow \tau_a = \frac{Q_k}{V_{TV} \cdot y \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t_p} \quad (2.6),$$

kde je

Q_{TV} tepelný výkon nutný k dohřevu teplé vody [W],

V_{TV} objem zásobníku teplé vody [m³],

τ_a doba dohřevu teplé vody při teplotním rozdílu Δt_p [s],

ρ hustota vody při střední teplotě zásobníku [kg/m³],

c měrná tepelná kapacita vody při střední teplotě zásobníku [J/(kg·K)],

Δt_p spínací diference pro dohřev teplé vody (5 až 10 K) [K],

y korekční faktor odběru tepla ze zásobníku teplé vody (Tab 24) [-].

Pokud je vypočtená hodnota doby dohřevu teplé vody τ_a menší než 10 minut pro lehké stavby (resp. 20 minut pro středně těžké a těžké stavby), je výkon kotle Q_k pro navržený objem zásobníku teplé vody dostatečný.

7.2.4 Tepelně-technické vlastnosti zásobníků teplé vody

Většina nepřímě ohříváných zásobníků má integrovaný spirální výměník tepla z hladkých trubek. U výměníků tepla je z hlediska dosahovaného tepelného výkonu rozhodující jeho teplosměnná plocha a střední rozdíl teplot. S ohledem na použitý jmenovitý tepelný výkon zdroje tepla Q_k je nutné ověřit, zda výměník tepla v navrženém zásobníku teplé vody je schopen tento tepelný výkon odevzdat do teplé vody. Výrobci zásobníků teplé vody většinou udávají tzv. jmenovitý tepelný výkon integrovaného výměníku tepla pro teplotu kotlové vody t_k a průtok nabíjecím čerpadlem.

Jak bylo na předchozím příkladu ukázáno, reálný odběr v řešeném objektu při současném koupání (napouštění vany) a sprchování by byl možný zvažovat při maximálním průtoku teplé vody 12 l/min = 720 l/h. Hodnota „maximálního“ průtoku vody při současném použití sprchy a vany (např. v rámci jednoho bytu) je důležitá ve vazbě na schopnost přenosu tepla ve výměníku vybraného zásobníku teplé vody. Např. konkrétní zásobník H65W o objemu 65 litrů má při tepelném výkonu 18 kW na primární straně výměníku (tj. na straně zdroje tepla) uveden trvalý průtok teplé vody 438 l/h o teplotě $t_2 = 45$ °C. Jinak řečeno jeho trvalá produkce teplé vody o teplotě 45 °C, při teplotě studené vody na vstupu do zásobníku 10 °C, je 438 l/h. Dále např. u jiného zásobníku teplé vody S 120/5 o objemu 120 litrů uvádí výrobce při výkonu zdroje tepla 34 kW trvalý průtok teplé vody 834 l/h (při $t_k = 80$ °C, $t_2 = 45$ °C, $t_1 = 10$ °C). Pokud by tedy nastala situace, kdy je objem zásobníku TV vyčerpán z předchozích odběrů TV (tj. $t_{TV} = t_{TVspín}$) a současně bude dále požadována dodávka tepla pro odběr TV v podobě napouštění vany a současného požadavku na sprchování, bude nutné k zajištění takového požadavku zdroj tepla o tepelném výkonu cca 28 kW (vztaženo na průtok TV pro vanu a sprchu v součtu celkem 720 l/h, s ohledem na teplosměnnou plochu výměníku v zásobníku S 120/5). Jedná se sice o krátký špičkový odběr trvající řádově 10 až 15 minut, ale je jasné, že v klasickém rodinném domě takový zdroj tepla dnes nenalezneme. Proto je vhodnější přihlídnout právě i k požadavkům ZTI a velikost navrženého zásobníku s ohledem na zdroj tepla těmito skutečnostem přizpůsobit. Navíc je zřejmé, že s rostoucím počtem obyvatel (odběrných míst) je nutné výpočtový průtok korigovat a je vhodné počítat s vyšším podílem nesoučasnosti odběru teplé vody.

Neopominutelným faktem také zůstává nastavení spínací difference nabíjení zásobníku TV ve vazbě na polohu čidla v zásobníku (obr. 37). V případě vertikálního zásobníku se obvykle čidlo teploty, které řídí spínání procesu nabíjení zásobníku TV, umísťuje od poloviny zásobníku až do 2/3 výšky zásobníku. Pokud bude čidlo umístěno příliš vysoko (tj. blízko výstupu TV do potrubního systému vodovodu), může docházet k pozdější reakci a výraznému dopravnímu zpoždění nabíjení zásobníku TV, kdy již téměř celý objem zásobníku bude vyčerpán, a než dojde opět k dosažení požadované teploty TV, dojde během odběru TV k poklesu teploty TV. Naopak v případech, kdy bude čidlo umístěno příliš nízko (tj. blízko teplosměnné plochy výměníku zásobníku TV), může docházet k častému spínání zdroje tepla i při sebemenším odběru TV bez ohledu na skutečné požadované množství odebrané TV.

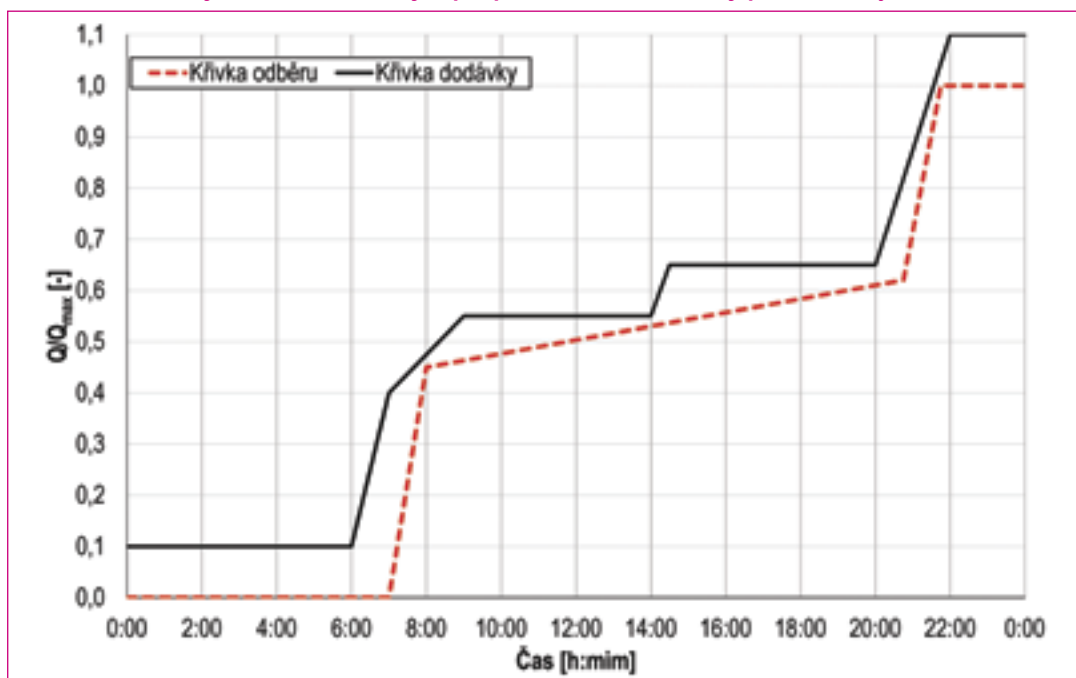
Z ukázek tedy vyplývá, že ačkoli mohou metody návrhu zásobníku teplé vody vypadat principiálně jednoduše, je důležité znát vazbu i na další profese. Rozhodující je vazba zejména na profesi vytápění a zdravotně technické instalace v části vodovodu. Okrajové podmínky návrhu systému přípravy teplé vody lze shrnout do těchto bodů:

- celková potřeba TV – vztaženo na měrnou jednotku (osoba, lůžko, sprcha, apod.),
- znalost průběhu odběru tepla – časová distribuce TV v řešeném objektu,
- teplotní úroveň zdroje tepla pro přípravu TV,
- požadavky na provoz zdroje tepla – časové intervaly provozu jiných technologií,
- přenosová schopnost teplosměnné plochy zásobníku TV,
- průtok vody na výtokových armaturách.

7.2.5 Faktory ovlivňující velikost zdroje tepla pro přípravu teplé vody

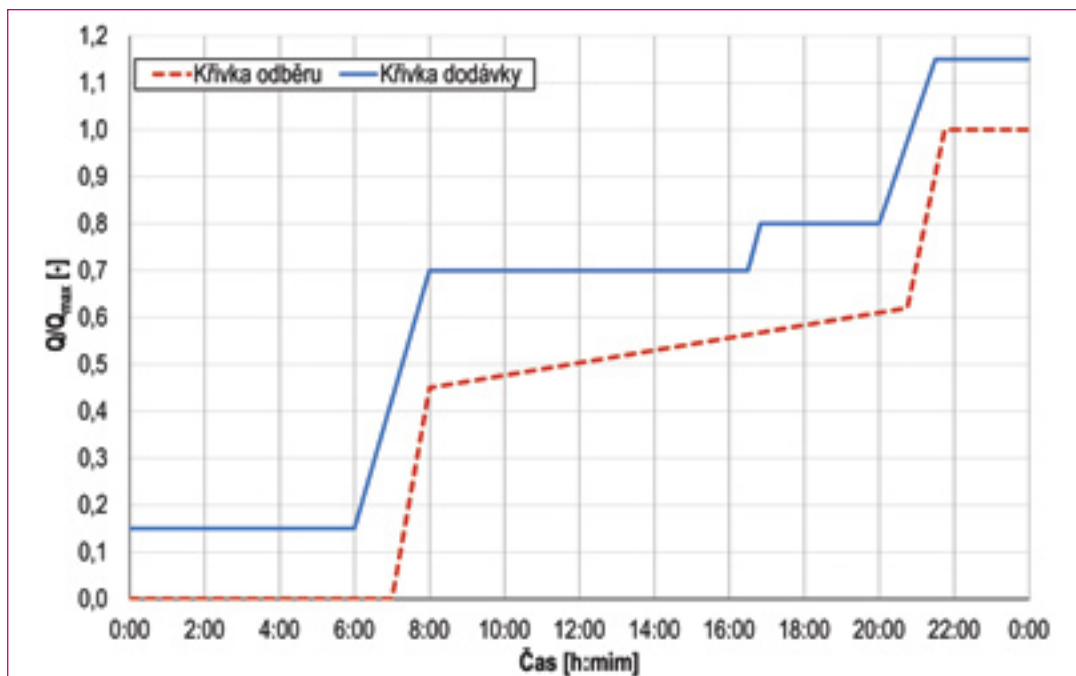
Typický příklad podcenění křivky dodávky tepla Q_1 ukazuje obr. 38. Snahou takového návrhu je minimalizace velikosti zásobníku TV co nejvýraznějším kopírováním křivky odběru tepla. Pokud ale během periody přípravy TV (v tomto příkladu jednoho dne) dojde k navýšení odběru TV, nebude takto sestavený systém přípravy TV schopen zajistit dodávku dostatečného množství TV. Vhodnější návrh stejného příkladu ukazuje obr. 39. Zásadou správného návrhu není snaha o vytvoření nejmenšího zásobníku TV (tj. minimálního rozdílu mezi křivkou dodávky a odběru tepla), ale vytvoření dostatečného akumulačního prostoru pro případný nestandardní odběr TV. Z měření na bytových domech vyplývá, že je třeba pro křivku dodávky tepla dodržovat alespoň 15% zvýšení potřeby tepla nad křivkou odběru. V případě, že je očekávána výrazná ranní špička, a pokud je zdroj tepla současně využíván i pro jiné technologie (vytápění, klimatizace, apod.), je možné navýšení odběru TV v ranních hodinách vykrýt zvětšením objemu zásobníku úměrně natolik, aby bylo možné delší časový úsek nevyžadovat od zdroje tepla dodávku tepla do systému TV.

Obr. 38 – Křivky odběru a dodávky tepla pro nevhodně zvolený provoz nabíjení zásobníku TV



Pro příklady na obr. 38 a obr. 39 je zajímavé porovnání velikosti vypočteného zásobníku TV a požadavku na tepelný výkon zdroje tepla. Výsledky ukazuje Tab. 25, resp. Tab. 26. Výsledky ukazují, že zdroj tepla pro oba příklady bude požadován s výkonem o velikosti 30 kW, vztaženo k procentuálnímu poměru tepla na ose y v grafech na obr. 38 a obr. 39, kdy 1 % = 1 kWh (obr. 39). Naopak s ohledem na velikost zásobníku TV je v příkladu podle obr. 39 požadován zásobník velikosti cca 250 litrů a v příkladu dle obr. 38 o velikosti cca 480 litrů.

Obr. 39 – Křivky odběru a dodávky tepla s optimalizací provozu nabíjení zásobníku TV



Tab. 25 – Stanovení velikosti zásobníku TV a zdroje tepla dle příkladu na Obr. 38

Časový úsek nabíjení	Požadovaný objem zásobníku TV V_{TV} [l]	Jmenovitý tepelný výkon ohřevu TV P_{1n} [kW]
6:00 až 7:00	Není rozhodující pro maximální rozdíl.	30,0
7:00 až 9:00	Není rozhodující pro maximální rozdíl.	7,5
14:00 až 14:30	248,4	20,0
20:00 až 22:00	Není rozhodující pro maximální rozdíl.	22,5

Tab. 26 – Stanovení velikosti zásobníku TV a zdroje tepla dle příkladu na Obr. 39

Časový úsek nabíjení	Požadovaný objem zásobníku TV V_{TV} [l]	Jmenovitý tepelný výkon ohřevu TV P_{1n} [kW]
6:00 až 8:00	477,7	27,5
16:30 až 16:50	Není rozhodující pro maximální rozdíl.	30,0
20:00 až 21:30	Není rozhodující pro maximální rozdíl.	23,3

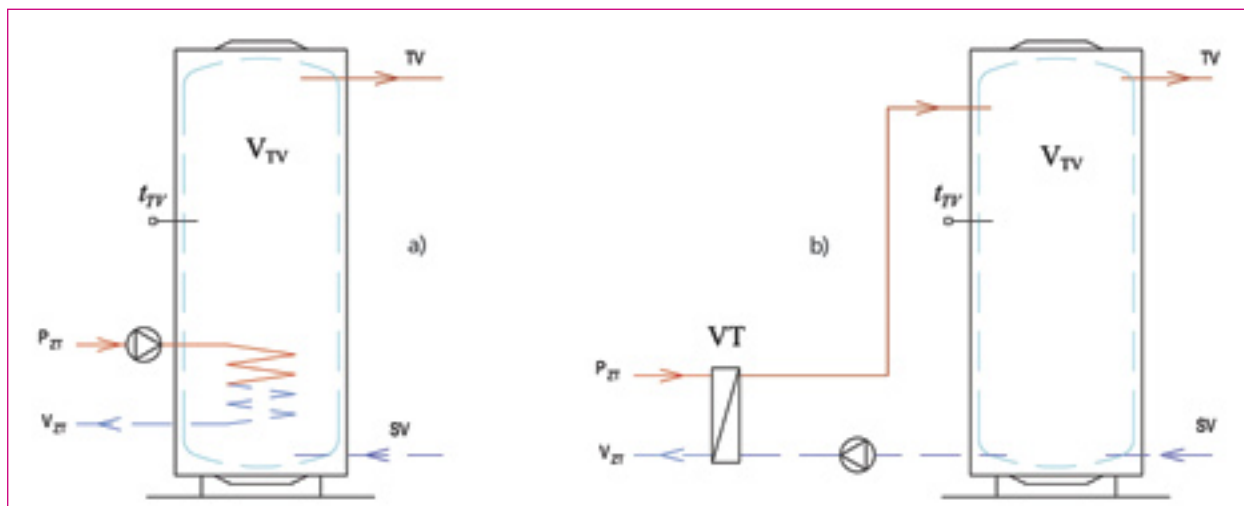
Z řešení podle obr. 39 je vidět, že je možné očekávat stagnaci požadavků na dodávku tepla pro TV mezi 8:00 až 16:20, což právě představuje možnost využití zdroje tepla i pro jiné účely (technologie) než pouze pro přípravu TV. Nicméně pro řešení podle obr. 39 je nutné ještě do celkové energetické a nákladové bilance takto navrhovaného systému zahrnout jednak zvýšení statické tepelné ztráty zásobníku TV, jednak finanční náklady spojené s pořízením většího zásobníku TV.

Samostatnou kapitolou je řešení přípravy teplé vody u soustav centrálního zásobování teplem formou domovních předávacích stanic. V těchto případech platí stejné metodiky popsané v předchozích případech, ale rozhodující návrhové parametry se zaměřují spíše na možnosti aktuálního přenášeného tepelného výkonu ve vazbě na požadavek odběratele. V podstatě lze okrajové podmínky definovat jako:

- Měrná potřeba teplé vody na obyvatele a den – obvykle 30 až 35 l/os·den.
- Časové rozložení odběru teplé vody během dne – odběrový profil teplé vody.
- Výpočet požadavku na tepelně-technické vlastnosti výměníku – teplosměnná plocha, tepelný výkon výměníku.
- Řešení regulace přípravy teplé vody ve vazbě na akumulací prostor celé soustavy rozvodů teplé vody, včetně časového řízení cirkulace.

Ve vazbě na jednotlivé body je vhodné si uvědomit, že návrh zásobníku teplé vody zejména pro bytové domy naráží na omezenou velikost teplosměnné plochy integrovaného výměníku v nepřímo ohřivaném zásobníku. Tím se podstatně omezuje i schopnost sdílení tepla mezi primární stranou zdroje tepla a ohřivanou teplou vodou. Proto je v některých případech vhodné využít kombinace externího výměníku s dostatečnou teplosměnnou plochou (a tím i dostatečným přenášeným tepelným výkonem) v kombinaci s akumulací nádrží teplé vody. Velikost akumulací nádrže pak záleží na způsobu regulace a dopravním zpožděním celého systému rozvodů teplé vody (viz text výše).

Obr. 40 – Schéma zapojení přípravy teplé vody:



a) V nepřímo ohříváném zásobníku teplé vody s integrovaným výměníkem.

b) Externím výměníkem v kombinaci s akumulací nádrží a nabíjecím čerpadlem teplé vody.

7.3 Alternativní zdroje energie v přípravě teplé vody

Základní vstupní informací pro výběr vhodného zdroje tepla, typu otopné plochy nebo regulace je pro projektanta energetická bilance posuzované budovy. Hlavní parametry tvoří podrobná bilance potřeby tepla na vytápění, přípravu teplé vody, větrání, atd.

Klasické zdroje tepla na plynná nebo kapalná paliva mají hlavní výhody v bezobslužném provozu, širokém pásmu modulace tepelného výkonu a malé náročnosti na zastavěný prostor. Možnosti zapojení jsou již poměrně dobře popsány a provozem ověřeny. Nevýhodou je samozřejmě dostupnost paliva. U plyných paliv (nejčastěji zemní plyn) je tak nutnost mít k dispozici buď plynofikaci daného pozemku, nebo jak pro plynná, tak i kapalná paliva je nutné zřídit zásobník paliva, což s sebou nese nemalé investiční náklady. Zcela jiná situace je, ale u alternativních zdrojů tepla, protože každá jednotlivá skupina je ve využití pro přípravu teplé vody specifická.

Základní aspekty, které je nutné splnit při nasazení alternativních zdrojů tepla (AZE) pro přípravu teplé vody jsou:

- časový průběh odběru teplé vody – např. křivka odběru,
- dosažení požadovaného tepelného výkonu instalovaného systému AZE s ohledem na odběr teplé vody ve špičkách – spojitost tepelného výkonu systému AZE,
- možnosti akumulace vyrobeného tepla ze systému AZE,
- doba návratnosti nasazení systému AZE.

7.3.1 Rozdělení alternativních zdrojů energie

Využití alternativních systémů dodávek energie je dnes v oblasti vytápění běžnou praxí. Z pohledu vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov (§ 7), jsou alternativní systémy dodávek energie členěny na:

- a) místní systémy dodávky energie využívající energie z obnovitelných zdrojů (OZE),
- b) kombinovaná výroba elektřiny a tepla (KVET),
- c) soustava zásobování tepelnou energií (CZT),
- d) tepelné čerpadlo (TČ).

Samostatnou kapitolou je ovšem jejich využití v rámci zdravotně technických instalací, resp. v oblasti přípravy teplé vody.

Nejčastější chyby při návrhu velikosti zásobníku TV a zdroje tepla obecně jsou, že se projektant snaží být na straně bezpečnosti návrhu a že výsledek vede k výraznému nárůstu velikosti zásobníku TV. Další chyby pak nastávají v případech, kdy není zohledněna možnost změny křivky odběru tepla při nestandardním chování uživatele, což vede k nedostatečnému množství připravované TV.

Z pohledu provozních charakteristik je důležité si uvědomit způsob nabíjení zásobníku TV. Regulační pochod zdroje tepla, který většinou pracuje s tzv. přednostním ohřevem TV. Tzn., že při registraci nízké teploty zásobníku TV je veškerý aktuální tepelný výkon zdroje tepla přeměřován k nabíjení zásobníku TV. Součástí regulace zdroje tepla je pak sledování doby nabíjení zásobníku nebo schopnosti dosažení požadované výstupní teploty pro nabití zásobníku. Při nesplnění požadavku ať prvního, či druhého, zdroj tepla přepíná na záložní zdroj tepla (pokud ho má, např. u tepelného čerpadla elektrickou topnou patronou), anebo je regulací odpojen.

Z pohledu projektanta je však většinou důležitější otopná, chladicí nebo vzduchotechnická soustava než příprava teplé vody. V případě objektu, který je zásobován ze společného zdroje tepla jak na profesi vytápění, tak i na přípravu teplé vody, je proto nutné uvědomit si provozní charakteristiku otopných ploch v objektu použitých. Časové konstanty různých typů otopných ploch udává Tab. 27[L6]. Je zřejmé, že regulace sleduje nejen dosažení tepelné pohody ve vytápěném prostoru, ale také dosažení požadované teploty v zásobníku teplé vody. Provoz nabíjení zásobníku teplé vody však nemůže být časově náročný, protože při nabíjení zásobníku není do systému vytápění dodávána žádná tepelná energie (přednostní příprava teplé vody ve společném zdroji). Příklady pro využití systémů AZE jsou popsány v dalším textu.

Tab. 27 – Provozní charakteristiky vybraných druhů otopných ploch

Druh otopné plochy	Setrvačnost náběhu		Setrvačnost chladnutí	
	T_{n63} [min]	T_{n90} [min]	T_{ch63} [min]	T_{ch90} [min]
Deskové otopné těleso (typ 10 – 500 x 1 000)	3,5	5,2	18,4	44,7
Článekové otopné těleso – litinové (Kalor 10/500/70)	7,5	11,7	50,5	132,1
Článekové otopné těleso – hliníkové (Solar 500/80)	3,5	5,8	18,2	50,1
Trubkové otopné těleso (KL 1200.600)	8,7	17,8	18,7	48,8
Podlahové vytápění – mokřý způsob (tloušťka betonové mazaniny 8 cm)	117,1	215,3	306,3	563,6

Následující příklady jsou voleny tak, aby čtenář pochopil základní aspekty návrhu systému přípravy teplé vody, ve kterých se jednotlivé systémy AZE liší. Příklady proto mají spíše zobecňující charakter, ale použití popsaných postupů je možné na libovolný řešený objekt.

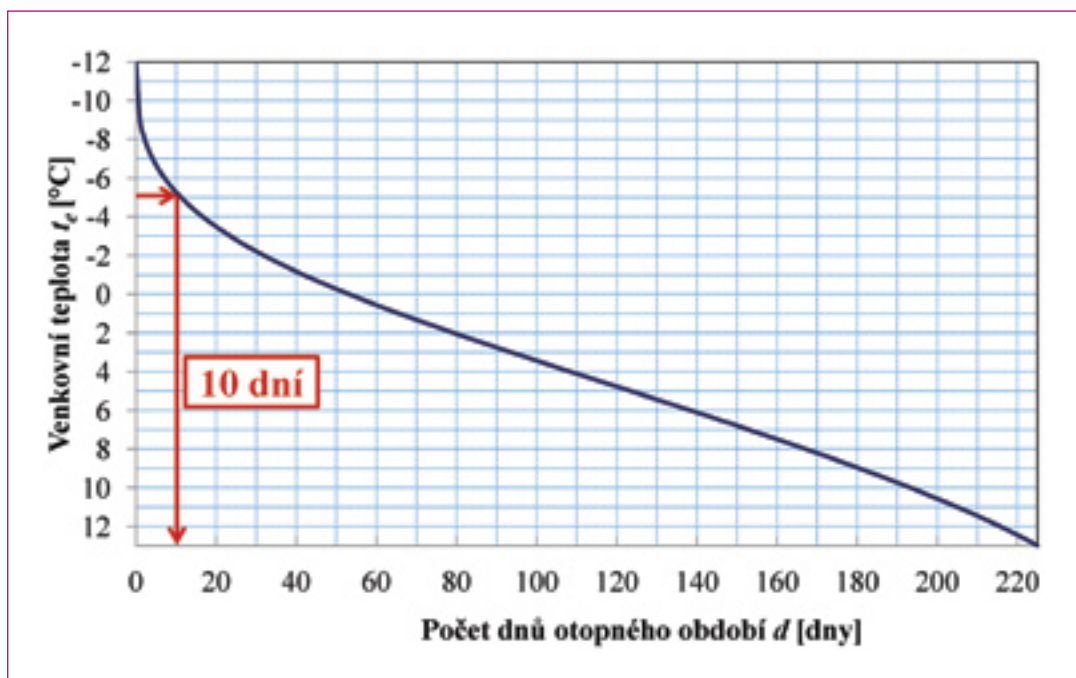
7.3.2 Optimalizace provozu zdrojů energie při přípravě teplé vody

7.3.2.1 Tepelné čerpadlo vs. vytápění

Návrh tepelného čerpadla s ohledem na potřebu tepla pro vytápění musí splnit řadu podmínek. Samozřejmě volba typu tepelného čerpadla je důležitá, ale je povětšinou dána lokálními možnostmi instalace a v neposlední řadě také finančními možnostmi investora. Z těchto pohledů je nejrozšířenějším typem tepelné čerpadlo vzduch – voda. U těchto tepelných čerpadel je problém s hodnotou topného faktoru. Je zřejmé, že s klesající venkovní teplotou klesá topný faktor, a proto je vhodné tepelné čerpadlo provozovat v tzv. bivalentním provozu (tj. s dalším zdrojem tepla). Bivalentní bod tepelného čerpadla vzduch – voda lze stanovit např. z křivky tepelného výkonu v závislosti na ven-

kovní teplotě a požadované výstupní teplotě otopné vody. Příklad pokrytí potřeby tepla pro bod bivalence při venkovní teplotě $t_e = -5\text{ °C}$ zobrazuje obr. 41. Pro úplné vyjádření potřeby tepla je pak nutné vzít v úvahu způsob bivalentního provozu TČ. Tzv. paralelně bivalentní = k TČ pod teplotou bivalence se připíná další zdroj a TČ pracuje i pod bodem bivalence. Alternativně bivalentní = při poklesu pod stanovenou teplotu bivalence, vytápění zajišťuje jiný zdroj. Nebo částečně paralelně bivalentní provoz = pod teplotou bivalence se připíná další zdroj tepla, ale zároveň při nedosažení potřebné výstupní teploty otopné vody (v závislosti na regulaci) se TČ vypíná.

Obr. 41 – Příklad volby bivalentního bodu pro teplotu venkovního vzduchu $t_e = -5\text{ °C}$ pro oblast Prahy



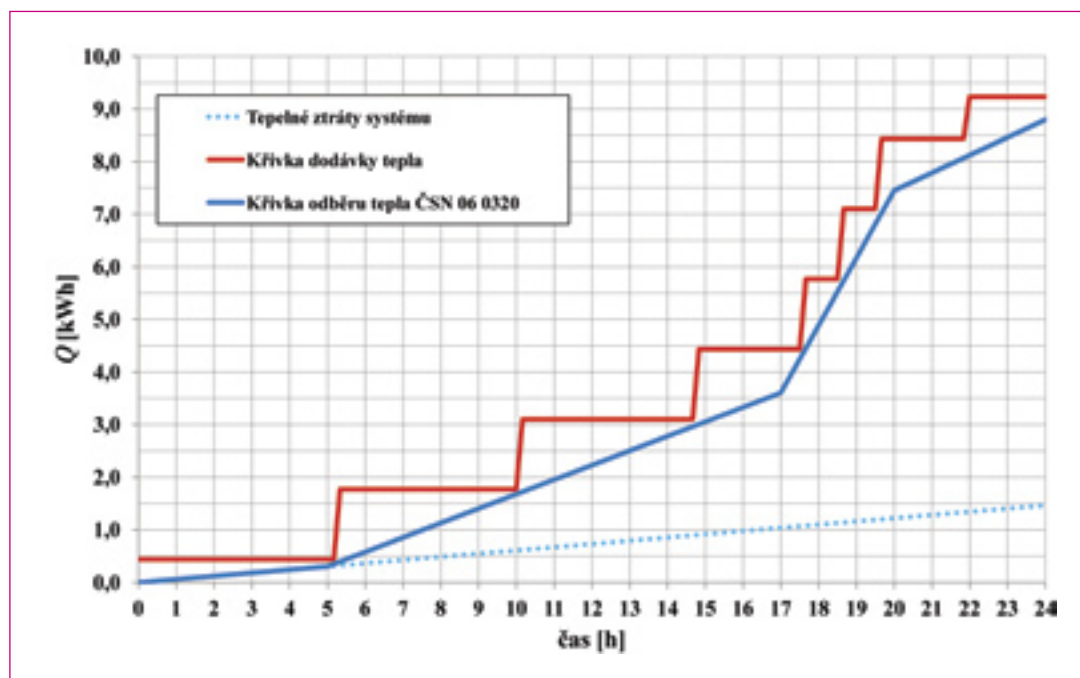
7.3.2.2 Tepelné čerpadlo vs. příprava teplé vody

V případě teplé vody jsou výstupní požadavky z tepelného čerpadla v podstatě konstantní. Největším problémem je však požadavek na výstupní teplotu z tepelného čerpadla (tj. 55 °C nebo 60 °C). Z pohledu technologických možností je tato teplota vody sice dosažitelná (např. tepelné čerpadlo vzduch – voda s technologií parního vstřiku umožňuje vysokou výstupní teplotu vody i při nízkých teplotách venkovního vzduchu), ale při uvážení dosahovaných topných faktorů v závislosti na venkovní teplotě je jasné, že bivalentní bod systému přípravy TV je nutné posunout. Hodnoty sezonních topných faktorů (SPF) u tepelných čerpadel vzduch – voda provozované výhradně pro přípravu teplé vody lze najít např. v [L7]; a jak ukazují další studie, sezonní topný faktor se u špičkových zařízení v průměru pohybuje okolo hodnot SPF = 2,4 až 2,5 [-]. Závažnějším problémem je však otázka provozování tepelného čerpadla při požadavku nabíjení akumulčního zásobníku TV. Významnou roli v tomto pohledu sehrává skutečný provozní režim tepelného čerpadla, resp. způsob řízení provozu tepelného čerpadla. Pokud je např. výstupní požadavek na teplotu vody 55 °C, který není za určený časový úsek provozu tepelného čerpadla dodržen, pak tepelné čerpadlo přepíná na záložní (většinou elektrický) zdroj tepla. To vede v reálném provozu ke značným problémům a ve většině případů to způsobuje výrazný nárůst spotřeby elektrické energie, a tím i dražší provoz tepelného čerpadla oproti předpokladu daného projektem. Na tento jev má největší vliv jednak hodnota požadované výstupní teploty vody (pro přípravu TV $t_{TV} \approx 55$ až 60 °C), dále charakter odběru TV, ale současně i velikost zásobníku TV. Čím větší zásobník TV projektant navrhl, tím je vyšší pravděpodobnost neschopnosti tepelného čerpadla zajistit požadovanou hodnotu TV pro celý objem zásobníku v daném časovém úseku.

7.3.2.3 Tepelné čerpadlo vs. vytápění a současná příprava teplé vody

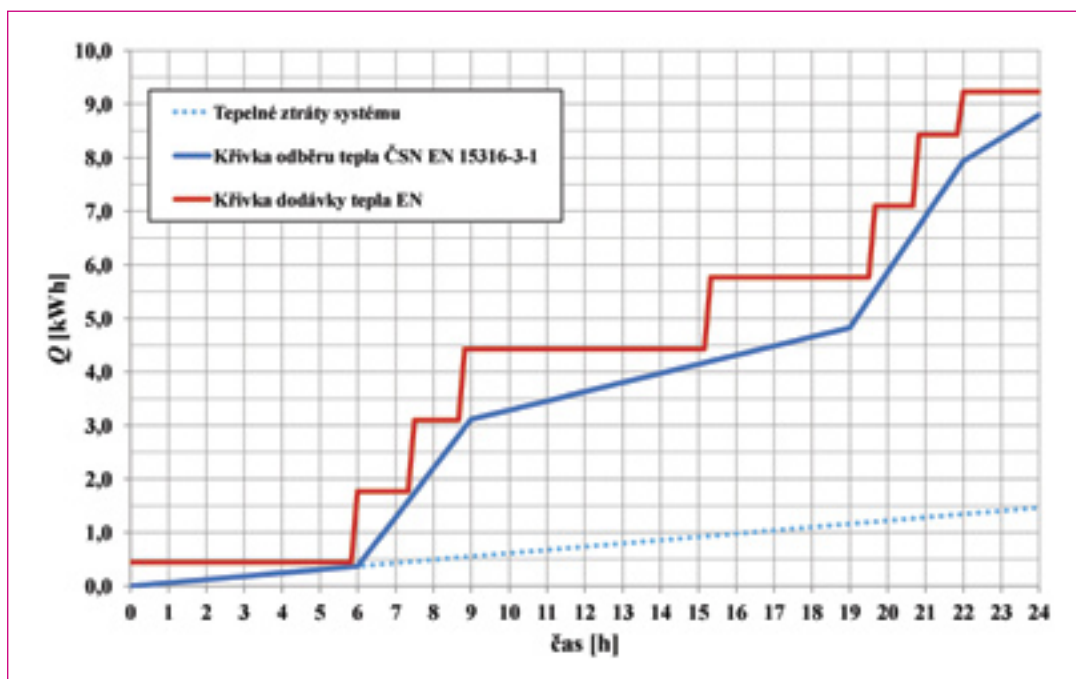
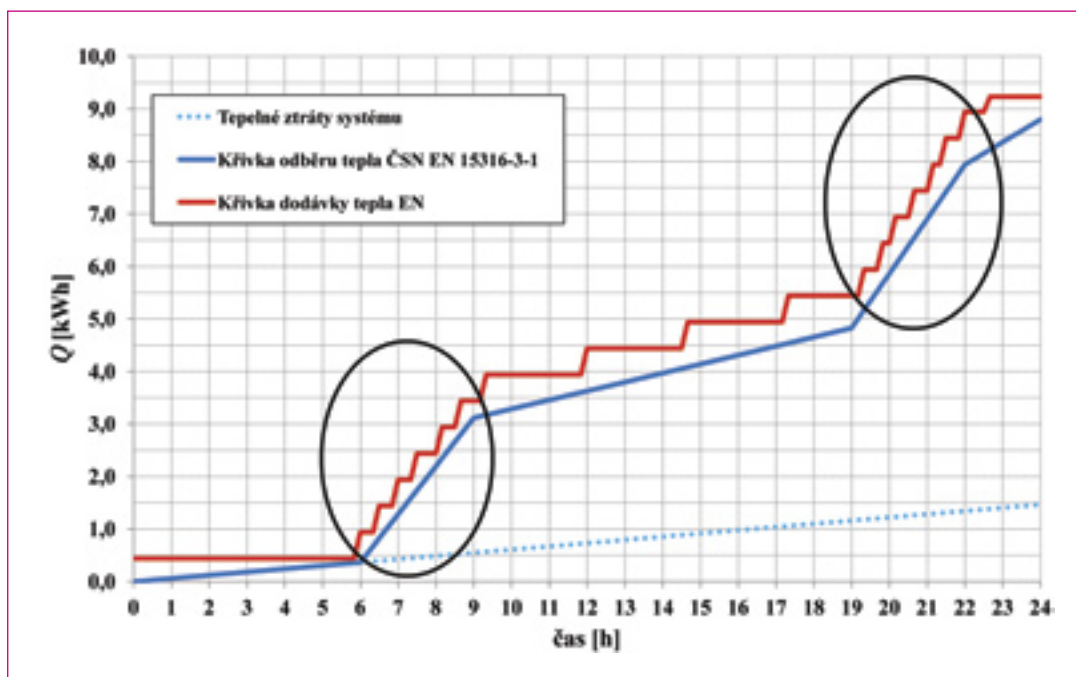
Toto je nejčastější provozní případ navrženého systému tepelného čerpadla. Provozní podmínky pro oba systémy byly popsány v předchozím textu. Následující příklad se zabývá typickým řešením pro obytné budovy. Je navržena standardní otopná soustava s deskovými otopnými tělesy a jmenovitý tepelný výkon tepelného čerpadla 8 kW (dále je uveden hlavní princip návrhu, který je možné aplikovat i na výkonově vyšší soustavy teplé vody, nebo přizpůsobit v případě kaskádové regulace několika zdrojů). Navrhujeme maximální dobu přerušování dodávky tepla pro otopnou soustavu na 10 minut (cca 20 minut je doba, kdy u deskových otopných těles poklesne jejich výkon o cca 63 % – viz Tab. 27). Následná dodávka tepla pro otopnou soustavu bude minimálně 30 minut (tj. doba, po kterou nebudeme v žádném případě požadovat dodávku tepla pro TV). Doba dodávky tepla (obr. 42) vypracujeme tak, aby bylo možné navrhnout co nejmenší požadovaný zásobník TV. Z pohledu možností nestandardního způsobu odběru TV mezi křivkou odběru a dodávky navrhujeme minimální požadovaný rozdíl 5 % aktuálního rozdílu odebíraného množství tepla (křivka odběru) a požadovaného množství tepla přiváděného (křivka dodávky).

Obr. 42 – Křivky odběru a dodávky pro zadání dle příkladu – řešení pro odběr dle ČSN 06 0320



Po odečtení maximálních rozdílů mezi křivkou dodávky a odběru TV (obr. 42 a obr. 43) lze vypočítat velikost zásobníku TV (pro $V_{Z-ČSN} = 30$ l, nebo pro $V_{Z-EN} = 25$ l). Z hlediska metodiky postupu výpočtu projektant žádnou chybu neudělal a výsledek je správný. Nicméně s ohledem na reálný provoz TČ a minimální odebrané množství TV např. pro 1 sprchu nebo 1 vanu je tento výsledek pro reálný provoz zcela nepřijatelný. Jak tedy ve skutečnosti (alespoň přibližně) bude vypadat reálný provoz TČ pro nabíjení zásobníku TV? Nejprve je nutné si uvědomit, že na obr. 42 a obr. 43 je uvažováno s konstantním tepelným výkonem tepelného čerpadla ($Q = 8$ kW). Jak však víme, tepelný výkon TČ vzduch – voda závisí na aktuálních venkovních podmínkách. Jak se změní průběh nabíjení zásobníku TV, pokud budeme uvažovat aktuální tepelný výkon TČ např. jen $Q = 3$ kW, ukazuje obr. 44.

Obr. 43 – Křivky odběru a dodávky pro zadání dle příkladu – řešení pro odběr dle ČSN EN 15316-3-1

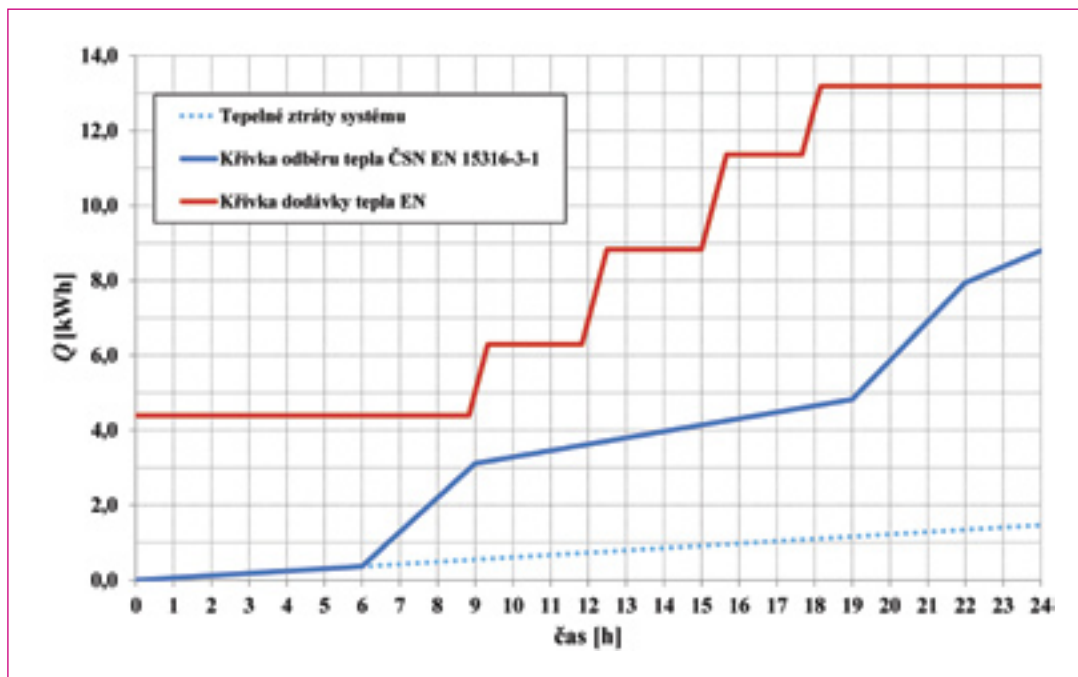
Obr. 44 – Křivky odběru a dodávky pro zadání dle příkladu – řešení pro odběr dle ČSN EN 15316-3-1 pro snížený tepelný výkon zdroje $Q = 3 \text{ kW}$ 

V případě snížení aktuální hodnoty tepelného výkonu zdroje tepla pro přípravu TV z předpokládaných 8 kW na 3 kW (např. pokles venkovní teploty vzduchu, a tím snížení topného faktoru TČ) nastává pro tento příklad v ranních (cca od 6:00 do 8:30) a večerních hodinách (cca od 19:00 do 22:00) výrazný problém se zajištěním potřeby přípravy TV. V těchto časových úsecích se výrazně setkává potřeba tepla pro zajištění přípravy TV a zároveň potřeby tepla pro vytápění. Časový krok mezi nutností sepnutí jednotlivých úseků ohřevu TV by se pohyboval mezi 8 až 17 minutami. Tzn. že TČ současně nestačí zásobovat objekt teplem pro vytápění (nastává pokles střední teploty otopných těles) a teplem pro přípravu TV (nedosažení požadované teploty zásobníku TV). Následkem toho je, že regulace TČ je nucena sepnout záložní zdroj – většinou elektrickou topnou patronu. Obr. 42 tak reprezentuje běžný případ, kdy TČ nestačí pokrývat současně požadavek tepla na přípravu TV ve špičkách a zároveň plnit požadavky otopné soustavy. Z uvedeného trendu je samozřejmě jasné,

že jak klesá tepelný výkon TČ, je požadavek na potřebnou dobu pro přípravu TV časově delší. Pro komplexní posouzení je nutné připomenout další již zmíněný případ, a sice když TČ není schopné v závislosti na aktuálních venkovních podmínkách dosáhnout požadované výstupní teploty TV. V praxi se pak pro tyto případy běžně stává, že podíl doplňkového elektrického zdroje tepla na celkové dodávce tepla pro otopnou soustavu a přípravu TV za otopnou sezonu může dosáhnout 30 až 40 %. To představuje neočekávanou finanční zátěž provozovatele TČ a zároveň snížení doby návratnosti investice do TČ.

Jedním z řešení příkladu se zahrnutím proměnlivého tepelného výkonu TČ ukazuje obr. 45. V principu se jedná o navýšení velikosti zásobníku TV tak, aby byly splněny dvě základní podmínky. První je, že nabíjení zásobníku by mělo probíhat v časových úsecích, kdy lze očekávat sníženou potřebu tepla pro otopnou soustavu a zároveň lze očekávat minimální odběr TV. To prakticky odpovídá požadavkům na provoz domu mezi 10:00 až 15:00. Druhou podmínkou pak je, že regulace zdroje tepla by měla být schopna reagovat na aktuální podmínky uvnitř domu, např. ekvitermní regulace s vazbou na vnitřní teplotu. Tím je možné upravovat dobu nabíjení zásobníku TV, tzn. možnost vyššího časového využití provozu TČ, aniž by byla narušena tepelná pohoda vytápěného prostoru.

Obr. 45 – Křivky odběru a dodávky pro zadání dle příkladu – optimalizace nabíjení zásobníku TV při proměnlivém tepelném výkonu TČ



Průběh křivky dodávky tepla dle obr. 45 byl sestaven pro průběh venkovní teploty v měsíci lednu pro jasnou oblohu, kdy nejnižší teplota je ráno přibližně při východu slunce a nejvyšší teplota je mezi 14:00 až 15:00. Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší denní teplotou (závisí samozřejmě na oblačnosti) je při jasné obloze v zimě cca 10 K. Tomu byl sestaven odpovídající průběh tepelného výkonu TČ dle jeho charakteristiky. Jak je vidět, důležitá je volba dostatečného akumulčního prostoru pro minimalizaci potřeby dodávky tepla v ranních hodinách (tj. při nejnižší venkovní teplotě vzduchu). Pro tento konkrétní případ je pro období mezi 0:00 až 9:00 uvažováno s podílem akumulovaného objemu TV 50 % z celkové dodávky tepla za 24 hodin. Z pohledu provozu TČ a jeho nabíjecích cyklů jsou navrženy čtyři cykly, tj. od 8:45 do 9:20, od 11:45 do 12:30, od 15:00 do 15:40 a od 17:45 do 18:10. Tyto doby byly voleny záměrně, neboť mezi cca 9:00 až 17:00 lze očekávat nejvyšší hodnoty venkovní teploty, což představuje vyšší potenciál tepelného výkonu TČ. Velikost navrženého zásobníku TV dle obr. 45 by poté měla být v tomto případě minimálně $VTV \approx 170$ l.

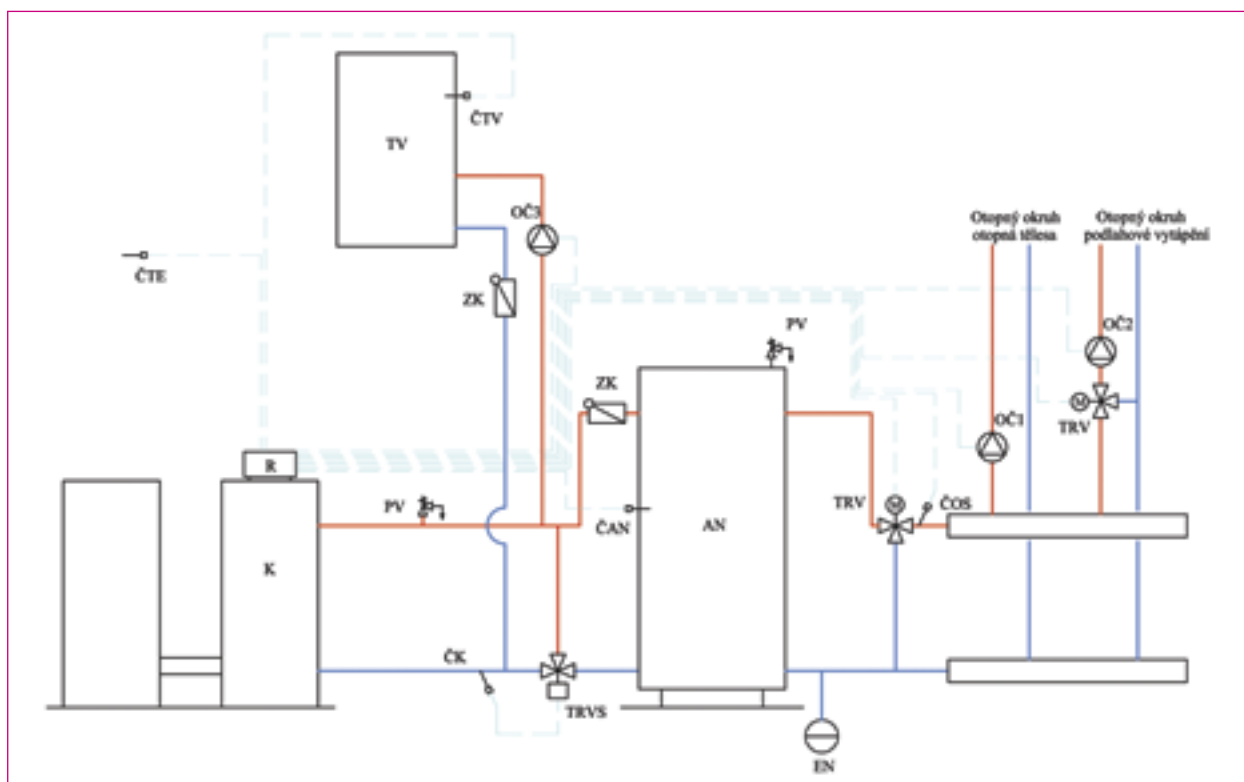
Obdobný princip lze očekávat i při řešení bytových domů nebo objektů s krátkými odběrovými špičkami, jakými jsou např. sportovní centra, plavecké bazény, apod.

7.3.2.4 Systémy využívající místní obnovitelné zdroje energie

Pokud začneme přemýšlet o využití obnovitelných zdrojů energie (OZE) – ať již jako hlavního zdroje tepla, nebo k podpoře jiného typu zdroje tepla –, je optimální, když si sestavíme základní energetickou bilanci získané energie z OZE vůči požadavkům na potřebu energie v objektu.

Do této kapitoly spadají zdroje tepla na biomasu, solární kolektory, využití energie větru, apod. Z pohledu zdrojů tepla na biomasu je výhodou sice možnost využití široké škály tuhých paliv; ale i zde je důležitá otázka dostupnosti daného typu paliva a nutnost jeho skladování. Hlavní nevýhodou je pak potřeba obsluhy (aspoň občasná) a z hlediska provozu pak obtížně řešitelná regulace tepelného výkonu zdroje. Základní schéma zapojení zdroje tepla pro společnou přípravu teplé vody a vytápění, které by mělo výše uvedené nedostatky zmírnit, je uvedeno na obr. 46.

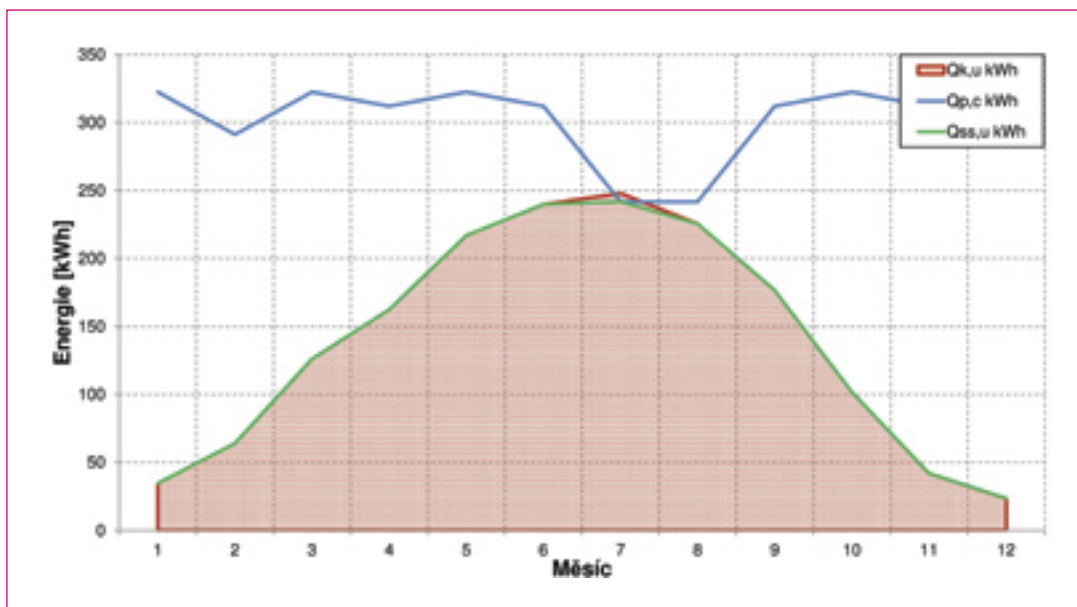
Obr. 46 – Základní možnost zapojení kotle na biomasu se současnou přípravou teplé vody (AN – Akumulační nádrž, ČAN – Čidlo teploty akumulční nádrže, ČK – Čidlo zpátečky kotle, ČTV – Čidlo teploty zásobníku teplé vody, ČTE – Čidlo venkovní teploty, ČOS – Čidlo teploty pro otopný systém, EN – Expanzní nádoba, K – Kotel, OČ1 – Oběhové čerpadlo otopného systému otopných těles, OČ2 – Oběhové čerpadlo otopného systému podlahového vytápění, OČ3 – Nabíjecí čerpadlo akumulční nádrže otopné soustavy, OČ4 – Nabíjecí čerpadlo zásobníku teplé vody, PV – Pojistný ventil, R – Ekvitermní elektronická regulace, TRV – Trojcestný směšovací ventil, TRVS – Trojcestný termostatický směšovací ventil, TV – Zásobník teplé vody)



Takové schéma je dnes standardní z pohledu odborné veřejnosti, na druhou stranu právě pohled investora může být v tuto chvíli velmi omezující. V ČR existuje cca 600 000 malých stacionárních zdrojů na tuhá paliva. Jejich majitelé se jen velmi obtížně smiřují s dopady požadavků zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, resp. normy ČSN EN 303-5 (tzn. požadavků na emisní třídy těchto kotlů a jejich plnění). Majitel staršího typu kotle na tuhá paliva sice provede stavební úpravy na svém domě, a může se tak z pohledu průměrného součinitele prostupu tepla dostat do kategorie např. nízkoenergetické budovy, ale stále velmi často opomíjí dopad takového opatření na provoz stávajícího zdroje tepla. Pro zajištění optimálních provozních podmínek nejen pro zdroj tepla na tuhá paliva, ale i pro regulaci otopného systému a minimalizaci nároků na obsluhu takového zdroje tepla je nutné provést základní opatření ve smyslu obr. 46. To však majiteli domu přináší další, a sice nemalé investiční náklady (desítky tisíc korun), které on velmi často považuje za zbytečné.

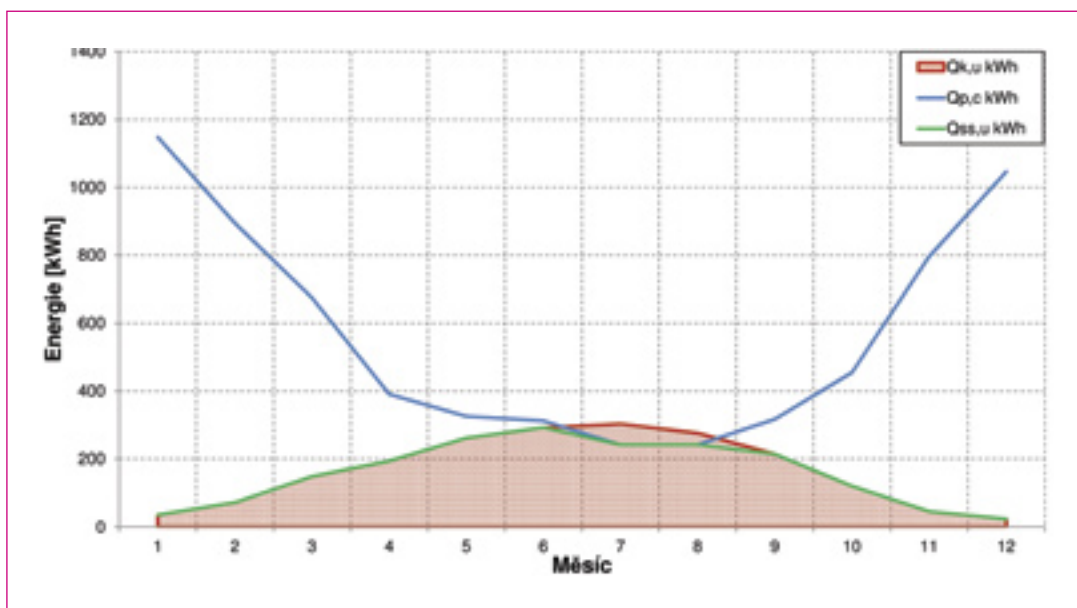
Další příklad je v použití solárních kolektorů. Základní úvahou je, zda v např. rodinném domě využít solární kolektory pro vytápění a přípravu teplé vody, nebo zda není výhodnější využívat solární kolektory pouze k přípravě teplé vody. Jako příklad je uveden rodinný dům z roku 2015, kde jeho potřeba tepla na vytápění je 3 100 kWh/a (dům splňuje požadavky na pasivní dům); pro potřebu teplé vody je uvažováno se 4 osobami (35 l/os.den) a poměrnou ztrátou rozvodů teplé vody cca 20 % (tzn., že potřeba tepla na přípravu teplé vody je 3 650 kWh/a). Pokud se majitel rozhodne pro solární kolektory, které budou podporovat pouze přípravu teplé vody, lze provést základní energetickou bilanci [L8] dle obr. 47.

Obr. 47 – Energetická bilance potřeby energie pro přípravu teplé vody a získané energie navržených solárních kolektorů (pozn.: bilance uváděné na 0a 0jsou vždy pro stejný typ, počet, orientaci a sklon kolektorů)



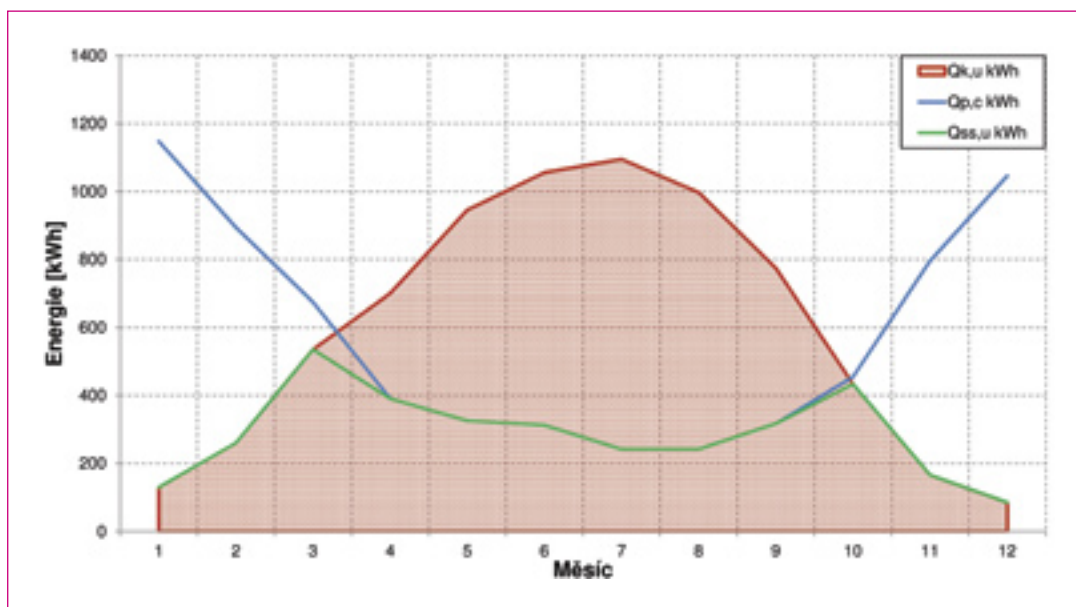
Návrh solárních kolektorů dle obr. 47 je proveden tak, aby bylo dosaženo minimálních přebytků tepla v letních měsících, a zároveň je uvažováno s poklesem odběru teplé vody v letních měsících (dovolené, prázdninový režim, atd.). Celková vyrobená energie solárních kolektorů je cca 1 740 kWh/a. Což v poměru dává pokrytí potřeby tepla pro roční přípravu teplé vody z cca 48 %.

Obr. 48 – Energetická bilance potřeby energie pro přípravu teplé vody, podporu vytápění a získané energie navržených solárních kolektorů



Obr. 48 představuje stejný rodinný dům, nicméně pro případ, že se majitel rozhodne stejný počet kolektorů jako v případě bilance dle obr. 47 využít i k podpoře vytápění. Jak je vidět využití solárních zisků z kolektorů je pro takový případ velice omezeno, a to na cca 28 %. Pokud bychom navyšovali počet kolektorů, abychom i pro vytápění získali více energie, pak je zřejmé, že nám společně s investicí do solárních panelů poroste také investice do akumulčních zásobníků, neboť bude solární soustava produkovat více energie, než bude její skutečná spotřeba, a my se tuto energii budeme snažit někde akumulovat. Pro srovnání je uveden obr. 49, na němž je vidět, jak by vypadal průběh solárních zisků, aby bylo pokrytí ročních potřeb energií na vytápění a přípravu teplé vody alespoň z 50 %.

Obr. 49 – Energetická bilance potřeby energie pro přípravu teplé vody, podporu vytápění a získané energie navržených solárních kolektorů (požadavek na 50 % pokrytí ročních potřeb energie na VYT a TV)



Celkový podíl pokrytí roční potřeby tepla na vytápění a přípravu teplé vody, které nabízí obr. 49 je sice 50 %, ale na první pohled je zřejmé, že vyrobené množství energie od zhruba dubna do konce září výrazně překračuje potřebu daného objektu. A to představuje problém pro provoz takto navržené soustavy, ať už se bude přebytečná energie akumulovat (výrazné prostorové a investiční nároky), nebo se bude využívat pro jiné technologie (např. bazén, průmyslové aplikace, apod. – bohužel ne vždy jsou k dispozici).

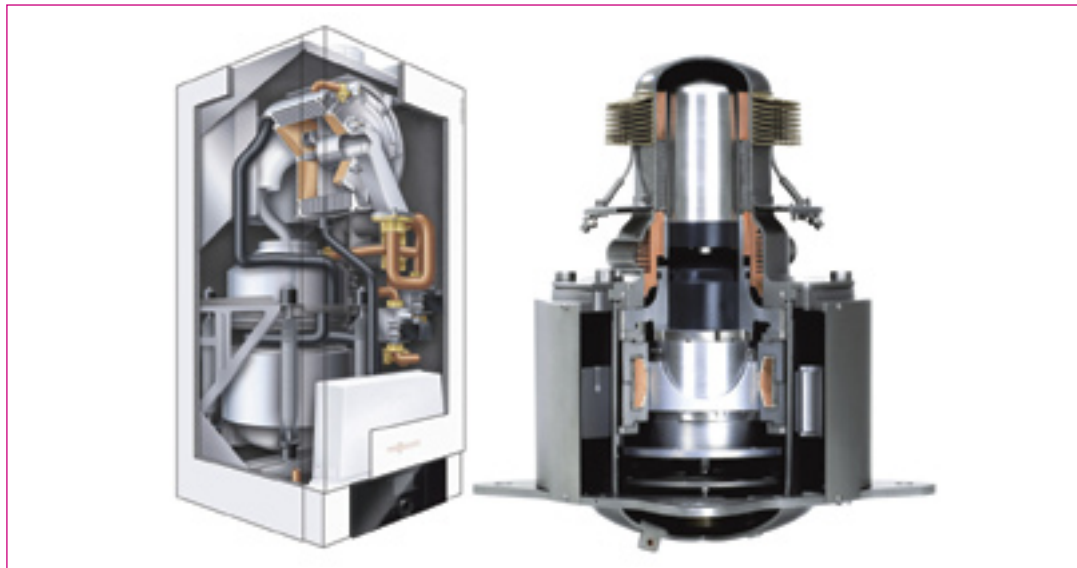
7.3.2.5 Kombinovaná výroba tepla a elektřiny

Technologie kogenerace vychází z myšlenky co nejefektivnějšího využití tepelné energie uvolněné spalováním paliva, a to v jednom zařízení, kde lze produkovat jak teplo, tak i elektrickou energii. Kogenerační jednotka je zpravidla navrhována pro pokrytí potřeby tepla, a sice z toho důvodu, že tato potřeba se obvykle během roku mění (např. u vytápění). Jak bylo vysvětleno v předchozím textu, potřeba tepla pro přípravu teplé vody je většinu roku konstantní; liší se pouze v letních měsících (je nižší cca o 25 až 30 %).

Kogenerační jednotku obvykle tvoří pístový spalovací motor na zemní plyn a synchronní generátor na výrobu elektrické energie. Dalšími částmi kogenerační jednotky jsou tepelné moduly a elektrický rozváděč. Soustavu kogenerační jednotky je možné doplnit o absorpční chladicí jednotku; pak se z kogenerace stává trigenerace – tedy kombinovaná výroba elektřiny, tepla a chladu. Pro nižší nároky na dodané teplo (rodinné nebo bytové domy po zateplení) je možnost použití tzv. mikrokogenerační jednotky. Základní princip mikrokogeneračních jednotek je pístový motor spalující zemní plyn, popřípadě LPG. Zpravidla se jedná o motory obdobné těm, které lze nalézt v automobilech nebo stavebních strojích, pouze jsou opatřené příslušnou regulací, jsou odhlučňené a přizpůsobené specifickému režimu provozu. Hlavní výhodou tohoto řešení je, že se jedná o osvědčená, navíc – v případě kvalitních výrobků a zajištění řádné údržby – i poměrně spolehlivá zařízení.

Další možností je využití tzv. mikroturbín. Jejich použití v domácnostech však prozatím brání jejich vysoká pořizovací cena a nedostupnost zařízení s výkonem pod 30 kWe. Další možností je použití tzv. Stirlingova motoru (obr. 50), který má oproti klasickým spalovacím motorům vyšší účinnost, nižší hlučnost a malé servisní nároky. Díky odlišnému principu fungování – využití vnějšího spalování – může motor využívat různých paliv anebo i jiných zdrojů tepla (např. solární energie). Další možností je využití např. palivových článků na bázi vodíku a kyslíku.

Obr. 50 – Mikrokogenerační jednotka Vitotwin 300-W, vpravo Stirlingův motor (zdroj: www.viessmann.cz)



Použití kogenerační jednotky je závislé na dostupnosti případného zdroje paliva – nejčastěji stále zemního plynu–, na environmentálním hledisku (lokální zátěži pro okolí) a samozřejmě na ekonomických aspektech instalace takového zařízení.

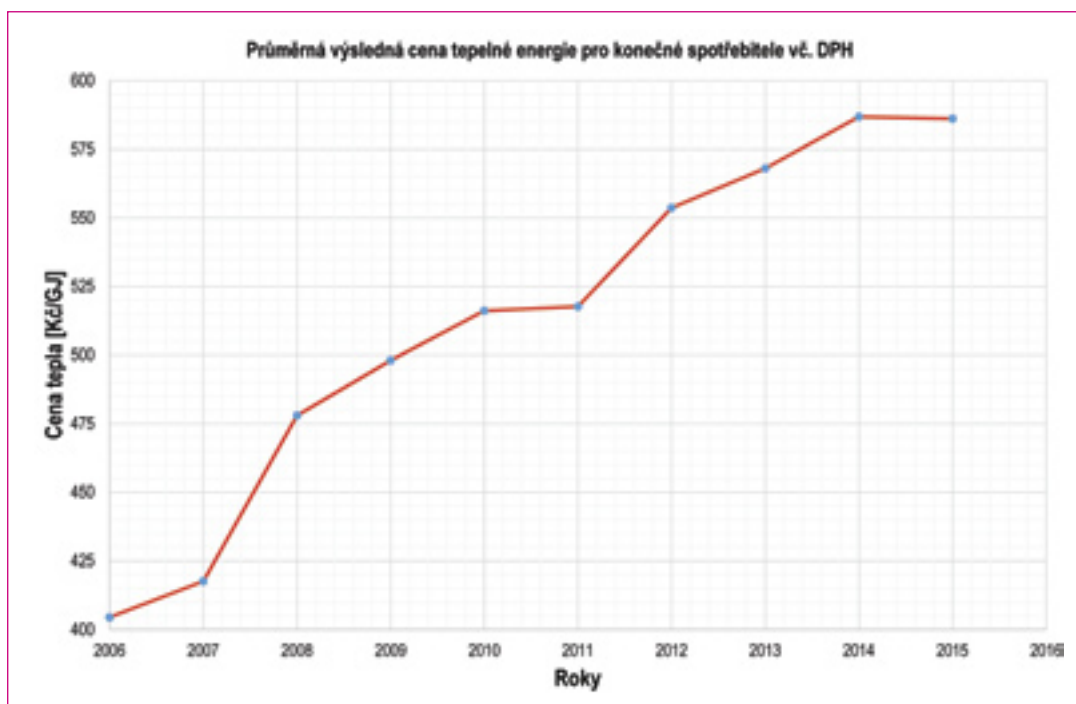
7.3.2.6 Centrální zásobování teplem

V ČR je běžnou zavedenou praxí u obytných budov využití centrálního zásobování teplem (CZT) i pro přípravu teplé vody. Základní faktory, které omezují použití takového systému jsou:

- dostupnost sítě CZT,
- cena Kč/GJ v porovnání s ostatními technickými systémy zásobování teplem,
- environmentální hlediska.

Dispozice rozvodů CZT je základní možností využití takového systému v jakémkoli objektu. Cenová politika je v současnosti velice důležitá, neboť růst cen tepla je v posledních letech neoddiskutovatelný. Přehled o průměrných cenách tepla pro konečného spotřebitele v ČR ukazuje graf na obr. 51. Průměrná cena tepla pro konečného spotřebitele byla v roce 2014 a v roce 2015 v ČR cca 586,- Kč/GJ. Přičemž meziroční nárůst cen tepla v letech 2014 a 2015 byl v ČR v průměru zanedbatelný.

Obr. 51 – Vývoj průměrné ceny tepla vč. DPH pro konečného spotřebitele vČR (zdroj: www.ero.cz)



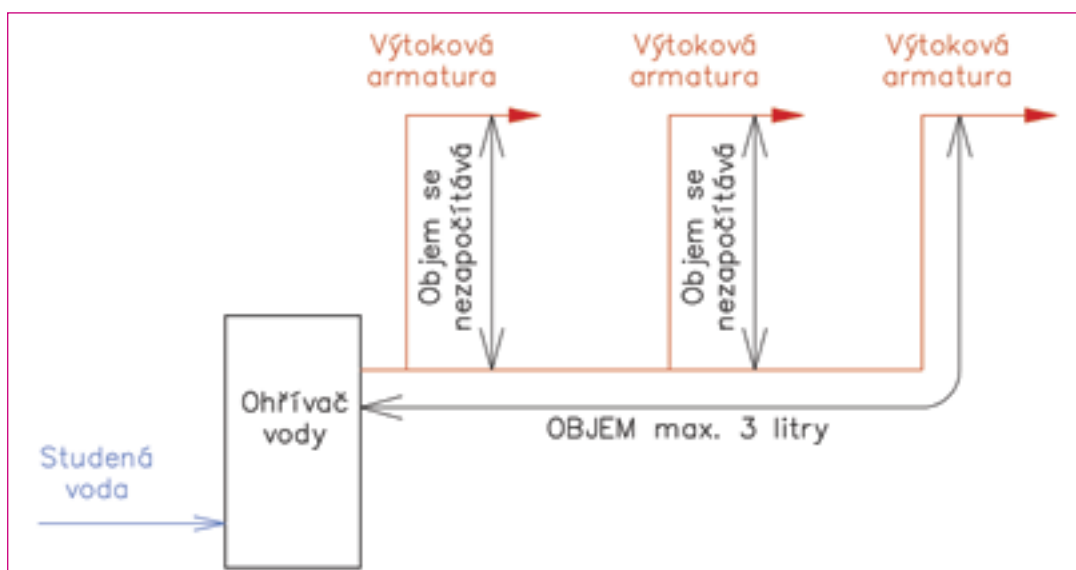
(Pozn.: V době zpracování tohoto textu nebylo k dispozici vyjádření energetického regulačního úřadu stran vývoje průměrných cen v jednotlivých krajích ČR pro konečného spotřebitele za rok 2016.)

Poslední dobou velmi častá snaha konečných spotřebitelů o odpojení se od CZT je při pohledu na graf vývoje cen tepla (obr. 47) celkem pochopitelný. Avšak v případě zejména klasických zdrojů energie je nutné brát na zřetel také environmentální hlediska.

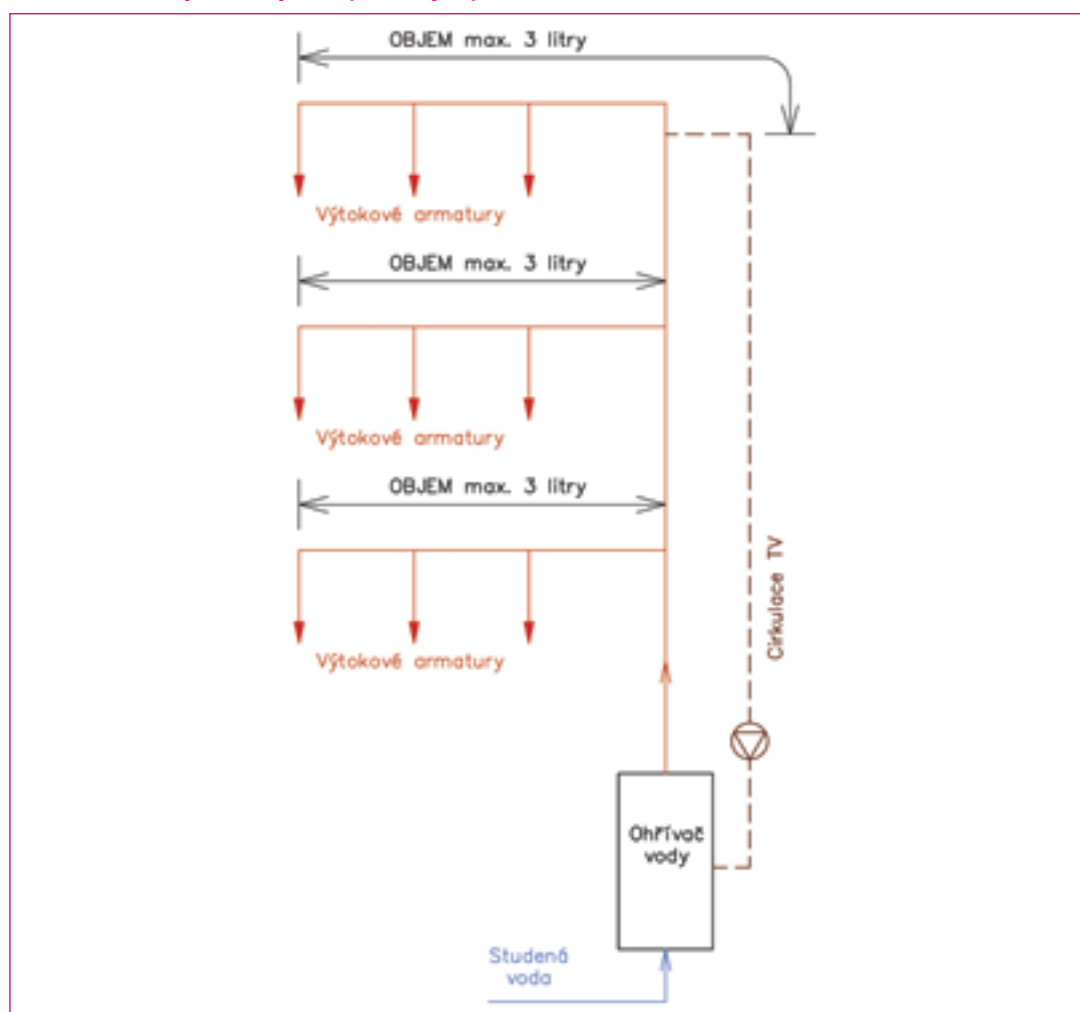
7.4 Cirkulace teplé vody

Z pohledu návrhu přípravy teplé vody a návrhu potrubní sítě je nutné při přípravě teplé vody zohlednit základní požadavek na teplotu teplé vody na výtoku konečného prvku (např. sprchy, vany, umyvadla, atd.), kdy do 30 sekund od úplného otevření výtokové armatury musí být zajištěna požadovaná teplota teplé vody podle ČSN 06 0320 (požadavek ČSN EN 806-2).

Obr. 52 – Největší objem vody v potrubí teplé vody bez cirkulace nebo přehřívání samoregulačním elektrickým opným kabelem



Obr. 53 – Největší objem teplé vody v potrubí s cirkulací



To v praxi znamená, že potrubí teplé vody mezi ohříváčem TV a nejbližší armaturou nesmí mít větší objem než 3 litry. Objem potrubí odbočujících z trasy k nejbližší výtokové armatuře se do uvedeného objemu nezapočítává (obr. 52). Pokud toto není možné dodržet, musí se navrhnout cirkulace teplé vody nebo přehřívání potrubí teplé vody samoregulačním elektrickým topným kabelem. Při cirkulaci nebo přehřívání platí požadavek na maximální objem vody (3 l) jen pro části potrubí bez cirkulace nebo přehřívání (obr. 52 a obr. 53). Maximální objem 3 l souvisí také s prevencí před množstvím bakterií rodu legionella (viz TNI CEN/TR 16355).

7.4.1 Návrh cirkulačního potrubí

Cirkulace teplé vody se dimenzuje na stav, kdy neprobíhá žádný odběr vody z přívodního potrubí (výpočtový průtok teplé vody $V_D = 0$). Dimenzování cirkulačního potrubí teplé vody se skládá z následujících kroků:

- rozdělení potrubí na úseky (hranicí úseku je výtoková armatura, odbočka potrubí s cirkulací nebo změna materiálu trubek),
- stanovení výpočtového průtoku v jednotlivých úsecích,
- předběžný návrh průměru cirkulačního potrubí v jednotlivých úsecích podle rychlosti proudění vody,
- stanovení tlakových ztrát v přívodním i cirkulačním potrubí (alespoň v nejdelším cirkulačním okruhu),
- stanovení nejmenší potřebné dopravní výšky cirkulačního čerpadla,
- stanovení tlakových ztrát v kratších cirkulačních okruzích,

g) stanovení tlakových ztrát regulačních armatur na kratších cirkulačních okruzích (nastavení regulačních armatur).

Výpočtový průtok cirkulace teplé vody V_c (l/s) v místě cirkulačního čerpadla se stanoví podle vztahu:

$$V_c = \frac{\sum_{i=1}^m q_i}{c \cdot \rho \cdot \Delta t} \quad (4.1),$$

kde je

q tepelná ztráta úseku přívodního potrubí [W],

c měrná tepelná kapacita teplé vody [J/(kg.K)],

ρ hustota teplé vody v přívodním potrubí [kg/m³],

Δt rozdíl teplot vody mezi výstupem přívodního potrubí teplé vody z ohřivače a jeho spojením s cirkulačním potrubím [K] ($\Delta t \leq 3$ K),

m počet úseků přívodního potrubí.

Aby byla dodržena alespoň nejnižší doporučená rychlost proudění v cirkulačním potrubí teplé vody 0,2 m/s, může se výpočtový průtok cirkulace teplé vody v místě cirkulačního čerpadla zvětšit. Tepelné ztráty jednotlivých úseků přívodního potrubí q (W) se stanoví podle vztahu:

$$q = q_t \cdot l \quad (4.2),$$

kde je

l délka úseku přívodního potrubí [m] včetně délkových přírážek na neizolované armatury (1,6 m na každou neizolovanou armaturu) a upevnění potrubí (10 až 20 % délky tepelně izolovaného potrubí na upevnění potrubí, u kterého je izolace přerušena),

q_t délková tepelná ztráta úseku přívodního potrubí [W/m].

Délková tepelná ztráta se může stanovit buď zjednodušeně podle 4.2, nebo přesně podle vztahu:

$$q_t = \frac{\pi \cdot (t_{stř} - t_{vzd})}{\sum_{j=1}^m \frac{1}{2 \cdot \lambda_{\theta j}} \cdot \ln \frac{d_{zj}}{d_{vj}} + \frac{1}{\alpha_e} \cdot d_e} \quad (4.3),$$

kde je

$t_{stř}$ střední teplota vody v přívodním potrubí [°C],

t_{vzd} teplota vzduchu v okolí tepelné izolace přívodního potrubí [°C],

λ součinitel tepelné vodivosti materiálu trubky nebo její tepelné izolace [W/(m.K)] (Tab. 29),

d_z vnější průměr vrstvy (trubky nebo její tepelné izolace) [m],

d_v vnitřní průměr vrstvy (trubky nebo její tepelné izolace) [m],

α_e součinitel přestupu tepla na vnějším povrchu tepelné izolace trubky [W/(m².K)] (kapitola 5.2),

d_e vnější průměr tepelné izolace trubky [m],

m počet vrstev.

U potrubí z kovových materiálů je možné tepelně izolační vlastnosti materiálu trubky zanedbat a do vztahu (4.3) dosazovat pouze hodnoty součinitele tepelné vodivosti a průměrů tepelné izolace. Při stanovení výpočtových průtoků cirkulace teplé vody podle hodnot délkových tepelných ztrát potrubí izolovaného tepelnou izolací o tloušťce 20 mm (0) není obvykle nutné tyto výpočtové průtoky zvyšovat z důvodu malé rychlosti proudění v cirkulačním potrubí. Proto je možné hodnoty délkových tepelných ztrát uvedené v 0 použít i při větších tloušťkách tepelné izolace, kdy jsou tepelné ztráty potrubí ve skutečnosti menší. Střední teplota vody v přívodním potrubí $t_{stř}$ (°C), obvykle mezi výstupem přívodního potrubí z ohřivače vody a spojením přívodního a cirkulačního potrubí, se stanoví podle vztahu:

$$t_{stř} = \frac{t_{zač} + t_{konc}}{2} \quad (4.10),$$

kde je

$t_{zač}$ teplota vody na začátku přívodního potrubí [°C] (zpravidla na výstupu z ohřivače vody),

t_{konc} teplota vody na konci přívodního potrubí [°C] (zpravidla v místě spojení přívodního a cirkulačního potrubí).

Tab. 28 – Délková tepelná ztráta q_l v úseku potrubí v závislosti na jeho vnějším průměru a teplotě okolí

Materiál potrubí	Vnější průměr potrubí [mm]	Teplota vzduchu v okolí potrubí ¹⁾ [°C]				
		0	10	15	20	25
		Délková tepelná ztráta tepelně izolovaného potrubí q_t ²⁾ [W/m]				
PP	20	10,6	8,7	7,7	6,8	5,8
Měď	22	11,9	9,7	8,6	7,5	6,5
PP	25	12,1	9,9	8,8	7,7	6,6
Měď	28	13,8	11,3	10,0	8,8	7,5
PP	32	14,0	11,4	10,1	8,9	7,6
Měď	35	15,9	13,0	11,6	10,1	8,7
PP	40	16,1	13,1	11,7	10,2	8,8
Měď	42	18,0	14,8	13,1	11,5	9,8
PP	50	18,6	15,2	13,5	11,8	10,1
Měď	54	21,6	17,7	15,7	13,8	11,8
PP	63	21,7	17,8	15,8	13,8	11,8
PP	75	24,5	20,0	17,8	15,6	13,4
Měď	76,1	28,1	23,0	20,5	17,9	15,3

¹⁾ Teplota 10 °C se předpokládá např. v nevytápěných sklepech. Teplota 25 °C se předpokládá např. v instalačních šachtách nebo nevětraných prostorech nad podhledem.

²⁾ Při tloušťce tepelné izolace 20 mm, teplotě vody v potrubí 55 °C a $\lambda_g = 0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

Tab. 29 – Součinitel tepelné vodivosti λ materiálů potrubí a tepelných izolací

Materiál	Ocel	Měď	PE-X	PB	PPR	PVC-C	Tepelná izolace
λ [W/(m·K)]	23,0 až 46,0	372,0	0,41	0,22	0,24	0,12	obvykle 0,04*

* minimální požadavek vyhlášky č. 193/2007 Sb.

Rozdělení výpočtového průtoku cirkulace teplé vody do jednotlivých větví (okruhů) přívodního a cirkulačního potrubí (obr. 52) se stanoví podle vztahů:

$$V_a = V_c \cdot \frac{q_a}{q_a + q_b} \quad (4.11),$$

$$V_b = V_c - V_a \quad (4.12),$$

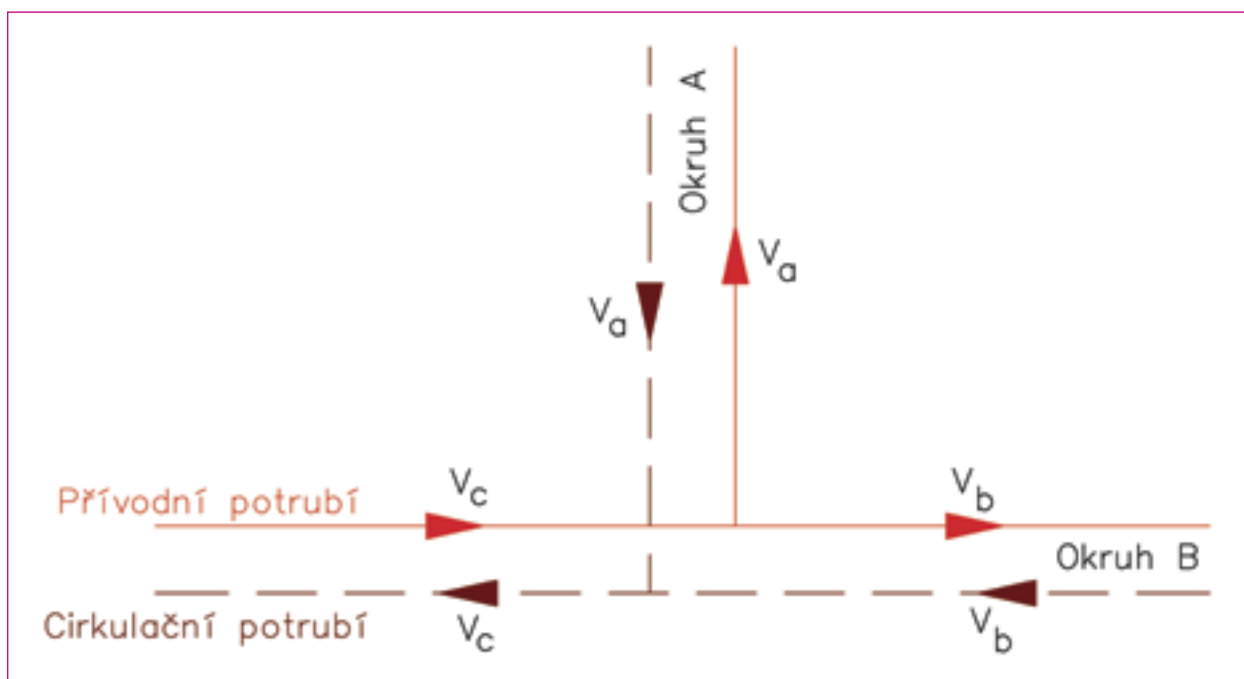
kde je / jsou

$q_a, (q_b)$ tepelné ztráty jednotlivých větví přívodního potrubí [W],

$V_a, (V_b)$ výpočtové průtoky cirkulace teplé vody v jednotlivých okruzích (větvích) přívodního a jemu odpovídajícího cirkulačního potrubí [l/s],

V_c výpočtový průtok cirkulace teplé vody v přívodním nebo cirkulačním potrubí do dvou okruhů (větví) nebo z dvou okruhů (větví) přívodního a jemu odpovídajícího cirkulačního potrubí [l/s].

Obr. 54 – Rozdělení výpočtového průtoku cirkulace teplé vody do jednotlivých okruhů (větví) přívodního a cirkulačního potrubí



Po stanovení výpočtových průtoků cirkulace teplé vody se navrhnou průměry jednotlivých úseků cirkulačního potrubí. Pak se stanoví tlakové ztráty při výpočtových průtocích cirkulace teplé vody v přívodním i cirkulačním potrubí.

Cirkulační a přívodní potrubí teplé vody je nutné tzv. hydraulicky posoudit a stanovit nejmenší potřebnou dopravní výšku cirkulačního čerpadla. Cirkulační čerpadlo je navrženo k překonání tlakových ztrát v přívodním i cirkulačním potrubí při výpočtovém průtoku cirkulace teplé vody v nejdelším cirkulačním okruhu. Nejmenší potřebná dopravní výška cirkulačního čerpadla H [m] se stanoví ze vztahu:

$$H = \frac{1000 \cdot (\Delta p_{RF} + \sum \Delta p_{Ap})}{\rho \cdot g} \quad (4.13),$$

kde je / jsou

Δp_{RF} tlakové ztráty vlivem tření a místních odporů v potrubí [kPa],

$\sum \Delta p_{Ap}$ tlakové ztráty napojených zařízení, např. regulačních armatur a průtokových ohřivačů vody osazených v cirkulačním okruhu s největšími tlakovými ztrátami [kPa],

ρ hustota vody [kg/m³],

g tíhové zrychlení [m/s²].

Po stanovení dopravní výšky cirkulačního čerpadla se stanoví tlakové ztráty v kratších cirkulačních okruzích a nastavení regulačních armatur (obdobně jako např. u systému vytápění).

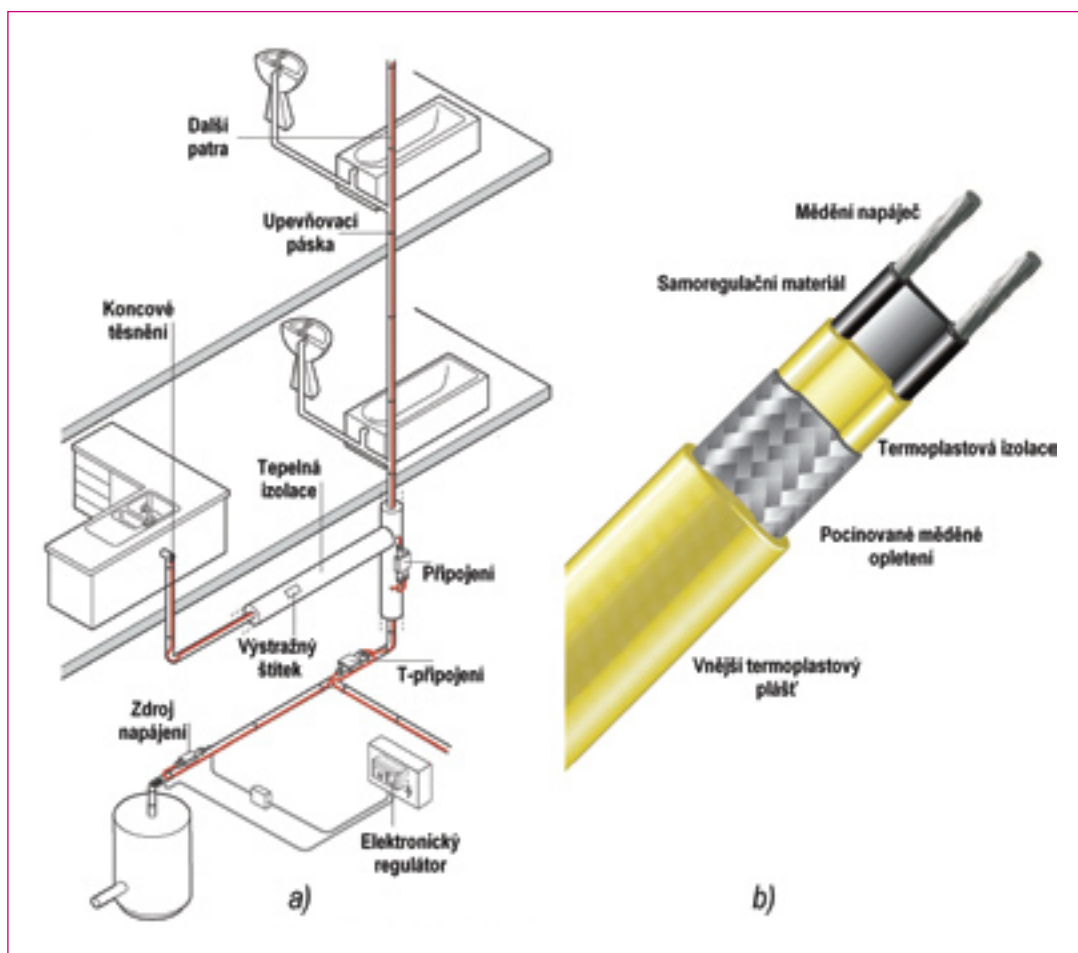
7.4.2 Dohřev teplé vody v rozvodném potrubí

Je zřejmé, že u zařízení s cirkulací teplé vody jsou poměrné tepelné ztráty, a tím i poměrné provozní náklady vyšší než u zařízení bez cirkulace. Absolutní hodnota tepelných ztrát se zmenšuje tepelnou izolací ohřivačů vody, zásobníků teplé vody a zejména pak rozvodného potrubí. Rozvody potrubí teplé vody, s cirkulací vedené objekty nebo v teplovodních kanálech se při dohřevu teplé vody vyznačují spotřebou elektrické energie pro cirkulační čerpadla, náročností na prostor (dvě

potrubí), materiál (záložní čerpadlo) a obsluhu na jejich zařízení, případně větší údržbu (zásada hydraulického seřízení). Alternativou k zajištění požadované teploty vody na výtoku je použití tzv. samoregulačních topných kabelů, které vyrovnávají tepelné ztráty vznikající v rozvodech potrubí. To umožňuje okamžitou dodávku teplé vody na každém výtoku bez předchozího odpouštění vody.

Schéma instalace samoregulačního topného kabelu ukazuje obr. 55. Instalovaný topný kabel na potrubí teplé vody pod tepelnou izolací svým tepelným výkonem kompenzuje ztrátu tepla, čímž udržuje na výtoku konstantní požadovanou teplotu.

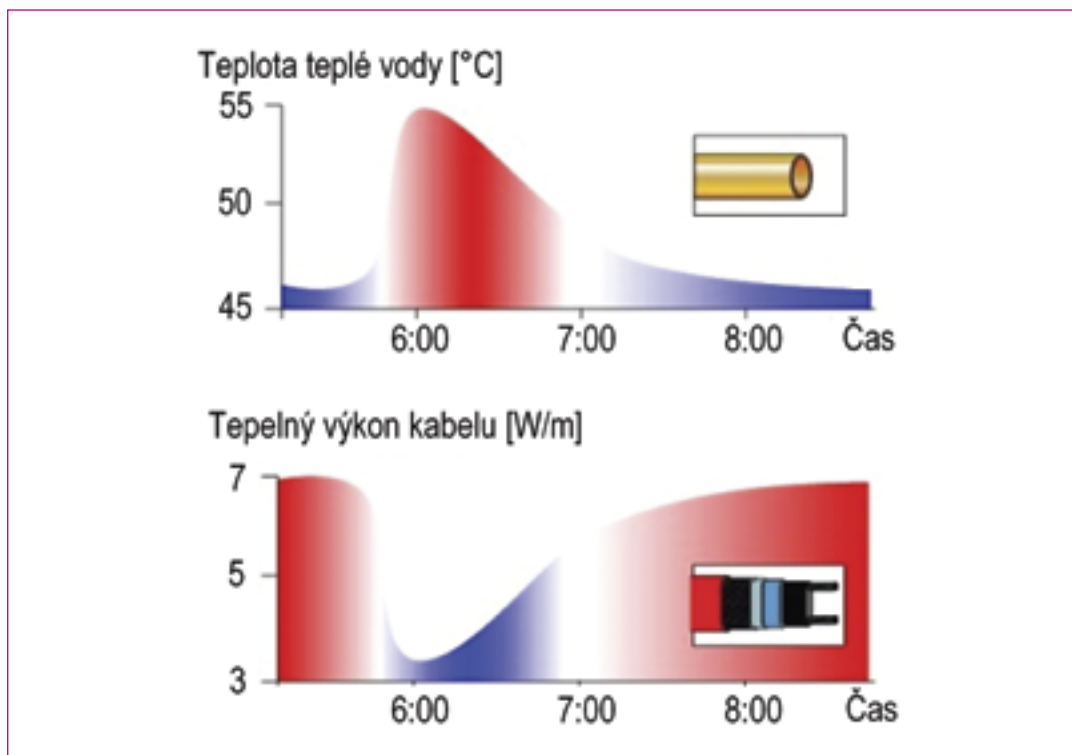
Obr. 55 – Systém elektrického dohřevu na potrubním rozvodu teplé vody: a) schéma zapojení, b) řez samoregulačním kabelem[L9]



Samoregulační topný kabel je složen z vodivého polymerového prvku, který snižuje svůj tepelný výkon v závislosti na rostoucí teplotě okolí – proto se nazývá samoregulační. Tato důležitá charakteristika kabelu jej chrání před jeho vlastním přehřátím. Samoregulační kabel se nejčastěji skládá z měděného vodiče, izolace a ochranného pláště (obr. 55b). Polymerový prvek je molekulárně zesíťovaná plastická hmota nasycená uhlíkovými částicemi. Dva měděné vodiče uložené v plastické hmotě slouží jako dvě paralelní elektrody. Uhlíkové částice vytvářejí vodivé můstky mezi dvěma měděnými vodiči, a umožňují tak průtok elektrickému proudu, který vede k ohřevu ohřívacího prvku. Elektrický odpor ohřívacího prvku stoupne a úměrně tomu klesá průtok proudu a ohřívací výkon. Naopak s klesající teplotou probíhá proces opačně a ohřívací výkon se zvětšuje.

Příklad provozu ukazuje obr. 56. Příklad funkce samoregulačního kabelu popisuje následující režim, např. když se po delší dobu trvající stagnaci odběru teplé vody otevře výtoková armatura a teplá voda ze zásobníku teče potrubím k odběrnému místu. Samoregulační kabel rozezná, že právě protékající voda je teplejší než nastavená teplota teplé vody v pohotovostním režimu (např. 50 °C), a spustí se samoregulace kabelu. Když se po uzavření výtoku průtok vody v potrubí znovu zastaví, potrubí začne chladnout a tepelný výkon kabelu zase stoupne. Tepelná energie je vyvíjena jen v úsecích potrubí, kde je skutečně potřebná pro vyrovnání tepelné ztráty.

Obr. 56 – Princip samoregulačního dohřívacího kabelu uloženého na potrubí při ohřevu teplé vody z výtoku [L9]



Regulátor výkonu ve spojení s časovým spínačem nebo pomocí řídicího systému budovy umožňuje řízenou změnu teploty teplé vody. Tím je možné, aby systém zajistil také např. termickou desinfekci proti bakterii legionella.

7.5 Tepelné izolace potrubí teplé vody a rozvodů vytápění

Pozn.: Tato kapitola byla zpracována v době, kdy se navrhuje revize vyhlášky č. 193/2007 Sb. Je proto možné, že již koncem roku 2017 nebo v roce 2018 bude vyhláška novelizována a dále uvedené hodnoty nebo postupy budou změněny.

Návrh tepelné izolace potrubních sítí je v současnosti určen vyhláškou č. 193/2007 Sb. Z pohledu projektanta jsou nejdůležitější § 5, 8 a příloha č. 3 vyhlášky. Povinnost tepelně izolovat je rozčleňena na následující prvky:

- 1) **Tepelné sítě** – Pokud v tepelné síti (nebo její části), která prochází netemperovanými prostory a neslouží k temperování prostorů, proudí teplotně vyšší než 40 °C, pak se musí vybavit tepelnou izolací.
- 2) **Vnitřní rozvody** – Na všech vnitřních rozvodech musí být instalována tepelná izolace, pokud tyto rozvody nejsou určeny k vytápění nebo temperování okolního prostoru. Tento požadavek vyhlášky č. 193/2007 Sb. je v rozporu s TNI CEN/TR 16355, která nedoporučuje tepelně izolovat potrubí teplé vody, jež nejsou součástí cirkulačního okruhu. U takových potrubí tepelná izolace pouze zpomaluje chladnutí teplé vody při stagnaci. Následkem pomalého chladnutí teplé vody je dlouhá doba, při které má voda teplotu 25 °C až 50 °C, což umožňuje množení bakterií legionella.
- 3) **Akumulační zásobníky a otevřené expanzní nádoby** – Vždy musí být izolovány (minimální tloušťka izolace je 100 mm pro $\lambda = 0,045 \text{ W/m.K}$, u pasivních zásobníků pro $\lambda = 0,04 \text{ W/m.K}$, nebo $U \leq 0,3 \text{ W/m}^2.\text{K}$). U dlouhodobých nebo sezonních zásobníků tepelné energie se tloušťka tepelné izolace určuje optimalizačním výpočtem respektujícím ekonomicky efektivní úspory energie.

- 4) **Armatury a příruby** – Musí být izolovány snímatelnou izolací, pokud to přímo neohrožuje nebo neovlivňuje jejich funkci. Minimální tloušťka izolace je stejná jako u potrubí téhož jmenovitého průměru.

Tepelná izolace u vnitřních rozvodů s teplonosnou látkou do 115 °C se navrhuje tak, že její povrchová teplota je o méně než 20 K vyšší oproti teplotě okolí a u vnitřních rozvodů s teplonosnou látkou nad

115 °C o méně než 25 K oproti teplotě okolí. Pro tepelné izolace rozvodů se použije materiál mající součinitel tepelné vodivosti u rozvodů menší nebo roven 0,045 W/m.K a u vnitřních rozvodů menší nebo roven 0,040 W/m.K (hodnoty lambda udávány při 0 °C), pokud to nevyklučují bezpečnostně technické požadavky.

U vnitřních rozvodů menšího průměru než DN 10 se při stanovení tloušťky tepelné izolace přihlíží k izolačnímu, logicky neřešitelnému rozporu. Tepelná ztráta energie se v případě neizolovaného potrubí ztrácí z povrchu trubky. V případě, že se malý průměr potrubí zaizoluje, je sice snížena povrchová teplota, a tím i tepelná ztráta, ale na druhou stranu se několikrát zvětší přestupní plocha, z níž dochází k tepelné ztrátě. Úspora tak někdy není ani 5 %, a není tudíž úměrná vynaloženým nákladům. Z tohoto důvodu je výhodnější potrubí menších průměrů než DN 10 neizolovat.

U rozvodů se tloušťka tepelné izolace stanoví výpočtem tak, aby součinitel prostupu tepla vztažený na jednotku délky potrubí U byl menší nebo roven – jako hodnoty uvedené v následujících tabulkách (viz příloha č. 3, vyhláška č. 193/2007 Sb.).

Tab. 30 – Určující hodnoty součinitelů prostupu tepla vztažených na jednotku délky (1 m) u vnitřních rozvodů

DN	10 až 15	20 až 32	40 až 65	80 až 125	150 až 200
U [W/m·K]	0,15	0,18	0,27	0,34	0,40

Tab. 31 – Určující hodnoty součinitelů prostupu tepla vztažených na jednotku délky (1 m) u rozvodů uložených v zemi

DN		20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	175	200
U [W/m·K]	A	0,14	0,17	0,18	0,21	0,23	0,25	0,27	0,28	0,32	0,36	0,38	0,39
	B	0,16	0,19	0,20	0,24	0,26	0,30	0,31	0,32	0,36	0,40	0,44	0,46

A – pevné potrubí, B – pružné potrubí a potrubí zdvojená (uložená vedle sebe)

Postup výpočtu tloušťky tepelné izolace je dán vyhláškou č. 193/2007 Sb., na druhou stranu je nejprve nutné ještě vysvětlit § 5 odstavec 11. A sice: „**U vnitřních rozvodů se minimální tloušťka tepelné izolace stanoví výpočtem tak, aby součinitel prostupu tepla vztažený na jednotku délky potrubí U byl menší nebo roven hodnotě uvedené v příloze č. 3.**“ Hodnoty součinitele prostupu tepla jsou uvedeny v Tab 30 a Tab 31. Zároveň však musejí být dodrženy maximální povrchové teploty izolace. Tady je nutné připomenout § 2 odstavec 3, kdy minimální, respektive maximální hodnoty nemusejí být dodrženy, pokud je navrženo výhodnější řešení na základě optimalizačního výpočtu respektujícího ekonomicky efektivní úspory energie.

Dále je nutné zmínit větu § 5 odstavce 11: „**U vnitřních rozvodů plastových a měděných se tloušťka tepelné izolace volí podle vnějšího průměru potrubí nejbližšího vnějšímu průměru potrubí řady DN.**“

Než projektant začne s výpočtem tloušťky tepelné izolace, musí zvážit obě výše uvedená hlediska. V případě plastových nebo měděných potrubí je volba poměrně jednoduchá. V případech potrubí uloženého v zemi se projektant většinou řídí izolačními třídami předizolovaného potrubí. Třída 3 většinou splňuje podmínky vyhlášky č. 193/2007 Sb. bez nutnosti dalších výpočtů.

Obecný výpočet tloušťky tepelné izolace je založen na výpočtu součinitele prostupu tepla válcovou stěnou (potrubím) ve tvaru:

$$U = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_i \cdot D} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_r} \cdot \ln\left(\frac{d}{D}\right) + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln\left(\frac{d_{iz}}{d}\right) + \frac{1}{\alpha_{iz} \cdot d_{iz}}} \quad (5.1),$$

kde je

U součinitel prostupu tepla vztažený na jednotku délky [W/m.K],

D vnitřní průměr trubky [m],

d vnější průměr trubky [m],

d_{iz} vnější průměr izolace [m],

α_{iz} součinitel přestupu tepla na povrchu izolace (α_e) [W/m².K],

α_i součinitel přestupu tepla na vnitřním povrchu stěny trubky [W/m².K],

λ_{iz} součinitel tepelné vodivosti materiálu tepelné izolace [W/m.K],

λ_{tr} součinitel tepelné vodivosti materiálu trubky [W/m.K].

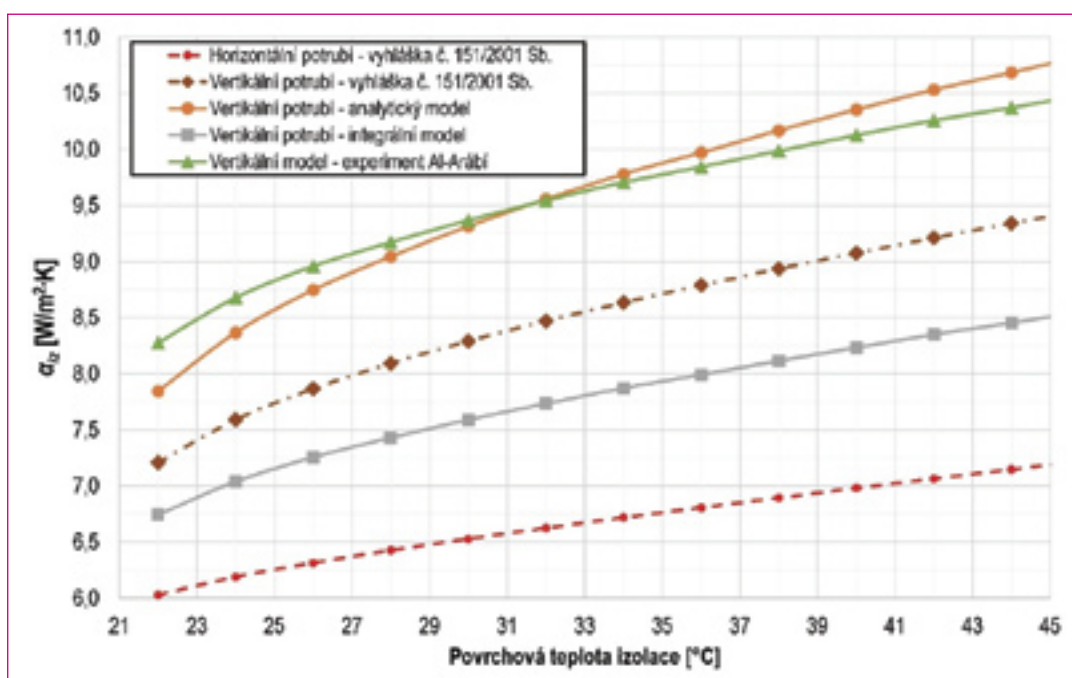
Na výsledky má nejvýraznější vliv tepelný odpor ve vrstvě tepelné izolace a přestup tepla na vnější straně tepelné izolace. Tepelný odpor při přestupu tepla z teplotné látky do stěny potrubí má na celkovém výsledku vzorce minimální podíl; je možné ho zanedbat. V případě použití kovového potrubí (ocel, měď) lze ve výpočtu zanedbat také vedení tepla stěnou potrubí. Pro praktické výpočty tak lze vztah přepsat do tvaru:

$$U \approx \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln\left(\frac{d_{iz}}{d}\right) + \frac{1}{\alpha_{iz} \cdot d_{iz}}} \quad (5.2).$$

Součinitel přestupu tepla na vnější straně povrchu tepelné izolace lze vypočítat podle polohy pro vertikální nebo horizontální potrubí dle kritériálních rovnic, např. [L10]. Hodnoty celkového součinitele přestupu tepla na povrchu volně vedeného potrubí v závislosti na povrchové teplotě pro teplotu okolí 20 °C ukazuje graf na obr. 57.

Z uvedeného obr. 57 vyplývá, že pro horizontálně vedené potrubí se součinitel přestupu tepla pohybuje u volně vedeného potrubí v rozmezí hodnot od cca 6 do 7,5 W/m².K, pro vertikální potrubí je rozsah širší, a to s ohledem na použité kritériální rovnice. Obecně lze ale říci, že se hodnota součinitele přestupu tepla na vnější straně tepelné izolace potrubí pohybuje v rozmezí od cca 7,0 do 9,5 W/m².K. Maximální povrchová teplota izolace byla volena 45 °C v souladu s požadavkem vyhlášky č. 193/2007 Sb., a sice že u vnitřních rozvodů s teplotnou látkou do 115 °C se tepelná izolace navrhuje tak, že její povrchová teplota je o méně než 20 K vyšší oproti teplotě okolí (pro náš příklad $t_i = 20$ °C); a u vnitřních rozvodů s teplotnou látkou nad 115 °C je povrchová teplota vyšší o méně než 25 K oproti teplotě okolí.

Obr. 57 – Celkový součinitel přestupu tepla v závislosti na povrchové teplotě izolace pro okolní teplotu 20 °C



7.5.1 Příklad výpočtu tloušťky tepelné izolace

Jaká by měla být tloušťka izolace dle požadavků vyhlášky č. 193/2007 Sb. pro volně vedené horizontální ocelové potrubí DN 25 ($D = 27,2$ mm a $d = 33,7$ mm), $\lambda_{iz} = 0,04$ W/m.K? Dle Tab. 30 by potrubí s tepelnou izolací mělo splňovat hodnotu součinitele prostupu tepla $U \leq 0,18$ W/m².K. Hodnotu součinitele přestupu tepla pro horizontální potrubí lze zvolit $\alpha_{iz} = 6$ W/m².K (obr. 57). Po dosažení do vzorce (5.2) by měla být výsledná tloušťka izolace:

$$0,18 \leq \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot 0,04} \cdot \ln\left(\frac{d_{iz}}{0,0337}\right) + \frac{1}{6 \cdot d_{iz}}} \Rightarrow d_{iz} \geq 122,5 \text{ mm} \Rightarrow s_{iz} \geq 44,4 \text{ mm}$$

Výsledek výpočtu je na první pohled velmi znepokojující, a to zejména pro projektanty, protože představa, že je nutné v budově upevňovat nebo zakrývat potrubí o průměru cca 125 mm, je úkol často velmi obtížně řešitelný. Proto je k příkladu nutné přistoupit i z druhého pohledu, a to je právě § 2 odstavec 3, který pojednává o optimalizačním výpočtu respektujícím ekonomicky efektivní úspory energie. Tento postup znamená zaměřit se na energetické úspory dosažené navýšováním tloušťky tepelné izolace vůči investičním nákladům. Základem tohoto postupu je stanovení měrné tepelné ztráty potrubí na jednotku délky. Odvození vzorce je založeno na vztahu (5.2). Po zanedbání přestupu tepla z teplotnosné látky do stěny potrubí a vedení tepla stěnou potrubí (obdobně jako u vzorce 4.3) je možné stanovit měrnou tepelnou ztrátu potrubím jako:

$$q \approx \frac{(t_{wm} - t_i)}{\frac{1}{2\pi \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln\left(\frac{d_{iz}}{D_{tr}}\right) + \frac{1}{\pi \cdot d_{iz}} \cdot \frac{1}{\alpha_{iz}}} \quad (5.3),$$

kde je

q měrná tepelná ztráta potrubí [W/m],

t_{wm} střední teplota teplotnosné látky v posuzovaném období [°C],

t_i teplota okolního prostředí [°C].

Pro výpočet potrubních sítí s konstantní teplotou teplotnosné látky (např. rozvody teplé vody) platí $t_{wm} = t_w$. Další výpočty jsou založené na ekonomickém hodnocení a vycházejí z vyjádření Státní energetické koncepce k vyhlášce č. 193/2007 Sb. [L11]

Cenu tepla zahrnující inflaci a diskontní růst cen tepla lze stanovit:

$$C_{tepla} = \frac{C_{t1} \cdot \left((1+z-i)^n - 1 \right)}{(n \cdot (z-i))} \quad (5.4),$$

kde je

C_{tepla} střední reálná cena tepla v posuzovaném období [Kč/kWh],

C_{t1} současná cena tepla [Kč/GJ / 277,78 = Kč/kWh],

z předpokládaný roční nárůst ceny tepla [-],

i předpokládaná míra inflace [-],

n počet posuzovaných let [roky].

Náklady na provoz jednotkové délky izolovaného potrubí za stanovené období je:

$$N_q = q \cdot 24 \cdot \tau \cdot C_{tepla} \cdot n / 1000 \quad (5.5),$$

kde jsou / je

N_q náklady na provoz jednotkové délky izolovaného potrubí za posuzované období [Kč/m],

τ délka posuzovaného období [dny/rok].

Náklady na tepelnou izolaci se stanoví podle platného ceníku daného výrobcem posuzované tepelné izolace. **Nejnižší součet nákladů na provoz jednotkové délky izolovaného potrubí s nákladem**

na teplenou izolaci (samozřejmě vždy pro různé tloušťky izolace) udává ekonomicky efektivní tloušťku izolace.

Pro stejné zadání předchozího příkladu (potrubí dimenze DN 25) je nutné pro optimalizační výpočet znát dobu provozu potrubní sítě $\tau = 365$ dní. Cenu tepla $C_{tr} = 560$ Kč/GJ s diskontem ve výši $z = 7,5$ %. Předpokládanou míru inflace $i = 5$ %. Počet posuzovaných let $n = 5$ let. Součinitel tepelné vodivosti izolace $\lambda_{iz} = 0,04$ W/m.K (materiál izolace na bázi syntetického kaučuku černé barvy pro izolaci vytápění, chladicích a klimatizačních zařízení, od -40 °C do $+105$ °C). Teplota teplé vody v potrubí je $t_w = 55$ °C. Součinitel přestupu tepla na vnějším povrchu tepelné izolace (shodný jako v předchozím výpočtu) $\alpha_{iz} = 6$ W/m².K.

Tab. 32 ukazuje, že ekonomicky efektivní tloušťka tepelné izolace pro potrubí DN 25 (dle zadaných teplotních a tepelně-technických vlastností) je 30 mm. Ve srovnání s výpočtem, který respektuje pouze předepsaný součinitel prostupu tepla, je rozdíl v tloušťce izolace cca 33 %. Z pohledu ekonomie je jasné, že čím bude růst cen energií vyšší, tím se optimální tloušťka tepelné izolace potrubí bude zvyšovat. Naproti tomu může působit rostoucí cena tepelné izolace a inflace, oba tyto parametry mohou způsobit opačný trend, tj. naopak pokles optimální tloušťky tepelné izolace. Proto je důležité při takovémto výpočtu důsledně prověřit jednotlivý diskont cen – ať už energií, nebo izolací.

Tab. 32 – Výpočet ekonomicky efektivní tloušťky tepelné izolace pro zadání dle příkladu

Tloušťka izolace [mm]	0,005	0,009	0,013	0,02	0,025	0,03	0,04
Měrná tepelná ztráta potrubí q [W/m]	28,13	17,35	13,14	9,75	8,45	7,57	6,43
Náklady na provoz Nq [Kč/m]	2 611,61	1 610,72	1 219,72	904,80	784,48	702,44	596,63
Cena izolace [Kč/m]	29,04	34,36	48,88	101,64	129,47	175,45	302,50
Suma	2 640,65	1 645,08	1 268,60	1 006,44	913,95	877,89	899,13

7.6 Literatura

- [L1] NESTLE, H. a kol.: Příručka zdravotně technických instalací. Vydavatelství Sobotáles, 2003. 480 s., ISBN 80-86706-02-8.
- [L2] VAVŘIČKA, R., a kolektiv: Příprava teplé vody, Sešit projektanta č. 3. STP – OS 02 – Vytápění. Praha 2017, 182 s., ISBN 978-80-02-02713-3.
- [L3] ČSN 06 0320 – Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody – Navrhování a projektování, ČNI, 2006.
- [L4] ČSN EN 15 316-3 – Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení potřeb energie a účinností soustavy, ČNI 2010, díl 1.– Soustavy teplé vody, charakteristiky potřeb (požadavky na odběr vody), díl 2.– Soustavy teplé vody, rozvody, díl 3.– Soustavy teplé vody, příprava.
- [L5] DIN 4708 – Zentrale Wassererwärmungsanlagen, 1994. Part 1. – Begriffe und Berechnungsgrundlagen. Part 2.– Regeln zur Ermittlung des Wärmebedarfs zur Erwärmung von Trinkwasser in Wohngebäuden. Part 3. – Regeln zur Leistungsprüfung von Wassererwärmern für Wohngebäude.
- [L6] VAVŘIČKA, R.: Provozní charakteristiky otopných těles. In: VVI, 2011, roč. 20, č. 4a, s. 235 – 244, ISSN 1210-1389.
- [L7] KRAINER, R.: Zkušenosti s tepelnými čerpadly v panelových domech. In: Topenářství, instalace, 2014, roč. 48, č. 2, s. 32 – 33, ISSN 1211-0906.
- [L8] ŠOUREK, B., MATUŠKA, T.: Program Bilance SS 5.4. Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/tomas.matuska/?page_id=158.

- [L9] Firemní podklady Pentair Valves & Controls Czech, s.r.o., [online]. Dostupné z: <http://www.raychem.com/cs/home.html>.
- [L10] SAZIMA, M. a kol.: Sdílení tepla TP. Praha: SNTL, 1993, 720 s., ISBN 04-203-92.
- [L11] Státní energetická inspekce. Stanovisko SEI – Jsou předepisované hodnoty součinitelů prostupu tepla pro určení tloušťky izolace závazné? [online], 31.12.2007 [cit. 31. 10. 2016]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4564-stanovisko-sei-jsou-predepisovane-hodnoty-soucinitelu-prostupu-tepla-pro-urceni-tloustky-izolace-zavazne>.

8

VĚTRÁNÍ BYTOVÝCH DOMŮ

Doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.

8.1 Úvod

Ve vnitřním prostředí budov stráví člověk podstatnou část života. Délka pobytu v obytném prostředí (domácnosti) se liší podle věku, v každém případě přibližně třetinu dne stráví každý člověk odpočinkem a spánkem. Kvalitu života v obytných budovách ovlivňují jednak vlastnosti budovy včetně technického vybavení, jednak ji ovlivňuje sám člověk svou činností. Ukazuje se, že až 50 % všech nemocí souvisí s kvalitou vnitřního prostředí budov [1]. Jednou ze základních potřeb člověka, která podstatně ovlivňuje kvalitu vnitřního prostředí je větrání, které má prokazatelný vliv na lidské zdraví.

V současné době, v souvislosti s rostoucí cenou energie, je při výstavbě obytných budov kladen důraz především na tepelně-technické vlastnosti stavebních konstrukcí. Okenní spáry, které dříve umožňovaly přirozené větrání, se u nových konstrukcí oken radikálně zmenšily z důvodu vysokých nároků na neprůvzdušnost. Přirozené větrání spárami oken tak nelze pro trvalé větrání budov s novými a rekonstruovanými okny prakticky použít. Nežádoucím důsledkem instalace nových těsných oken je často nedostatečné větrání obytných prostor s negativními dopady, jakými jsou např. vyšší koncentrace škodlivin ve vnitřním prostředí nebo zvýšená vlhkost. V případě nevhodného řešení větrání obytných budov může docházet k řadě negativních jevů, jakými jsou kondenzace vodní páry na chladných površích stavebních konstrukcí, vznik plísní, vlhnutí konstrukcí, nedostatečný přívod vzduchu pro spalování, atp.

8.1.1 Co je větrání a proč je nutné větrat?

Základním prostředkem k zajištění kvality vzduchu ve vnitřním prostředí je větrání, které je charakterizováno přívodem čerstvého venkovního vzduchu do vnitřních prostor budov a odvodem vzduchu znehodnoceného. Vnitřní prostředí budov je zatíženo znečišťujícími látkami, které se uvolňují ze stavebních materiálů, nábytku, chemických přípravků, ale i z povrchu osob a v důsledku jejich činnosti. Znečišťující látky lze z prostoru buď odstranit (odsávat u zdroje – odsávací zákryty v kuchyních), nebo ředit (celkové větrání s přívodem a odvodem vzduchu).

Úkolem větrání ve vnitřních prostorách obytných budov je především úprava čistoty ovzduší, popř. tepelně vlhkostních podmínek. Čerstvý venkovní vzduch se zpravidla filtruje, poté je přiváděn do obytných místností. Odvod vzduchu je realizován z místností s hlavními zdroji znečišťujících látek (kuchyně, koupelny, WC). Venkovní vzduch je nejčastěji přiváděn bez úpravy (podtlakové větrání), nebo předeřhříván (např. ve výměníku zpětného získávání tepla). Tepelnou ztrátu větráním v obytných budovách hradí většinou otopná soustava.

8.1.2 Nízké povědomí a negativní důsledky nedostatečného větrání

Řada lidí si potřebu větrat často ani neuvědomuje, a větrání v nových a rekonstruovaných budovách bývá zcela opomíjenou záležitostí. Přitom nejčastějším problémem v obytných budovách je vysoká relativní vlhkost vnitřního vzduchu a s tím související problémy s kondenzací vodní páry.

Zcela mylnou představou řady lidí totiž je, že „vlhkost“ lze odvádět otopnou soustavou – vytápěním. Skutečnost, že lze v domácnosti usušit prádlo nebo ručníky na otopném tělese, evokuje pocit, že se vlhkost odvádí. Ovšem voda, která se odpaří, přechází ve formě vodní páry do vzduchu, a tím zvyšuje jeho relativní vlhkost. Určité množství vodní páry pak produkuje člověk svou činností v domácnosti.

V případě nedostatečného větrání dochází v obytném prostředí ke zvyšování relativní vlhkosti vzduchu. Nejenže vysoká relativní vlhkost znehodnocuje vnitřní ovzduší, ale často je příčinou kondenzace vodních par v místech s nízkou povrchovou teplotou (okna, místa s tepelným mostem, apod.), kde následně mohou vznikat plísně. Krátkodobou kondenzací na okenních tabulích (tj. taková, kdy nedochází ke stékání kondenzátu po okně, a která vzniká v dolní části okenní tabule) lze v ojedinělých případech připustit. Dlouhodobá kondenzace na oknech a zejména kondenzace na stavebních konstrukcích je však zcela nepřijatelná.

Jedním z hlavních metabolitů (= látky produkované člověkem) je oxid uhličitý CO_2 , který se podstatně podílí na kvalitě vnitřního ovzduší. I když v běžných koncentracích ve vnitřním prostředí není CO_2 životu nebezpečný, podstatně ovlivňuje pohodu člověka. Vysoké koncentrace CO_2 způsobují únavu, ospalost, letargii, bolesti hlavy, někdy i nevolnost. V krajním případě může být špatně navržené větrání životu nebezpečné. Jedná se o případy, kdy vlivem omezení přirozeného přívodu vzduchu do prostoru s plynovým spotřebičem (karma, kotel) může za určitých podmínek (při nedodržení příslušných předpisů) dojít i ke smrtelné otravě oxidem uhelnatým [1]. Oxid uhličitý CO_2 používáme ve větrání jako ukazatel kvality vnitřního ovzduší.

Důsledkem nedostatečného větrání obytného prostředí, kde člověk tráví většinu svého života, jsou ze zdravotního hlediska různá respirační onemocnění (alergie, astma, apod.). Ač je za větrání nutno platit peníze, neboť je spojeno s určitou spotřebou energie, zdraví člověka by mělo mít v tomto směru přednost. Problematika kvality vnitřního prostředí má tak nečekaně celospolečenský charakter v podobě nákladů státu na zdravotní péči. Větrání je záležitostí, která se vyplácí z dlouhodobého hlediska. Bylo by jistě zajímavé zhodnotit, jak vysoké jsou náklady na zdravotní péči jedinců, zejména pak dětí, majících zdravotní problémy v podobě respiračních onemocnění, alergií, apod.

Současný trend snižování spotřeby energie za každou cenu vede k řešením, která jsou z hlediska zajištění zdravého vnitřního prostředí v obytných budovách nedostatečná. Jedná se zejména o masivní zateplování a výměnu oken, při současném zachování systému větrání, který se stává často nefunkčním. Je jisté, že pokud chceme zajistit požadovanou kvalitu vnitřního ovzduší, musíme spotřebovat energii pro dopravu a ohřev vzduchu. Snahou je tuto spotřebu minimalizovat, k čemuž lze použít různá technická řešení. S nástupem nové generace výstavby obytných budov v podobě nízkoenergetických (tzv. pasivních) domů se situace začíná výrazně zlepšovat; nedílnou součástí energeticky úsporného řešení je celkové nucené větrání se zpětným získáváním tepla.

8.2 Požadavky na větrání

Požadavky na větrání (resp. přívod venkovního vzduchu a odvod vzduchu znečištěného) jsou pro obytné budovy většinou udávány formou požadované intenzity větrání, která udává, kolikrát za hodinu se v objemu větraného prostoru O [m^3] vymění čerstvý vzduch V_e [m^3/h]:

$$I = \frac{V_e}{O} \quad [\text{h}^{-1}] \quad (1)$$

V některých podkladech se lze setkat s průtokem venkovního vzduchu vztaženého na jednu osobu, plochu 1 m^2 , případně zařizovací hygienický předmět (umyvadlo, sprchu, záchod).

Uvedené informace mohou být závazné (zákonné předpisy), nebo doporučené (normy, směrnice). Průtoky vzduchu pro trvalé větrání obytných budov vyplývají z hygienických požadavků pro osoby, průtoky pro nárazové větrání jsou navrženy s ohledem na odvod znečišťujících látek (převážně vodní páry). Často se v zázemí obytných budov můžeme setkat s technologickými prostory (kotelna, výměňková stanice, apod.), kde se větrání řídí převážně technologickými nebo bezpečnostními požadavky.

8.2.1 Národní požadavky na větrání obytných budov

Závazným dokumentem v ČR, který se zabývá vnitřním prostředím obytných budov je vyhláška MMR č. 20/2012 Sb., která v § 11 odstavci 3 uvádí: „Obytné místnosti musí mít zajištěno dostatečné větrání venkovním vzduchem a vytápění v souladu s normovými hodnotami, s možností regulace vnitřní teploty.“ Problematiky se rovněž týká odstavec 6: „V místnostech, kde jsou instalovány spotřebiče paliv, musí být vždy zajištěn přívod venkovního vzduchu rovný minimálně průtoku spalovacího vzduchu pro jmenovitý výkon a typ spotřebiče.“ Je zřejmé, že jsou zde požadavky na větrání obytných budov definovány obecně s odkazem na normové hodnoty.

Dokumentem, kde jsou uvedeny konkrétní průtoky vzduchu pro návrh větrání obytných budov je norma ČSN EN 15665, ke které byla zpracována národní příloha v podobě změny Z1 [17], která definuje požadavky na větrání obytných budov v ČR (platná od února 2011). Ve smyslu zmíněné národní přílohy se mění i kapitola 6.5 v normě ČSN 73 4301 Obytné budovy. Norma ČSN 74 7110 pro bytová jádra z roku 1987 definuje pouze požadavky na odvod vzduchu z WC, koupelen a kuchyně; odpovídá požadavkům panelové bytové výstavby, byla poplatná své době. Bohužel norma neprošla do této chvíle revizí, a pro účely navrhování větrání v nově stavěných objektech se její použití nedoporučuje.

Doporučené návrhové průtoky větracího vzduchu pro obytné budovy s ohledem na kvalitu vnitřního vzduchu uvádí i norma ČSN EN 15251 [17].

8.2.2 Požadavky na větrání obytných budov v ČR dle ČSN EN 15665/Z1

Základním požadavkem národní přílohy normy ČSN EN 15 665/Z1 [17] je zajištění trvalého přívodu venkovního vzduchu s minimální intenzitou větrání $0,3 \text{ h}^{-1}$ v obytných prostorech (pokoje, ložnice, apod.) a kuchyních. Pro vyšší požadovanou kvalitu vnitřního vzduchu se doporučuje, v souladu s ČSN EN 15251, intenzita větrání $0,5$ až $0,7 \text{ h}^{-1}$. V době, kdy obytné budovy nejsou dlouhodobě užívány (dovolené, víkendy) lze připustit provoz s nižší intenzitou větrání $0,1 \text{ h}^{-1}$ – vztaženou k celkovému vnitřnímu objemu bytu/rodinného domu.

Tab. 33 – Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15665/Z1

Požadavek	Trvalé větrání (průtok venkovního vzduchu)		Nárazové větrání (průtok odsávaného vzduchu)		
	Intenzita větrání [h^{-1}]	Dávka venkovního vzduchu na osobu [$\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{os})$]	Kuchyně [m^3/h]	Koupelny [m^3/h]	WC [m^3/h]
Minimální	0,3	15	100	50	25
Doporučený	0,5	25	150	90	50

Jako doplňující kritérium pro dimenzování přívodu vzduchu uvádí národní příloha minimální dávku čerstvého vzduchu pro osoby (Tab 33). Vždy však musí být splněn požadavek na minimální intenzitu větrání. Pokud je větrací systém řízen podle kvality vzduchu, pak doplňujícím kritériem pro průtok vzduchu je koncentrace oxidu uhličitého v obytném prostoru.

Systém větrání obytných budov musí rovněž zajistit odvod vzduchu z místností se zdrojem znečišťujících látek (pachy, vlhkost, škodliviny vznikající při vaření a jiných činnostech v domácnosti, apod.), tj. především z hygienického zázemí a kuchyně. Při trvalém větrání odpovídá průtok odváděného vzduchu průtok vzduchu přiváděnému, stanovenému podle požadavku na intenzitu větrání. Vzduch z obytných místností se doporučuje odvádět přes hygienické zázemí.

Norma dále definuje průtoky odsávaného vzduchu pro nárazové (krátkodobé) větrání hygienického zázemí a kuchyně (Tab 33). Odsátý vzduch je hrazen buď přísáváním větracími otvory, nebo zvýšeným přívodem vzduchu větrací jednotkou. Nárazové podtlakové větrání v kuchyních dle požadavku uvedeném v Tab 33 se použije zejména tam, kde není zajištěn trvalý přívod a odvod vzduchu z kuchyně. V případě, že je kuchyně vybavena trvalým větráním s přívodem i odvodem vzduchu (umístění odvodu se předpokládá nad varnou plochou), který odpovídá průtoky dle doporučené

intenzity větrání, není nutné zvyšovat průtok odváděného vzduchu na výše uvedené hodnoty. Takto lze navrhovat větrání např. v pasivních budovách, kde není vhodné používat podtlakové větrání a kde se kuchyně vybavují cirkulačními zákrty.

8.2.3 Koncept větrání

V roce 2017 vzešel v platnost tzv. Koncept větrání [22], který schválila Hospodářská komora ČR jako pravidlo správné praxe pod označením TPW 170 01. Koncept větrání je dokument, jenž slouží pro základní orientaci v problematice větrání budov pro pobyt osob. Je určen všem osobám činným ve výstavbě, jejichž činnost se dotýká tvorby vnitřního prostředí v budovách – stavebníkům, uživatelům, developerům, architektům, projektantům, dodavatelským firmám, provozovatelům i pracovníkům státní správy (stavebních úřadů, apod.). Slouží zejména pro přípravnou fázi dokumentace, kdy dochází k volbě koncepce větrání, lze ho však využít ve všech fázích procesu návrhu i realizace. Uplatní se při návrhu novostaveb, při rekonstrukcích i při změnách užívání budov, zejména pokud dochází k výměně okenních výplní.

Uvedený dokument v sobě mj. obsahuje předpoklady pro návrh větrání a výběr systému pro obytné budovy, vč. přílohy A, která uvádí příklady řešení větrání v obytných budovách (příloha A je součástí i tohoto dokumentu).

8.3 Větrací systémy obytných budov

8.3.1 Historie větrání panelových domů

V současnosti se hojně rekonstruuje bytová výstavba ze 70. let minulého století, tzv. panelová výstavba. Byty v panelových domech byly často vybaveny bytovými jádry a ve většině z nich jsou v podstatě dodnes. Větrání bytů bylo tehdy trvalé a bylo řešeno přirozeně (infiltrací / exfiltrací), zejména díky značné netěsnosti okenních výplní (většinou dřevěná okna bez těsnění) a nízké ceně energie. Nárazové větrání hygienického zázemí a kuchyně bylo realizováno centrálním odvodním ventilátorem umístěným na střeše objektu s možností spouštění z každé domácnosti. Vzduch byl přisáván okenními spárami a dopravován odsávací šachtou společnou pro všechny domácnosti nad sebou. Větrání bytů v té době bylo nejen trvalé, ale také velmi intenzivní. Spousta z nás si z dětství pamatuje na odpařovací nádoby umístěné na otopných tělesech, do kterých se lila vody, aby vzduch v bytě nebyl suchý. Teprve po roce 1989 se s výrazným nárůstem cen energie začaly do oken nejprve instalovat gumová nebo hliníková těsnění a postupem času se přešlo na výměnu oken v rámci zateplování budov. I když účelem zateplení je mj. i zvýšení životnosti budovy, přinesla s sebou tato činnost problémy v podobě nedostatečného větrání předmětných bytů.

Bohužel, běžnou praxí v současné bytové výstavbě jsou řešení spočívající v nárazovém podtlakovém větrání bez zajištění přívodu venkovního vzduchu. Takový systém nesplňuje základní princip a účel větrání. Častým jevem při nedostatečném přívodu větracího vzduchu je nežádoucí přisávání vzduchu z chodeb, stoupaček nebo různých otvorů (netěsnosti zásuvek, apod.). Současný stav větrání obytných budov (nových i rekonstruovaných) tak ve většině případů neodpovídá požadavkům na vytvoření zdravého vnitřního prostředí.

8.3.2 Doporučené větrací systémy

Kvalitu větrání rozhodujícím způsobem ovlivňuje přívod venkovního vzduchu. Současná praxe, kdy se do nových a rekonstruovaných objektů instalují těsná okna, neumožňuje k přívodu vzduchu použít okenní spáry. Z tohoto důvodu definuje národní příloha ČSN EN 15665/Z1 [18] vhodné systémy větrání obytných budov a doporučené způsoby přívodu vzduchu.

Přívod vzduchu do obytných prostor s novými a rekonstruovanými okny je nutné řešit alternativně následujícími způsoby:

- **větracími štěrbinami**, které jsou integrovány do výplní stavebních otvorů;

- **specifickými přívodními otvory** v obvodových stěnách (štěrbiny, kruhové otvory, apod.);
- **větrací jednotkou.**

Pro trvalé větrání obytných prostor se doporučuje využít jeden z následujících systémů větrání:

- **nucené podtlakové větrání** – přívod venkovního vzduchu podtlakem větracími otvory, které jsou integrovány do výplní stavebních otvorů nebo jsou umístěny v obvodových stěnách, v kombinaci s nuceným odvodem vzduchu z hygienického zázemí a kuchyně;
- **nucené rovnotlaké větrání** – přívod ohříváného venkovního vzduchu a odvod vzduchu větrací jednotkou, případně se zpětným získáváním tepla (ZZT).

Z hlediska příslušnosti větracího zařízení k jednotlivým bytovým jednotkám rozlišujeme systémy:

- **centrální,**
- **lokální.**

Bohužel, přirozené větrání (provětrávání) nespĺňuje požadavek na trvalé větrání obytných budov podle ČSN 15665/Z1 a vede ke zhoršené kvalitě vzduchu v obytném prostoru. Doporučené systémy obytných budov jsou součástí dokumentu [22], schémata doporučovaných systémů, vč. výhod a nevýhod, jsou uvedena v příloze této kapitoly.

Nucené podtlakové větrání

V obytných budovách je podtlakové větrání realizováno nuceným odvodem vzduchu z místností se zdrojem škodlivin (hygienické zázemí, kuchyně) a přisáváním vzduchu z venkovního prostředí.

Přívod venkovního vzduchu u podtlakového větrání je nutné (při současných požadavcích na průvzdušnost okenních spár) zajistit přívodními větracími otvory integrovanými do výplní stavebních otvorů (oken) nebo zabudovanými v obvodových stěnách. Tzv. „mikroventilaci“ nelze pro tyto účely použít. Přívodní otvory se zpravidla umísťují pod okna, za nebo nad otopná tělesa, v současnosti se preferuje umísťování pod strop nebo nad okna. Umísťování přívodních otvorů u podlahy totiž může způsobit vznik průvanu. Do každé obytné místnosti lze vzduch přivádět přes větrací otvor, který bývá osazen i vzduchovým filtrem, případně tlumičem hluku a uzavíracím členem. Větrací otvory mohou být různého tvaru – např. kruhové, obdélníkové nebo úzké štěrbiny. Průtok vzduchu lze regulovat na straně ventilátoru; některé větrací otvory jsou osazeny termostatickým ventilem, a umožňují tak regulaci průtoku vzduchu na základě teploty nasávaného vzduchu. Ohřev venkovního vzduchu při podtlakovém větrání zajišťuje paralelně pracující otopná soustava.

Výhodou podtlakového větrání je jednoduchost zařízení a relativně nízké pořizovací náklady (v porovnání s nuceným rovnotlakým větráním). Nevýhodou je zejména absence zařízení pro zpětné získávání tepla a vyšší provozní náklady spojené se spotřebou energie na ohřev větracího vzduchu (viz dále).

Centrální podtlakové systémy

Pro dopravu odváděného vzduchu slouží centrální ventilátor napojený na příslušné stoupací potrubí, který je umístěn zpravidla v nejvyšším místě budovy (v podkroví nebo na střeše), viz odstavec 8.8.1, případ A.7. Ventilátor hradí tlakové ztráty vzduchovodu a systému distribuce vzduchu, včetně tlumičů hluku a přívodních i odvodních prvků. Výhodou je poměrně vysoká účinnost centrálních ventilátorů (v porovnání s ventilátory pro lokální větrání). Jelikož je ventilátor zdrojem hluku, je nutné při návrhu centrálního podtlakového větrání přijmout příslušná protihluková opatření. Zejména je nutné zabránit šíření hluku směrem do stoupacího potrubí tak, aby nedocházelo k obtěžování obyvatel bytových jednotek. Rovněž je nutné posoudit šíření hluku do venkovního prostředí. Mezi výhody centrálního podtlakového větrání patří skutečnost, že nedochází k nežádoucímu přenosu pachů mezi jednotlivými bytovými jednotkami, neboť veškeré potrubí je v podtlakové části ventilátoru. V současnosti jsou na trhu centrální podtlakové systémy, které umožňují trvalé větrání řízené podle potřeby – dochází ke změně průtoku odváděného vzduchu. K tomu je nutné opatřit systém ventilátory s regulací otáček – uplatnění EC motorů.

Lokální podtlakové systémy

Pro větrání slouží lokální ventilátory napojené na společné stoupačí potrubí, kterým je vzduch dopravován zpravidla nad střechu objektu (odstavec 8.8.1, případy A.5 a A.6). Odvodní ventilátor je umístěn přímo v místnosti, odkud je vzduch odsáván (WC, koupelna), nebo může být opatřen dvěma až třemi hrdly pro společný odvod vzduchu z několika místností jednoho bytu současně. V takovém případě je možné ventilátor umístit do podhledu či přímo do svislé stoupačí šachty. Nevýhodou malých ventilátorů je především jejich nízká účinnost a hlučnost, která je emitována přímo do obytného prostoru; na druhou stranu musí ventilátory uhradit tlakovou ztrátu potrubní sítě. Z uvedených důvodů se uplatňují především ventilátory radiální.

Nevýhodou lokálního systému větrání u bytových domů je zejména umístění odpadního vzduchovodu v přetlakové části ventilátorů. Vlivem netěsností pak dochází k šíření pachů a znečišťujících látek do sousedních bytových jednotek. Lokální podtlakové větrání se často využívá i pro nárazové větrání kuchyní. Aby se maximálně zabránilo přenosu pachů a škodlivin, jsou odsávací zákryty vybaveny základní filtrací a zpětnou klapkou. Tato klapka by měla být těsná; po určité době provozu zařízení je vhodné ji vyčistit. Bohužel, většina výrobců odsávacích zákrytů neumožňuje snadný přístup ke zpětné klapce, která se po určité době provozu může stát nefunkční.

Použití cirkulačních odsávacích zákrytů v kuchyních, kde není instalován trvalý nucený odvod vzduchu, se nedoporučuje. Výjimku tvoří pasivní obytné domy, u nichž jsou kladeny vysoké nároky na neprůvzdušnost obálky budovy, a použití podtlakového větrání je nevhodné. Větrání kuchyně je pak řešeno trvale jako mírně podtlakové s nuceným přívodem a odvodem vzduchu v kombinaci s cirkulačním odsávacím zákrytem pro nárazový provoz v době užívání kuchyně.

Nucené rovnotlaké větrání

Nucené rovnotlaké větrání představuje vyšší kvalitu větrání než nucené podtlakové větrání. Použije se však i tam, kde není z hygienických důvodů možné zajistit přívod vzduchu podtlakem z obvodové stěny, např. při požadavku na přívod méně znečištěného vzduchu, než je venkovní ovzduší (např. v blízkosti zdroje znečištění či komunikace), nebo tehdy, je-li venkovní prostředí zatíženo nadměrným hlukem, který nelze utlumit přívodními elementy podtlakových systémů (obytný prostor přilehlý k rušné komunikaci).

Rovnotlaké větrací systémy zajišťují nucený přívod čerstvého vzduchu a současně odvod vzduchu znehodnoceného. I když hovoříme o rovnotlakém větrání (s přívodem a odvodem vzduchu) v praxi se v obytném prostoru udržuje mírný podtlak. Výhodou nuceného rovnotlakého systému větrání je možnost využití zpětného získávání tepla z odváděného vzduchu, čímž se výrazně snižuje spotřeba tepla na ohřev venkovního vzduchu. Pro dopravu vzduchu slouží většinou dvojice ventilátorů umístěných v kompaktní vzduchotechnické jednotce, která standardně obsahuje ještě filtry atmosférického vzduchu a výměník ZZT. Větrací zařízení slouží pro přívod a předeřev venkovního vzduchu, dohřev vzduchu je uskutečňován otopnou soustavou nebo ohříváčem. Ventilátory mají možnost regulace výkonu v několika stupních (regulace otáček), což umožňuje ovládat zařízení na základě aktuálních požadavků – potřeby (relativní vlhkost, koncentrace CO₂, apod.).

Nevýhodou oproti podtlakovým systémům mohou být vyšší pořizovací náklady, vyšší spotřeba energie pro pohon ventilátorů, které musí hradit tlakovou ztrátu vzduchovodů a prvků větrací jednotky (především výměníku ZZT), dále pak prostorové nároky pro umístění zařízení větrání a vzduchovodů.

Centrální rovnotlaké systémy

Jádrem systému je centrální vzduchotechnická jednotka, která zajišťuje dopravu venkovního a znehodnoceného vzduchu, včetně úpravy vzduchu (filtrace a předeřev). Jednotka bývá zpravidla vybavena výměníkem ZZT (odstavec 8.8.1, případ A.11). Pro vzájemnou polohu sání a výfuku vzduchu je nutné dodržet minimální vzdálenosti tak, aby nedocházelo k ovlivňování jednotlivých proudů vzduchu. Přívod a odvod vzduchu je realizován dvojicí vzduchovodů, jimiž je vzduch distribuován k jednotlivým bytovým jednotkám, odkud je vzduch rozváděn do příslušných místností.

Pro rozptýlení přiváděného vzduchu v obytných místnostech slouží distribuční elementy s dostatečným dosahem proudu (např. trysky) tak, aby byla místnost rovnoměrně provětrána.

V případě nuceného rovnotlakého větrání, realizovaného centrální větrací jednotkou pro více bytů, musí zařízení automaticky vyrovnávat tlakové poměry v přívodních i odváděcích vzduchovodech při zásahu jednotlivých uživatelů. K tomu slouží ventilátory s proměnnými otáčkami.

Výhodou centrálního rovnotlakého systému větrání je zejména zajištění trvalé kvality vnitřního vzduchu s minimální spotřebou tepelné energie pro ohřev větracího vzduchu. Nevýhodou jsou zejména zvýšené nároky na prostor pro umístění VZT jednotky a vzduchovodů. Ventilátory musí být opatřeny tlumiči hluku tak, aby nedocházelo k obtěžování obyvatel bytových jednotek nebo k šíření hluku do venkovního prostředí. Může rovněž docházet k nežádoucím přeslechům mezi bytovými jednotkami. Vzduchovody je možné opatřit přeslechovými tlumiči, anebo se koncové elementy napojují přes ohebné hadice s útlumem hluku. Náklady na provoz centrálního zařízení jsou rozpočítávány mezi jednotlivé bytové jednotky paušálně, bez ohledu na užívání systému větrání.

Lokální rovnotlaké systémy

Lokální rovnotlaké větrací systémy slouží pro individuální větrání bytových jednotek nebo jednotlivých místností. Pro větrání slouží „malá“ větrací jednotka, která je vybavena filtrací vzduchu, ventilátory a výměníkem ZZT. Sání vzduchu může být realizováno společným potrubím, anebo samostatně z fasády každé bytové jednotky (odstavec 8.8.1, případy A.9 a A.10). Odvod vzduchu je v případě A.10 řešen společným potrubím nad střechu objektu.

Nevýhodou lokálního systému je zejména poměrně nízká účinnost ventilátorů (vč. pohonu), zvýšené nároky na prostor pro umístění VZT jednotky a vzduchovodů uvnitř bytu i hlučnost větrací jednotky umístěné přímo v obytném prostoru. Uživatel má absolutní kontrolu nad systémem větrání, včetně nákladů spojených s provozem a údržbou zařízení, které jsou plně v režii dané bytové jednotky.

8.3.3 Využití zpětného získávání tepla (ZZT)

Zpětné získávání tepla (dále ZZT) je využití energie obsažené ve vzduchu odváděného z budovy. Za ZZT se nepovažuje využití oběhového vzduchu. Z hlediska vzduchotechniky se tak jedná o zařízení, které odebírá teplo vzduchu opouštějícího budovu a předává ho vzduchu venkovnímu, přiváděnému. Zpětné získávání tepla se často nesprávně nazývá rekuperace. Rekuperace je však konkrétní princip sdílení tepla mezi dvěma teplotnými látkami.

Pro větrání obytných budov používáme nejčastěji výměníky ZZT:

- **rekuperační**, u nichž se většinou uplatňuje přímá výměna tepla přes teplosměnnou plochu (deskové výměníky);
- **regenerační**, díky nimž je výměna tepla uskutečňována přes akumulaci hmotu výměníku, která mění svoji polohu (rotační výměníky).

Zpětným získáváním tepla se většinou získává teplo citelné (změna teploty); existují však výměníky, které umožňují i zpětné získávání vlhkosti, tedy současný přenos citelného i vázaného tepla.

Teplotní a vlhkostní faktor ZZT

Teplotní faktor Φ (často označován jako účinnost ZZT nebo teplotní účinnost) je definován jako poměr teplotního rozdílu na dané straně výměníku (ohřívání vzduchu) k maximálnímu rozdílu teplot (teoreticky možnému). Definice na přívodní straně výměníku umožňuje stanovit teplotu ohřívání venkovního vzduchu za výměníkem t_{e2} (obr. 59):

$$\Phi = \frac{\Delta t_e}{\Delta t_{\max}} = \frac{t_{e2} - t_{e1}}{t_{o1} - t_{e1}} \quad (1),$$

kde je

t_{e2} [°C] teplota vzduchu za výměníkem ZTZ,

t_{e1} [°C] teplota venkovního (nasávaného vzduchu),

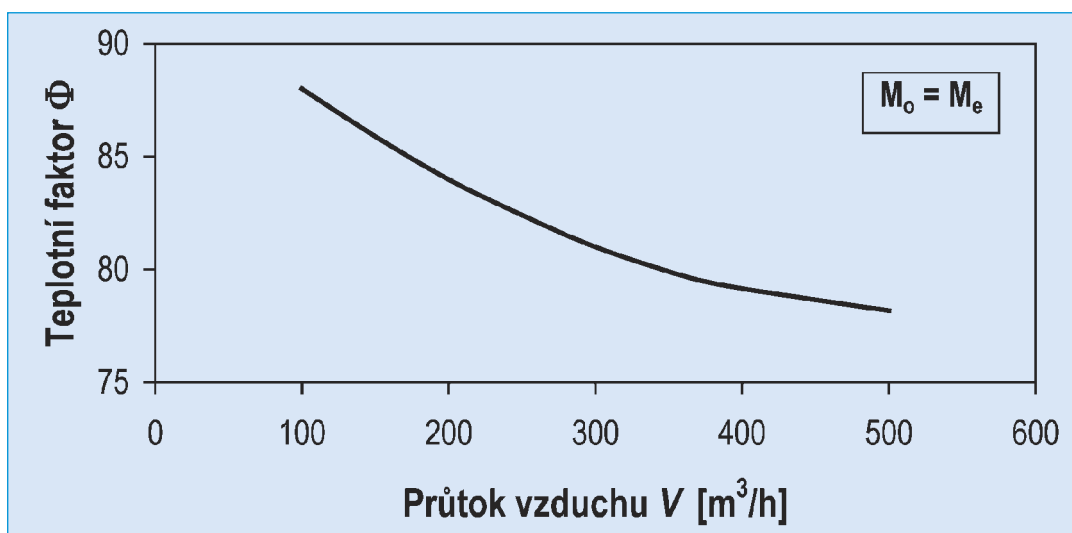
t_{o1} [°C] teplota vzduchu odváděného z prostoru.

Poznámky: Účinnost přenosu tepla slouží k posouzení, jak daný výměník využívá maximální teplotní rozdíl, který je v určitém provozním stavu k dispozici, tj. rozdíl teplot obou tekutin před výměníkem. V odborné literatuře je tato účinnost definována poměrem skutečného výkonu přenášeného výměníkem a teoretického výkonu, který by výměník přenášel při nekonečně velké teplosměnné ploše, na níž lze právě využít výše popsany maximální rozdíl teplot. Účinnost přenosu tepla je stejná pro obě tekutiny (pro obě strany výměníku), mezi nimiž se předává teplo.

Pro poměr rozdílů teplot je lépe používat odlišný termín, např. teplotní faktor. Teplotní faktor je obecně jiný pro každou tekutinu (každou stranu výměníku) a od účinnosti přenosu tepla se liší v tom, že nezahrnuje vliv průtočné kapacity, tj. součinu hmotnostního průtoku a měrného tepla látky. Teplotní faktor a účinnost přenosu tepla lze zaměňovat pouze v případě, kdy mají obě tekutiny stejné průtočné kapacity.

Aby bylo možné hodnotit a vzájemně porovnávat výměníky ZTZ z hlediska předaného tepla, musí platit rovnost hmotnostních průtoků vzduchu na obou stranách výměníku $M_o = M_e$.

Obr. 58 – Příklad typické závislosti teplotního faktoru (účinnosti) ZTZ na průtoku vzduchu



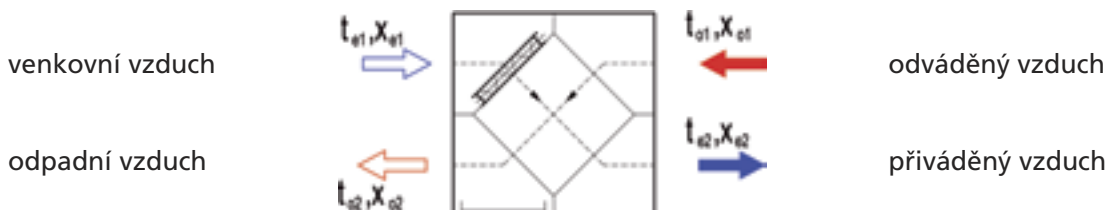
Účinnost přenosu tepla slouží k posouzení, jak daný výměník využívá maximální teplotní rozdíl, který je v určitém provozním stavu k dispozici, tj. rozdíl teplot obou tekutin před výměníkem. V odborné literatuře je tato účinnost definována poměrem skutečného výkonu přenášeného výměníkem a teoretického výkonu, který by výměník přenášel při nekonečně velké teplosměnné ploše, na níž lze právě využít výše popsany maximální rozdíl teplot. Účinnost přenosu tepla je stejná pro obě tekutiny (pro obě strany výměníku), mezi nimiž se předává teplo.

Předaný výkon rovněž závisí na velikosti teplosměnné plochy výměníku. Při daném průtoku vzduchu způsobí větší teplosměnná plocha nižší tlakové ztráty výměníku díky nižší rychlosti proudění. Snížením rychlosti sice dojde k poklesu součinitele přestupu tepla konvekcí, ale doba, kterou stráví vzduch ve výměníku, se prodlužuje. Větší teplosměnná plocha výměníku tak zvyšuje předaný výkon, a tím i teplotní faktor. S rostoucí plochou výměníku však roste i jeho cena. Výrazný vliv na teplotní faktor má rovněž kondenzace. Zejména v zimním období, kdy teplota rosného bodu odváděného (vlhkého) vzduchu je vyšší než teplota povrchu výměníku (vychlazeného venkovním vzduchem), dochází ke kondenzaci vodních par na odvodní straně výměníku. Kondenzace zvyšuje teplotní faktor ZTZ, neboť se předává do přiváděného vzduchu i teplo vázané ve vodní páře. Narzáání kondenzátu je však nežádoucí (viz Deskové rekuperační výměníky).

Obdobně jako teplotní faktor je definován faktor vlhkostní ψ umožňující stanovit měrnou vlhkost ohřivaného venkovního vzduchu za výměníkem ZT x_{e2} [g/kg_{s,v.}]; označení měrných vlhkostí je obdobné jako pro teploty a vyplývá z obr. 59:

$$\psi = \frac{x_{e2} - x_{e1}}{x_{o1} - x_{e1}} \quad (2)$$

Obr. 59 – Schéma a označení teplot a měrných vlhkostí u výměníku zpětného získávání tepla / vlhkosti



Výměníky ZT používané ve větracích jednotkách

Deskové rekuperační výměníky

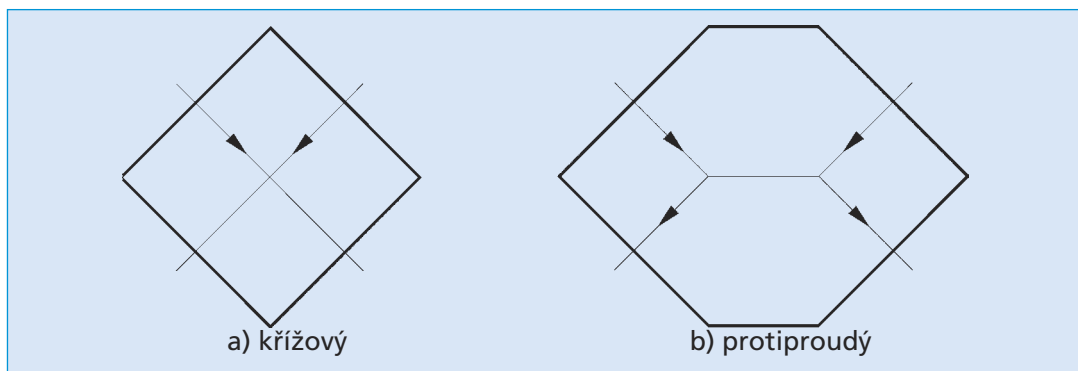
Deskové rekuperační výměníky představují ve větrání a klimatizaci rozšířený způsob ZT, zejména pro menší průtoky vzduchu (omezení jsou z hlediska velikosti výměníku). Odváděný a přiváděný vzduch jsou od sebe odděleny teplosměnnou plochou v podobě profilovaných kanálů (desek), přes které se předává teplo. Vlastní výměník je vyroben nejčastěji z kovu (ocel, hliník, nerez) nebo z plastu. Počet a šířka kanálů deskového výměníku závisí na předpokládaném znečištění vzduchu.

Nejčastějším konstrukčním uspořádáním je křížový výměník (obr. 60a) s kolmým křížením proudů. Existují provedení výměníků s částečně protiproudým uspořádáním (obr. 60b). Výrobci udávají hodnoty teplotního faktoru až 95 %, vyšších hodnot obvykle dosahují protiproudé výměníky s velkou teplosměnnou plochou. Při uvažování kondenzace jsou hodnoty teplotního faktoru ještě vyšší. Solidní výrobce udává závislost teplotního faktoru na průtoku s vyznačením závislostí bez kondenzace a s kondenzací.

Výkon deskových rekuperačních výměníků není možné přímo regulovat, proto se vybavují obtokem s uzavírací klapkou (někteří výrobci však již nabízejí řízenou obtokovou klapku) tak, aby bylo možné výměník na přívodní straně odstavit. Toho se využívá zejména v přechodovém období, kdy je teplota venkovního vzduchu nižší než teplota vzduchu v prostoru.

Při provozu v našich klimatických podmínkách v zimním období dochází často na povrchu deskového výměníku ke kondenzaci vodních par obsažených v odváděném vzduchu. Při teplotách pod nulou může dojít k namrzání výměníku, což způsobuje zmenšování průřezu výměníku a zvýšenou tlakovou ztrátu. Namrzání zhoršuje přestup tepla a v extrémním případě může dojít k poškození výměníku. Námraza je možné odstranit jednak krátkodobým uzavřením přívodu venkovního vzduchu, a využít tak odváděný vzduch k odtání námrazy. Některé výměníky jsou vybaveny elektrickým ohřevem kritických ploch. Zařízení větších výkonů s vysokým rizikem námraza se mohou vybavit předehřevem venkovního vzduchu nebo odmrazováním odváděným vzduchem. Takové opatření zabrání námraze za cenu nižšího celoročního teplotního faktoru ZT. Deskový výměník je nutné vždy vybavit odvodem kondenzátu se zápachovou uzávěrkou a napojit jej na kanalizaci.

Obr. 60 – Schéma uspořádání rekuperačních výměníků



Obr. 61 – Příklad plastového deskového rekuperačního výměníku (foto: www.rekuperace.com)

Deskové výměníky s přenosem vlhkosti

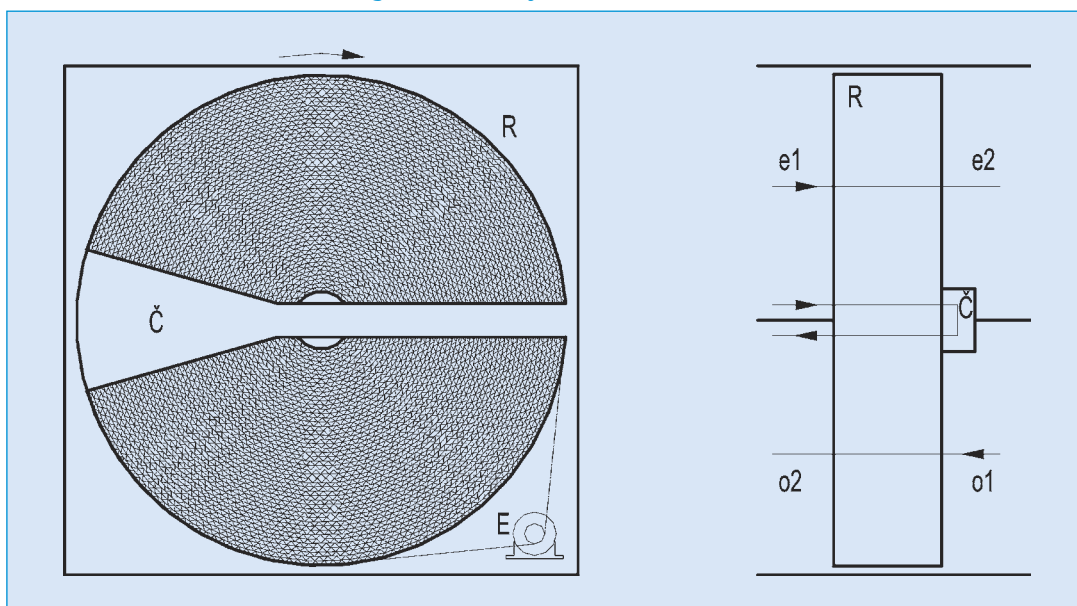
Běžné deskové výměníky neumožňují přenos vlhkosti. Speciálním případem deskových výměníků jsou výměníky vyrobené z nasávkavého materiálu na bázi papíru, které umožňují současný přenos tepla a vlhkosti. Teplota vzduchu nasávaného do výměníku je většinou omezená z důvodu nežádoucí námrazy, která by způsobila poškození výměníku. Z uvedeného důvodu se před výměník ZZT tohoto typu zařazuje do proudu přiváděného vzduchu předehřev.

Rotační regenerační výměníky

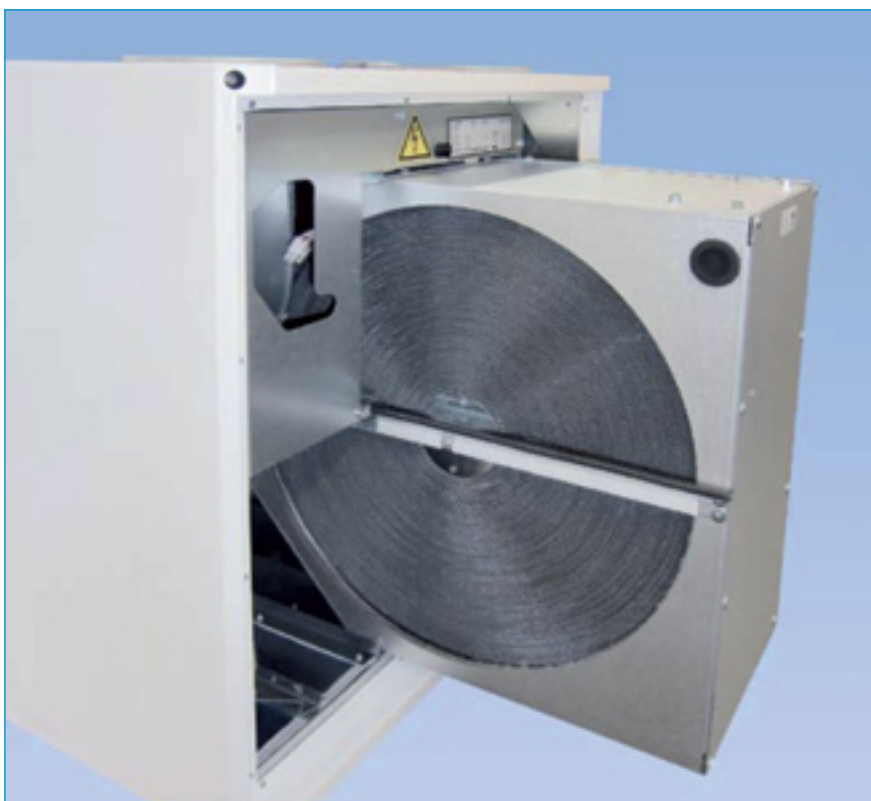
Hlavní součástí rotačního výměníku je rotor s akumulací hmotou, který je poháněn elektromotorem. Rotor ve tvaru válce s drobnými kanálky (tvořený např. navinutým zvlněným plechem) rotuje mezi proudem odváděného vzduchu, kterému odnímá teplo (akumuluje), a přiváděného vzduchu, kterému teplo předává. U rotačních výměníků nejsou proudy přiváděného a odváděného vzduchu bezpečně odděleny, a nastává riziko přenosu škodlivin. K eliminaci přenosu nečistot z odváděného vzduchu je na rozhraní mezi odvodní a přívodní stranou rotačního výměníku v některých případech umístěna tzv. čistící zóna, ve které jsou kanálky rotoru profukovány čerstvým (čistým) vzduchem (obr. 62). Pro správnou funkci je tak nutné zajistit mírný přetlak na přívodu oproti odvodní straně výměníku. Rotační výměníky nejsou vhodné pro případy, kdy je odváděný vzduch znečištěn pachy, zárodky, vlákny, tuky, apod.

Rotační regenerační výměník pro zpětné získávání citelného tepla umožňuje i zpětné získávání vlhkosti. Teplotní faktor těchto výměníků dosahuje 60 až 85 %, vlhkostní 10 až 20 %. Regenerační výměníky, které jsou určeny zároveň ke zpětnému získávání vlhkosti, jsou opatřeny hygroskopickou vrstvou a vlhkostní faktor pak dosahuje hodnot až 90 %. Rotační výměníky je možné v omezené míře regulovat změnou otáček elektromotoru, nebo zcela vypnout.

Obr. 62 – Schéma rotačního regeneračního výměníku (R – rotor, E – elektromotor, Č – čistící zóna)



Obr. 63 – Příklad větrací jednotky s rotačním výměníkem (foto: Swegon)



8.3.3.1 Větrací jednotky se ZZT

Lokální větrací jednotky

Na našem trhu se objevují lokální jednotky se zpětným získáváním tepla pro rovnotlaké větrání (viz 8.8.1, případ A.9). Jednotky jsou tvořeny ventilátory pro přívod a odvod vzduchu, rekuperačním výměníkem ZZT, vzduchovým filtrem, interiérovou mřížkou a výfukovou mřížkou (obr. 64). Jednotky pracují zpravidla s průtoky vzduchu <math>< 100 \text{ m}^3/\text{h}</math>. Bývají často vybaveny dvou otáčkovými motory a čidlem relativní vlhkosti. Regulace je velmi jednoduchá – třípolohová. Zařízení je buď

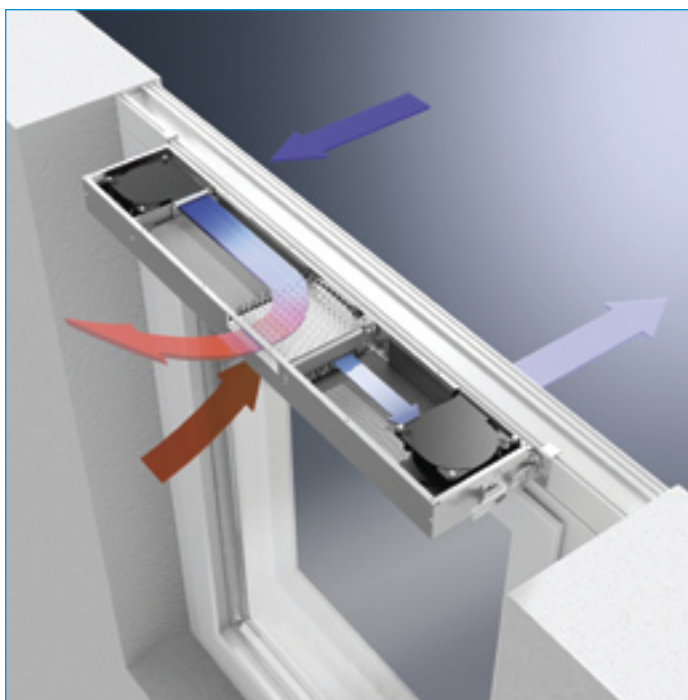
vypnuto, nebo trvale zapnuto při nižších otáčkách; při zvýšené relativní vlhkosti se spustí druhý stupeň otáček ventilátorů.

Lokální jednotky lze použít pouze pro individuální větrání jedné místnosti. To s sebou přináší nutnost provedení prostupů obvodovou stavební konstrukcí v každé místnosti, což je většinou spojeno s netěsností nebo tepelnými mosty. Další nevýhodou je problematický odvod kondenzátu, který není možné napojit na kanalizaci. Zpravidla se odvod kondenzátu řeší odkapem podél fasády domu.

Obr. 64 – Lokální větrací jednotky (zdroj: Regulus)



Obr. 65 – Příklad lokálního větracího zařízení integrovaného do ostění okna (zdroj: Schüco)



Centrální větrací jednotky

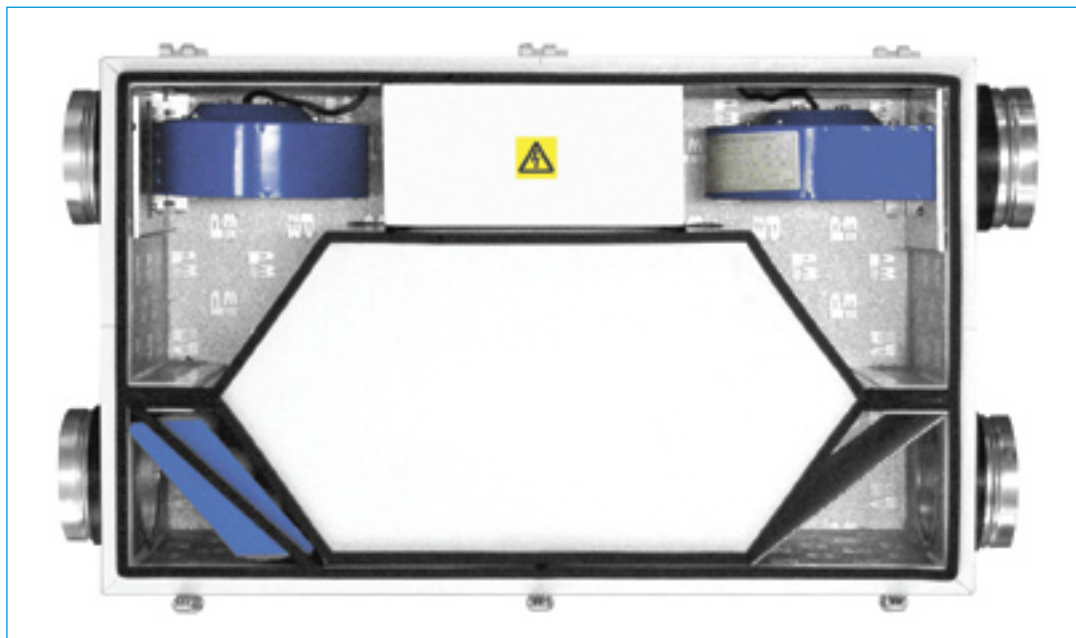
Pro větrání jednotlivých bytů se používají tzv. „malé“ větrací jednotky, což je zařízení se jmenovitým průtokem vzduchu do 300 m³/h (viz 8.8.1, případ A.10). Jednotka obsahuje přívodní a odvodní ventilátor, vzduchové filtry, výměník ZZT s obtokem. Vše je uspořádáno v uzavřené skříni opatřené zpravidla čtveřicí hrdel – sání čerstvého a výfuk znehodnoceného vzduchu, přívod a odvod vzduchu z prostoru (obr. 66). V současnosti jsou malé větrací jednotky vybavovány ventilátory s EC motory, které umožňují plynulou regulaci výkonu při současně nízké spotřebě elektrické energie.

Centrální jednotky určené pro více bytů (viz 8.8.1, případ A.11) vypadají obdobně, jsou samozřejmě rozměrnější, neboť pracují s vyššími průtoky vzduchu (řádově v tis. m³/h). Jednotky pro bytové domy mohou být ve vnitřním i venkovním provedení. Liší se především v provedení tepelné izolace

a ochraně proti povětrnostním vlivům. Vzhledem k významnému zdroji hluku bývají na straně sání i výtlačku směrem do objektu opatřeny tlumiči hluku.

Ovládání jednotek může být velmi jednoduché s ručním nastavením požadovaného průtoku, nebo velmi sofistikované s digitální regulací, která umožňuje nastavení týdenního programu větrání, regulovat průtok vzduchu na základě měřených veličin (koncentrace CO₂, relativní vlhkost, apod.).

Obr. 66 – Příklad větrací jednotky s deskovým protiproudým výměníkem v podstropním provedení (zdroj: Atrea)



8.3.4 Větrací hlavice jako náhrada stávajících ventilátoru

V poslední době dochází při revitalizaci panelových domů často k náhradě původních centrálních ventilátorů za rotující větrací hlavice. Důvodem je nefunkčnost nebo opotřebovanost původních ventilátorů. Často mohou být argumentem k náhradě důvody ekonomické – větrací hlavice jsou v porovnání s řádným větracím systémem velmi levné. Na našem trhu se lze setkat se dvěma typy větracích hlavice, které se liší svou konstrukcí:

- **rotující větrací hlavice** — obsahuje rotor připomínající oběžné kolo ventilátoru, které je poháněno větrem (obr. 67a);
- **nepohyblivá hlavice typu CAGI** — také nazývaná jako samoodtahová hlavice, která neobsahuje pohyblivé části a využívá účinky úplavu (obr. 67b).

Problémem je, že výrobci často vůbec neuvádějí potřebné technické parametry větracích hlavice. Na základě měření výkonových charakteristik rotujících větracích hlavice [4] bylo zjištěno, že dopravní tlak hlavice při průměrné rychlosti větru 4 m/s je kolem 5 Pa při nulovém průtoku vzduchu. Tlaková ztráta potrubního systému panelových domů je však výrazně vyšší, řádově v desítkách pascalů (80 až 200 Pa). Z uvedeného vyplývá, že větrací hlavice nejsou schopny překonat tlakové ztráty potrubního systému, a nezajistí tak potřebný průtok vzduchu. Zdvojení hlavice nemá v tomto případě žádný význam, neboť při paralelním řazení prakticky nedochází ke zvýšení dopravního tlaku (viz charakteristiky na obr. 69). Ze zmíněných důvodů se pro větrání obytných budov nedoporučují. Navíc je při současném trendu bytové výstavby nutné zajistit zejména přívod větracího vzduchu do obytných místností, což samotné větrací hlavice nemohou zajistit.

Použití větracích hlavice pro rekonstrukce větracích systémů stávajících bytových domů se v souladu s [18] **nedoporučuje**.

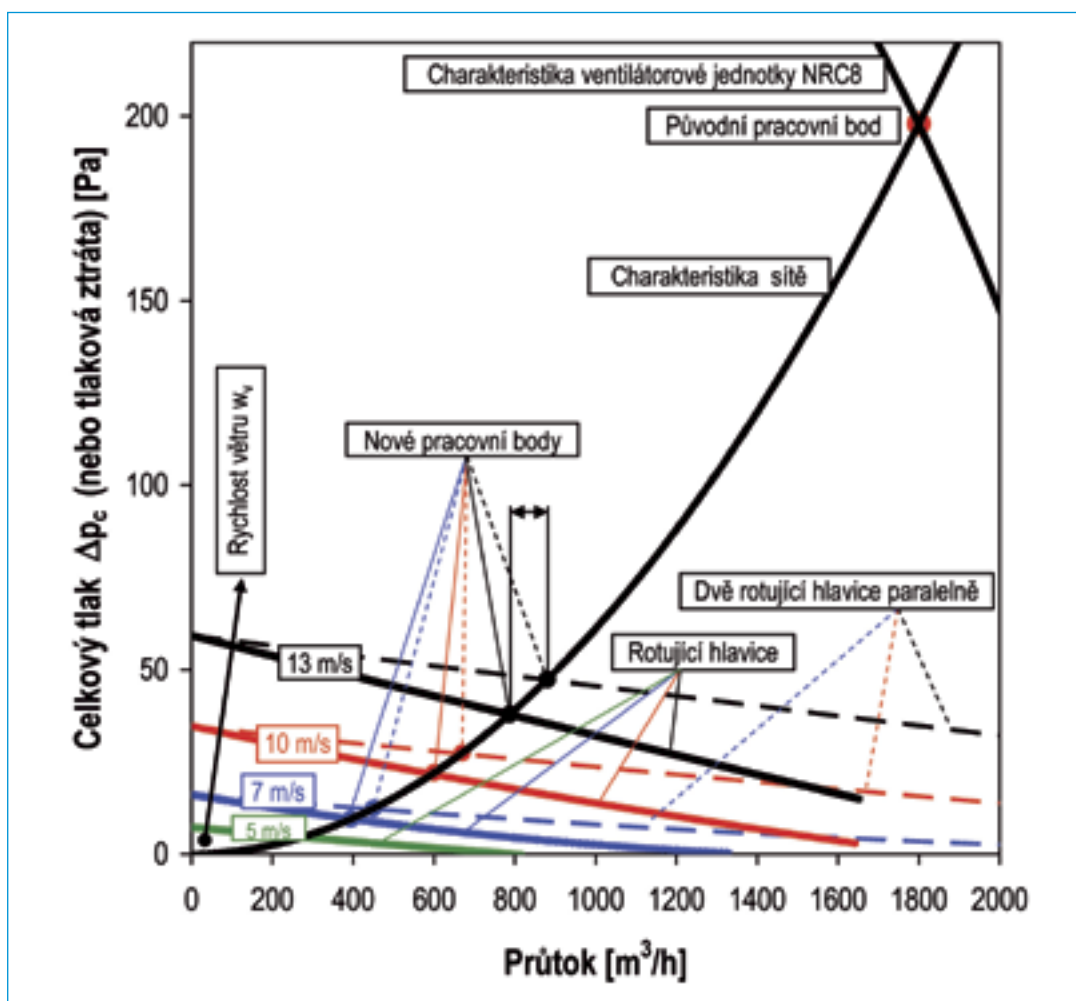
Obr. 67 – Tvar větrací hlavice: a) rotující, b) CAGI



Obr. 68 – Zcela nevhodná náhrada ventilátorů rotačními hlavicemi



Obr. 69 – Pracovní body VZT systému s rotující hlavicí při různých rychlostech větru [4]

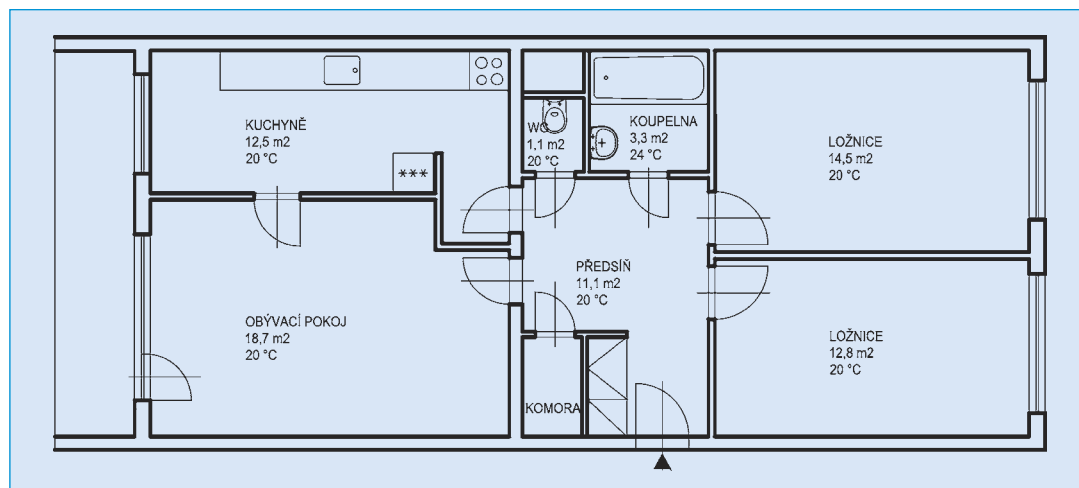


8.4 Rekonstrukce větracího systému

8.4.1 Příklad návrhu podtlakového větrání bytu

Předmětem návrhu je byt 3+1 o celkové ploše 74 m² umístěný v budově panelového typu v klidné zástavbě bez výrazných zdrojů znečištění. Předpokládejme, že byt obývá tři až čtyřčlenná rodina. Půdorys bytu s vyznačením plošné výměry jednotlivých místností a teplot vnitřního vzduchu je uveden na obr. 70. Světla výška podlaží je 2,6 m. Venkovní výpočtová teplota pro Prahu $t_{e,vyp} = -12\text{ °C}$.

Obr. 70 – Schéma řešeného bytu



Návrh větrání je proveden na základě doporučené intenzity větrání dle normy ČSN EN 15665/Z1 a je uveden v Tab 34.

Norma ČSN EN 15665/Z1 [18] doporučuje pro odvod vzduchu z kuchyně při nárazovém větrání použít odsávací zákryt. V případě, že je kuchyně opatřena trvalým celkovým větráním (v kuchyni je instalován trvalý odvod vzduchu), připouští se možnost využití cirkulačního zákrytu. Takové řešení se může hodit např. v případě nedostatku místa ve stoupačí šachtě.

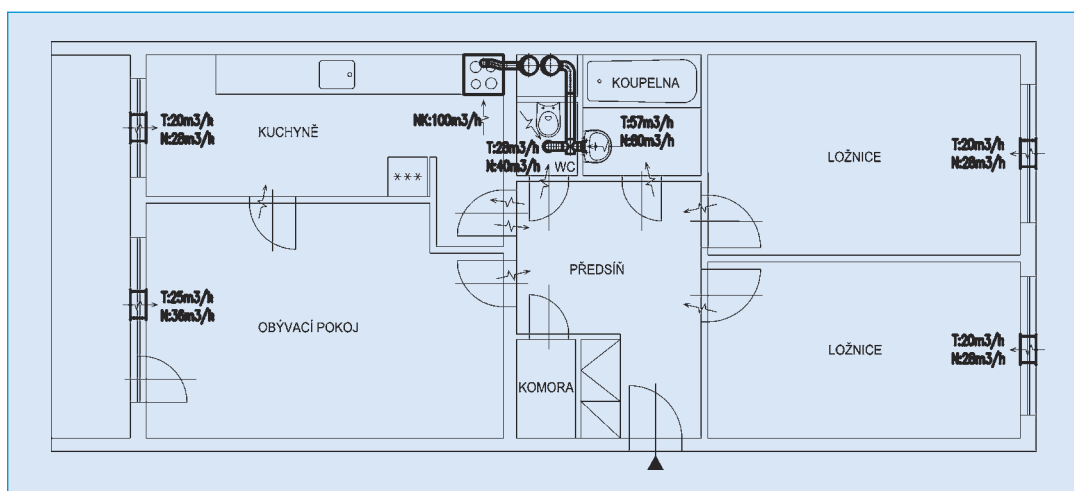
Tab. 34 – Návrh podtlakového větrání bytu

Místnost	Objem místnosti O [m ³]	Trvalé větrání 1. otáčky ventilátoru			Nárazové větrání		
		Intenzita větrání I [h ⁻¹]	Průtok větracího vzduchu V _{e1} [m ³ /h]	Průtok odv. vzduchu V _{o1} [m ³ /h]	2. otáčky ventilátoru		Zákryt
					Průtok větracího vzduchu V _{e2} [m ³ /h]	Průtok odv. vzduchu V _{o2} [m ³ /h]	Průtok odv. vzduchu V _{od} [m ³ /h]
Ložnice	37,7	0,5	20	0	28	0	0
Ložnice	33,3	0,5	20	0	28	0	0
Obývací pokoj	48,6	0,5	25	0	36	0	0
Kuchyně	32,5	0,5	20	0	28	0	100
Předsíň	28,9	0	0	0	0	0	0
Koupelna	8,6	0	0	57	0	80	0
WC	2,9	0	0	28	0	40	0
CELKEM	192,4	0,44	85	85	120	120	100

Centrální podtlakové větrání

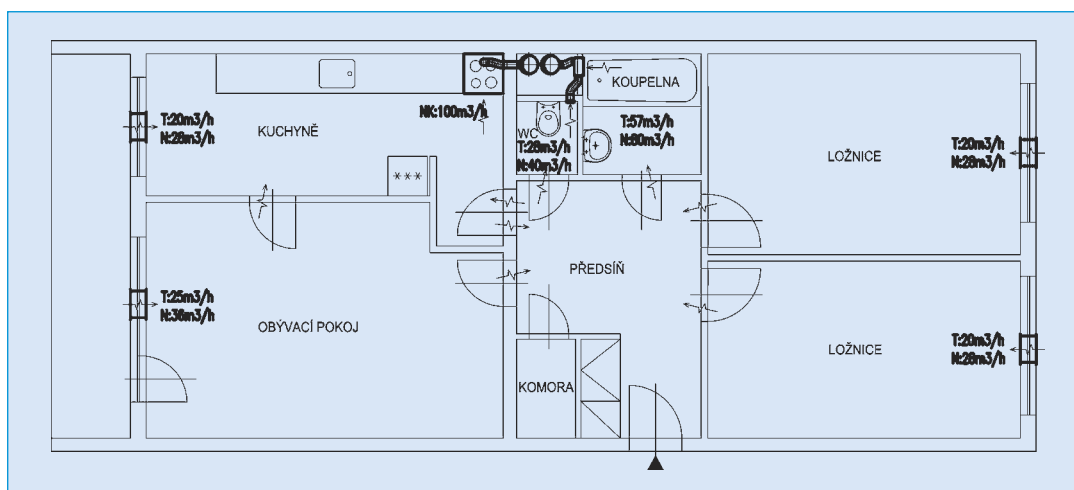
Dopravu vzduchu zajišťuje centrální ventilátor umístěný na podstavci na střeše objektu, který je opatřen tlumičem hluku. Tento ventilátor je dimenzován na průtok vzduchu při nárazovém větrání. Přívod vzduchu je realizován přes přívodní otvory umístěné v každé obytné místnosti v obvodové stěně bytu (viz 8.3.2). Odvod vzduchu je realizován přes 2 talířové ventily umístěné v hygienickém zázemí bytu, které jsou napojeny přes krátký potrubní rozvod z ohebné hadice na centrální vzduchovod umístěný ve stoupačce. Odvod vzduchu z kuchyně je řešen samostatně jako nárazový s odsávacím zákrytem nad plotýnkami vařičů. Odvodní vzduchovod je na střeše opatřen výfukovou hlavicí.

Obr. 71 – Schéma centrálního podtlakového větrání



Lokální podtlakové větrání

Dopravu vzduchu v tomto případě zajišťuje lokální odsávací ventilátor umístěný v hygienickém zázemí každého bytu. Tento ventilátor je navržen jako dvou otáčkový pro 2 režimy provozu (trvalé a nárazové větrání). Ventilátor je vybaven hrdlem pro napojení odvodu vzduchu z vedlejší místnosti. Odvod vzduchu z koupelny jde tedy přímo přes prvek ventilátoru, z WC je vzduch odsáván přes talířový ventil. Nad varnou plochou je opět instalován odsávací zákryt pro nárazové podtlakové větrání kuchyně s vlastním odvodním vzduchovodem.



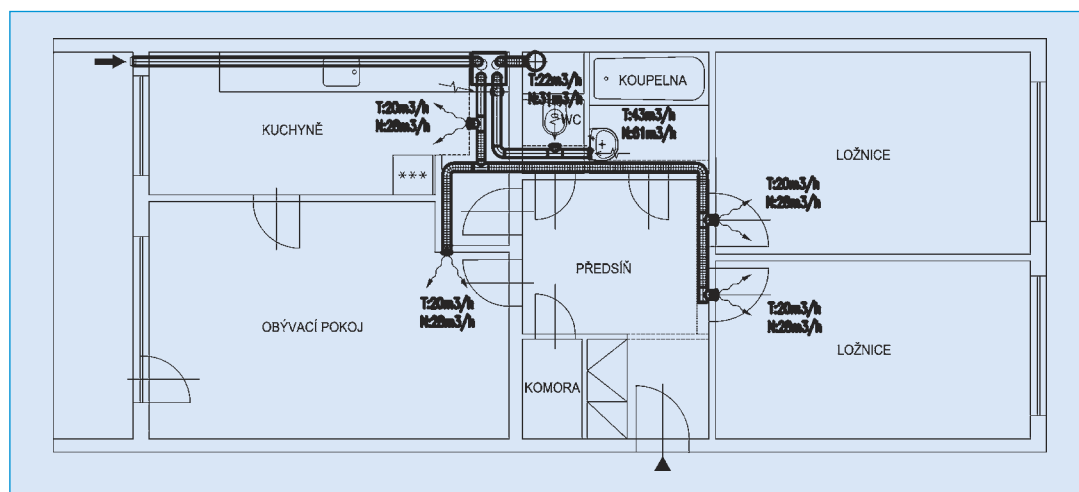
Obr. 72 – Schéma lokálního podtlakového větrání

8.4.2 Příklad návrhu rovnotlakého větrání bytu

Lokální rovnotlaké větrání se ZZT

V tomto případě zajišťuje větrání lokální větrací jednotka se zpětným získáváním tepla. Větrací jednotka je umístěna nad kuchyňskou linkou. Umístění jednotky je ilustrativní, obecně závisí na jejím provedení a prostorových možnostech. Větrací jednotky se často umísťují do podhledů, např. v chodbě nebo v hygienickém zázemí. Nesmí se však zapomenout na nutnost napojení výměníku ZZT na odvod kondenzátu. Sání vzduchu je realizováno z obvodové stěny objektu (lodžie), odvod vzduchu znehodnoceného je vyveden nad střešinu objektu. Distribuce vzduchu v prostoru je zajištěna tryskami s dalekým dosahem, odvod vzduchu je opět realizován talířovými ventily.

Obr. 73 – Schéma lokálního rovnotlakého větrání se ZZT



8.5 Provozní a investiční náklady

8.5.1 Investiční náklady

V následujících tabulkách jsou uvedeny orientační náklady pro následující řešení větrání v obytném domě:

- centrální podtlakové větrání,
- lokální podtlakové větrání,
- lokální rovnotlaké větrání se ZZT.

Kalkulace jsou realizovány pro 8patrový dům, resp. pro řešení větrání v 8 stejných bytech umístěných nad sebou a napojených na jedno stoupačí potrubí. Rozpočet předpokládá stavební připravenost objektu. V rozpočtu není zahrnuta doprava na místo montáže.

Tab. 35 – Náklady na pořízení větracího zařízení (pro 8 bytů)

a) Centrální podtlakové větrání

Položka	počet	mj.	Cena celkem
Centrální ventilátor	1	ks	34 371 Kč
Podstavec pod ventilátor	1	ks	6 706 Kč
Tlumič hluku	1	ks	4 575 Kč
Vzduchovod – stoupačky	48	m	18 695 Kč
Vzduchovod – tvarovky	24	ks	12 968 Kč
Ohebná hadice hliníková	24	m	1 952 Kč
Vzduchovod – napojení TV	24	m	3 595 Kč
Odvodní prvek – talířový ventil	16	ks	13 576 Kč
Přívodní prvek	32	ks	75 910 Kč
Odsávací digestoř, vč. zpětné klapky	8	ks	81 748 Kč
MaR + kabeláž + ovladače do bytů	1	kpl	49 220 Kč
Montážní materiál	1	kpl	10 700 Kč
Montáž	1		77 000 Kč
Celkem			391 016 Kč

b) Lokální podtlakové větrání

Položka	počet	mj.	Cena celkem
Lokální ventilátory	8	ks	55 075 Kč
Potrubní element	8	ks	2 525 Kč
Vzduchovod – stoupačka	48	m	18 695 Kč
Vzduchovod – tvarovky	16	ks	7 772 Kč
Ohebná hadice hliníková	8	m	651 Kč
Vzduchovod – napojení TV	10	m	1 091 Kč
Výdechová hlavice	2	ks	4 943 Kč
Odvodní prvek – talířový ventil	8	ks	1 044 Kč
Přívodní prvek	32	ks	75 910 Kč
Odsávací digestoř, vč. zpětné klapky	8	ks	81 748 Kč
Doběhy do bytů + kabeláž k vypínači	1	kpl	12 840 Kč
Montážní materiál	1	kpl	10 700 Kč
Montáž	1		64 000 Kč
Celkem			336 996 Kč

c) Lokální rovnotlaké větrání se ZZT

Položka	počet	mj.	Cena celkem
Rekuperační jednotka	8	ks	414 000 Kč
Vzduchovod	100	m	11 730 Kč
Ohebná hadice hliníková	24	m	1 952 Kč
Výdechová hlavice	1	ks	2 657 Kč
Odvodní prvek – talířový ventil	24	ks	13 414 Kč
Přívodní prvek – tryska	32	ks	58 880 Kč
Odsávací digestoř (cirkulační)	8	ks	87 860 Kč
Vzduchovod – tvarovky	72	ks	26 964 Kč
Montážní materiál	1	kpl	11 500 Kč
Montáž	1		103 000 Kč
Celkem			731 956 Kč

8.5.2 Provozní náklady za energie

Potřeba tepla pro ohřev venkovního vzduchu

V období, kdy je v provozu větrací zařízení a teplota venkovního vzduchu je nižší než požadovaná teplota vnitřního vzduchu (u obytných budov je to většinou otopná sezona), je potřebné větrací vzduch ohřívat. Stanovení potřeby tepla pro ohřev venkovního vzduchu při trvalém větrání je poměrně jednoduchou záležitostí, pro výpočet lze použít např. denostupňovou metodu. U nárazového větrání, které je více-méně nahodilé, je situace o poznání komplikovanější – do výpočtu vstupuje četnost, doba a denní čas spínání větracího zařízení. Jak bylo uvedeno v článku [7], potřeba energie pro nárazové větrání je prakticky zanedbatelná.

Denostupňová metoda je značně zjednodušená metoda výpočtu potřeby energie, kterou lze s výhodou použít pouze pro trvalé větrání, resp. nepřetržité větrání s konstantním průtokem vzduchu. V případě, že se průtok vzduchu během dne mění, je nutné použít přesnější metody výpočtu. Potřeba tepla pro ohřev venkovního vzduchu za rok se stanoví z rovnice:

$$Q_v = \dot{V} \rho c (t_i - t_{em}) \tau \quad [\text{kWh/rok}] \quad (1),$$

kde je

\dot{V} – průtok větracího vzduchu [m^3/s],

ρ – hustota vzduchu [kg/m^3],

c – měrná tepelná kapacita vzduchu $c = 1010$ [$\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$],

τ – počet provozních hodin chodu větrání za rok, resp. počet, kdy je v provozu otopná soustava [h] (platí pro případy, kdy tepelnou ztrátu větráním hradí otopná soustava),

t_{em} – průměrná teplota venkovního vzduchu během zkoumaného období [$^{\circ}\text{C}$],

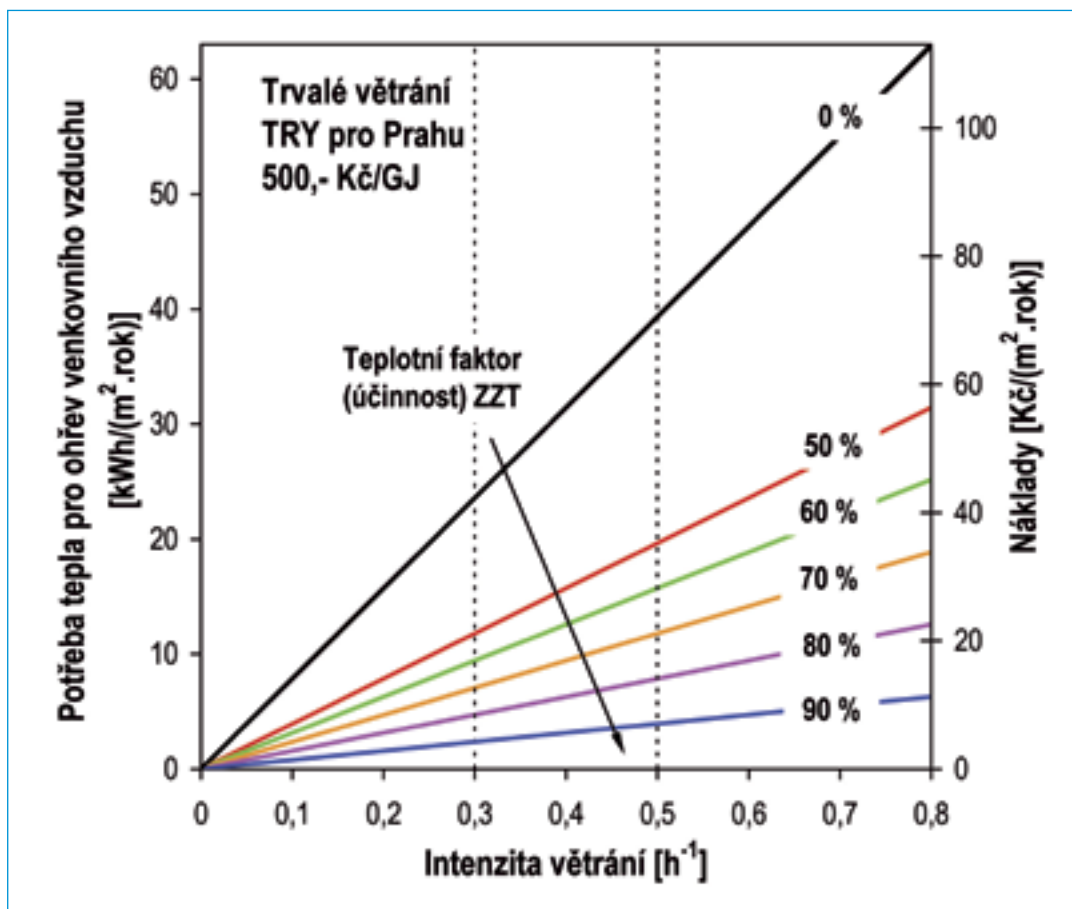
t_i – teplota vzduchu v místnosti [$^{\circ}\text{C}$].

V případě, že tepelnou ztrátu větráním hradí otopná soustava, je počet dnů roven počtu dnů otopného období. Pro trvalé větrání a otopné období trvající 240 dní platí:

$$\tau = 24 \cdot 240 = 5\,760 \text{ [h/rok]}$$

Na základě uvedeného výpočtu byl sestrojen graf na obr. 74. Průměrná teplota venkovního vzduchu v otopném období je $t_{em} = 4,41$ °C. Potřeba tepla pro ohřev venkovního vzduchu v kWh/(m².rok) vztažená na celkovou podlahovou plochu bytu při trvalém větrání je zde vynesena v závislosti na intenzitě větrání a teplotním faktoru (účinnosti) ZZT. Intenzita větrání byla při výpočtech vztažena k celkovému objemu bytu (světla výška místnosti je 2,6 m). Teplotní faktor ZZT = 0 % odpovídá situaci, kdy není větrací systém vybaven výměníkem zpětného získávání tepla (nucené podtlakové větrání). Na vedlejší ose y je pak možné odečíst náklady na ohřev větracího vzduchu při trvalém větrání v Kč/m² za rok při průměrné ceně za teplo 500 Kč/GJ. Reálně se cena tepla může pohybovat v poměrně širokém pásmu hodnot 300 až 700 Kč/GJ; výsledek je pak nutno jednoduše přepočítat. Výsledky nezohledňují volbu konkrétního zdroje tepla, nejedná se tedy o skutečnou spotřebu tepla, nýbrž potřebu.

Obr. 74 – Potřeba tepla pro ohřev venkovního vzduchu při trvalém větrání v závislosti na intenzitě větrání a teplotním faktoru (účinnosti) ZZT



Potřeba tepla na ohřev větracího vzduchu pro zkoumaný byt o ploše 74 m² (viz obr. 70) a oba navržené systémy větrání podtlakové i rovnotlaké je uvedena v Tab 36.

Tab. 36 – Orientační náklady na ohřev větracího vzduchu (1 byt o ploše 74 m²; 500 Kč/GJ)

Větrání	Teplotní faktor ZZT ϕ	Průměrná teplota vzduchu za výměníkem ZZT $t_{e2,m}$	Potřeba tepla na ohřev větracího vzduchu	Náklady na ohřev větracího vzduchu
	[%]	[°C]	[kWh/rok]	[Kč/rok]
Podtlakové	0	4,4	2 559	4 607
Rovnotlaké se ZZT	85	17,7	384	691

Potřeba energie pro pohon ventilátorů

Spotřeba energie pro pohon ventilátorů závisí na elektrickém příkonu, který je dán průtokem vzduchu, dopravním tlakem, účinností ventilátoru a účinností pohonu (elektromotoru). Ideálním podkladem pro stanovení spotřeby energie je příkonová charakteristika, tj. závislost příkonu na objemovém průtoku vzduchu. Cena elektrické energie závisí na vybrané sazbě. Prezentované kalkulace odpovídají běžné sazbě pro domácnosti společnosti ČEZ – Standard D02d. Dle ceníku společnosti činí cena elektrické energie cca **4,65 Kč/kWh** (vč. DPH). Výpočty zohledňují spotřebu energie ventilátorů během zkoumaného otopného období (240 dní).

Spotřeba elektrické energie pro pohon ventilátoru se stanoví z příkonu a doby jeho chodu:

$$Q_{vent} = P \cdot \tau = SFP \cdot \dot{V} \cdot \tau \quad [\text{Wh}] \quad (2),$$

kde je

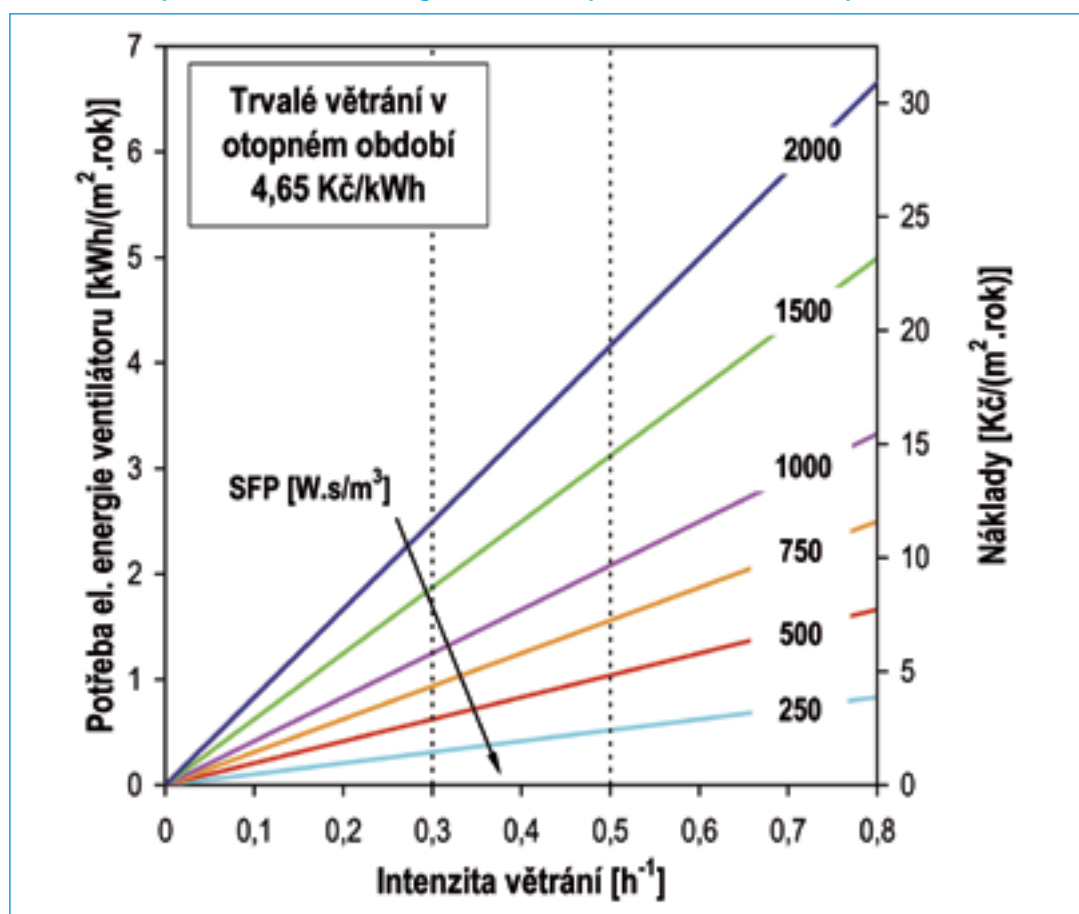
τ – doba chodu ventilátoru ve sledovaném období [h],

SFP – měrný příkon ventilátoru/jednotky [Ws/m^3].

Na obr. 75 je vynesena spotřeba elektrické energie ventilátoru v závislosti na intenzitě větrání a měrném příkonu ventilátoru SFP [Ws/m^3]. Obr. 75 znázorňuje spotřebu energie jednoho ventilátoru při trvalém větrání v otopném období. Z Obr. 75 je zřejmé, že s rostoucím parametrem SFP , tzn. s rostoucím celkovým dopravním tlakem a se snižující se účinností, spotřeba energie úměrně roste. Například měrný příkon lokálního ventilátoru pro trvalé podtlakové větrání, který pracuje s průtokem $85 \text{ m}^3/\text{h}$ a jehož elektrický příkon je 28 W , se stanoví jako:

$$SFP = \frac{P}{\dot{V}} = \frac{28}{85} \cdot 3600 = 1185 \quad [\text{W.s}/\text{m}^3] \quad (3)$$

Obr. 75 – Spotřeba elektrické energie ventilátoru pro trvalé větrání v otopném období



Tab. 37 – Orientační náklady na dopravu větracího vzduchu (1 byt o ploše 74 m²; 4,65 Kč/kWh)

Větrání	Příkon ventilátoru / jednotky P	Měrný příkon ventilátoru / jednotky SFP	Potřeba energie na pohon ventilátorů	Náklady na dopravu větracího vzduchu
	[W]	[Ws/m ³]	[kWh/rok]	[Kč/rok]
Podtlakové	28	1 191	161	750
Rovnotlaké se ZTZ	40	1 701	230	1 071

8.5.3 Náklady na údržbu a servis

Větrací jednotka a ventilátory obecně jsou strojní zařízení a obdobně jako jiné spotřebiče v domácnosti mají omezenou životnost, která je cca 10 – 15 let. Součástí systému, kde nejsou pohyblivé části (vzduchovody, výústky, rekuperační výměníky ZTZ, apod.) mají životnost 20 až 30 let.

Náklady na údržbu a servis se týkají zejména výměny filtrů, které se doporučuje měnit jednou za 3 měsíce. Většina výrobků má filtr konstruovaný tak, aby uživatel měnil pouze filtrační tkaninu a aby byl schopen tento úkon provést sám. Ve většině případů se tak nejedná o nijak nákladnou položku. U jednotek, kde je nutné měnit celý rámeček s filtrem, jsou náklady vyšší.

8.5.4 Vyplatí se větrat?

Je jisté, že větrání (ať už přirozené, nebo nucené) s sebou přináší provozní náklady (platby za energii, servis, údržbu). Často se lze setkat s názorem typu „nejvíc peněz ušetřím, když nevětrám“, což se může zdát v kontextu snižování spotřeby energie jako opodstatněné, z hlediska kvality vnitřního prostředí je však takový přístup nepochopitelný a nesprávný. Vyčíslení „návrátosti“ větrání je i z tohoto důvodu obtížné, často se totiž porovnávají neporovnatelné případy – stávající nevyhovující větrání a nový funkční systém. Větrání se vyplácí z dlouhodobého hlediska, neboť má prokazatelný vliv na lidské zdraví. Náklady na zdravotní péči, která vyplývá ze znehodnoceného ovzduší, jsou pro techniky těžko vyčíslitelné; a argumentace ve prospěch zdravého vnitřního prostředí je velmi obtížná.

Náklady na větrání typického bytu s podlahovou plochou 74 m² obývaného dvěma dospělými a dvěma dětmi rozpočítané do celého roku jsou (při uvažovaných cenách za teplo 500 Kč/GJ a elektrickou energii 4,65 Kč/kWh) pro podtlakové větrání 116 Kč/osobu.měsíc, resp. 41 Kč/osobu.měsíc pro rovnotlaké větrání se ZTZ. Je jisté, že výsledné náklady budou podstatně záviset i na daném zdroji tepla, provedení rozvodů tepla, apod. Zda jsou uvedené částky za vytvoření vyšší kvality vzduchu v obytném prostředí (a tím i kvality života) vysoké, je třeba nechat na názoru čtenáře / potenciálního uživatele.

Tab. 38 – Celkové provozní náklady (1 byt pro čtyřčlennou rodinu o ploše 74 m²)

Větrání	Ohřev větracího vzduchu	Doprava větracího vzduchu	Výměna filtrů	Celkem náklady za energii	Celkové náklady vztahované na osobu
	[Kč/rok]	[Kč/rok]	[Kč/rok]	[Kč/rok]	[Kč/měsíc na osobu]
Podtlakové	4607	750	200*	5557	116
Rovnotlaké se ZTZ	691	1071	200*	1962	41

* Předpokládá se výměna filtrační tkaniny 4x ročně.

8.6 Pokyny pro realizaci, převjímkku, provoz a údržbu větracího zařízení

Pokyny pro realizaci, převjímkku, provoz a údržbu větracího zařízení jsou zpracovány v dokumentu TPW 170 01 Koncept větrání [22].

8.6.1 Projektová dokumentace

Výchozím podkladem pro realizaci díla je ověřená projektová dokumentace zpracovaná v rozsahu a obsahu dokumentace pro provádění stavby podle přílohy č. 6 k vyhlášce č. 499/2006 Sb. [16] Z dokumentace musí být jednoznačné, jaké parametry jsou navrženým větracím zařízením garantovány.

8.6.2 Realizace

Předpokladem pro správný průběh realizace díla a jeho úspěšného předání a převzetí je řádně uzavřená smlouva o dílo mezi dodavatelem a odběratelem. Pro realizaci díla se doporučuje vybrat společnost s odpovídající kvalifikací v oboru vzduchotechnika. Při výběru dodavatele lze využít informace uvedené v § 54 (Profesní kvalifikační předpoklady) a v § 56 (Technické kvalifikační předpoklady) zákona č. 137/2006 Sb. [12]

Změny při výstavbě je vhodné projednávat s autorem projektu a mít jeho písemný souhlas s provedením změn. V případě změn musí být vždy zachován snadný přístup ke všem komponentům, které vyžadují seřizování, údržbu, kontrolu, revizi, atd. Přístup musí být umožněn i přes zakrývající stavební konstrukce, jakými jsou pevné podhledy a ostění, např. zabudováním a označením odnímatelných dílců nebo dveří. Veškeré realizované změny se zaznamenávají do dokumentace skutečného provedení stavby, rozsah a obsah této dokumentace je stanoven v příloze č. 7 vyhlášky č. 499/2006 Sb. [16]

8.6.3 Převjímkka dodaného díla

Zkoušky

Prověření způsobilosti vzduchotechnického zařízení se ověřuje:

1. zkouškou chodu, která ověřuje schopnost delšího provozu zařízení;
2. regulováním výkonových parametrů, kdy se seřizuje dopravované množství vzduchu v potrubních rozvodech a na distribučních elementech na hodnoty uvedené v projektu;
3. případně dalšími zkouškami pro ověření parametrů instalovaného zařízení (např. měřením hluku ve venkovním i vnitřním prostředí, měřením mikroklimatických parametrů ve větraných prostorech, měřením koncentrace škodlivin, měřením tlakových poměrů a dalšími zkouškami určenými projektem nebo dodavatelskou smlouvou).

Výsledky zkoušek se zapisují a vyhodnocují do protokolu. Součástí protokolu o provedených zkouškách je i schéma (případně dispozice) se zakreslenými místy, v nichž bylo provedeno měření nebo byly nabrány odběry.

Předání a převzetí díla

Podmínky předání a převzetí díla vychází z normy [21] a jsou uvedeny ve smlouvě o dílo v souladu s občanským zákoníkem. Součástí předání hotového díla profese vzduchotechnika je i předání dokumentace k tomuto dílu. Tuto dokumentaci tvoří následující položky (jsou-li relevantní):

- projekt skutečného provedení stavby,
- stavební deník,

- návody pro obsluhu a údržbu jednotlivých zařízení,
- protokol o zkoušce chodu a regulování vzduchotechnického zařízení, včetně vyhodnocení,
- výsledky dílčích a komplexních zkoušek (pokud byly dohodnuty), včetně jejich vyhodnocení,
- protokol o autorizovaném měření hluku ve vnitřním a venkovním chráněném prostoru, dle [12] stavby při provozu vzduchotechnického zařízení,
- kniha požárních klapek (protokol o vstupní revizi požárních klapek),
- revizní zprávy k zařízením, jejichž provedení to vyžaduje.

8.7 Provoz a údržba

Výchozím podkladem pro vypracování provozní dokumentace (řády, předpisy, směrnice) je dokumentace předaná zhotovitelem při převzetí díla. Další navazující dokumenty jsou: povinnosti pracovníků obsluhy a údržby, provozní deník, řešení havárií a požárů, plán údržby a obnovy, plán revizí a jejich evidence, atd.

Provozní řád představuje soubor pravidel pro provozování objektu a jeho technického zařízení. O vypracování provozního řádu rozhodne provozovatel podle rozsahu zařízení a podle náročnosti na jeho provoz a obsluhu, nebo je to povinností uloženou zákonem (například ve smyslu §100 zákona č. 258/2000 Sb. [13]).

Personál obsluhy musí prokázat znalost provozního řádu a navazujících dokumentů a je povinen tyto dokumenty při své práci respektovat. Pracovníci odpovědní za obsluhu a údržbu vzduchotechnického zařízení musí mít odbornou kvalifikaci odpovídající nárokům instalovaného technického zařízení.

Pravidelné servisní prohlídky obsahují zejména následující úkony:

- výměnu filtrů (podle znečištění, zpravidla 1x za 3 měsíce),
- kontrolu požárních klapek (minimálně 1x ročně),
- a další úkony uvedené v provozním řádu nebo v návodu k použití.

U malých větracích zařízení bytů vybavených nuceným větráním je nutné, aby se majitel / provozovatel podrobně seznámil s provozními pokyny předmětného zařízení.

8.8 Literatura

- [1] DRKAL, F., MAREŠ, L.: Riziko vzniku toxické koncentrace CO při provozu plynového spotřebiče s přerušovačem tahu. In: Vytápění, větrání, instalace, 2012, roč. 21, č. 3, s. 102 –105, ISSN: 1210-1389.
- [2] LAJČÍKOVÁ, A.: Vnitřní prostředí a zdraví. In: Vytápění, větrání, instalace, 2012, roč. 21, č. 5, s. 234 – 237, ISSN: 1210-1389.
- [3] LERL, Z.: Stanovení účinnosti ZZT. In: Vytápění, větrání, instalace, 2015, roč. 24, č. 3, s. 134 – 136, ISSN: 1210-1389.
- [4] MAREŠ, L.: Limity použití rotujících větracích hlavíc pro centrální větrání obytných domů. In: Sborník 19., Konference Klimatizace a větrání, 2010, Praha, Společnost pro techniku prostředí, 2010.
- [5] ZMRHAL, V.: Větrání rodinných a bytových domů, Praha, GRADA PUBLISHING, 2014, profi & hobby, ISBN 978-80-247-4573-2.

- [6] ZMRHAL, V., ŠTÁVOVÁ, P.: Bilance vlhkosti v obytných prostorech. In: Vytápění, větrání, instalace, 2011, roč. 20, č. 3, s. 104 – 106, ISSN: 1210-1389.
- [7] ZMRHAL, V., DUŠKA, M.: Potřeba energie pro větrání obytných budov. In: Vytápění, větrání, instalace, 2012, roč. 21, č. 1, s. 2 – 7, ISSN: 1210-1389.
- [8] ZMRHAL, V., DRKAL, F., MATHAUSEROVÁ, Z., ŠTÁVOVÁ, P.: Zpracování národní přílohy k ČSN EN 15665. Rozbor požadavků na větrání v obytných budovách. ČVUT v Praze, Fakulta strojní, 2010.
- [9] ZMRHAL, V., PETLACH, J.: Systémy větrání obytných budov. In: Nové požadavky na větrání obytných budov, Praha, STP 2011, 2011, s. 15 – 24, ISBN 978-80-02-02285-5.
- [10] MRÁZEK, K., HORÁKOVÁ, A., VAJSAR, J.: Nákladově optimální úrovně minimálních požadavků na energetickou náročnost budov, Arcadis, 2011.
- [11] MRÁZEK, K., MORÁVEK, P.: Analýza důsledků spojených se záměnou přirozeného větrání infiltrací za nucené (mechanické) větrání, STÚ-e, 2011.

Zákonné předpisy:

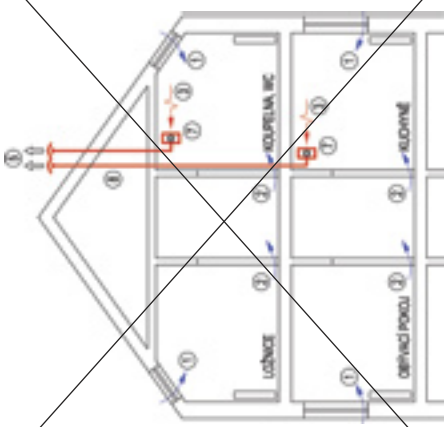
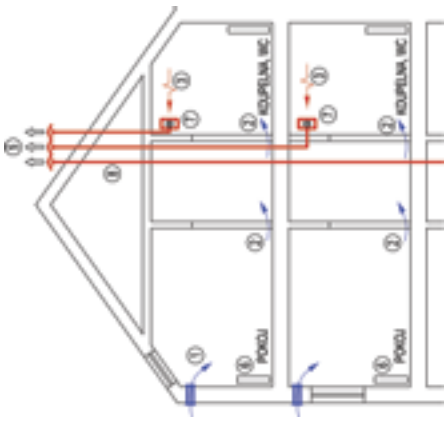
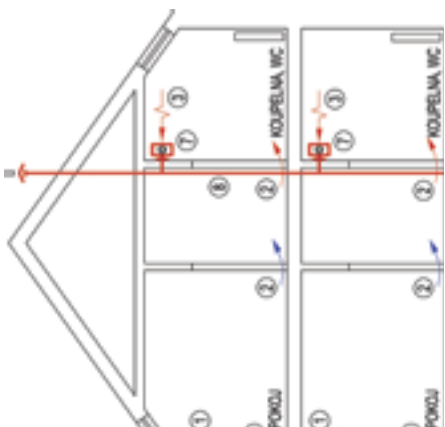
- [12] Zákon č. 137/2006 Sb., o veřejných zakázkách ve znění pozdějších předpisů.
- [13] Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů.
- [14] Nařízení č. 272/2011 Sb. Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. (Prováděcí předpis k zákonu č. 258/2000 Sb.)
- [15] Vyhláška č. 20/2012, kterou se mění vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby.
- [16] Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb, ve znění pozdějších předpisů. (Vyhláška č. 62/2013 Sb.)

Normy a doporučení:

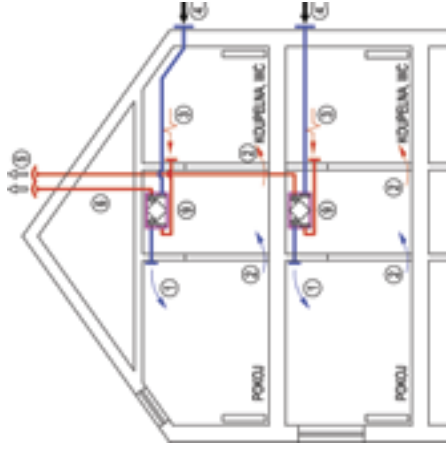
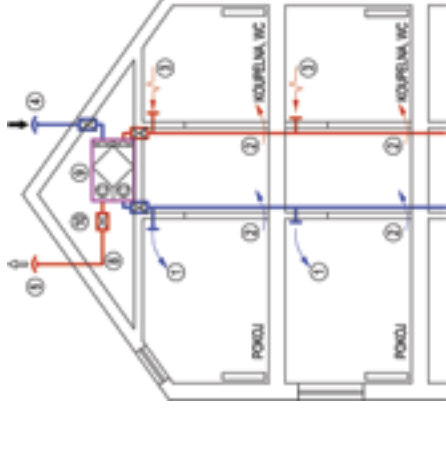
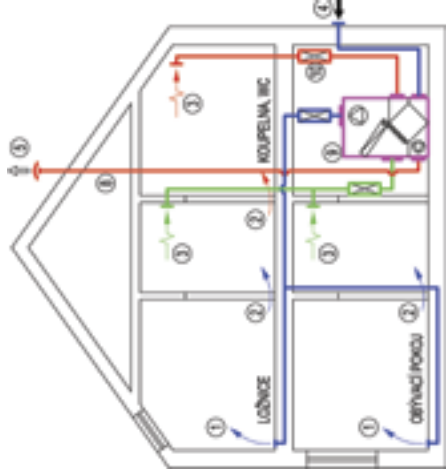
- [17] ČSN EN 15251: 2010 Vstupní parametry vnitřního prostředí pro návrh a posouzení energetické náročnosti budov s ohledem na kvalitu vnitřního vzduchu, teplotního prostředí, osvětlení a akustiky, UNMZ, 2010.
- [18] ČSN EN 15665/Z1: 2009. Větrání budov – Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov, ÚNMZ, 2011.
- [19] ČSN 73 4301: 2004 – Obytné budovy, Český normalizační institut, Praha, 2004.
- [20] ČSN 74 7110:1987 – Bytová jádra.
- [21] ČSN EN 12599: Větrání budov – Zkušební postupy a měřicí metody pro přejímky instalovaných větracích a klimatizačních systémů.
- [22] TPW 170 01: Koncept větrání, Česká komora lehkých obvodových plášťů, 2017.

8.8.1. Příklady větracích systémů obytných budov podle [22]

Číslo	A.1	A.2	A.3
Větrání	Přirozené větrání		
Popis	Infiltrace a mikroventilace	Větrací okenní štěrbiný	Provětrávání otevíratelnými okny
Schéma			
Legenda			
	1 přiváděný vzduch 2 převáděný vzduch 3 odváděný vzduch 4 nasávaný vzduch 5 odpadní vzduch 6 větrací otvor		
Charakteristika	Přirozené větrání netěsnostmi oken. Nová okna se vyznačují minimálním průtočným průřezem funkčních spár.	Obdoba A1. Na horizontální štěrbině nevznikne potřebný tlakový rozdíl vlivem rozdílné hustoty vzduchu, uplatňuje se tak zejména působení větru. Nejedná se o řízený přívod vzduchu.	Přirozené větrání závislé na rozdílu teploty vnitřního a venkovního vzduchu a na působení větru. Funkce větrání závisí plně na lidském faktoru. Nejedná se o řízený přívod vzduchu. Nezajišťí trvalé větrání ani rovnoměrné provětrání prostor. V chladném období riziko tepelného diskomfortu v blízkosti oken.
Energie	Tepelná ztráta větráním musí být zcela hrazena otopnou soustavou. Nelze použít ZZT. Nekontrolovatelný přívod vzduchu. Bez nároku na energii pro pohon ventilátorů.	Tepelná ztráta větráním musí být zcela hrazena otopnou soustavou. Nelze použít ZZT. Nekontrolovatelný přívod vzduchu. Bez nároku na energii pro pohon ventilátorů.	Tepelná ztráta větráním musí být zcela hrazena otopnou soustavou. Nelze použít ZZT. Bez nároku na energii pro pohon ventilátorů.
Ovládání	-	Ruční: otevřeno / zavřeno (pokud je umožněno)	Ruční: otevřeno / zavřeno.
Použití	Pro větrání obytných prostor se obecně nedoporučuje, nelze splnit požadavky na větrání.	Pro větrání obytných prostor se obecně nedoporučuje, nelze splnit požadavky na větrání.	Pouze tam, kde není riziko výrazného znečištění venkovního vzduchu, případně hluková zátěž. Pro větrání se obecně nedoporučuje, neboť nelze zajistit trvalé větrání. Pripouští se tehdy, je-li uživatel obeznamen se skutečností, že větrání závisí na jeho chování.

Číslo	A.4	A.5	A.6
Větrání	Nucené podtlakové větrání		
Popis	Přívod vzduchu netěsnostmi v obálce budovy	Přívod vzduchu větracími otvory se samostatným odvodem vzduchu	Přívod vzduchu větracími otvory a lokálním odvodem vzduchu ventilátory do společného vzduchovodu
Schéma			
Legenda	<p>1 přiváděný vzduch 2 převáděný vzduch 3 odváděný vzduch 4 nasávaný vzduch 5 odpadní vzduch 6 větrací otvor 7 ventilátor 8 vzduchovod</p>		
Charakteristika	Nucené podtlakové větrání s přísáváním vzduchu netěsnostmi v obálce budovy.	Nucené podtlakové větrání s přísáváním vzduchu přes větrací otvory / štěrbiny v obálce budovy. Přívod vzduchu do obytných místností, odvod vzduchu z místností se zdrojem znečišťujících látek (kuchyně, koupelny, WC). Každý byt je napojen na samostatný odvodní vzduchovod.	Nucené podtlakové větrání s přísáváním vzduchu přes větrací otvory / štěrbiny v obálce budovy. Přívod vzduchu do obytných místností, odvod vzduchu z místností se zdrojem znečišťujících látek (kuchyně, koupelny, WC). Byty jsou napojeny na společný odvodní vzduchovod přes automaticky ovládanou těsnou klapku. Riziko proudění odváděného vzduchu do jiných bytů vlivem netěsností. Návrh musí prokázat spolehlivou funkci při různých provozních stavech.
Energie	-	Tepelná ztráta větráním musí být zcela hrazena otopnou soustavou. Nelze použít ZZT. Nároky na energii pro pohon ventilátoru.	Tepelná ztráta větráním musí být zcela hrazena otopnou soustavou. Nelze použít ZZT. Nároky na energii pro pohon ventilátoru.
Ovládání	-	Regulace průtoku ventilátoru na základě čidla CO ₂ nebo vlhkosti.	Regulace průtoku ventilátoru na základě čidla CO ₂ nebo vlhkosti.
Použití	Pro větrání nelze použít. Při současných požadavcích na výplně otvorů a těsnost obálky budovy nelze zajistit náhradu odváděného vzduchu.	Pouze tam, kde není riziko výrazného znečištění venkovního vzduchu. Pro eliminaci hlukové zátěže musí větrací otvor disponovat patřičným útlumem.	Pouze tam, kde není riziko výrazného znečištění venkovního vzduchu. Pro eliminaci hlukové zátěže musí větrací otvor disponovat patřičným útlumem.

Číslo	A.7	A.8	A.9
Větrání	Nucené podtlakové větrání	Rotační (samočinné) větrací hlavice	Celkové nucené větrání (rovnotlaké)
Popis	Přívod vzduchu větracími otvory s centrálním odvodem vzduchu ventilátorem	Přívod vzduchu netěsnostmi v obálce budovy, nebo větracími otvory	Lokální větrací jednotky
Schéma			
Legenda	1 přiváděný vzduch 2 převáděný vzduch 3 odváděný vzduch 4 nasávaný vzduch 5 odpadní vzduch 6 větrací otvor 7 ventilátor 8 vzduchovod 9 VZT j. se ZZT 10 tlumič hluku 11 rotační hlavice 12 účinek větru		
Charakteristika	Nucené podtlakové větrání s přisáváním vzduchu přes větrací otvory / štěrbinu v obálce budovy. Přívod vzduchu do obytných místností, odvod vzduchu z místností se zdrojem znečišťujících látek (kuchyně, koupelny, WC). Byty jsou napojeny na společný odvodní vzduchovod.	Rotační hlavice nedisponují potřebným dopravním tlakem.	Přívod a odvod vzduchu větrací jednotkou se ZZT umístěnou v parapetu. Zpravidla je nutno použít větší počet jednotek prostupujících obvodovým pláštěm. Nezajistí celkové (rovnoměrné) provětrání prostorů. Bez možnosti odvodu kondenzátu (stéká po fasádě). Omezená možnost filtrace vzduchu. Jednotky emitují hluk.
Energie	Tepelná ztráta větráním musí být zcela hrazena otopnou soustavou. Nelze použít ZZT. Nároky na energii pro pohon ventilátoru. Spotřebu ventilátoru nutno rozpočítat mezi bytové jednotky.	-	Tepelná ztráta větráním je zčásti hrazena ZZT; zčásti musí být hrazena otopnou soustavou. Potřeba energie na pohon ventilátorů pro přívod a odvod vzduchu.
Ovládání	Možnost trvalého větrání. Odbočky možno vybavit regulátory průtoku vzduchu pro individuální regulaci.	-	Provoz dle stanoveného časového plánu. Regulace průtoku automaticky podle čidla CO ₂ .
Použití	Pouze tam, kde není riziko výrazného znečištění venkovního vzduchu, případně hluková zátěž. Vhodné pro vícepodlažní objekty.	Pro větrání obytných budov se nedoporučují.	Bez omezení z hlediska kvality venkovního vzduchu, rizikové je pouze znečištění venkovního ovzduší plynnými látkami.

Číslo	A.10	A.11	A.12
Větrání	Celkové nucené větrání (rovnotlaké)	Centrální jednotka se ZZT pro obytnou budovu	Teplovzdušné větrání a vytápění
Popis	Centrální bytové jednotky se ZZT	Centrální jednotka se ZZT pro obytnou budovu	Centrální jednotka pro rodinný dům se ZZT
Schéma			
Legenda			
	1 přiváděný vzduch 2 převáděný vzduch 3 odváděný vzduch 4 nasávaný vzduch 5 odpadní vzduch 6 větrací otvor 7 ventilátor 8 vzduchovod 9 VZT j. se ZZT 10 tlumič hluku		
Charakteristika	Větrání zajišťují lokální větrací jednotky se ZZT v každém bytě. Nutná údržba a výměna filtrů.	Větrání zajišťuje centrální větrací jednotka se ZZT. Jednotky emitují hluk, nutno řešit protihluková opatření. Nutná údržba a výměna filtrů.	Větrání a vytápění zajišťuje větrací jednotka se ZZT a ohřivačem vzduchu. Využití oběhového vzduchu. Nutná údržba a výměna filtrů.
Energie	Tepelná ztráta větráním je z podstatné části hrazena ZZT, menší část hradí otopná soustava, nebo může být jednotka vybavena ohřivačem. Potřeba energie na pohon ventilátorů pro přívod a odvod vzduchu.	Tepelná ztráta větráním je z podstatné části hrazena ZZT, menší část hradí otopná soustava, nebo může být jednotka vybavena ohřivačem. Potřeba energie na pohon ventilátorů pro přívod a odvod vzduchu. Spotřebu jednotky nutno rozpočítat mezi bytové jednotky.	Tepelná ztráta větráním je z podstatné části hrazena ZZT, vzduch je dohříván na teplotu potřebnou pro úhradu tepelné ztráty. Potřeba energie na pohon ventilátorů pro přívod a odvod vzduchu. Vyšší spotřeba přívodního ventilátoru.
Ovládání	Možnost trvalého větrání s individuálním nastavením. Regulace průtoku venkovního vzduchu podle čidla CO ₂ v referenční místnosti.	Možnost trvalého větrání. Odbočky možno vybavit regulátory průtoku vzduchu pro individuální regulaci.	Provoz dle stanoveného časového plánu. Regulace teploty přiváděného vzduchu podle teploty vnitřního vzduchu. Automatické střídání režimů podle ročního období a využití domu. Průtok venkovního vzduchu regulován podle čidla CO ₂ .
Použití	Bez omezení z hlediska kvality venkovního vzduchu, rizikové je pouze znečištění venkovního ovzduší plynnými látkami.	Bez omezení z hlediska kvality venkovního vzduchu, rizikové je pouze znečištění venkovního ovzduší plynnými látkami.	Bez omezení z hlediska kvality venkovního vzduchu, rizikové je pouze znečištění venkovního ovzduší plynnými látkami. Vhodné pro budovy bez výrazné akumulací hmoty.

9 OSVĚTLENÍ

9.1. Úvod

Cílem návrhu osvětlení je vytvoření vhodných světelných podmínek pro danou zrakovou činnost; v případě osvětlení společných prostor domu je to bezpečný pohyb a orientace osob v prostoru. Proto, aby bylo možné stanovit, jaké světelné podmínky jsou pro konkrétní zrakovou činnost dostatečné, byla uskutečněna řada odborných i vědeckých studií a experimentů. Na základě statistických vyhodnocení jejich výsledků byly pro jednotlivé zrakové činnosti stanoveny hodnoty světelně technických parametrů, které se pak staly součástí národních i mezinárodních norem. Důležitou skutečností je, že současné světelně technické parametry obsažené v normách a doporučeních nejsou hodnotami optimálními, ale jsou kompromisem mezi ekonomickými možnostmi společnosti a optimálními zrakovými podmínkami [1].

9.2 Co očekáváme od osvětlení společných prostor chodeb?

- Dostatek světla, které zajistí bezpečný průchod.
- Nízké náklady na elektřinu.
- Dlouhou životnost, která minimalizuje náklady na výměnu světla.
- Odolnost vůči častému spínání.
- Možnost propojení s pohybovým čidlem.

Osvětlení vstupního prostoru bytového domu nebo chodby musí především naplnit požadavky bezpečnostní, dostatečnou osvětlenost pro stoupání do schodů nebo osvětlení různých tmavých koutů, třeba u výtahu. Předpokladem úspěchu je pochopitelně vhodný výběr osvětlovacího tělesa.

9.3 Volba osvětlovací soustavy

Energetickou náročnost osvětlovací soustavy ovlivňuje její typ a charakter. Hlavní osvětlení vycházející z fyziologických požadavků uživatelů lze realizovat osvětlovací soustavou:

- celkového osvětlení – představuje největší energetickou náročnost,
- odstupňovaného osvětlení,
- kombinovaného osvětlení – představuje nejmenší energetickou náročnost.

9.4 Vliv technických prostředků

- světelné zdroje – posuzuje se měrný výkon světelných zdrojů η [$\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$],
- předřadné přístroje a zařízení – bere se v úvahu jejich ztrátový příkon P_z [W],

- svítidla – posuzuje se jejich účinnost η_{sv} [%] a charakter vyzařování (křivky svítivosti). Při hodnocení energetické náročnosti technických prostředků je nevhodnější posuzovat kompletní svítidla, tj. hodnotit měrný výkon svítidla dříve označovaný LER [$lm \cdot W^{-1}$], pro který se nyní zavedlo nové označení ℓ a který je roven poměru výstupního světelného toku svítidla a elektrického příkonu svítidla.
- celé osvětlovací soustavy – lze je též hodnotit měrným výkonem [$lm \cdot W^{-1}$], tj. poměrem světelného toku vyzařovaného všemi svítidly soustavy (lm) a jejich celkového elektrického příkonu (W),
- řídicí systémy – do energetické bilance je třeba zahrnout i spotřebu ovládacích a řídicích systémů.

Tab. 39: Porovnání světelné účinnosti různých světelných zdrojů

Zdroj	Měrný světelný tok	Životnost	Orientační cena
	[lm/W]	[h]	[Kč]
Svíčka čajová	0,2	3	1
Žárovka 40 W	10	1 000	10
Žárovka 75 W	13	1 000	10
Žárovka 1000 W	19	1 000	100
Žárovka „retro“ 40 až 60 W	3 až 5	1 000	500
Halogenová žárovka 53 W, 230 V	16	1 000	50
Halogenová žárovka 50 W, 12 V	19	2 000	20
Kompaktní zářivka 10 až 20 W	40 až 60	6 000	100
LED 10 W	60 až 90	25 000	200
LED 20 W	60 až 90	25 000	400
LED „svíčka“ 2,5 W	20	25 000	400

9.5 Kontrola dimenzování osvětlovacích soustav

V projektu je nutno světelné toky použitých světelných zdrojů, a tudíž i navržených svítidel z řady důvodů zvýšit. Nejčastější důvody tohoto předdimenzování jsou:

- pokles osvětlenosti v průběhu provozu a nutnost dodržet projektovanou hodnotu udržované osvětlenosti i na konci udržovacího období,
- volba nejbližšího vyššího výkonového stupně použitého zařízení,
- v prostorech, v nichž se požaduje flexibilní dispoziční uspořádání, se musí návrh osvětlení provést pro nejnepříznivější situaci.

Řešením je použití stmívatelných svítidel připojených na řídicí systém osvětlení.

9.6 Využití denního světla

Dobře navržené denní osvětlení prostoru umožňuje zkrátit dobu provozu soustavy umělého osvětlení. Úspory může přinášet kontrola úrovně denního osvětlení prostřednictvím světelných čidel řídicího systému. Osvětlovací soustava je pak ovládána podle potřeby buďto skokově nebo plynule (v závislosti na použitém typu světelných zdrojů a možnostech řídicího systému). Toto řešení je pochopitelně jak technicky, tak finančně náročnější.

9.7 Kontrola přítomnosti osob

V prostorech, které nejsou využívány nepřetržitě po celou pracovní dobu, lze umístit pohybová čidla, která zapínají a vypínají svítidla, popřípadě jen omezují jejich příkon.

9.8 Zavedení časových režimů

Osvětlovací soustavy plní svoji hlavní funkci zpravidla po určité části dne. Instalované časové ovládací prvky mohou jednoduchým způsobem zapínat či vypínat osvětlovací soustavu, popřípadě mohou tvořit součást řídicího systému s přednastavenými světelnými scénami.

9.9 Typy osvětlení vhodných pro chodbu bytového domu

Pro společné prostory v bytových domech jsou vhodná především tzv. přisazená stropní svítidla, kterým se říká také stropnice. Jejich výhodou je, že jsou přisazeny co nejvíce ke stropu, proto mají malou hloubku a chodbu efektivně osvětlí z co největší výšky.

LED žárovky

Dnes je možné na trhu sehnat celou řadu různých LED osvětlení, která byla vyvinuta pro krátkodobé svícení na chodbě. Poskytují tedy okamžitý výkon, jsou odolné vůči častému spínání a mají dlouhou životnost. Podívejme se podrobněji na některé z nich.

PIR Pohybové čidlo vestavné

Toto pohybové čidlo registruje pohyb na základě tepelného záření, které vyzařuje lidské tělo. Konstruované je pro všechny světelné zdroje, a to včetně LED osvětlení. Infračervené čidlo má dosah do 20 metrů. Na rozdíl od běžných čidel dokáže zachytit i velmi nepatrný pohyb (například sedící osoby).

LED nástěnné svítidlo 12 W s pohybovým PIR čidlem

Nástěnné svítidlo o výkonu 12 W je vybavené pohybovým PIR čidlem a bylo stvořeno pro využívání v bytových nebo panelových domech. Využívá se především na chodbách (přednastavený interval rozsvícení je zhruba 35 vteřin). Čidlo začíná spínat při okolní hladině světla 10 luxů, což je při běžném provozu dostačující. Životnost je asi 35 tisíc hodin; a co je důležité, nezkracuje se častým spínáním.

LED nouzové svítidlo 9 W s pohybovým čidlem

Výhodou tohoto LED nouzového svítidla s výkonem 9 W je, že jeho mikrovláknové pohybové čidlo zachytí pohyb i přes lehké stavební materiály do vzdálenosti 9 metrů. Je vybaveno lithiovou baterií, která dokáže po výpadku proudu svítit až 120 minut. Využívá se především pro osvětlení chodeb a schodišť v bytových domech, školách nebo nemocnicích.

LED svítidlo s pohybovým čidlem 18 W

Výkonné svítidlo s pohybovým PIR senzorem se rozsvítí při zaznamenání pohybu ve vzdálenosti až 9 metrů. Výhodou je možnost nastavení doby svícení od velmi krátké doby (8 vteřin) až na 12 minut. Svítidlo začíná spínat v případě, kdy světlo v prostoru klesne pod požadovanou úroveň, která je nastavitelná (od 2 do 2 000 luxů).

LED žárovka o výkonu 6 W, závit E27

V neposlední řadě je důležité vybrat žárovku pro instalované svítidlo. Protože klasické „edisonky“ byly postupně staženy z trhu, vybírat lze z úsporných osvětlení. LED žárovka o výkonu 6 W nahradí klasickou žárovku s výkonem 60 W. Patice (závit) E27 pasuje do většiny svítidel, neboť je stejná jako u klasické vláknové žárovky. Výhodou této LED žárovky je, že ihned svítí na plný výkon, barva

světla je teple bílá, proto ji lze využít také na chodbách nebo ve společných prostorech bytových domů.

9.10 Závěr

Na závěr je třeba zdůraznit, že v souladu s platnými předpisy a normami je úkolem osvětlení zajistit v daném prostoru co nejlepší podmínky jak pro práci uživatelů, tak pro dosažení zrakové pohody a celkové bezpečnosti. Proto požadavky na nižší energetickou náročnost osvětlení nelze v žádném případě nadřazovat nad požadavky světelně technické. Nicméně je vždy třeba dbát na to, aby dodržení vyžadovaných světelně-technických ukazatelů bylo dosaženo energeticky co nejúčinnějším způsobem.

9.11 Zdroje

<http://elektro.tzb-info.cz/osvetleni/10162-energeticka-narocnost-osvetlovacich-soustav>

<http://www.bydletvpanelu.cz/interier/led-osvetleni-spolecnych-prostor-cim-se-vyplati-svitit-na-chodbe-v-panelaku.html>

<http://elektro.tzb-info.cz/osvetleni/12254-energeticka-narocnost-a-uspory-u-osvetlovacich-soustav>

10

ENERGETICKÝ MANAGEMENT

Princip energetického managementu spočívá v systematickém a dlouhodobém provádění investičně nenáročného souboru opatření s cílem postupného dosahování významných úspor energie, potažmo úspor provozních nákladů a také zlepšení organizace práce.

10.1 Základní přínosy energetického managementu

Ize rozdělit do těchto oblastí:

- Snížení spotřeby energie v rámci správy budovy / budov.
- Snížení či stabilizace výdajů za energie.
- Ostatní přínosy, mezi něž patří zvýšení hodnoty majetku, pozitivní dopady na životní prostředí, zlepšení zdravotního stavu, apod.

Samotná provedení investičních opatření pro snížení energetické náročnosti, jimiž jsou zateplení, výměna oken, výměna zdroje tepla, apod., ještě nezaručují dlouhodobě udržitelné a nejvyšší možné, resp. požadované nebo optimální snížení spotřeby energie.

Teprve ve spojení s opatřeními, jakými jsou regulace otopné soustavy, přizpůsobení technologických zařízení provozu novému stavu budov a průběžným řízením spotřeby energie podle aktuálního využití budov, je možné tento optimální stav zajistit.

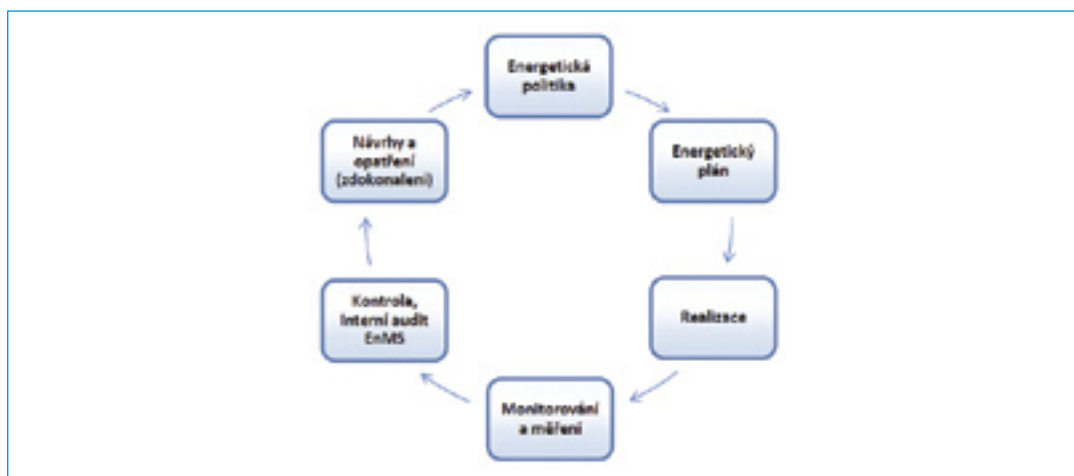
V praxi existují ověřené postupy a příklady (viz kapitola Požadavky na vybavení otopné soustavy pro zavedení EM), z nichž vyplývá, že díky systematickému energetickému managementu dochází v dlouhodobém horizontu ke snižování energetické náročnosti, a to jak u budov stávajících, renovovaných, tak i u novostaveb. Pomocí energetického managementu dochází také ke snížení spotřeby energie pod úroveň deklarovanou v energetickém auditu či energetickém posudku, a tím i k výraznému zlepšení efektivnosti, resp. ekonomické návratnosti daných opatření.

Vlivem systematického energetického managementu je možné při komplexním masivnějším zateplení budovy, včetně výměny otvorových výplní, dosáhnout **úspor energie** na vytápění **ve výši až 85 %** a **návratnosti** vložených prostředků (při podpoře z dotačních titulů) **10 – 15 let**. Jedná se až o dvojnásobek efektu oproti stavu, kdy je provedeno standardní zateplení bez optimalizace projektu, ohlídání prováděcích prací až do uvedení do provozu, vyregulování otopné soustavy, nastavení a udržování správného provozního režimu s přizpůsobením provozním změnám, což jsou právě činnosti energetického manažera.

Energetický management má značné nefinanční přínosy, které by se měly při rozhodování o projektech brát v potaz, kromě výše uvedeného zlepšení zdravotního stavu se jedná i o zvýšení hodnoty majetku (kdy posunem daného objektu do lepší energetické třídy má objekt vyšší hodnotu), pozitivní dopady na životní prostředí (kdy např. instalací solárních termických panelů na objektu či jeho zateplením, snižují spotřebu energie, a tím potřebu pokrytí daných energií z neobnovitel-

ných, životní prostředí poškozujících zdrojů); v neposlední řadě je významný i edukativní efekt, kdy dobře fungující bytový dům, který jde příkladem v systematickém energetickém managementu, motivuje další sousední objekty v systematickosti, energeticky vědomé rekonstrukci systémů TZB, řízení MaR, využití OZE a dalších energeticky úsporných opatřeních.

Obr. 76 – Zjednodušené schéma postupu EM v souladu s normou ISO 5001



(zdroj: Příručka pro energetické manažery – Porsenna, 2016)

10.2 Měření, monitoring, práce s daty

Měření spotřeby a monitorování klíčových parametrů je základním předpokladem pro úspěšné provádění energetického managementu. Cílem měření spotřeby je poskytnutí komplexní sady korektních a objektivních dat v požadované podrobnosti. Měření klíčových veličin poskytuje nezbytné informace pro následnou realizaci činností EM.

Monitoring je soubor činností sledujících předmět energetického managementu a jeho výsledkem mohou být jak číselné údaje, tak slovní záznamy a hodnocení.

Monitoring zahrnuje sledování:

- spotřeby energie, vody a souvisejících nákladů,
- ostatních ukazatelů energetické náročnosti,
- parametrů budov (energeticky vztažná plocha, počet aktivních uživatelů, apod.),
- parametrů měřidel (identifikace OM, aktuální stav),
- provozu a provozních změn budov (změny užívání budovy, rozvrhy výuky, úprava pracovní doby, velikosti užitných ploch, apod.),
- realizovaných opatření (zateplení, výměny oken, rekonstrukce a opatření ovlivňující spotřeby energie),
- dalších zvolených ukazatelů.

Měření je součástí monitoringu a rozumí se jím sledování ukazatelů spotřeby energie – výsledkem měření jsou vždy číselné hodnoty. Monitoring, ba dokonce pouhé měření spotřeby energie je často zaměňován s energetickým managementem. Rozdíl může objasnit mimo jiné i norma ISO 50001, která jasně a jednoduše celý proces definuje. Monitoring spotřeby je významná a nezbytná součást energetického managementu a základ pro další procesy EM.

Zdroj: EM pro veřejnou správu, 2016 – Příručka pro EM, Porsenna, 2016.

10.3 Požadavky na vybavení otopné soustavy pro zavedení energetického manažerství

Energetické manažerství je opatření spočívající v pravidelné registraci a vyhodnocování parametrů určujících spotřebu energie. Po vyhodnocení a porovnání skutečného režimu s projektovaným se vyhodnotí příčiny diference ve spotřebě energie a provede se údržba k docílení požadovaného stavu.

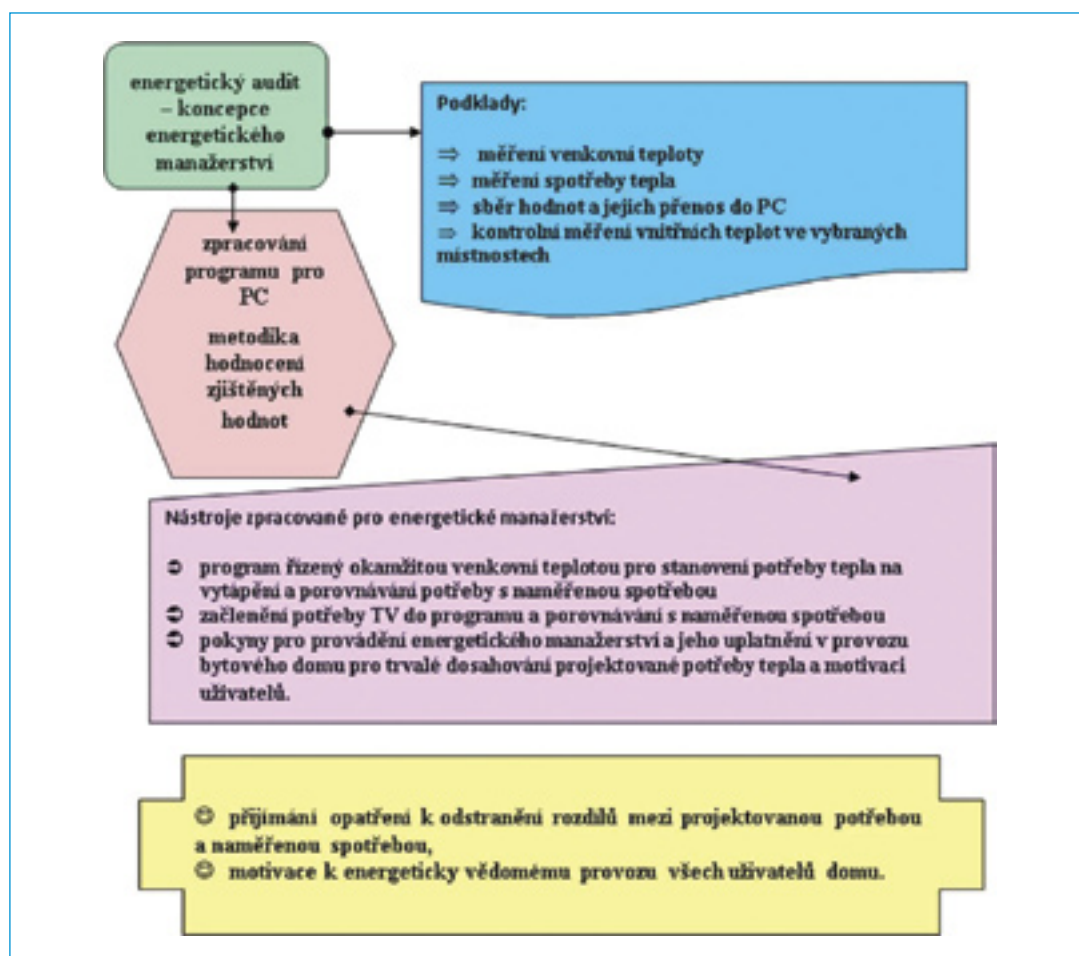
Manažerská činnost je zaměřena na trvalé udržení stabilizovaného provozního stavu a dosažení projektovaných úspor po dobu životnosti funkčních dílů a budovy. Energetický manažer musí trvale ovlivňovat uživatele a vést ho k energeticky vědomému jednání.

Schéma energetického manažerství pro bytové domy, které bylo ověřeno v brněnských panelových domů, je na obrázku 10. Úspěšný provoz trval asi 3 roky a byl ukončen vlastníky z důvodů regulace nájemného, které neumožňovalo zhodnotit v nájmu náklady na jeho zavedení a přínosy pro uživatele.

Provede se:

- instalace měřičů tepla s dálkovým přenosem pro vytápění a přípravu TV do PC. Výstupem budou spotřeby tepla, množství a teploty.
- instalace čidla snímajícího venkovní teplotu / počasí,
- úprava programu pro porovnání a vyhodnocování projektované potřeby a skutečné spotřeby tepla.

Obr. 77 – Schéma energetického manažerství v bytovém domě





Největší portál o stavebnictví v ČR

návštěvnost 800 000 / měsíc

články / výpočty / videa / normy / zákony / rozhovory / aktuální komentáře / ceny paliv a energií

Pořadatel odborných akcí:

konference Požární bezpečnost staveb, Bezpečnost budov, školení pro facility manažery s certifikátem, jednodenní školení pro facility management, workshopy kamerové systémy, právní poradna ke stavebnímu zákonu a další akce
Sledujte na www.tzb-info.cz.

Provozovatel jediného nezávislého porovnávače cen elektřiny a plynu včetně srovnání dodavatelů na českém trhu –
Kalkulátor energií TZB-info – <http://kalkulator.tzb-info.cz/>.