


Zpracoval: Ondřej Lubor Horák	Vedoucí bakalářské práce Ing. Miroslav Urban, Ph.D.	Školní rok: 2016/2017	Fakulta stavební ČVUT 	
Bakalářská práce – Katedra technických zařízení budov			Datum:	14. 5. 2017
Název: Vytápění a větrání nízkoenergetického rodinného domu			Meřitko:	X
Název PD: Technické výpočty – Vytápění			Číslo PD:	H1

1. Výpočet potřeby TUV a objemu zásobníku

Potřeba teplé vody

Dle normy ČSN 06 0320 je uvažovaná potřeba TV 0,082 m³/osoba-den

$V_{zp} = 0,082 \text{ m}^3/\text{osoba-den}$
 $n = 5 \text{ osob}$
 $V = 0,41 \text{ m}^3$

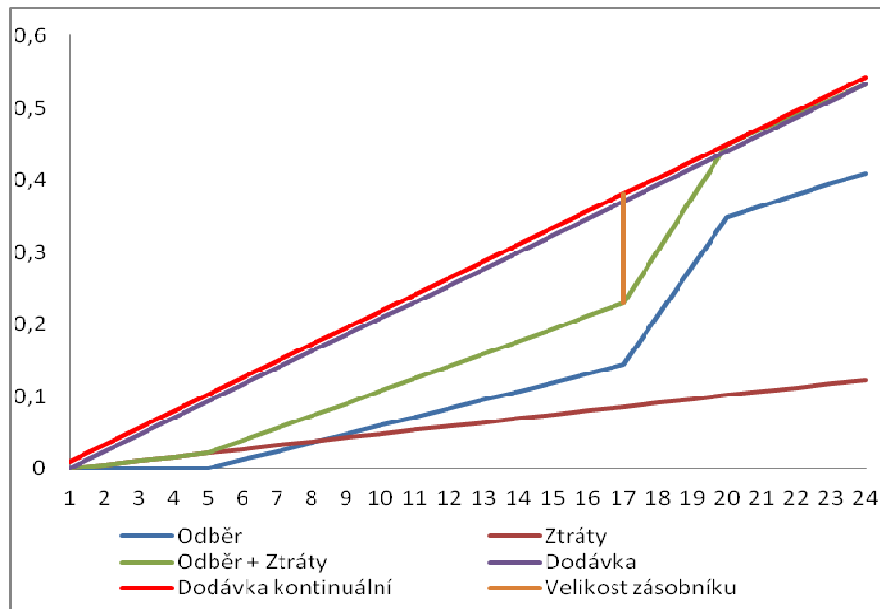
Časové rozdělení potřeby TV

5h-17h	17h - 20h	20h - 24h
35%	50%	15%
0,1435	0,205	0,0615

Předpokládaná ztráta 30%

$z = 0,3$

Graf spotřeby TUV



Výpočet potřeby zásoby TV

Objem = 151,52 l

Výpočet příkonu pro ohřev TV

$T_s = 10 \text{ }^\circ\text{C}$
 $T_t = 55 \text{ }^\circ\text{C}$
 $C_{wh} = 1,163 \text{ Wh/kg}\cdot\text{K}$

Potřeba energie denní

$E = c \cdot m \cdot (T_t - T_s)$
 $E = 27,89 \text{ kWh}$

Příkon ohřivače

$P = E / 24\text{h}$
 $P = 1,16 \text{ kW}$

Pro zadaný objekt je předpoklad předehřevu TUV skrze výměník v akumulační nádrži, nicméně při možné poruše či velkém vytížení soustavy při otopném období bude navržen zásobník s dohřevem na TUV na maximální hodnoty. Pro zadaný objekt bude také předpokládána možná větší spotřeba TUV při návětvích.

Návrh kombinovaný ohřivač a zásobník vody s výměníkem pro předehřev (svislá montáž) OKC 200, max. příkon 4kW

Očekávaná účinnost 98%

Výkon: 3,9 kW > 1,16 kW OK VYHOVUJE
Objem: 200 l > 151,5 l OK VYHOVUJE

Navržený kombinovaný ohřivač a zásobník VYHOVUJE

2. Výpočet potřeby tepla pro ohřev bazénu

Požadovaná teplota bazénu 24 °C

	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září
Prům. teplota [°C]	14,8	18,2	19,7	19,1	15,2
Počet dnů	153				
Průměrná denní teplota [°C]	17,4				
Teplotní gradient	6,6				

Tepečná ztráta přestupem z vodní hladiny

$$Q_h = \alpha_{\text{celk}} * S * (t_w - t_v)$$

$\alpha_s =$	5,00 W/m ² .K	Sálání
$\alpha_k =$	12,00 W/m ² .K	Konvence
$\alpha_v =$	46,82 W/m ² .K	Vypařování
$\alpha_{\text{ost}} =$	1,91 W/m ² .K	Vedení stěnami cca 3%
$\alpha_{\text{celk}} =$	65,74 W/m ² .K	Celková ztráta
S=	31,50 m ²	Plocha vodní hladiny
$t_w =$	24,00 °C	Teplota vody
$t_v =$	17,40 °C	Průměrná teplota vzduchu

$$Q_h = 13661,50 \text{ W}$$

Tepečné zisky pohlcením slunečního záření

$$Q_z = H * N_a * S$$

H=	334 W/m ²	Tepečný tok zářením
$N_a =$	0,85	Součinitel odrazu
$Q_z =$	8943 W	

Bilance potřeby tepla ve dne (bazén v provozu) - tčas = 10 h

$$Q_{\text{den}} = (Q_h - Q_z) * t_{\text{čas}}$$

$$Q_{\text{den}} = 47,18 \text{ kWh}$$

Bilance potřeby bazén zakryt, mimo provoz - t = 14 h

$$Q_{\text{den}} = (Q_h - \alpha_v * S * (t_w - t_v)) * (14)$$

$$Q_{\text{zakryto}} = 55,03 \text{ kWh}$$

Denní bilance

$$Q_{\text{celkem}} = 102,2 \text{ kWh}$$

Součinitel provozu bazénu (dovolená, nemoc, špatné počasí atd.)

$$Q_{\text{final}} = Q_{\text{celkem}} * \phi$$

$$\phi = 0,75$$

$$Q_{\text{final}} = 76,7 \text{ kWh / den}$$

Roční spotřeba tepla pro ohřev bazénu

$$Q_{\text{bazén, rok}} = 153 \text{ dní} * Q_{\text{final}}$$

$$Q_{\text{bazén, rok}} = 11728,89 \text{ kWh / rok}$$

Maximální požadovaný výkon ohřivače

Maximální výkon volen tak, aby byl schopen ohřivač hřát bazén kontinuálně při nejnižší teplotě v koupacím období $T_e = 13,7 \text{ °C}$ na minimální teplotu vody 22 °C.

$$Q_{\text{bazén}} = 9,53 \text{ kW}$$

Výsledný požadovaný výkon bude zahrnut do požadavků na zdroj tepla. Bazén bude dohříván pomocí hlavního tepelného zdroje v objektu skrze bazénový výměník. V případě potřeby může být bazénový výměník doplněn dohřívací elektrickou patronou.

3. Tepelné ztráty a návrhy výkonů

3.1 Obecné požadavky

Detailní výpočet tepelných ztrát po místnostech viz. PD část H0 - Tepelné ztráty po místnostech

Souhrnná tabulka tepelných ztrát po místnostech

1.NP				
Označení místnosti	Popis	Teplota místnosti	Plocha [m ²]	Tepelná ztráta [W]
1.01	Vstupní chodba	20	14,88	489
1.02	Šatna	20	6,29	31
1.03	WC	20	2,33	84
1.04	Technická místnost	15	16,42	86
1.05	WC	20	1,77	109
1.06	Jídelna	20	31,98	513
1.07	Domácí práce	20	3,76	101
1.08	Kuchyň	20	16,84	333
1.09	Chodba před schodištěm	20	2,45	183
1.10	Chodba	20	3,22	75
1.11	Obývací pokoj	20	48,81	841
1.12	Pracovna	20	20,89	491
1.13	Technická místnost	20	7,08	35
1.14	Umývárna	20	2,07	47
1.15	WC	20	1,91	46
1.16	Zahradní nábytek	20	17,27	386
1.22	Sklad	20	1,38	57

Tab. 1a Tepelné ztráty prostupem a větráním

2.NP				
Označení místnosti	Popis	Teplota místnosti	Plocha [m ²]	Tepelná ztráta [W]
2.01	Schodiště do 2.NP	20	5,3	114
2.02a	Chodba Levá	20	18,28	653
2.02b	Chodba pravá	20	18,28	653
2.02c	Podesta	20	1,56	58
2.03	Ložnice - Host	20	26,89	301
2.04	Šatna - Host	20	5,02	8
2.05	Koupelna a WC - Host	24	6,34	349
2.07a	Ložnice - Majitel	20	14,86	313
2.07b	Šatna - Majitel	20	11,7	55
2.08	WC - Majitel	24	2	
2.09	Koupelna a Sauna - Majitel	24	10,26	554
2.11	Ložnice - Děti 1	20	26,89	298
2.12	Šatna - Děti 1	20	6,01	27
2.13	Koupelna a WC - Děti 1	24	6,34	365
2.15	Ložnice - Děti 2	20	27,07	465
2.16	Šatna - Děti 2	20	4,93	7
2.17	Koupelna a WC - Děti 2	24	6,22	358

Tab. 1b Tepelné ztráty prostupem a větráním

Celková tepelná ztráta objektu*: **8485 W** = **8,485 kW**

* Celková tepelná ztráta neobsahuje celkovou ztrátu větráním. Z hlediska nuceného větrání s rekuperací se o ztrátu tepla větráním stará VZT zařízení 1 a 2. Detailní výpočet tepelné ztráty větráním viz PD část VZT. Nicméně přiváděný vzduch je ohříván na teplotu 20 °C, což je pro teplotu koupelen málo. V místnostech koupelen je tedy počítána i tepelná ztráta větráním pro teplotní gradient 4 °C a příslušný objem větraného vzduchu.

Souhrn maximálních požadovaných výkonů

Popis	Označení	Požadovaný výkon	Mj
Ohřev vzduchu	Q _p	0,74 kW	
Příprava TUV	Q _{tuv}	1,2 kW	
Vytápění	Q _H	8,485 kW	
Ohřev bazénu	Q _{Bazén}	9,5 kW	

Viz. Část VZT (2x0,37kW)

Viz. 1

Viz. Tab 1a a 1b

Viz. 2

Tab. 2 - Souhrn maximálních požadovaných výkonů

Výpočet dimenze hlavního zdroje tepla

- Zimní období

$$Q_{\text{total,zima}} = Q_p + Q_{\text{tuv}} + Q_H$$

$$Q_{\text{total,zima}} = 10,425 \text{ kW}$$

- Letní období

$$Q_{\text{total,léto}} = Q_{\text{tuv}} + Q_{\text{bazén}}$$

$$Q_{\text{total,léto}} = 10,7 \text{ kW}$$

Pro zvolenou budovu bude počítán s maximálním výkonem zdroje tepla 10,7 kW

3.2 Návrh tepelného čerpadla a bivalentního zdroje

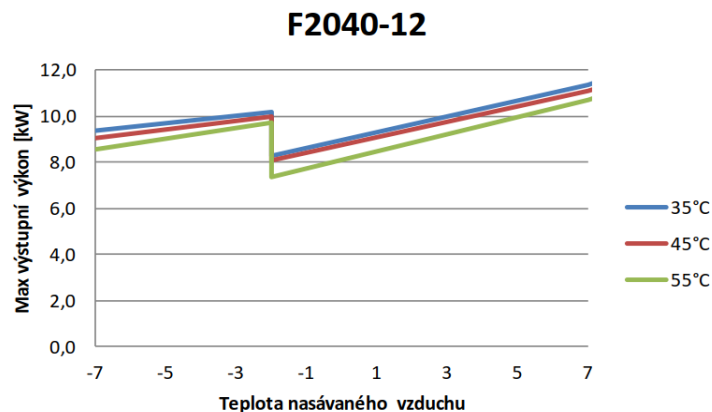
Předpokládaný výkon tepelného čerpadla by měl být přibližně 80 % maximálních tepelných ztrát.

$$Q_{\text{čerpadlo}} = 10,7 \cdot 0,8 = \mathbf{8,56 \text{ kW}}$$

Předpokládaný výstup tepelného média 45°C

Návrh tepelné čerpadlo NIBE F2040-12

Graf výstupních výkonů tepelného čerpadla v závislosti na venkovní teplotě



Tepelné čerpadlo NIBE F2040-12 bude schopno pokrýt cca 90 % - 95 % ročních tepelných ztrát při průměrném tepelném faktoru 3 a **VYHOVUJE**

3.3 Návrh bivalentního zdroje, akumulční nádrže a expanzní nádoby

Jako bivalentní dohřev bude navržena multifunkční akumulční nádrž s dohřevem. Návrh NIBE VVM 500

Parametry multifunkční akumulční nádrže NIBE VVM 500

Různé

Různé		
Vnitřní modul		
Objem, trubkový výměník	litry	17
Celkový objem, vnitřní modul	litry	470
Objem vyrovnávací nádoby	litry	50
Vypínací tlak, trubkový výměník	MPa (bar)	1,0 (10 bar)
Max. přípustný tlak ve vnitřním modulu	MPa (bar)	0,3 (3 bar)

3x400 V		
Maximální výkon tepelného čerpadla NIBE F2025 s verzí programu 51 nebo vyšší ¹⁾	kW	14
Maximální výkon tepelného čerpadla NIBE F2026 s verzí programu 51 nebo vyšší ¹⁾	kW	10
Maximální výkon tepelného čerpadla NIBE F2300 ¹⁾	kW	14
Maximální výkon tepelného čerpadla NIBE F2040 ¹⁾	kW	12
Dodatečný výkon	kW	12

Maximální požadovaný výkon pro bivalentní zdroj $Q_h = 10,7 \text{ kW} < 12 \text{ kW}$ OK VYHOVUJE

Velikost akumulční nádrže cca 40l / 1 kW zdroje $V_{\text{aku}} = 480 \text{ l} \approx 470 \text{ l}$ OK VYHOVUJE

Navržená akumulční nádoba s dohřevem NIBE VVM 500 VYHOVUJE VE VŠECH BODECH

Výpočet velikosti expanzní nádoby

$$V_{ex} = 1,3 \cdot V \cdot n \cdot (P_{h \max} + P_b) / (P_{h \max} + P_b - P_{d,A})$$

Popis	Mj	Míra	Počet l na MJ	Objem [l]
Podlahové vytápění	bm	1200	0,227	272,238
Radiátor	ks	6	30	180
Konvektor	bm	13,6	1,2	16,32
Přípojky	bm	200	1,256	251,2
Akumulační nádoba	ks	1	470	470
Přípojka bazén	bm	70	1,256	87,92
Okruh zařízení TČ	bm	80	1,256	100,48
Ostatní	kpl	1	50	50
CELKEM V				1428 l

n (součinitel zvětšení objemu)	=	0,01413
P _{h max.}	=	300 kPa
P _b	=	100 kPa
P _{d,A} = h · ρ · G = 5,5m · 10	=	55 kPa

$$V_{ex} = 1,3 \cdot V \cdot n \cdot (P_{h \max} + P_b) / (P_{h \max} + P_b - P_{d,A})$$

V_{ex} = 30,4 l

Výsledný vypočtený objem je třeba přenásobit součinitelem bezpečnosti 1,25

V_{ex,final} = 1,25 * V_{ex} = 38,02 l

Minimální velikost expanzní nádoby V_{ex,final} = 37,53

Návrh expanzní nádoba 50l > 37,53l

Navržená expanzní nádoba 50l VYHOVUJE

4. Výpočet otopných ploch

Přirazení potřebných topných výkonů otopné ploše:

1.NP					2.NP						
Označení místnosti	Popis	Teplota místnosti	Plocha [m ²]	Teplotná ztráta [W]	Otopná plocha	Označení místnosti	Popis	Teplota místnosti	Plocha [m ²]	Teplotná ztráta [W]	Otopná plocha
1.01	Vstupní chodba	20	14,88	489	Okruh 1	2.01	Schodiště do 2.NP	20	5,3	114	Okruh 7 a 8
1.02	Šatna	20	6,29	31	Přípojky	2.02a	Chodba Levá	20	18,28	653	Okruh 7
1.03	WC	20	2,33	84	Okruh 1	2.02b	Chodba pravá	20	18,28	653	Okruh 8
1.04	Technická místnost	15	16,42	86	Zařízení TM	2.02c	Podesta	20	1,56	58	Okruh 7 a 8
1.05	WC	20	1,77	109	Okruh 2	2.03	Ložnice - Host	20	26,89	301	Konvektor
1.06	Jídlna	20	31,98	513	Okruh 3	2.04	Šatna - Host	20	5,02	8	Přípojky
1.07	Domácí práce	20	3,76	101	Přípojky O2 a O3	2.05	Koupelna a WC - Host	24	6,34	349	Okruh 9 + Radiátor
1.08	Kuchyň	20	16,84	333	Okruh 2	2.07a	Ložnice - Majitel	20	14,86	313	Konvektor
1.09	Chodba před schodištěm	20	2,45	183	Okruh 5	2.07b	Šatna - Majitel	20	11,7	55	Přípojky
1.10	Chodba	20	3,22	75	Okruh 2	2.08	WC - Majitel	24	2		Součástí m. 2.09
1.11	Obyvací pokoj	20	48,81	841	Okruh 4 a 5	2.09	Koupelna a Sauna - Majitel	24	10,26	554	Okruh 10 + Radiátor
1.12	Pracovna	20	20,89	491	Okruh 6	2.11	Ložnice - Děti 1	20	26,89	298	Konvektor
1.13	Technická místnost	20	7,08	35	Přípojky	2.12	Šatna - Děti 1	20	6,01	27	Přípojky
1.14	Umývárna	20	2,07	47	Okruh 4	2.13	Koupelna a WC - Děti 1	24	6,34	365	Okruh 11 + Radiátor
1.15	WC	20	1,91	46	Okruh 4	2.15	Ložnice - Děti 2	20	27,07	465	Konvektor
1.16	Zahradní nábytek	20	17,27	386	Radiátor	2.16	Šatna - Děti 2	20	4,93	7	Přípojky
1.22	Sklad	20	1,38	57	Zařízení Skladu	2.17	Koupelna a WC - Děti 2	24	6,22	358	Okruh 12 + radiátor

4.1 Podlahové topení (směšovaný okruh o teplotním spádu 33 °C / 28 °C)

Pro další výpočet bude uvažováno se systémem plošného vytápění RAUTHERM S 17x2.0 mm na systémové desce Varionova

Pro výpočet tepelného odporu byli uvažovány všechny vrstvy nad podlahovým topením

Odpor tepla podlahové krytiny R_{BR} :

Typ podlahy

Dubové lamely $R = 0,132 \text{ [m}^2 \cdot \text{K/W]}$

Slinutá dlažba $R = 0,0437 \text{ [m}^2 \cdot \text{K/W]}$

Střední teplota otopné vody

$$t_m = (33+28) / 2 = 30,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

Dle nanogramu výkonů podlahového vytápění firmy REHAU byla sestavená následující tabulka parametrů pro systém RAUTHERM S 17x2.0 mm

Okruh	Mínimální požadovaný výkon okruhu [W]	Odpor vrstvy nad trubící [m ² ·K/W]	Skutečná plocha otopného hada [m ²]	Rozteč [m]	Teplota podlahy [°C]	Výkon na m ² [W/m ²]	Celkový výkon [W]	Délka okruhu [m]	Teplotní spád [°C / °C]	Průtok [l/min]	Max rychlost [m/s]
Okruh 1	573	0,0437	11,5	0,10	24,6	52,0	598,0	115,0	33 / 28	1,72	0,13
Okruh 2	567	0,0437	14,5	0,25	24,2	42,0	610,3	58,1	33 / 28	1,76	0,13
Okruh 3	564	0,132	29,2	0,30	22,8	24,5	715,4	97,3	33 / 28	2,06	0,15
Okruh 4	513	0,132	22,6	0,30	22,8	24,5	553,7	75,3	33 / 28	1,59	0,12
Okruh 5	604	0,132	26,2	0,30	22,8	24,5	641,9	87,3	33 / 28	1,85	0,14
Okruh 6	491	0,132	20,0	0,30	23,0	25,1	502,0	66,7	33 / 28	1,45	0,11
Okruh 7	739	0,132	18,6	0,10	24,1	41,0	762,6	186,0	33 / 28	2,20	0,16
Okruh 8	739	0,132	18,6	0,10	24,1	41,0	762,6	186,0	33 / 28	2,20	0,16
Okruh 9	349	0,0437	5,7	0,10	27,1	30,3	172,7	57,0	33 / 28	0,50	0,04
Okruh 10	554	0,0437	8,2	0,10	27,1	30,3	248,5	82,0	33 / 28	0,72	0,05
Okruh 11	365	0,0437	5,7	0,10	27,1	30,3	172,7	57,0	33 / 28	0,50	0,04
Okruh 12	358	0,0437	5,7	0,10	27,1	30,3	172,7	57,0	33 / 28	0,50	0,04
Výkon podlahového topení celkem							5913,1 W				

Tabulka 3 - Parametry podlahového vytápění

Okruhy 9, 10, 11 a 12 jsou intalovány z důvodu komfortu. Příslušná vytápěná místnost bude doplněna trubkovými otopnými tělesy tak, aby byla pokryta tepelná ztráta místnosti.

Veškeré navržené hodnoty splňují normové požadavky a bude vypracována výkresová dokumentace provedení podlahového vytápění. Navržené teploty, rozteče potrubí a výkony VYHOVUJÍ

4.2 Otopná tělesa (topný okruh o teplotním spádu 45 °C / 35 °C)

Střední teplota otopné vody

$$t_m = (45+35) / 2 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

Místnost	Mínimální požadovaný výkon [W]	Výrobek	Teplotní spád [°C / °C]	Celkový výkon [W]
1.16	386	Radik 10 VK v:700, d:2000mm	45 / 35	412
2.05	176,3	Koralux Linear Comfort v:1200mm, d: 750mm	45 / 35	184
2.09	305,5	2x Koralux Linear Comfort v:1500mm, d: 500mm	45 / 35	316
2.13	192,4	Koralux Linear Comfort v:1500, d:750	45 / 35	228
2.17	185,3	Koralux Linear Comfort v:1500, d:750	45 / 35	228
Výkon otopných ploch celkem				1368 W

Tabulka 4 - Parametry otopných ploch

Veškeré navržené hodnoty splňují normové požadavky a bude vypracována výkresová dokumentace provedení . Navržené teploty a výkony VYHOVUJÍ

4.3 Konvektory (topný okruh o teplotním spádu 45 °C / 35°C

Střední teplota otopné vody

$$t_m = (45+35) / 2 = 40 \text{ °C}$$

<u>Místnosti</u>	<u>Minimální požadovaný výkon [W]</u>	<u>Výrobek</u>	<u>Teplotní spád [°C / °C]</u>	<u>Celkový výkon [W]</u>
2.03	301	3x KORAFLEX FK š:280mm, h:190mm, d:1000mm	45 / 35	342
2.07a	313,0	3x KORAFLEX FK š:280mm, h:190mm, d:1000mm	45 / 35	342
2.11	298,0	3x KORAFLEX FK š:280mm, h:190mm, d:1000mm	45 / 35	342
2.15	465,0	2x KORAFLEX FK š:280mm, h:190mm, d:1800mm	45 / 35	486
Výkon konvektorů celkem				1512 W

Tabulka 5 - Parametry konvektorů

Veškeré navržené hodnoty splňují normové požadavky a bude vypracována výkresová dokumentace provedení . Navržené teploty a výkony VYHOVUJÍ

4.3 Křížová kontrola

Z důvodu eliminace možné chyby bude provedena následující křížová kontrola; kontrola nemá normový charakter. Podstatou kontroly je součet veškerých maximálních výkonů otopných ploch a porovnání s celkovou okrajovou tepelnou ztrátou objektu. Pro ekonomicky výhodný návrh by výsledný maximální výkon otopných těles neměl překročit maximální ztráty objektu o více jak 10 % .

Celkový maximální výkon otopných ploch	8793,1 W
Celková maximální ztráta objektu	8485,0 W
Pokrytí maximálních tepelných ztrát	103,6 %

Výsledný navržený výkon splňuje ekonomicky výhodný návrh

5. Hydraulika

Z důvodu komplexnosti otopného systému není hydraulický výpočet a výpočet regulace otopné soustavy součástí bakalářské práce. Pro vypočtené prvky otopné soustavy by bylo nejpříjemnějším řešením použití specializovaného programu pro výpočet tlakových ztrát a regulace.

Pro úplnost projektové dokumentace budou použity předpokládané průřezy potrubních prvků a referenční prvky armatur otopné soustavy. Tyto hodnoty nejsou dimenzovány výpočtem, pouze odborným odhadem.

Veškeré prvky otopné soustavy jsou dle odborného odhadu možné zaregulovat a navrhnout ekvivalentní čerpadla pro nucený oběh topného systému

6. Zamyšlení

Vypočtené tepelné výkony otopných těles jsou dimenzovány tak, aby jejich maximální výkon nepřekročil tepelné ztráty o více než 10 %. Z tohoto důvodu se dá předpokládat regulace pomocí termostatu v referenční místnosti a vypočtené ekvitemní křivce.

Při návrhu otopného systému je předpokládáno výpočtového chování zadaných konstrukcí a dispozic, nicméně při realizaci dochází k odchylkám a změnám oproti projektové dokumentaci a nepodchycené tepelné mosty mají také svůj význam. Tyto změny a rozdílné chování konstrukce oproti výpočtovému modelu mohou mít dopad na chování otopné soustavy. Díky poměrně malým tepelným odporům delicích příček a nucené cirkulace vzduchu VZT zařízením se však možné odchylky od modelu poměrně rychle vyrovnají a navžená otopná soustava bude stále plnit požadované hygienické limity.