



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
ENERGY INSTITUTE

# NÁVRH OTOPNÉ SOUSTAVY S TEPELNÝM ČERPADLEM VZDUCH-VODA V KOMBINACI S BIVALENTNÍM ZDROJEM

DESIGN OF A SPACE HEATING SYSTEM WITH AN AIR-WATER HEAT PUMP AND BIVALENT  
HEAT SOURCE

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Bc. LUKÁŠ SKOČÍK

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

doc. Ing. JAROSLAV KATOLICKÝ, Ph.D.

BRNO 2015



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2014/2015

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

student(ka): Bc. Lukáš Skočík

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Technika prostředí (2301T024)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

**Návrh otopné soustavy s tepelným čerpadlem vzduch-voda v kombinaci s bivalentním zdrojem**

v anglickém jazyce:

**Design of a space heating system with an air-water heat pump and bivalent heat source**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem diplomové práce je návrh otopné soustavy a ohřevu TV pro rodinný dům a následně stanovení optimálního výkonu TČ v zapojení s bivalentním zdrojem tepla.

Cíle diplomové práce:

Cílem diplomové práce je návrh otopné soustavy včetně ohřevu teplé vody pro rodinný dům. Práce bude obsahovat výpočet tepelných ztrát, návrh a výpočet otopné soustavy, návrh zapojení a výkresovou dokumentaci.

Seznam odborné literatury:

BROŽ,K.: Vytápění, Skripta ČVUT 1998

BAŠTA, KABELÉ: Otopné soustavy, Sešit projektanta 1, SPT 1998

BAŠTA:Výkresové dokumentace ve vytápění, Sešit projektanta č. 2, SPT 1999

ŠÍMA: Příprava teplé užitkové vody, Sešit projektanta 3, SPT 1999

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

V Brně, dne 28.4.2015

L.S.

---

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.  
Ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
Děkan fakulty

## ABSTRAKT

Práce řeší kompletní rekonstrukci otopné soustavy, tj. včetně zdroje tepla, rozvodů a otopných těles, rodinného domu s vyššími tepelnými ztrátami. Jako zdroj tepla je zvoleno tepelné čerpadlo vzduch-voda. S ohledem na minimální stavební zásahy je soustava navržena s deskovými otopnými tělesy. Je proveden výpočet potřebného výkonu pro ohřev teplé vody a výběr tepelného čerpadla vhodné výkonové řady v kombinaci s akumulací nádrží s vestavěným zásobníkem teplé vody. Stanoví se bod bivalence, záložním zdrojem jsou elektrická topná tělesa instalovaná do akumulací nádrže. Přiložena je výkresová dokumentace a schémata zapojení s bezpečnostními prvky. Na závěr je proveden výpočet odhadované návratnosti.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Tepelné ztráty, vytápění, ohřev teplé vody, návrh otopné soustavy, tepelné čerpadlo vzduch-voda, bivalentní zdroj, desková otopná tělesa, akumulací nádrž, návratnost.

## ABSTRACT

The thesis is engaged in complete reconstruction of a heat system of a family house with higher heat loss, i.e. heat source, piping and radiators. As a heat source is chosen air-water heat pump. Heat system is designed with panel radiators with regard to minimum building interventions. A required power for hot water heating is calculated and selected a heat pump from suitable power range in combination with storage tank with hot water tank. The bivalent point is determined, as backup source are heating elements installed in storage tank. Drawings and circuit diagrams with safety elements are attached. In the end is calculation of estimated return.

## KEYWORDS

Heat loss, heating, hot water heating, design of heating system, air-water heat pump, bivalent source, panel radiators, storage tank, return.

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SKOČÍK, L. *Návrh otopné soustavy s tepelným čerpadlem vzduch-voda v kombinaci s bivalentním zdrojem*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 98 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma: Návrh otopné soustavy s tepelným čerpadlem vzduch-voda v kombinaci s bivalentním zdrojem, jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne 29. 5. 2015

.....  
podpis autora

## PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Jaroslavu Katolickému, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.



## OBSAH

ÚVOD .....	11
1 CHARAKTERISTIKA OBJEKTU .....	12
2 TEPELNÉ ZTRÁTY .....	14
2.1 KLIMATICKÉ ÚDAJE .....	14
2.2 ÚDAJE O MÍSTNOSTECH.....	15
2.3 STAVEBNÍ ČÁSTI .....	16
2.4 TEPELNÉ ZTRÁTY VYTÁPĚNÝCH MÍSTNOSTÍ .....	19
2.5 TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM TEPLA .....	19
2.6 TEPELNÉ ZTRÁTY VĚTRÁNÍM .....	23
2.7 NÁVRHOVÝ TEPELNÝ VÝKON .....	24
3 OTOPNÁ TĚLESA .....	26
4 POTRUBNÍ TRASY.....	29
5 ZDROJ TEPLA .....	33
5.1 STANOVENÍ BODU BIVALENCE .....	33
5.2 BIVALENTNÍ ZDROJ .....	37
6 AKUMULAČNÍ NÁDRŽ .....	39
7 OHŘEV TEPLÉ VODY.....	40
7.1 KŘIVKY DODÁVKY A ODBĚRU TEPLA .....	40
8 OBĚHOVÁ ČERPADLA.....	43
9 BEZPEČNOSTNÍ PRVKY .....	46
9.1 EXPANZNÍ NÁDOBA .....	46
9.2 POJISTNÝ VENTIL .....	47
10 REGULACE .....	49
10.1 SCHÉMATA ZAPOJENÍ .....	49
10.2 REGULACE PRIMÁRNÍHO OKRUHU S AKUMULAČNÍ NÁDRŽÍ.....	50
10.3 REGULACE ODBĚRU TEPLA.....	51
11 SPOTŘEBA TEPLA .....	53
12 VÝPOČET SPOTŘEBY TEPLA V SIMULAČNÍM SOFTWARE .....	55
12.1 POUŽITÉ KOMPONENTY .....	56
12.2 VSTUPNÍ ÚDAJE .....	56
12.3 DEFINOVÁNÍ TOPNÉHO OBDOBÍ.....	57
12.4 BLOKOVÁNÍ MIMO TOPNÉ OBDOBÍ .....	57
12.5 ŘÍZENÍ DLE TEPLOTNÍHO PROGRAMU .....	57
12.6 ŘÍZENÍ BIVALENTNÍHO ZDROJE .....	57
12.7 SEZÓNŇÍ TOPNÝ FAKTOR.....	58
12.8 SPOTŘEBA TEPELNÉHO ČERPADLA .....	58
12.9 OSTATNÍ VÝSTUPY .....	58
12.10 POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ .....	59

13	NÁKLADY A NÁVRATNOST .....	60
	ZÁVĚR.....	64
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	65
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	67
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	71
	PŘÍLOHY .....	72
	SOUČinitele prostupu tepla .....	72
	TEPELNÉ ZTRÁTY MÍSTNOSTÍ PROSTUPEM .....	75
	ÚSEKY POTRUBNÍ SÍŤE .....	88
	TLAKOVÉ ZTRÁTY K OTOPNÝM TĚLESŮM .....	90
	KUSOVNÍK .....	96

## ÚVOD

Zajištění tepelné pohody prostředí je jednou ze základních potřeb člověka. Zdroj tepla a otopná soustava tedy patří k nezbytnému technickému zařízení obytných budov. Zároveň s rozvojem techniky se rozšiřují možnosti na zajištění tohoto stavu prostředí. U tepelných čerpadel je vysoká investiční náročnost spojená s nižšími provozními náklady. Současně jde o odklon od tradičních kotlů na fosilní paliva, případně biomasu zabírající zemědělskou půdu, vedoucí k omezení těžby palivového dřeva, plyných a kapalných paliv a dalších vyčerpatelných zdrojů.

Tepelná čerpadla využívají obnovitelné zdroje energie. Tepelné čerpadlo vzduch-voda lze považovat za ekologicky neutrální z hlediska odběru tepla z prostředí, neboť nízkopotenciální teplo odebrané vzduchu je do venkovního prostředí navraceno formou tepelných ztrát objektu.

Cílem této práce je návrh otopné soustavy a ohřevu teplé vody pro rodinný dům a stanovení potřebného výkonu tepelného čerpadla v zapojení s bivalentním zdrojem tepla, kde jako druhý zdroj jsou použita elektrická topná tělesa umístěná v akumulární nádrži, a stanovení bodu bivalence.

Práce obsahuje výpočet tepelných ztrát, návrh otopných těles a dimenzí potrubní trasy, výpočet tlakových ztrát a výběr vhodného oběhového čerpadla. Dále stanovení potřebného výkonu pro ohřev teplé vody podle křivky dodávky a odběru tepla, výběr akumulární nádrže s vestavěným zásobníkem teplé vody. Dále obsahuje stanovení expanzního objemu, výběr tepelného čerpadla typu vzduch-voda a určení bodu bivalence. Jsou uvedeny schémata zapojení primárního a sekundárního okruhu, akumulární nádrže apod. v jednotlivých variantách návrhu s nezbytnými bezpečnostními prvky.

V závěru práce je proveden výpočet odhadované návratnosti oproti současnému řešení v podobě zastaralého plynového kotle a variantě s kondenzačním kotlem.

## 1 CHARAKTERISTIKA OBJEKTU

Předmětem práce je návrh řešení rekonstrukce vytápění rodinného domu v Ratíškovicích u Hodonína. Objekt je situován na sever-severovýchod. Dům je dvougenerační, s jedním podzemním a dvěma nadzemními podlažími. Půdorysné rozměry činí 12 x 9,9 m. Celková plocha vytápěných místností je 194,95 m<sup>2</sup>. Výstavba domu započala v roce 1987. Aktuální snímek objektu je na Obr. 1.

V roce 2012 došlo k zateplení stropu druhého nadzemního podlaží pěnovým polystyrenem EPS S tl. 220 mm. Dále k výměně původních oken a dveří za okna/dveře s izolačním trojsklem, v případě střešních oken s dvojsklem. Odborný energetický posudek provedený firmou PROST Hodonín s.r.o. udává, že touto úpravou došlo ke snížení měrné potřeby tepla na vytápění z 199,9 kWh/m<sup>2</sup>rok na 139,0 kWh/m<sup>2</sup>rok, tedy o 30,4 %.

Vytápění a ohřev teplé vody jsou zajištěny původním kotlem Destila DP 25Z na zemní plyn o jmenovitém výkonu 25,0 kW s datem výroby 1985. Vlivem opotřebení kotle, vedoucí k snížení jeho účinnosti (jmenovitá účinnost 84,9 %), neizolovaným rozvodným potrubím v suterénu a rostoucích cen za zemní plyn nedochází k požadovaným úsporám. Vzhledem ke stáří objektu a tudíž i otopné soustavy bylo rozhodnuto o její celkové rekonstrukci, návrh tedy obsahuje výměnu zdroje tepla, rozvodů a otopných těles.



*Obr. 1 Čelní pohled na dům*

Pro znázornění jsou na Obr. 2 uvedeny půdorysné dispozice jednotlivých podlaží. Suterén je až na jednu místnost nevytápěný. Hala v 2. nadzemním podlaží (103\_2) je vytápěna otopným tělesem umístěným v hale 1. NP (103) přes společné schodiště. Legenda k značení místností je uvedena v Tab. 1.1.



Tab. 1.1 Označení vytápěných místností

Označení místnosti	číslo m.
Pracovna	01
Obývací pokoj	101
Pokoj	102
Hala	103
Hala_2	103_2
Předsíň	104
Koupelna	105
Kuchyně	106
Ložnice	201
Ložnice	202
Šatna	203
Koupelna	204
Pokoj	205
<b>Celkem</b>	<b>12</b>

Obr. 2 Zjednodušený stavební výkres s označením vytápěných místností; 1.PP, 1.NP a 2.NP

## 2 TEPELNÉ ZTRÁTY

Před samotným návrhem otopné soustavy je nutné znát tepelně technické vlastnosti jednotlivých konstrukcí a určit tepelné ztráty. Výpočet tepelných ztrát je proveden dle normy ČSN EN 12 831 Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu [1]. Není-li uvedeno jinak, veškeré vztahy použité v této kapitole jsou převzaty z uvedené normy.

### 2.1 Klimatické údaje

Základními údaji pro určení tepelných ztrát objektu jsou jeho zeměpisná poloha, umístění v krajině, nebo zástavbě, zda k němu přiléhají okolní objekty, či stojí osamoceně. Výpočtové hodnoty pro danou oblast jsou určujícími a neovlivnitelnými veličinami. Klimatické údaje pro výpočtovou oblast Hodonín jsou uvedeny v Tab. 2.1.

Tab. 2.1 Klimatické údaje

	Nadmořská výška	Venkovní výpočtová teplota	Délka otopného období	Průměrná denní teplota v otopném období
<i>značení</i>	$h_{nm}$	$t_e$	$d$	$t_{m,e}$
<i>jednotka</i>	[m]	[°C]	[den]	[°C]
<b>Hodonín</b>	162	-12	215	4,2

Délka otopného období a průměrná teplota v otopném období závisí na tom, jak toto období definujeme. Za začátek otopného období, resp. pokračování v dodávce tepla, lze považovat den, kterému předchází pokles průměrné denní teploty pod definovanou hodnotu dva po sobě jdoucí dny a vzhledem k meteorologické předpovědi nelze očekávat zvýšení průměrné denní teploty nad tuto hodnotu ve dni následujícím. Konec otopného období, resp. přerušení v dodávce tepla, nastává, pokud průměrná denní teplota za dva po sobě jdoucí dny překročí definovanou hodnotu a nelze-li vzhledem k meteorologické předpovědi očekávat snížení průměrné denní teploty pod tuto hodnotu. Tato definovaná hodnota je obvykle +13 °C, případně 12 °C, nebo 15 °C. „U nových a dobře izolovaných domů je tendence vzhledem k nízkým energetickým potřebám snížit tuto mez – dokonce až na 10 °C.“ [2]

Průměrná denní teplota  $t_{m,d}$  je definována jako

$$t_{m,d} = \frac{t_7 + t_{14} + 2 \cdot t_{21}}{4} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (2.1)$$

kde indexy značí příslušnou hodinu. Hodnoty v Tab. 2.1 jsou platné pro otopné období definované zahájením a ukončením vytápění při průměrné denní teplotě 13 °C.

## 2.2 Údaje o místnostech

Tepelná ztráta místnosti je přímo úměrná vnitřní výpočtové teplotě místnosti. Návrhové hodnoty vnitřní výpočtové teploty pro vytápěné prostory jsou převzaty z normy ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov – část 3: Návrhové hodnoty. [3] Údaje vytápěných místností jsou v Tab. 2.2, údaje nevytápěných místností pak v Tab. 2.3.

Tab. 2.2 Údaje o vytápěných místnostech

Označení místnosti	číslo m.	Výpočtová vnitřní teplota	Plocha místnosti	Objem místnosti
		$t_i$	$A_i$	$V_i$
		$^{\circ}\text{C}$	$\text{m}^2$	$\text{m}^3$
Pracovna	01	20	12,16	27,97
Obývací pokoj	101	20	26,23	68,20
Pokoj	102	20	17,54	45,60
Hala	103	17	17,77	46,20
Hala_2	103_2	19	17,77	44,42
Předsíň	104	15	3,40	8,83
Koupelna	105	24	4,53	11,79
Kuchyně	106	20	20,93	54,41
Ložnice	201	20	21,11	52,78
Ložnice	202	20	18,23	45,57
Šatna	203	20	8,49	15,37
Koupelna	204	24	6,09	11,17
Pokoj	205	20	20,71	42,34
<b>Celkem</b>	<b>12</b>	<b>20</b>	<b>194,95</b>	<b>474,64</b>

Tab. 2.3 Údaje o nevytápěných místnostech

Označení místnosti	číslo m.	Teplotní redukční činitel	Plocha místnosti	Objem místnosti
		$b_u$	$A_i$	$V_i$
		-	$\text{m}^2$	$\text{m}^3$
Chodba	02	0,73	11,00	25,30
Schodiště	03	0,76	5,00	11,50
Dílna	04	0,89	17,22	39,61
Sklep	05	0,86	8,00	18,40
Prádelna	06	0,89	20,00	46,00
Sauna	07	0,75	3,70	8,51
Sklep	08	0,82	5,17	11,89
WC	107	-	1,40	3,64
<b>Celkem</b>	<b>8</b>		<b>71,49</b>	<b>164,85</b>

Teplotní redukční činitel  $b_u$  [-] je veličinou popisující poměrné tepelné ztráty vytápěného prostoru přes prostor nevytápěný. Výpočet je uveden v kapitole 2.5.4.

## 2.3 Stavební části

Pro stanovení tepelných ztrát je třeba popsat skladbu jednotlivých stavebních konstrukcí, jak z pohledu rozměrových, tak tepelných vlastností. Ty jsou charakterizovány *součinitelem tepelné vodivosti*  $\lambda_k$  [W/m·K], jenž udává míru schopnosti materiálu vést teplo. Hodnoty součinitele tepelné vodivosti pro jednotlivé materiály jsou převzaty z normy ČSN 07 0540 Tepelná ochrana budov – část 3: Návrhové hodnoty. [3] Hodnoty součinitele tepelné vodivosti použitých materiálů jsou uvedeny v Tab. 2.4.

*Tepelný odpor*  $R$  udává míru odporu při vedení tepla rovinnou konstrukcí o dané tloušťce. Pro stěnu složenou z více vrstev různých materiálů platí:

$$R = \sum R_j = R_{si} + \sum_{i=1}^n R_i + R_{se} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}] \quad (2.2)$$

kde	$R_{si}$	je odpor při přestupu tepla na vnitřní straně	$[\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}]$
	$R_i$	tepelný odpor vrstvy konstrukce	$[\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}]$
	$R_{se}$	odpor při přestupu tepla na vnější straně	$[\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}]$
	$R$	celkový tepelný odpor konstrukce	$[\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}]$ .

Odpory při přestupu tepla jsou dány převrácenou hodnotou součinitele přestupu tepla. Odpor při prostupu tepla pak podílem tloušťky vrstvy a součinitele tepelné vodivosti. Rovnice (2.2) dostává tvar:

$$R = \frac{1}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_{k,i}} + \frac{1}{\alpha_e} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}] \quad (2.3)$$

kde	$d$	je tloušťka vrstvy	$[\text{m}]$
	$\lambda_k$	součinitel tepelné vodivosti	$[\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}]$
	$\alpha_i$	součinitel přestupu tepla na vnitřní straně	$[\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}]$
	$\alpha_e$	součinitel přestupu tepla na vnější straně	$[\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}]$ .

Tab. 2.4 Materiály použité v konstrukcích

<b>Položka</b>	<b>Materiál</b>	<b><math>\lambda_k</math></b>
-	-	<b>W/m·K</b>
1	Beton hutný 2100	1,050
2	Cihelné bloky CD 360/240/113 (1250)	0,490
3	Cihelné bloky CP 290/140/65 (1800)	0,770
4	Cihla dutá Pk-CD 290/140/65	0,480
5	Cihly voštinové CV 14 290/140/140	0,590
6	Dřevotřískové desky	0,170
7	EPS 100 S (20-25)	0,037
8	Hobra	0,160
9	Lepenka A 400H	0,210
10	Lignopor	0,260
11	Malta cementová	1,020
12	Minerální vlna Isover Domo	0,039



<i>Položka</i>	<b>Materiál</b>	$\lambda_k$
-	-	<b>W/m·K</b>
13	Omítka břizolitová	1,020
14	Omítka vápenná	0,700
15	Omítka vápenocementová	0,880
16	OSB desky (1000)	0,160
17	Sádrokarton	0,220
18	Skelná vata (35)	0,046
19	Střešní krytina pálená	1,000
20	Tvarovky MIAKO	0,800

Výsledným ukazatelem je *součinitel prostupu tepla*  $U_k$ , jež udává tepelnou ztrátu vztáženou na plochu materiálu při rozdílu povrchových teplot na odvrácených stranách stěny. Je obrácenou hodnotou tepelného odporu  $R$ :

$$U_k = \frac{1}{R} \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}] \quad (2.4)$$

kde  $U_k$  je součinitel prostupu tepla  $[\text{W/m}^2 \cdot \text{K}]$ .

Příklad výpočtu součinitele prostupu tepla stavební konstrukce „*Strop 2. NP*“ je uveden v Tab. 2.5, výpočet součinitele prostupu tepla všech stavebních konstrukcí je v příloze „*Součinitele prostupu tepla.*“

Tab. 2.5 Skladba stavební části „*Strop druhého nadzemního podlaží*“

<i>Kódy</i>	<b>Popis</b>	<b>d</b>	$\lambda_k$	<b>R</b>	<b><math>U_k</math></b>
<i>Stavební část</i>		m	W/m·K	m <sup>2</sup> ·K/W	W/m <sup>2</sup> ·K
<b>1</b>	<b>Strop 2. NP</b>				
	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok zdola nahoru)			0,10	
	OSB desky (1000)	0,012	0,160	0,08	
	EPS 100 S (20-25)	0,220	0,037	5,95	
	Malta cementová	0,050	1,020	0,05	
	Skelná vata (35)	0,030	0,046	0,65	
	Lepenka A 400H	0,001	0,210	0,00	
	Beton hutný 2100	0,070	1,050	0,07	
	Tvarovky MIAKO	0,140	0,800	0,18	
	Omítka vápenná	0,015	0,700	0,02	
	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok zdola nahoru)			0,10	
<b>Celkem</b>		<b>0,538</b>		<b>7,19</b>	<b>0,139</b>

## 2.3.1 Prostup tepla výplněmi otvorů

Součinitel prostupu tepla okna  $U_w$  či dveří  $U_d$  je úměrný ploše zasklení a ploše rámu [4]:

$$U_w = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + l_g \cdot \Psi_g}{A_g + A_f} \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}] \quad (2.5)$$

kde	$U_w$	je součinitel prostupu tepla okna	$[\text{W/m}^2 \cdot \text{K}]$
	$U_g$	součinitel prostupu tepla zasklení	$[\text{W/m}^2 \cdot \text{K}]$
	$U_f$	součinitel prostupu tepla rámu	$[\text{W/m}^2 \cdot \text{K}]$
	$A_g$	plocha zasklení	$[\text{m}^2]$
	$A_f$	plocha rámu	$[\text{m}^2]$
	$A_w$	celková plocha okna	$[\text{m}^2]$
	$l_g$	viditelný obvod zasklení	$[\text{m}]$
	$\Psi_g$	lineární činitel prostupu tepla – tj. vliv tepelného mostu	$[\text{W/m} \cdot \text{K}]$ .

Součinitele prostupu tepla oken a dveří jsou uvedeny v Tab. 2.6.

Tab. 2.6 Tepelné vlastnosti výplní otvorů

Stavební část	Popis	$U_w$	$\Delta U_{tb}$	$A_w$
		$\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$	$\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$	$\text{m}^2$
18	Vstupní dveře	1,06	0,56	2,80
19	Venkovní dveře ze dvora	3,47	0,56	1,60
20	Venkovní dveře boční	1,08	0,28	1,60
21	Francouzské okno spodní	0,88	0,74	5,21
22	Francouzské okno horní	0,88	0,74	5,21
23	Okno kuchyně	0,87	0,43	3,05
24	Okno koupelna	1,06	0,19	0,84
25	Okno prádelna	2,43	0,46	1,26
26	Střešní okna	1,15	0,32	0,92
27	Okno ložnice	0,87	0,43	3,05
28	Okno pokoj	0,87	0,43	3,05
29	Okno pracovna	0,92	0,34	2,03
30	Okno dílna	2,47	0,68	2,03
31	Okno spíž	2,38	0,16	0,36
32	Okno chodba - malé	1,03	0,13	0,63
33	Okno chodba - velké	0,83	0,29	2,60

## 2.4 Tepelné ztráty vytápěných místností

Celkové tepelné ztráty vytápěného prostoru  $\Phi_i$  jsou dány součtem tepelných ztrát prostupem a větráním:

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \quad [\text{W}] \quad (2.6)$$

kde	$\Phi_{T,i}$	je tepelná ztráta prostupem	[W]
	$\Phi_{V,i}$	tepelná ztráta větráním	[W]
	$\Phi_i$	celková tepelná ztráta	[W].

## 2.5 Tepelné ztráty prostupem tepla

Tepelné ztráty prostupem tepla určují tyto součinitele:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (t_i - t_e) \quad [\text{W}] \quad (2.7)$$

kde	$H_{T,ie}$	je součinitel tepelné ztráty prostupem z vnitřního vytápěného prostoru přímo do vnějšího prostředí	[W/K]
	$H_{T,iue}$	součinitel tepelné ztráty prostupem přes nevytápěný prostor	[W/K]
	$H_{T,ig}$	součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy	[W/K]
	$H_{T,ij}$	součinitel tepelné ztráty prostupem do prostoru vytápěného na rozdílnou teplotu	[W/K].

### 2.5.1 Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí

Prostup konstrukcemi oddělujícími vytápěný prostor od venkovního prostředí, včetně působení tepelných mostů je dán:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_k A_k \cdot \Delta U_{tb} \cdot e_k \quad [\text{W/K}] \quad (2.8)$$

kde	$A_k$	je plocha stavební části	[m <sup>2</sup> ]
	$U_k$	součinitel prostupu tepla stavební části	[W/m <sup>2</sup> ·K]
	$\Delta U_{tb}$	korekční součinitel prostupu tepla tepelného mostu	[W/m <sup>2</sup> ·K]
	$e_k$	korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům	[-].

### 2.5.2 Tepelné ztráty přes nevytápěný prostor

Pokud je mezi vytápěným prostorem a venkovním prostředím prostor nevytápěný, vypočítá se součinitel prostupu tepla nevytápěným prostorem:

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum_k A_k \cdot \Delta U_{tb} \cdot b_u \quad [\text{W/K}] \quad (2.9)$$

kde	$b_u$	je teplotní redukční činitel	[-].
-----	-------	------------------------------	------

### 2.5.3 Tepelné ztráty zeminou

Přiléhá-li část vytápěné místnosti k zemině, určí se součinitel tepelné ztráty zeminou následovně:

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left( \sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w \quad [\text{W/K}] \quad (2.10)$$

kde	$f_{g1}$	je korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty	[-]
	$f_{g2}$	teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou	[-]
	$U_{equiv,k}$	ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební části	$[\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}]$
	$G_w$	korekční činitel zohledňující vliv spodní vody	[-].

Teplotní redukční činitel  $f_{g2}$  se spočte z podílu rozdílů teplot:

$$f_{g2} = \frac{t_i - t_{m,e}}{t_i - t_e} \quad [-] \quad (2.11)$$

Pro stanovení hodnoty  $U_{equiv,k}$  je nutno určit *charakteristický parametr  $B'$* , který se odvíjí od typologie podlahy:

$$B' = \frac{A_g}{0,5 \cdot P} \quad [\text{m}] \quad (2.12)$$

kde	$A_g$	je plocha podlahové konstrukce uvažované části	$[\text{m}^2]$
	$P$	obvod podlahové konstrukce uvažované části	$[\text{m}]$
	$B'$	charakteristický parametr	$[\text{m}]$ .

$U_{equiv,k}$  se pak odečte z náležitých nomogramů, kde je dána závislost na charakteristickém parametru  $B'$  pro různé *součinitele prostupu tepla  $U$*  uvažované konstrukce přiléhající k zemině. Tyto nomogramy jsou konstruovány pro různou hloubku podlahové desky pod úrovní zeminy.

### 2.5.4 Nevytápěný suterén

Tepelná ztráta přes nevytápěný suterén je charakterizována *teplotním redukčním činitelem  $b_u$* .

$$b_u = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}} \quad [-] \quad (2.13)$$

kde	$H_{iu}$	je součinitel tepelné ztráty mezi vytápěným prostorem a nevytápěným suterénem	$[\text{W}/\text{K}]$
	$H_{ue}$	součinitel tepelné ztráty mezi nevytápěným prostorem a venkovním prostředím	$[\text{W}/\text{K}]$ .

Veličiny  $H_{iu}$  a  $H_{ue}$  v sobě zahrnují tepelné ztráty prostupem a větráním.

$$H_{iu} = A_i \cdot U_{iu} \quad [\text{W/K}] \quad (2.14)$$

kde  $A_i$  je plocha podlahy  $[\text{m}^2]$   
 $U_{iu}$  součinitel prostupu tepla podlahy vytápěného prostoru  $[\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}]$ .

Součinitel prostupu tepla  $H_{ue}$  mezi nevytápěným suterénem a vnějším prostředím se stanoví ze vztahu [5]:

$$H_{ue} = \frac{A_i \cdot U_{bf} + z \cdot P \cdot U_{bw} + h \cdot P \cdot U_w + 0,33 \cdot n \cdot V}{A_i} \quad [\text{W/K}] \quad (2.15)$$

kde  $U_{bf}$  je součinitel prostupu tepla podlahou suterénu  $[\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}]$   
 $U_{bw}$  součinitel prostupu tepla stěn suterénu přiléhajících k zemině  $[\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}]$   
 $U_w$  součinitel prostupu tepla stěn suterénu nad úrovní terénu  $[\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}]$   
 $z$  hloubka povrchu podlahy pod úrovní terénu  $[\text{m}]$   
 $h$  hloubka povrchu stropu nad úrovní terénu  $[\text{m}]$   
 $P$  obvod stěn suterénu sousedících s venkovním prostředím  $[\text{m}]$   
 $n$  intenzita větrání suterénu  $[\text{hod}^{-1}]$   
 $V$  objem suterénu  $[\text{m}^3]$ .

### 2.5.5 Tepelné ztráty přes prostory vytápěné na rozdílné teploty

Je-li některá místnost vytápěna na odlišnou teplotu než sousedící vytápěné místnosti, probíhá mezi nimi přenos tepla. Tepelná ztráta přes tyto prostory je dána:

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k \quad [\text{W/K}] \quad (2.16)$$

kde  $f_{ij}$  je teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi teplotou sousedního prostoru a venkovní výpočtové teploty  $[-]$ .

Teplotní redukční činitel  $f_{ij}$  je úměrný rozdílu teplot:

$$f_{ij} = \frac{t_i - t_u}{t_i - t_e} \quad [-] \quad (2.17)$$

kde  $t_u$  je teplota sousedního vytápěného prostoru  $[\text{°C}]$ .

Příklad výpočtu tepelných ztrát místnosti č. 203 Šatna prostupem je uveden v Tab. 2.7. Pro jednotlivé místnosti je uveden v příloze „Tepelné ztráty místností prostupem.“

Tab. 2.7 Příklad výpočtu tepelných ztrát místnosti prostupem, místnost č. 203 šatna

203		Šatna			
<b>Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí</b>					
Kód	Stavební část	$A_k$	$U_k$	$e_k$	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$
		m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> ·K	na jedn.	W/K
2	Zešikmený strop v 2. NP	6,0996	0,371	1	2,264
26	Střešní okna	0,92	1,151	1	1,060
7	Obvodové zdivo 1. NP + 2. NP	6,79	1,063	1	7,217
7	Obvodové zdivo 1. NP + 2. NP	1,82	1,063	1	1,934
3	Podlaha 2. NP	2,184	1,512	1	3,301
<b>Celkem stavební části</b>		$\Sigma_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$		<b>W/K</b>	<b>15,776</b>
Kód	Tepelný most	$A_k$	$\Delta U_{tb}$	$e_k$	$A_k \cdot \Delta U_{tb} \cdot e_k$
		m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> ·K	na jedn.	W/K
	Těžká podlahová konstrukce	6,79	0,050	1	0,340
16	Vnitřní dělicí stěna 1. PP + 2.NP	6,79	0,250	1	1,698
15	Vnitřní dělicí stěna 1. PP + 2.NP	1,82	0,250	1	0,455
26	Střešní okna	0,92	0,316	1	0,291
<b>Celkem tepelné mosty</b>		$\Sigma_k A_k \cdot \Delta U_{tb} \cdot e_k$		<b>W/K</b>	<b>2,783</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí</b>				<b>H<sub>T,ie</sub></b>	<b>18,6</b>
<b>Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory</b>					
Kód	Stavební část	$A_k$	$U_k$	$b_u$	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$
		m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> ·K	na jedn.	W/K
1	Strop 2. NP	3,9	0,139	1	0,542
<b>Celkem stavební části</b>		$\Sigma_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$		<b>W/K</b>	<b>0,542</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory</b>				<b>H<sub>T,iue</sub></b>	<b>0,5</b>
<b>Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty</b>					
Kód	Stavební část	$A_k$	$U_k$	$f_{ij}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$
		m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> ·K	na jedn.	W/K
15	Vnitřní dělicí stěna 1. PP + 2.NP	6,79	1,682	-0,125	-1,428
16	Vnitřní dělicí stěna 1. PP + 2.NP	4,9	2,203	0,03125	0,337
17	Vnitřní dveře	1,60	1,899	0,03125	0,095
<b>Celkem stavební části</b>		$\Sigma_k A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$		<b>W/K</b>	<b>-0,995</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami</b>				<b>H<sub>T,ij</sub></b>	<b>-1,0</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem</b>					<b>18,1</b>
<b>Teplotní údaje</b>					
Venkovní výpočtová teplota			$t_e$	°C	-12
Vnitřní výpočtová teplota			$t_{int,i}$	°C	20
Výpočtový rozdíl teplot			$t_{int,i} - t_e$	°C	32
<b>Návrhová tepelná ztráta prostupem</b>					<b>579</b>

## 2.6 Tepelné ztráty větráním

Tepelné ztráty větráním mohou v případě použití přirozeného větrání tvořit nemalou část celkových tepelných ztrát. Tepelné ztráty větráním se vypočítají:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (t_i - t_e) \quad [\text{W}] \quad (2.18)$$

kde  $\Phi_{V,i}$  je návrhová tepelná ztráta větráním [W]  
 $H_{V,i}$  součinitel návrhové tepelné ztráty větráním [W/m<sup>2</sup>·K].

Předpokládejme konstantní hustotu a měrnou tepelnou kapacitu větracího vzduchu. Součinitel tepelné ztráty větráním je dán součinem:

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}] \quad (2.19)$$

kde  $V_i$  je výměna vzduchu ve vytápěném prostoru [m<sup>3</sup>/h].

Pro přirozené větrání je výměna vzduchu větší z hodnot ztráty dané hygienickým množstvím vzduchu a ztráty infilrací:

$$\dot{V}_i = \max(\dot{V}_{inf,i}, \dot{V}_{min,i}) \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (2.20)$$

kde  $\dot{V}_{inf,i}$  je výměna vzduchu infilrací [m<sup>3</sup>/h]  
 $\dot{V}_{min,i}$  minimální hygienická výměna vzduchu [m<sup>3</sup>/h].

### 2.6.1 Hygienické množství vzduchu

Množství vzduchu dané hygienickými předpisy se určí:

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (2.21)$$

kde  $n_{min}$  je minimální intenzita výměny venkovního vzduchu [1/h].

Hodnoty minimální výměny venkovního vzduchu při přirozeném větrání jsou pro jednotlivé typy a účel místností převzaty z normy ČSN EN 12831. Pro obytné místnosti je předepsáno  $n_{min} = 0,5$  1/h, u kuchyní a koupelen  $n_{min} = 1,5$  1/h.

### 2.6.2 Infiltrace obvodovým pláštěm budovy

Vlivem netěsností stavebních konstrukcí dochází k samovolné výměně vzduchu:

$$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \epsilon_i \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (2.22)$$

kde  $n_{50}$  je intenzita výměny vzduchu při rozdílu tlaků 50 Pa mezi vnitřkem a vnějškem budovy a zahrnující účinky přívodů vzduchu [1/h]  
 $V_i$  objem vytápěné místnosti [m<sup>3</sup>]  
 $e_i$  stínící činitel [-]  
 $\epsilon_i$  výškový korekční činitel zohledňující zvýšení rychlosti proudění vzduchu s výškou prostoru nad povrchem země [-].

Výpočet tepelných ztrát vytápěných místností větráním je uveden v Tab. 2.8.

Tab. 2.8 Tepelné ztráty větráním

<i>Veličina</i>	<i>jednotka</i>	<b>Pracovna</b>	<b>Obývací pokoj</b>	<b>Pokoj</b>	<b>Hala</b>	<b>Hala_2</b>	<b>Předsíň</b>	<b>Koupelna</b>	<b>Kuchyně</b>	<b>Ložnice</b>	<b>Ložnice</b>	<b>Šatna</b>	<b>Koupelna</b>	<b>Pokoj</b>	<b>Celkem</b>
		1	101	102	103	103_2	104	105	106	201	202	203	204	205	
$t_i$	[°C]	20	20	20	17	19	15	24	20	20	20	20	24	20	
$V_i$	[m <sup>3</sup> ]	28,0	68,2	45,6	46,2	44,4	8,8	11,8	54,4	52,8	45,6	15,4	11,2	42,3	<b>475</b>
$n_{min}$	[1/h]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	1,5	0,5	0,5	0,5	1,5	0,5	
$\dot{V}_{min,i}$	[m <sup>3</sup> /h]	14,0	34,1	22,8	23,1	22,2	4,4	17,7	81,6	26,4	22,8	7,7	16,8	21,2	<b>315</b>
$n_{50}$	[1/h]	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	
$e_i$	[-]	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	
$\varepsilon$	[-]	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
$\dot{V}_{inf,i}$	[m <sup>3</sup> /h]	4,5	10,9	7,3	7,4	7,1	1,4	1,9	8,7	8,4	7,3	2,5	1,8	10,2	<b>40</b>
$\dot{V}_i$	[m <sup>3</sup> /h]	14,0	34,1	22,8	23,1	22,2	4,4	17,7	81,6	26,4	22,8	7,7	16,8	21,2	<b>315</b>
$H_{V,i}$	[W/K]	4,8	11,6	7,8	7,9	7,6	1,5	6,0	27,8	9,0	7,7	2,6	5,7	7,2	<b>107</b>
$\Phi_{V,i}$	[W]	152	371	248	228	234	41	216	888	287	248	84	205	230	<b>3432</b>

## 2.7 Návrhový tepelný výkon

Návrhový tepelný výkon je dán součtem tepelných ztrát prostupem, větráním, a při přerušovaném vytápění i zátopovým tepelným výkonem.

$$\Phi_{HL} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i} \quad [\text{W}] \quad (2.23)$$

kde  $\Phi_{T,i}$  je tepelná ztráta prostupem [W]  
 $\Phi_{V,i}$  tepelné ztráty větráním [W]  
 $\Phi_{RH,i}$  zátopový tepelný výkon [W].

Zátopový tepelný výkon se uvažuje v případě přerušovaného vytápění. Slouží k vyrovnání poklesu teploty ve vytápěném prostoru vlivem přerušovaného vytápění, např. při nočním či dopoledním útlumu. Pokud je regulační systém schopen potlačit útlum při nižších venkovních teplotách, není nutné zátopový výkon uvažovat.



V tomto případě je vytápění zajištěno tepelným čerpadlem vzduch-voda. U tohoto typu zdroje je výběr z vyšší výkonové řady spojen s vyššími investičními náklady. Proto tento návrh nezahrnuje zátapový výkon. Celkové tepelné ztráty vytápěných místností jsou uvedeny v Tab. 2.9.

Tab. 2.9 Celkové tepelné ztráty jednotlivých místností

Označení místnosti	číslo m.	tepelné ztráty větráním	tepelné ztráty prostupem	celkové tepelné ztráty
		$\Phi_{V,i}$	$\Phi_{T,i}$	$\Phi_i$
		W	W	W
Pracovna	01	152	1 221	1 374
Obývací pokoj	101	371	1 074	1 445
Pokoj	102	248	1 128	1 376
Hala	103	228	810	1 038
Hala_2	103_2	234	419	653
Předsíň	104	41	481	521
Koupelna	105	216	611	827
Kuchyně	106	888	957	1 845
Ložnice	201	287	1 164	1 451
Ložnice	202	248	1 067	1 315
Šatna	203	84	579	663
Koupelna	204	205	396	601
Pokoj	205	230	840	1 070
<b>Celkem</b>		<b>3 432</b>	<b>10 748</b>	<b>14 180</b>

### 3 OTOPNÁ TĚLESA

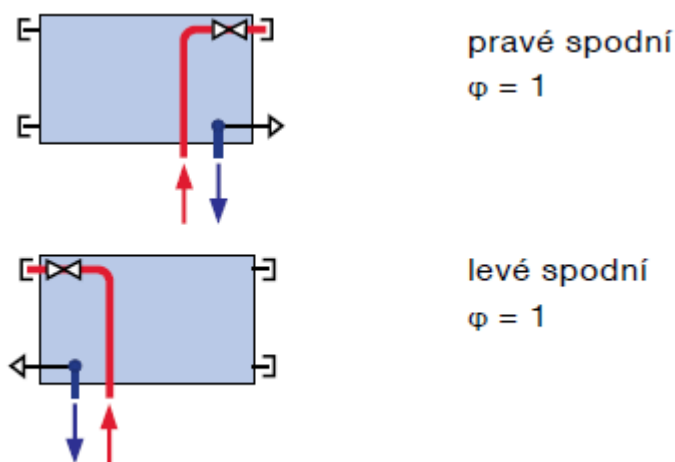
Nedostatečný nominální výkon stávajících otopných těles při nově navrženém teplotním spádu (viz níže) a stárí celé otopné soustavy vedlo k rozhodnutí kompletní rekonstrukce.

Požadavky investora minimalizovat stavební zásahy a to především do podlahových konstrukcí vedly k určitým omezením. Největší z nich bylo vyloučení instalace podlahového či stěnového vytápění. Nízkoteplotní soustavy jsou přitom z hlediska provozních nákladů při provozu tepelného čerpadla výhodnější.

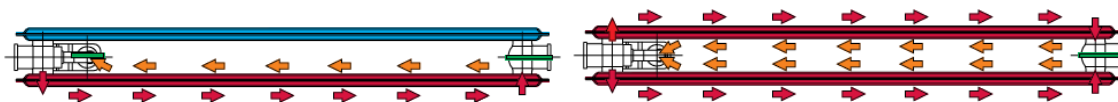
Byla proto zvolena desková otopná tělesa Radik RC VKU s levým či pravým spodním zapojením od firmy Korado. Připojení těles je znázorněno na Obr. 3. Tato tělesa jsou specifická řízeným zatékáním, kdy přepnutím ventilu lze plně uzavřít průtok zadní deskou. Tím lze při zachování stejné teploty teplotnosné látky na vstupu dosáhnout snížení povrchové teploty zadní desky tělesa, což snižuje tepelné ztráty, a zvýšit povrchovou teplotu přední desky.

To vede ke zvýšení radiační

teploty a tedy zvýšení tepelné pohody. Druhotným jevem je možnost ohřívát vzduch v místnosti na nepatrně nižší teplotu při zachování tepelné pohody. Režimy provozu ukazuje Obr. 4.



Obr. 3 Způsob připojení těles na otopnou soustavu [6]



Obr. 4 Znáornění provozních režimů tělesa s řízeným zatékáním [6]

Tepelné čerpadlo je výhodnější, pracuje-li s nižší teplotou teplotnosné látky a s co nejmenším teplotním spádem (okolo 5 K). To je dáno především tím, že při rostoucí teplotě teplotnosné látky se zvyšuje příkon tepelného čerpadla, tj. snižuje se topný faktor neboli COP (coefficient of performance).

Tepelný výkon otopného tělesa  $Q_T$  je [2]:

$$Q_T = \dot{m} \cdot c \cdot (t_{w1} - t_{w2}) \quad [\text{W}] \quad (3.1)$$

kde	$\dot{m}$	je hmotnostní tok tělesem	[kg/s]
	$c$	měrná tepelná kapacita vody	[J/kgK]
	$t_{w1}$	teplota vody vstupující do tělesa	[°C]
	$t_{w2}$	teplota vody vystupující z tělesa	[°C]
	$Q_T$	výkon otopného tělesa	[W].

Ze vztahu (3.1) pak vyplývá, že výkon otopného tělesa je přímo úměrný součinu teplotního rozdílu topné vody na vstupu a výstupu z tělesa a průtoku teplotnosné látky. Je však závislý

i na teplotě vzduchu, na kterou chceme danou místnost vytápět. Požadujeme-li vyšší teplotu vzduchu, sníží se teplotní rozdíl mezi střední teplotou média a teplotou vzduchu a tedy i výkon tělesa. Nominální tepelný výkon otopného tělesa bývá zpravidla udáván pro několik teplotních spádů a teplotu vzduchu v místnosti 20 °C. Pro jiné návrhové podmínky je nutno výkon přepočítat dle vztahu [2]:

$$Q_T = Q_n \cdot \left( \frac{\Delta t}{\Delta t_n} \right)^n \quad [\text{W}] \quad (3.2)$$

kde  $Q_n$  je jmenovitý tepelný výkon tělesa [W]  
 $\Delta t$  teplotní rozdíl [°C]

Teplotní rozdíl je dán rozdílem střední teploty teplotnosné látky a teploty vzduchu:

$$\Delta t = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} - t_i \quad [^\circ\text{C}] \quad (3.3)$$

Dosazením rovnice (3.3) do vztahu (3.2) získáme výkon otopného tělesa:

$$Q_T = Q_n \cdot \left( \frac{\frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} - t_i}{\frac{90 + 70}{2} - 20} \right)^n \quad [\text{W}] \quad (3.4)$$

Přenos tepla od otopného tělesa probíhá dle obecných vztahů přenosu tepla. Vnitřnímu prostředí se teplo předává konvekcí a radiací:

$$Q_T = Q_k + Q_s \quad [\text{W}] \quad (3.5)$$

kde  $Q_k$  je teplo předané konvekcí [W]  
 $Q_s$  teplo předané radiací [W].

$$Q_k = \alpha \cdot S_L \cdot (t_p - t_i) \quad [\text{W}] \quad (3.6)$$

kde  $\alpha$  je součinitel přestupu tepla [W/m<sup>2</sup>·K]  
 $S_L$  vnější přestupní plocha otopného tělesa [m<sup>2</sup>]  
 $t_p$  povrchová teplota tělesa [°C].

$$Q_s = S_L \cdot \varphi_{Oj} \cdot c_{Oj} \cdot \left[ \left( \frac{T_p}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{pOj}}{100} \right)^4 \right] \quad [\text{W}] \quad (3.7)$$

kde  $\varphi_{Oj}$  je poměr ozáření z vybrané zářící plochy  $S_L$  na ozářenou plochu  $S_{Oj}$  [-]  
 $c_{Oj}$  součinitel vzájemného záření mezi plochami  $S_L$  a  $S_{Oj}$  [W/m<sup>2</sup>·K<sup>4</sup>]  
 $T_p$  povrchová teplota otopného tělesa [K]  
 $T_{pOj}$  povrchová teplota ozářené plochy  $S_{Oj}$  [K].

Z předchozích vztahů je patrné, že výkon tělesa roste s přestupní plochou a povrchovou teplotou této plochy. Byl zvolen teplotní spád **55/45 °C**. Otopná soustava je doplněna o akumulaci nádrž.

Délka otopných těles je volena dle šíře oken, aby se omezil vliv padajících chladných proudů. Výpočet otopných těles je uveden v Tab. 3.1.

Tab. 3.1 Výkon otopných těles

číslo m.	Označení místnosti	vnitřní teplota	tepelná ztráta	výkon tělesa	pokrytí ztrát	typ a rozměry	produktová řada
		$t_i$ °C	$\Phi_i$ W	$Q_{OT}$ W	%	mm	-
01	Pracovna	20	1474	1358	98,9	22x600x1600	RC VKU
101	Obývací pokoj	20	1493	1469	101,7	22x500x2000	RC VKU
102	Pokoj	20	1376	1360	98,8	22x600x1600	RC VKU
103	Hala	18	1691	1665	98,5	22x600x1800	VKU
104	Předsíň	15	521	527	101,0	20x500x1000	RC VKU
105	Koupelna	24	827	857	103,5	22x900x900	VKU
106	Kuchyně	20	1880	1952	105,8	22x600x2300	RC VKU
201	Ložnice	20	1451	1469	101,2	22x500x2000	RC VKU
202	Ložnice	20	1315	1305	99,2	21x600x2000	RC VKU
203	Šatna	20	663	680	102,6	21x500x1200	RC VKU
204	Koupelna	24		422		21x500x900	RC VKU
204	Koupelna	24	601	202	103,8	KS1220.600	KORALUX ST
205	Pokoj	20	1070	1134	105,9	21x500x2000	RC VKU

## 4 POTRUBNÍ TRASY

Potrubní síť slouží k dopravě teplotnosného média, v našem případě vody, k místům odběru, tj. otopných těles. Základní dělení typologií sítí z hlediska směru rozvodu je na horizontální a vertikální. Požadavky investora znemožnily použití horizontálních rozvodů, byly proto zvoleny rozvody vertikální, jež v určité míře zachovávají stávající řešení.

Otopná soustava je navržena jako dvoutrubková, protiproudá, uzavřená, se spodním ležatým rozvodem, vertikální s nuceným oběhem. Materiál potrubí je měď.

Návrh dimenzí potrubí vychází z hydraulických výpočtů, tj. určení tlakových ztrát. *Celková tlaková ztráta* úseku  $\Delta p$  je dána [2]:

$$\Delta p = \Delta p_{\lambda} + \Delta p_{\zeta} \quad [\text{Pa}] \quad (4.1)$$

kde	$\Delta p$	je celková tlaková ztráta úseku	[Pa]
	$\Delta p_{\lambda}$	tlaková ztráta třením	[Pa]
	$\Delta p_{\zeta}$	tlaková ztráta místními (vřazenými) odpory	[Pa].

Tlakové ztráty třením jsou charakterizovány:

$$\Delta p_{\lambda} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \quad [\text{Pa}] \quad (4.2)$$

kde	$\lambda$	je součinitel tření	[-]
	$l$	délka úseku potrubí	[m]
	$d$	průměr potrubí	[m]
	$w$	rychlost proudění	[m/s]
	$\rho$	hustota vody	[kg/m <sup>3</sup> ].

Tlakové ztráty vřazenými odpory určíme:

$$\Delta p_{\zeta} = \sum \zeta \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \quad [\text{Pa}] \quad (4.3)$$

kde	$\zeta$	je součinitel místního odporu	[-].
-----	---------	-------------------------------	------

Součinitel tření  $\lambda$  určíme například pomocí funkce „Řešitel“ v softwaru Excel ze vztahu:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left( \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3,72 \cdot d} \right) \quad [-] \quad (4.4)$$

kde	$Re$	je Reynoldsovo číslo	[-]
	$k$	drsnot potrubí	[mm].

Reynoldsovo číslo je pak dáno závislostí:

$$Re = \frac{w \cdot d}{\nu} \quad [-] \quad (4.5)$$

kde	$\nu$	je kinematická viskozita	[m <sup>2</sup> /s].
-----	-------	--------------------------	----------------------

Kinematická viskozita, hustota a měrná tepelná kapacita se mění s teplotou:

$$\nu = 19,8 \cdot 10^{-6} \cdot t^{-0.915} \quad [\text{m}^2/\text{s}] \quad (4.6)$$

$$\rho = 1006 - 0,26 \cdot t - 0,0022 \cdot t^2 \quad [\text{kg}/\text{m}^3] \quad (4.7)$$

$$c = 4210 - 1,363 \cdot t + 0,014 \cdot t^2 \quad [\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}] \quad (4.8)$$

Pro určení rychlosti proudění vycházíme z požadovaného průtoku tělesa:

$$\dot{m} = S \cdot w \cdot \rho \quad [\text{kg}/\text{s}] \quad (4.9)$$

kde  $\dot{m}$  je hmotnostní průtok  $[\text{kg}/\text{s}]$ .

$$w = \frac{\dot{m}}{S \cdot \rho} = \frac{4 \cdot \dot{m}}{\pi \cdot d^2 \cdot \rho} \quad [\text{m}/\text{s}] \quad (4.10)$$

$$\dot{m} = \frac{Q}{c \cdot (t_{w1} - t_{w2})} \quad [\text{kg}/\text{s}] \quad (4.11)$$

Rychlost proudění je závislá na množství tepla dopravovaného k otopným tělesům. Volíme tedy průměr potrubí tak, aby rychlost proudění byla v doporučených ekonomických hodnotách 0,2 až 1,5 m/s. [2] Při vyšších rychlostech by docházelo k většímu opotřebenému potrubí, zvýšily by se hlukové poměry a rovněž by se zvyšoval příkon oběhového čerpadla. Navíc by mohlo docházet k nedostatečnému přestupu tepla na straně otopného tělesa.

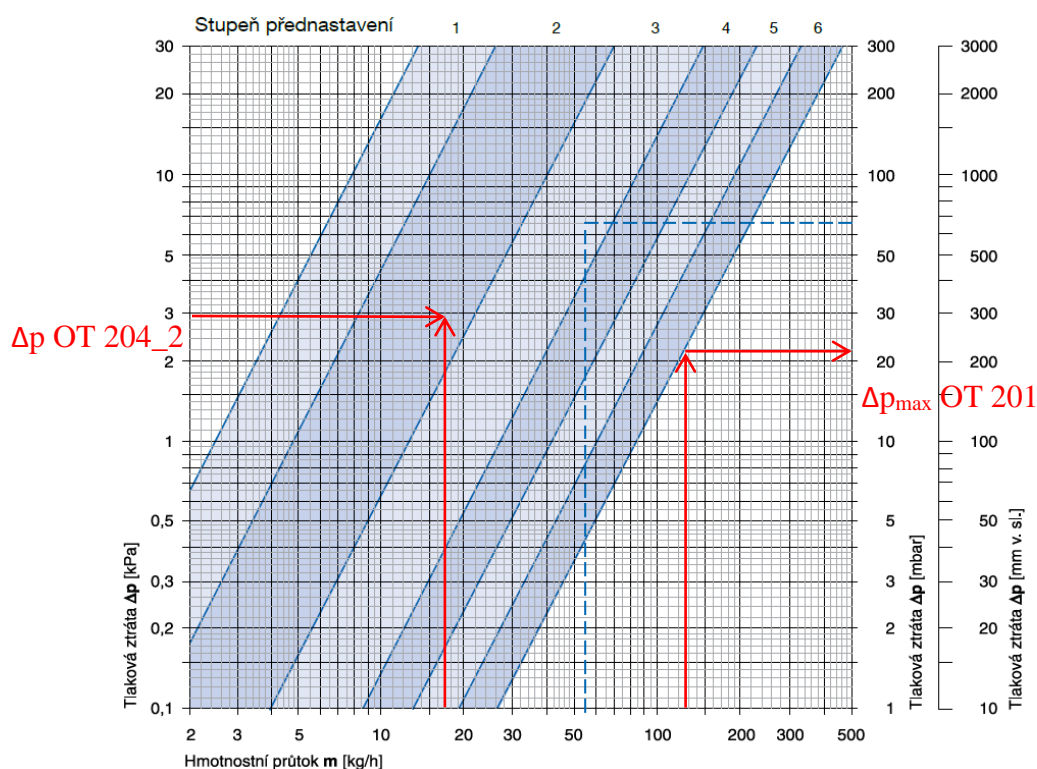
Dimenzování jednotlivých úseků potrubí se provádí tak, aby tlakové poměry na připojení otopných těles byly pokud možno podobné a to při zachování nižších tlakových ztrát. Tlakové rozdíly se pak dorovnávají škrcením regulačního ventilu na jednotlivých tělesech dle tlakového diagramu výrobce. Příklad výpočtu tlakových ztrát okruhu přes otopné těleso č. 01 je uveden v Tab. 4.1. Stupeň přednastavení ventilu je uveden v Tab. 4.2.

Tab. 4.1 Tlakové ztráty - okruh přes otopné těleso č. 01

úsek	Q	m	l	d	w	R	R*I	Σζ	Z	R*I+Z
	[W]	[kg/h]	[m]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
23	14 401	1 241	4,50	32	0,44	71	321	13,8	1282	1603
19	8 627	743	1,33	32	0,26	29	38	3,8	127	166
17	6 962	600	4,97	32	0,21	20	98	0,6	12	110
15	1 358	117	4,04	13	0,25	84	337	17,3	526	863
z15	1 358	117	4,04	13	0,25	84	337	25,2	767	1105
z17	6 962	600	4,97	32	0,21	20	98	3,2	70	168
z19	8 627	743	1,33	32	0,26	29	38	1,5	50	88
z23	14 401	1 241	5,20	32	0,44	71	371	7,2	671	1042
<b>Celková tlaková ztráta</b>										<b>5145</b>

Tlakové ztráty jednotlivých úseků jsou uvedeny v příloze „Úseky potrubní sítě.“

Největší tlakovou ztrátu má okruh otopného tělesa č. 201,  $\Delta p = 5223$  Pa. Tato hodnota se navýší o tlakovou ztrátu plně otevřeného termoregulačního ventilu dle diagramu výrobce otopných těles (tělesa mají ventil již zabudován) při známém průtoku tělesem. Hmotnostní průtok tělesem č. 201 je 127 kg/h a tomuto průtoku odpovídá tlaková ztráta TRV 2200 Pa, celkem tedy tlakové ztráty okruhu přes těleso č. 201 činí 7423 Pa. Od této hodnoty odečítáme tlakové ztráty jednotlivých okruhů a tento rozdíl nám při průtoku daným tělesem udává stupeň přednastavení TRV. Tímto zaregulováním zajistíme projektovaný průtok otopnými tělesy. Příklad odečtu tlakové ztráty a nastavení TRV je uveden na Obr. 5.



Obr. 5 Přednastavení termoregulačního ventilu v tlakovém diagramu [6]

Tab. 4.2 Stupeň přednastavení termoregulačního ventilu na jednotlivých tělesech

číslo tělesa	tlaková ztráta okruhu	tlaková diference	hmotnostní průtok	stupeň přednastavení ventilu
	R·I+Z	$\Delta p$	m	-
	[Pa]	[Pa]	[kg/h]	[-]
01	5 145	2 278	117	6
101	4 542	2 880	127	6
102	4 612	2 811	117	6
103	4 523	2 900	144	6
104	3 821	3 601	45	3
105	3 774	3 649	74	4

číslo tělesa	tlaková ztráta okruhu	tlaková diference	hmotnostní průtok	stupeň přednastavení ventilu
	R·l+Z	$\Delta p$	$\dot{m}$	-
	[Pa]	[Pa]	[kg/h]	[-]
106	5 011	2 412	168	6
201	5 223	2 200	127	6
202	4 670	2 753	112	6
203	4 090	3 333	59	4
204_1	3 831	3 592	36	3
204_2	2 890	4 532	17	2
205	4 170	3 253	98	5

Výpočet tlakových ztrát okruhů přes jednotlivá otopná tělesa je uveden v příloze „*Tlakové ztráty k otopným tělesům.*“

Rozvodné potrubí umístěné pod stropem v suterénu bude zaizolováno po celé délce tepelnou izolací Mirelon tloušťky 20 mm.



## 5 ZDROJ TEPLA

Výkon zdroje či součet výkonů více zdrojů tepla musí pokrývat tepelné ztráty objektu, jehož vytápění má či mají zajistit. Tepelné ztráty se stanovují na základě venkovní výpočtové teploty pro danou oblast, jež je určena z dlouhodobých meteorologických měření např. za desetiletí. Pro oblast Hodonín, v němž objekt leží, je tato teplota  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Tato práce se zabývá návrhem otopné soustavy s tepelným čerpadlem vzduch-voda. Výkon tohoto typu zdroje je přímo úměrný venkovní teplotě, s klesající teplotou se snižuje i výkon. Zajistit pokrytí 100 % tepelných ztrát tepelným čerpadlem by bylo značně neefektivní, jelikož každý nárůst výkonu je investičně nákladný. Navíc není účelné jeho výkon dimenzovat na venkovní výpočtovou teplotu, protože k takto nízkým teplotám dochází pouze několik dnů v roce. Pro pokrytí nedostatečného výkonu při těchto teplotách slouží bivalentní zdroj, který je investičně méně nákladný.

Aby byl provoz tepelného čerpadla výhodnější vzhledem k počátečním investicím, je nutné mít dvoutarifní sazbu elektřiny. Pro tepelná čerpadla je určena sazba D56d, jež je rozdělena na 22 hod nízkého tarifu a 2 hod vysokého tarifu. Po dobu trvání vysokého tarifu musí být provoz tepelného čerpadla blokován signálem HDO (hromadné dálkové ovládání). Nutnou podmínkou pro získání sazby D56d je pokrytí alespoň 60 % tepelných ztrát (při vnější výpočtové teplotě) tepelným čerpadlem. [7]

V [2] se uvádí doporučené rozmezí pokrytí tepelných ztrát tepelným čerpadlem mezi 50 až 75 %. Dimenzování výkonu tepelného čerpadla na vyšší pokrytí tepelných ztrát by provozní úspora nevyvážila vyšší počáteční investici. Podle těchto kritérií bylo zvoleno tepelné čerpadlo Regulus CTC EcoAir 420, jehož parametry jsou uvedeny v Tab. 5.1. Vyobrazení použitého tepelného čerpadla je na Obr. 6.



Obr. 6 Tepelné čerpadlo vzduch-voda Regulus CTC EcoAir 420 [8]

### 5.1 Stanovení bodu bivalence

Pro stanovení provozních parametrů je nezbytné provést statickou charakteristiku otopného systému. Ta ukazuje rovnovážný stav mezi vytápěným objektem, otopnou soustavou a výkonem zdroje. Tento rovnovážný stav se nazývá bod bivalence a značí nejnižší venkovní teplotu, při které tepelné ztráty ještě pokrývá samotné tepelné čerpadlo. [2] Při návrhu lze volit mezi dvěma režimy z hlediska provozu bivalentního zdroje při teplotách nižších než je teplota bivalence. Zdroje mohou být provozovány sériově, kdy pod teplotou bivalence je tepelné čerpadlo odstaveno a běží pouze bivalentní zdroj. Druhou možností je

paralelní provoz, tepelné čerpadlo je v provozu současně s bivalentním zdrojem. Tento návrh zahrnuje druhý přístup, tj. paralelní chod.

Abychom mohli provést statický rozbor, je třeba znát tyto charakteristiky:

- závislost tepelných ztrát na venkovní teplotě  $Q_T = f(t_e)$
- závislost výkonu otopné soustavy na teplotě přívodní vody  $Q_{OS} = f(t_{w1})$
- závislost výkonu zdroje na teplotě výstupní vody a venkovní teplotě  $Q_{TČ} = f(t_{w1}, t_e)$

### 5.1.1 Závislost tepelných ztrát na venkovní teplotě

Tepelné ztráty byly spočteny v kap. 2. Při venkovní výpočtové teplotě  $-12\text{ °C}$  činí  $14,180\text{ kW}$ . Tato závislost je lineární, měrná tepelná ztráta je  $433\text{ W/K}$ . Měrná tepelná ztráta na jednotkový objem je  $30,26\text{ W/m}^3$ . Měrná tepelná ztráta na jednotkovou plochu vytápěného prostoru je rovna  $73,68\text{ W/m}^2$ .

### 5.1.2 Závislost výkonu otopné soustavy na teplotě přívodní vody

Výkon otopné soustavy je dán součtem výkonu otopných těles. Jak jsme odvodili ve vztahu (3.4) je výkon tělesa závislý na teplotě vstupní a výstupní vody:

$$Q_T = Q_n \cdot \left( \frac{t_{w1} + t_{w2} - t_i}{60} \right)^n$$

Pro určení závislosti výkonu otopné soustavy na teplotě přívodní vody je třeba vypočítat ekvitemní křivku – závislost teploty přívodní vody  $t_{w1}$  na venkovní teplotě. [9]

$$\Delta t = (t_{w1,max} - t_{w2,max}) \cdot \frac{t_e - t_i}{t_{e,min} - t_i} \quad [\text{K}] \quad (5.1)$$

kde	$\Delta t$	je pracovní rozdíl teplot	$[\text{°C}]$
	$t_{w1,max}$	nejvyšší teplota přívodní vody	$[\text{°C}]$
	$t_{w2,max}$	nejvyšší teplota vratné vody	$[\text{°C}]$
	$t_e$	venkovní teplota	$[\text{°C}]$
	$t_{e,min}$	výpočtová venkovní teplota	$[\text{°C}]$
	$t_i$	teplota vytápěného prostoru	$[\text{°C}]$ .

Střední teplotu vody určíme ze závislosti:

$$t_m = t_i + \left( \frac{t_{w1,max} + t_{w2,max}}{2} - t_i \right) \cdot \left( \frac{t_e - t_i}{t_{e,min} - t_i} \right)^{\frac{1}{n}} \quad [\text{°C}] \quad (5.2)$$

kde	$t_m$	je střední teplota vody	$[\text{°C}]$
	$n$	teplotní exponent tělesa	$[-]$ .

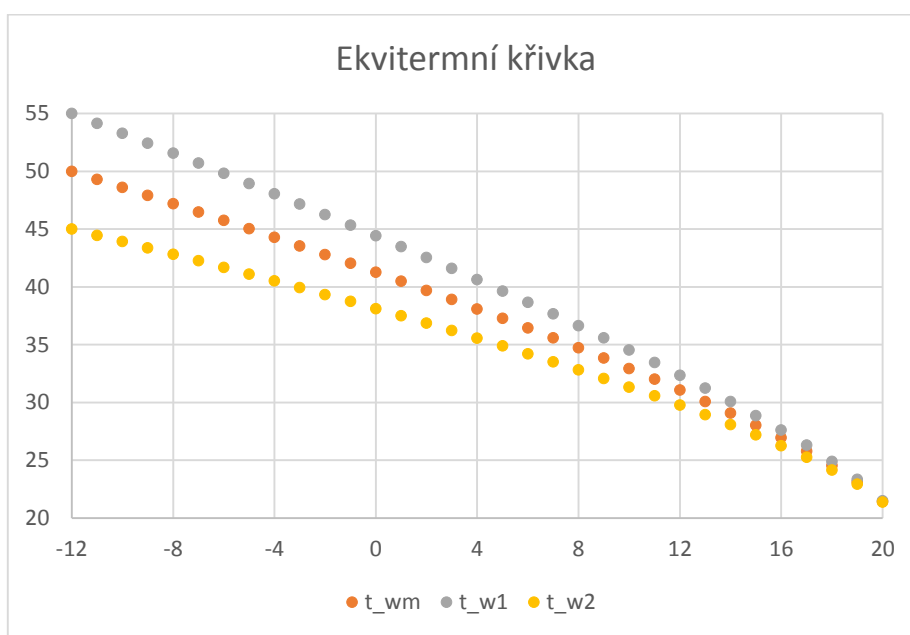
Poté již vyjádříme teplotu přívodní vody:

$$t_{w1} = t_m + \frac{\Delta t}{2} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (5.3)$$

a obdobně vody vratné:

$$t_{w2} = t_m - \frac{\Delta t}{2} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (5.4)$$

Z předchozích vztahů lze sestavit ekvitermní křivku neboli závislost teploty přívodní vody na venkovní teplotě tak, aby výkon soustavy pokryl tepelné ztráty. Graf ekvitermní závislosti je zobrazen na Obr. 7.



Obr. 7 Ekvitermní křivka

Vodorovná osa – venkovní teplota  $t_e$  [ $^{\circ}\text{C}$ ]; svislá osa – teplota topné vody:  $t_{wm}$  – střední teplota topné vody;  $t_{w1}$  – teplota přívodní vody;  $t_{w2}$  – teplota vratné vody

Vztah (5.3) je funkcí venkovní teploty a dosazením do (3.4) získáme závislost výkonu otopných těles na teplotě přívodní vody:

$$Q_T = Q_n \cdot \left( \frac{t_{w1} - \frac{\Delta t}{2} - t_i}{60} \right)^n \quad [\text{W}] \quad (5.5)$$

Celkový výkon otopné soustavy je pak dán sumou výkonu otopných těles.

### 5.1.3 Závislost výkonu zdroje na teplotě výstupní vody a venkovní teplotě

Z dříve uvedeného je zřejmé, že výkon tepelného čerpadla vzduch-voda je závislý jak na teplotě venkovního vzduchu, tak i na požadované teplotě výstupní vody. Tyto požadavky se rozcházejí, neboť s klesající venkovní teplotou klesá i dostupný výkon, současně je zapotřebí vyšších teplot výstupní vody, což vede k dalšímu snížení výkonu. Charakteristiku tepelného čerpadla udává výrobce; je stanovena experimentálně. Udává závislost výkonu na teplotě výstupní vody při různých venkovních teplotách. Charakteristika tepelného čerpadla je uvedena v Tab. 5.1.

Tab. 5.1 Parametry TČ vzduch-voda Regulus CTC EcoAir 420

$t_e$	Q	Q	Q	COP	COP	COP
°C	W	W	W	-	-	-
$t_{wl}$ °C	35	45	55	35	45	55
-15	9520	9070	8720	2,52	2,09	1,76
-7	11510	11540	11430	2,92	2,52	2,19
2	14550	14020	13670	3,52	2,92	2,52
7	17520	18020	17320	4,15	3,60	3,06

### 5.1.4 Bod bivalence

Pro nalezení bodu bivalence je třeba určit rovnovážný stav předchozích charakteristik. To je možné graficky i početně. Jelikož volba křivky charakteristiky tepelného čerpadla ovlivní určení rovnovážného stavu, bude bod bivalence stanoven početně.

V předešlých kapitolách je uvedena závislost tepelných ztrát na venkovní teplotě, zároveň je známa závislost potřebné teploty přírodní vody a tedy i výkon soustavy na venkovní teplotě.

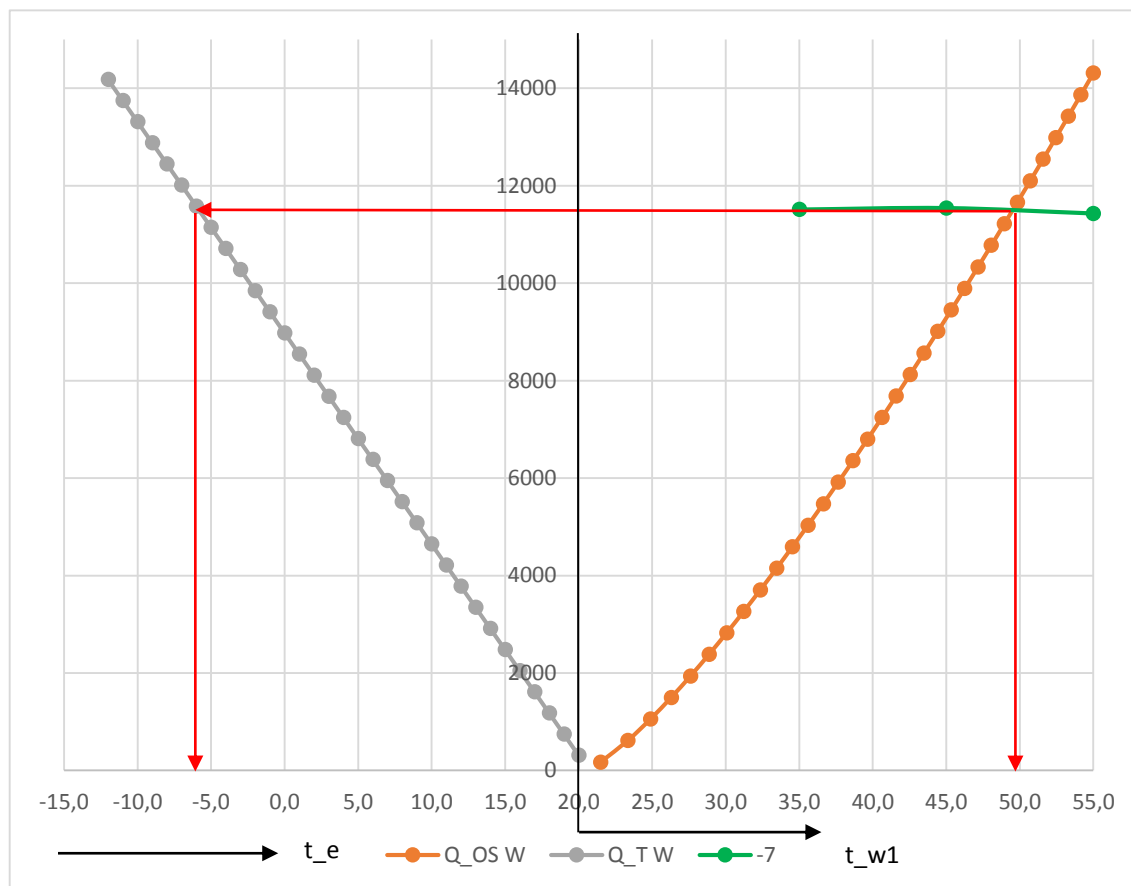
Zbývá určit, při jaké nejnižší venkovní teplotě je schopno tepelné čerpadlo dodat vodu o potřebné teplotě tak, aby jeho výkon pokryl tepelné ztráty objektu při této venkovní teplotě, tedy teplotě bivalence.

Nejdříve lineární interpolací vypočítáme dostupný výkon tepelného čerpadla v závislosti na venkovní teplotě a to ve třech úrovních udávané výstupní teploty: 35, 45 a 55 °C. Z charakteristiky otopné soustavy víme potřebnou teplotu na přívodu v závislosti na venkovní teplotě. Opět použijeme lineární interpolaci, kde pro požadovanou teplotu na přívodu zjišťujeme výkon tepelného čerpadla při dané venkovní teplotě.

Podobně určíme i teplotní faktor – **COP**, tato data později využijeme pro určení přibližného sezónního topného faktoru **SCOP**.

Poté už známe poměr mezi výkonem tepelného čerpadla, výkonem otopné soustavy a tepelnými ztrátami v průběhu venkovních teplot. Hledáme hodnotu podílu výkonu tepelného čerpadla a tepelných ztrát nejbližší hodnotě 1. Odpovídající venkovní teplota je hledaný bod bivalence. Tímto způsobem byla stanovena *teplota bivalence*  $t_{bb}$  na -6 °C.

Z charakteristiky výrobce je této teplotě nejbližší křivka pro venkovní teplotu  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Pro tuto teplotu provedeme grafickou kontrolu. Grafické řešení je znázorněno na Obr. 8.



Obr. 8 Grafické určení bodu bivalence [2]

Svislá osa výkon/ztráty ve W;  $t_e$  – venkovní teplota;  $t_{w1}$  – výstupní teplota vody z tepelného čerpadla;  $Q_{OS}$  – výkon otopné soustavy;  $Q_T$  – tepelné ztráty objektu;  $-7$  – výkon tepelného čerpadla při venkovní teplotě  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Grafickým řešením je určena teplota bivalence rovněž na hodnotu  $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Teplota výstupní vody je  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

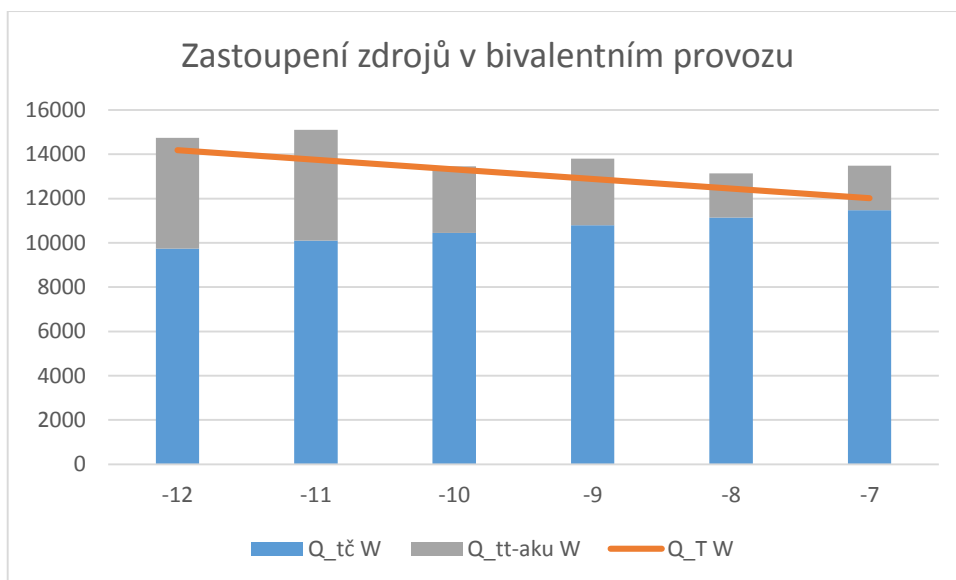
## 5.2 Bivalentní zdroj

Při výpočtové venkovní teplotě  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$  má tepelné čerpadlo výkon  $9,736\text{ kW}$  při teplotě výstupní vody  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ztráty objektu jsou  $14,180\text{ kW}$ . Minimální výkon bivalentního zdroje je dán jejich rozdílem, tedy  $4,444\text{ kW}$ . Jako sekundární zdroj byla vybrána dvě elektrická topná tělesa instalovaná v akumulční nádrži, jedno o výkonu  $2\text{ kW}$  a druhé o výkonu  $3\text{ kW}$ . Na Obr. 9 je fotografie bivalentního zdroje.



Obr. 9 Elektrické topné těleso umístěné v akumulční nádrži [10]

Důvodem výběru dvou těles namísto jednoho je jejich nízká cena a teoreticky větší poměrné zastoupení tepelného čerpadla při bivalentním provozu a tudíž menší spotřebu elektrické energie. Zastoupení zdrojů při bivalentním provozu v závislosti na venkovní teplotě je uvedeno na Obr. 10.



Obr. 10 Poměrné zastoupení zdrojů při bivalentním provozu

Na vodorovné ose venkovní teplota  $t_e$ , na svislé ose výkon/ztráta ve W;  $Q_T$  – tepelné ztráty při dané venkovní teplotě;  $Q_{tč}$  – výkon tepelného čerpadla při dané venkovní teplotě;  $Q_{tt}$  – výkon bivalentního zdroje, při  $t_e$  -7 až -8 °C v provozu 2 kW těleso, -9 až -10 °C 3 kW těleso, pod -11 °C obě tělesa

## 6 AKUMULAČNÍ NÁDRŽ

Pro vyrovnání nárazově zvýšené potřeby tepla je soustava vybavena akumulací nádrží. Aby se zamezilo častému cyklování, tj. spínání tepelného čerpadla, je nutné dodržet podmínku minimální náplně teplotonosné látky. Pokud je objem otopné soustavy nižší než tato požadovaná hodnota, musí být soustava doplněna o akumulací nádrž. Minimální objem teplotonosné látky je důležitý také z hlediska reverzace tepelného čerpadla. V tomto režimu tepelné čerpadlo využívá teplo z otopné soustavy k odtávání námrazy. Pokud by soustava neobsahovala dostatečný objem vody, pak by reverzace měla negativní vliv na tepelnou pohodu vytápěného prostoru. [2]

$$V_{aku} = cca 15 \cdot Q_{zdroj} = 15 \cdot 14,55 = 218 \quad [l] \quad (6.1)$$

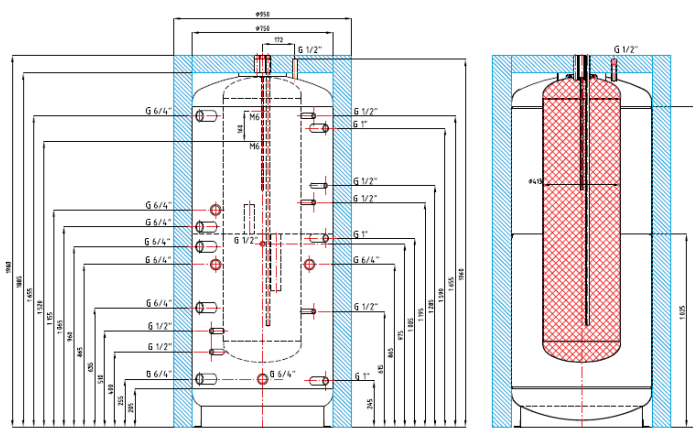
kde  $V_{aku}$  je minimální náplň teplotonosné látky [l]  
 $Q_{zdroj}$  výkon zdroje [kW].

Zde jako výkon zdroje v případě tepelného čerpadla vzduch-voda je uvažován výkon při podmínkách A2/W35, tedy při venkovní teplotě 2 °C a teplotě výstupní větve z TČ 35 °C.

Jelikož je požadavkem projektu zajistit dodávku teplé vody, byla vybrána akumulací nádrž z vestavěným zásobníkem teplé vody Regulus DUO 750/200 P. Nádrž obsahuje dělicí přepážku mezi dolní a horní částí nádrže, která slouží pro snížení promíchávání ohřáté vody s vodou o nižší teplotě. Součástí je izolace Ezocoil o tloušťce 100 mm. Objem zásobníku teplé vody je 192 litrů, objem akumulací nádrže 565 litrů. Výběr většího zásobníku byl vyloučen kvůli šířce dveří 80 cm do technické místnosti. Parametry akumulací nádrže jsou uvedeny v Tab. 6.1, schéma nádrže je na Obr. 11.

Tab. 6.1 Parametry akumulací nádrže

Parametr	hodnota	jednotka
Celkový objem kapalin v akumulací nádrži	757	l
Objem kapaliny ve vnitřním zásobníku TV	192	l
Objem kapaliny v akumulací nádrži	565	l
Maximální provozní teplota v nádrži	95	°C
Maximální provozní teplota v zásobníku TV	95	°C
Maximální provozní tlak v nádrži	4	bar
Maximální provozní tlak v zásobníku TV	6	bar
Hmotnost prázdné nádrže	118	kg
Klopová výška při sundané izolaci	1990	mm



Obr. 11 Schéma akumulací nádrže s vestavěným zásobníkem TV [11]

## 7 OHŘEV TEPLÉ VODY

Součástí zadání projektu je zajištění ohřevu teplé vody. Při řešení ohřevu teplé vody lze volit dva přístupy. Buď výběrem velikosti zásobníku na základě dostupného výkonu pro ohřev, nebo naopak při známém objemu zásobníku teplé vody výpočtem zjistit potřebný výkon pro zajištění dodávky tepla. V tomto případě byla zvolena druhá varianta, jelikož vybraná akumulární nádrž obsahuje zásobník teplé vody o objemu 192 litrů. Potřebný výkon pro ohřev se stanovuje na základě křivek dodávky a odběru tepla. Kontrola dostupného výkonu při výpočtové venkovní teplotě je uvedena v Tab. 7.3.

### 7.1 Křivky dodávky a odběru tepla

Křivka odběru tepla je závislost odběru objemu TV na čase  $\tau$  během periody.

Použitá křivka odpovídá standartní odběrné křivce bytových objektů. Je sestrojena na základě hodnot v Tab. 7.1. Křivky dodávky a odběru tepla jsou na Obr. 12.

Tab. 7.1 Odběry teplé vody za periodu [2]

odběr [%]	od [h]	do [h]
35	5	17
50	17	20
15	20	24

Potřeba teplé vody o teplotě 55 °C je uvažována 50 litrů na osobu na den. Objekt obývají 4 osoby, celkem tedy 200 litrů během jedné periody. Vztahy jsou převzaty z [2].

$$E_{2t} = c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1) \quad [\text{kWh}] \quad (7.1)$$

kde	$c$	je měrná tepelná kapacita	$[\text{kWh}/\text{m}^3 \cdot \text{K}]$
	$V_{2p}$	denní potřeba TV	$[\text{m}^3]$
	$t_2$	teplota TV	$[\text{°C}]$
	$t_1$	teplota studené vody	$[\text{°C}]$
	$E_{2t}$	teoretická denní potřeba tepla	$[\text{kWh}]$ .

Teoretickou potřebu tepla je nutno zvýšit o ztráty v rozvodech:

$$E_{2z} = z \cdot E_{2t} \quad [\text{kWh}] \quad (7.2)$$

kde	$E_{2z}$	je tepelná ztráta při ohřevu a distribuci TV	$[\text{kWh}]$
	$z$	poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci TV	$[-]$ .

Jelikož se jedná o starší objekt, byl ztrátový součinitel odhadnut  $z = 1$ .

Potřebné teplo je pak dáno součtem předchozích:

$$E_{1p} = E_{2p} = E_{2t} + E_{2z} \quad [\text{kWh}] \quad (7.3)$$

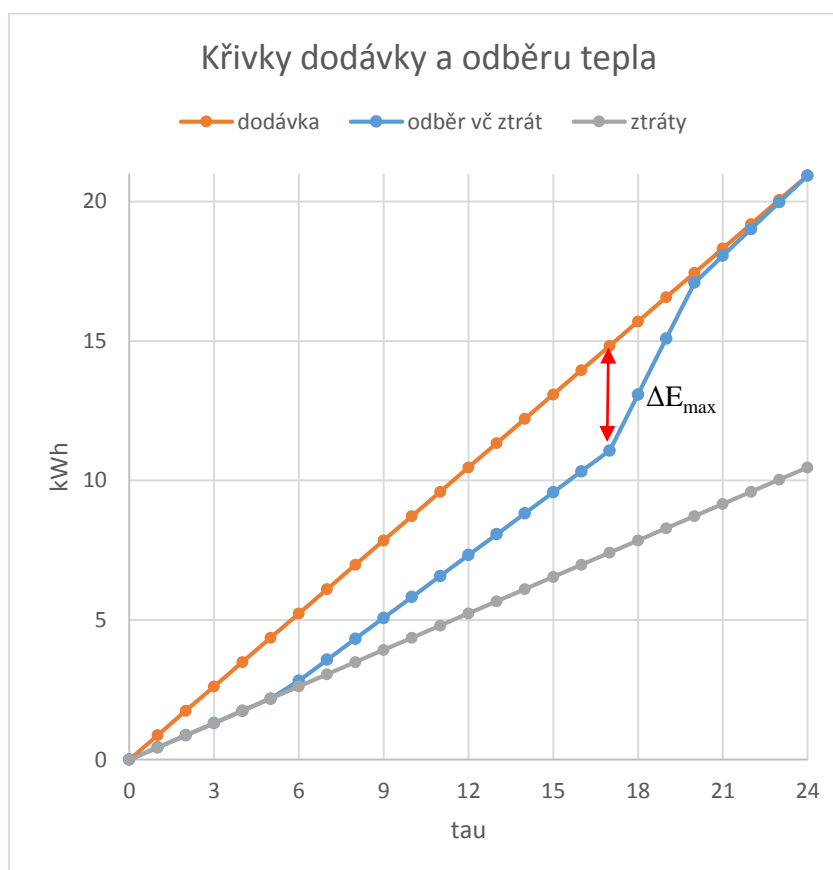
kde	$E_{1p}$	je teplo dodané ohřivačem během periody (den)	$[\text{kWh}]$ .
-----	----------	---	------------------



Pro zjištění minimálního objemu zásobníku TV je nutno určit největší rozdíl mezi křivkami dodávky a odběru tepla v periodě:

$$\Delta E_{max} = \max\{E_{1p,i} - E_{2p,i}\} \quad [\text{kWh}] \quad (7.4)$$

kde  $E_{1p,i}$  je teplo dodané po  $i$ -tou hodinu - kumulativně [kWh]  
 $E_{2p,i}$  teplo odebrané po  $i$ -tou hodinu - kumulativně [kWh]  
 $\Delta E_{max}$  největší možný rozdíl mezi křivkou dodávky a odběru [kWh].



Obr. 12 Křivky dodávky a odběru tepla [2]

$\tau$  – čas [hod];  $\Delta E_{max}$  - největší možný rozdíl mezi křivkou dodávky a odběru

Minimální velikost zásobníku pak je:

$$V_z = \frac{\Delta E_{max}}{c \cdot (t_2 - t_1)} \quad [\text{m}^3] \quad (7.5)$$

Požadovaný výkon se odvíjí od doby dodávky tepla:

$$Q_{1n} = \frac{E_{1p}}{\tau_1} \quad [\text{kW}] \quad (7.6)$$

Výpočet potřeby tepla pro ohřev TV je v Tab. 7.2.

Tab. 7.2 Potřeba tepla pro ohřev TV

<i>veličina</i>	<i>značení</i>	<i>hodnota</i>	<i>jednotka</i>
<i>denní potřeba TV</i>	$V_{2p}$	0,200	[m <sup>3</sup> ]
<i>teplota TV</i>	$t_2$	55	[°C]
<i>teplota studené vody</i>	$t_1$	10	[°C]
<i>měrná tepelná kapacita</i>	$c$	1,163	[kWh/m <sup>3</sup> ·K]
<i>teoretická denní potřeba tepla</i>	$E_{2t}$	10,467	[kWh]
<i>poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci TV</i>	$z$	1	[-]
<i>tepelné ztráty při ohřevu a distribuci TV</i>	$E_{2z}$	10,467	[kWh]
<i>teplo odebrané během periody (den)</i>	$E_{2p}$	20,934	[kWh]
<i>teplo dodané ohřivačem během periody (den)</i>	$E_{1p}$	20,934	[kWh]
<i>doba ohřevu</i>	$\tau$	24	[hod]
<i>největší možný rozdíl mezi křivkou dodávky a odběru</i>	$\Delta E_{\max}$	3,751	[kWh]
<i>minimální objem zásobníku</i>	$V_z$	0,072	[m <sup>3</sup> ]
<i>výkon potřebný pro ohřev</i>	$Q_{1n}$	0,872	[kW]
<i>objem použitého zásobníku</i>	$V_{skut}$	0,192	[m <sup>3</sup> ]

Jelikož je ohřev TV zajištěn společným zdrojem pro vytápění, je třeba zkontrolovat dostupný výkon při výpočtové venkovní teplotě. Otopná soustava je navržena pro teplotní spád 55/45 °C, tepelné čerpadlo tedy při venkovní výpočtové teplotě dodává stejnou úroveň teploty vody jak pro vytápění, tak i pro ohřev TV.

Tab. 7.3 Kontrola dostupného výkonu pro současný ohřev TV a vytápění

<i>veličina</i>	<i>značení</i>	<i>hodnota</i>	<i>jednotka</i>
<i>venkovní výpočtová teplota</i>	$t_e$	-12	[°C]
<i>výkon TČ A-12/W55</i>	$Q_{TČ}$	9 736	[W]
<i>výkon topných těles v nádrži</i>	$Q_{TT}$	5 000	[W]
<i>celkový dostupný výkon</i>	$Q_C$	14 736	[W]
<i>tepelné ztráty objektu</i>	$Q_T$	14 180	[W]
<i>potřebný výkon pro ohřev TV</i>	$Q_{1n}$	872	[W]
<i>celkový potřebný výkon</i>	$Q_{pc}$	15 053	[W]
<i>Chybějící výkon pro ohřev TV</i>	$Q_{TV\min}$	316	[W]
<i>Navržený výkon pro TV</i>	$Q_{TV}$	0	[W]

Chybějící výkon pro ohřev TV činí 316 W, přičemž je dovoleno dočasné snížení teploty TV. Zároveň regulace má předvolenou prioritu pro ohřev TV. Při krátkém přerušení vytápění nedojde díky akumulaci tepla v objektu k velkému snížení prostorové teploty. Tento rozdíl zanedbáme. Výpočet roční potřeby tepla pro ohřev TV je v kap. 11.

## 8 OBĚHOVÁ ČERPADLA

Čerpadlo musí zajistit dopravu teplotně nosné látky potrubními rozvody v požadovaném množství. Potřebný průtok je dán již v samotném dimenzování otopných těles, resp. výkonem otopné soustavy. Vychází z rovnice (3.1) kterou upravíme na tvar:

$$\dot{V} = \frac{Q_{ot}}{c \cdot \Delta t \cdot \rho} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (8.1)$$

kde  $Q_{ot}$  je výkon otopné soustavy [W]  
 $\dot{V}$  objemový tok [m<sup>3</sup>/s].

Výběr vhodného oběhového čerpadla je předurčen správným stanovením pracovního bodu. Charakteristika čerpadla je závislost dopravní výšky na průtoku. Dopravní výška se stanoví dle vztahu [2]:

$$H = \frac{p_v - p_s}{\rho \cdot g} + \frac{c_v^2 - c_s^2}{2 \cdot \rho} + h_{sv} \quad [\text{m}] \quad (8.2)$$

kde  $p_v$  je tlak na výtlačném hrdle [Pa]  
 $p_s$  tlak na sacím hrdle [Pa]  
 $c_v$  rychlost ve výtlačném hrdle [m/s]  
 $c_s$  rychlost v sacím hrdle [m/s]  
 $h_{sv}$  výškový rozdíl výtlačného a sacího hrdla [m]  
 $H$  dopravní výška čerpadla [m].

Přírůstek kinetické energie je v uzavřené oběhové soustavě u málo rozlehlých objektů při správném návrhu zanedbatelný. Třetí člen rovnice je již zahrnut v údajích výrobce u dopravní výšky čerpadla. Tlaková složka by v případě výškových budov, kde je přirozený tlak dán výškovým rozdílem, zahrnovala i účinný vztlak daný rozdílnou hustotou. V tomto projektu je tlakový rozdíl uvažován pouze jako ztráty v potrubní síti. Rovnice dostává zjednodušený tvar:

$$H = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g} \quad [\text{m}] \quad (8.3)$$

Tepelné čerpadlo neobsahuje oběhové čerpadlo, výrobce udává doporučený průtok tepelným čerpadlem 2300 l/h. Při tomto průtoku je tlaková ztráta tepelného čerpadla 5 kPa. [8] Charakteristickou veličinou armatury je *průtokový součinitel*  $k_v$ , z něj při známém průtoku zjistíme tlakovou ztrátu armatury dle rovnice (8.4). [2]

$$k_v = \dot{V} \cdot \left( \frac{0,1}{\Delta p_v} \right)^{0,5} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (8.4)$$

kde  $k_v$  jmenovitý průtok [m<sup>3</sup>/h]  
 $\Delta p_v$  tlaková ztráta armatury [MPa]  
 $\dot{V}$  objemový tok [m<sup>3</sup>/h].

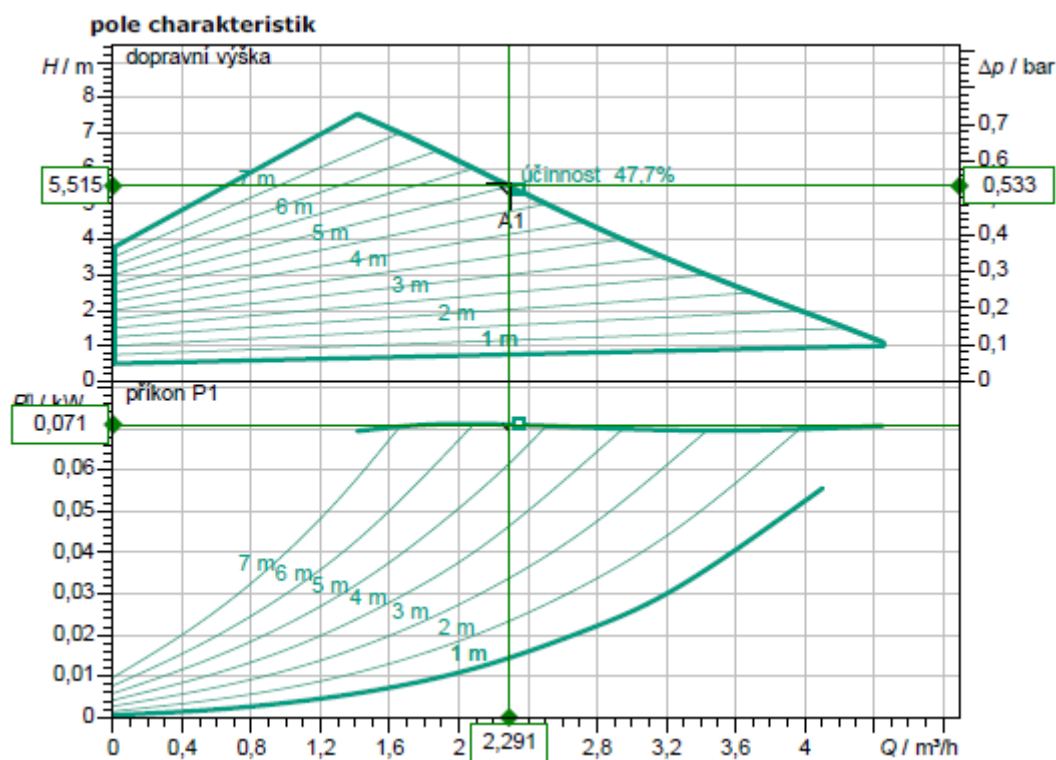
Armatury osazené v potrubním úseku mezi tepelným čerpadlem a akumulací nádrží a výpočet tlakových ztrát jsou uvedeny v Tab. 8.1. Kompletní výpočet tlakových ztrát

potrubního úseku mezi tepelným čerpadlem a akumulací nádrží je uveden v příloze „Tlakové ztráty k otopným tělesům.“

Tab. 8.1 Armatury potrubního úseku mezi tepelným čerpadlem a akumulací nádrží

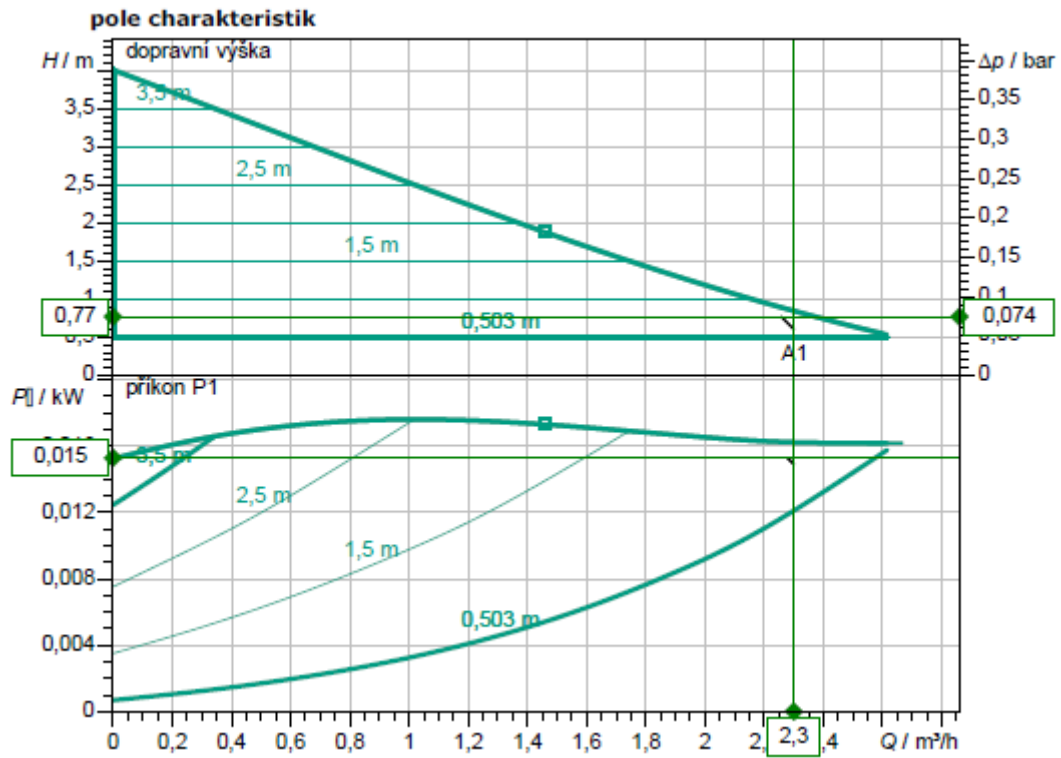
Armatura	$\dot{V}$ [m <sup>3</sup> /h]	$k_v$ [m <sup>3</sup> /h]	$\Delta p_v$ [Pa]
zpětný ventil x2	2,3	13,8	5575
3cestný ventil x2	2,3	6,9	22300
tepelné čerpadlo	2,3	-	5000
ztráty potrubí	2,3	-	20817
<b>Celkem</b>	<b>2,3</b>		<b>53691</b>

Tlaková ztráta 53 691 Pa je přepočítána dle vztahu (8.4) na dopravní výšku  $H = 5,56$  m. Jako oběhové čerpadlo mezi tepelným čerpadlem a akumulací nádrží bylo kvůli vyšším tlakovým ztrátám daným především trojcestnými ventily zvoleno oběhové čerpadlo Wilo Yonos Pico STG 25/1-7.5 – 180. Charakteristika oběhového čerpadla primárního okruhu je znázorněna na Obr. 13.



Obr. 13 Charakteristika oběhového čerpadla primárního okruhu [12]

Jak bylo uvedeno v kapitole 4, tlaková ztráta okruhu mezi akumulací nádrží a otopnými tělesy činí 7423 Pa. Tomu odpovídá dopravní výška  $H = 0,77$  m. Pro dopravu topné vody z akumulací nádrže do otopných těles bylo vybráno úsporné čerpadlo Wilo Yonos Pico 25/1-4 – 180, jehož charakteristika je na Obr. 14.



Obr. 14 Charakteristika oběhového čerpadla sekundárního okruhu [12]

## 9 BEZPEČNOSTNÍ PRVKY

Vlivem změny roztažnosti látek s teplotou hrozí nebezpečí překročení dovoleného přetlaku v otopné soustavě. Proto je nezbytné systém doplnit o prvky, které umožní tento přetlak odvést mimo soustavu. Patří mezi ně expanzní nádoba a pojistný ventil.

### 9.1 Expanzní nádoba

„Expanzní nádoba vyrovnává změny objemu vody v soustavě způsobené změnami teplot otopné vody.“ [2] Tuto funkci by měla plnit beze ztrát vody ze soustavy. Dimenzování expanzní nádoby vychází z celkového objemu vody v soustavě. Nejprve určíme expanzní objem:

$$V_e = 1,3 \cdot V_o \cdot n \cdot \frac{1}{\eta} \quad [\text{m}^3] \quad (9.1)$$

kde	$V_e$	je expanzní objem	$[\text{m}^3]$
	$V_o$	objem vody v otopné soustavě	$[\text{m}^3]$
	$n$	součinitel zvětšení objemu	$[-]$
	$\eta$	stupeň využití expanzní nádoby	$[-]$ .

Součinitel zvětšení objemu  $n$  se určí z příslušného diagramu. Stupeň využití nádoby se určí podle vztahu

$$\eta = \frac{p_{hdov} - p_{ddov}}{p_{hdov}} \quad [-] \quad (9.2)$$

kde	$p_{hdov}$	je nejvyšší dovolený přetlak	$[\text{kPa}]$
	$p_{ddov}$	nejnižší dovolený přetlak	$[\text{kPa}]$ .

Předběžný objem expanzní nádoby bude:

$$V_{cp} = \frac{V_e \cdot (p_{hp} + 100)}{p_{hp} - p_d} \quad [\text{m}^3] \quad (9.3)$$

kde	$V_{cp}$	je předběžný objem nádoby	$[\text{m}^3]$
	$p_{hp}$	předběžný nejvyšší provozní přetlak	$[\text{kPa}]$
	$p_d$	nejnižší provozní přetlak	$[\text{kPa}]$ .

Velikost expanzní nádoby volíme z předběžného objemu a to nejbližší větší vyráběné. Poté je třeba přepočítat nejvyšší provozní přetlak:

$$p_h = \frac{p_d \cdot V_c + 100 \cdot V_e}{V_c - V_e} \quad [\text{kPa}] \quad (9.4)$$

kde	$V_c$	je skutečný objem expanzní nádoby	$[\text{m}^3]$
	$p_h$	nejvyšší provozní přetlak	$[\text{kPa}]$ .

$$p_{ddov} = 1,1 \cdot \Delta p \quad [\text{kPa}] \quad (9.5)$$

kde	$\Delta p$	je provozní přetlak	$[\text{kPa}]$ .
-----	------------	---------------------	------------------

Výpočet expanzní nádoby je uveden v Tab. 9.1.

Tab. 9.1 Výpočet expanzní nádoby

<b>veličina</b>	<b>značení</b>	<b>hodnota</b>	<b>jednotka</b>
objem vody v tepelném čerpadle	$V_{tč}$	0,005	[m <sup>3</sup> ]
objem vody v otopných tělesech	$V_{ot}$	0,115	[m <sup>3</sup> ]
objem vody v potrubních rozvodech	$V_{potr}$	0,043	[m <sup>3</sup> ]
objem akumulční nádrže	$V_{aku}$	0,565	[m <sup>3</sup> ]
celkový objem	$V_o$	0,727	[m <sup>3</sup> ]
součinitel zvětšení objemu	$n$	0,014	-
nejnižší dovolený přetlak	$p_{ddov}$	8 165	[Pa]
nejvyšší dovolený přetlak	$p_{hdov}$	250 000	[Pa]
nejnižší provozní přetlak	$p_d$	80 000	[Pa]
nejvyšší provozní přetlak	$p_h$	191 119	[Pa]
využití expanzní nádoby	$\eta$	0,97	[-]
expanzní objem	$V_e$	0,014	[m <sup>3</sup> ]
předběžný objem nádoby	$V_{cp}$	0,028	[m <sup>3</sup> ]
skutečný objem nádoby	$V_c$	0,035	[m <sup>3</sup> ]

Expanzní nádoba pro otopnou soustavu má objem 35 l.

## 9.2 Pojistný ventil

Pro případ selhání funkce expanzní nádoby či nedostatečného odvedení přetlaku se instaluje pojistný ventil. Ten přebytečný přetlak odvede vypuštěním maximálně nezbytného množství vody. Pro výpočet pojistného ventilu je třeba určit pojistný výkon. Ten je v případě výměníků tepla dán dvojnásobnou hodnotou jmenovitého výkonu. V případně ostatních zdrojů tepla je roven jmenovitému výkonu [2]:

$$Q_p = Q_n \quad [\text{kW}] \quad (9.6)$$

kde  $Q_p$  je pojistný výkon [kW]  
 $Q_n$  jmenovitý výkon zdroje tepla [kW].

Průřez sedla pojistného ventilu se spočte:

$$S_o = \frac{2 \cdot Q_p}{\alpha_v \cdot p_{ot}^{0,5}} \quad [\text{mm}^2] \quad (9.7)$$

kde  $\alpha_v$  je výtokový součinitel pojistného ventilu [-]  
 $S_o$  průřez sedla pojistného ventilu [mm<sup>2</sup>]  
 $p_{ot}$  otevírací přetlak pojistného ventilu [kPa].

Minimální průměr pojistného potrubí je pak dán vztahem:

$$d_{v,min} = 10 + 0,6 \cdot Q_p^{0,5} \quad [\text{mm}] \quad (9.8)$$

kde  $d_{v,min}$  je minimální vnitřní průměr pojistného potrubí [mm].

Výpočet pojistného ventilu je uveden v Tab. 9.2.

Tab. 9.2 Výpočet pojistného ventilu

<b>veličina</b>	<b>značení</b>	<b>hodnota</b>	<b>jednotka</b>
<i>jmenovitý výkon zdroje</i>	$Q_n$	14,6	[kW]
<i>pojistný výkon</i>	$Q_p$	14,6	[kW]
<i>otevírací přetlak pojistného ventilu</i>	$p_{ot}$	250,0	[kPa]
<i>minimální otevírací přetlak pojistného ventilu</i>	$p_{otmin}$	7,4	[kPa]
<i>výtokový součinitel pojistného ventilu</i>	$\alpha_w$	0,444	[-]
<i>minimální průřez sedla pojistného ventilu</i>	$S_{omin}$	4,1	[mm <sup>2</sup> ]
<i>minimální průměr pojistného potrubí</i>	$d_{vmin}$	12,3	[mm]
<i>průřez sedla pojistného ventilu</i>	$S_o$	113,0	[mm <sup>2</sup> ]

Vybraný pojistný ventil Duco Meibes 1/2" bude instalován na akumulární nádrži.



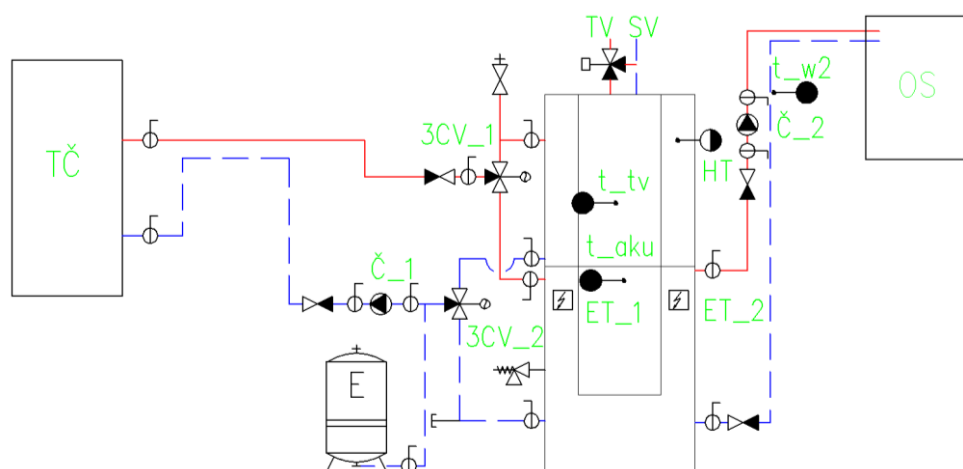
## 10 REGULACE

Regulace je nedílnou součástí moderního systému vytápění. Regulační jednotka obsluhuje jednotlivé akční členy, jimiž jsou myšleny ovládané prvky soustavy, podle nadefinovaných podmínek sledováním určených parametrů. Ty získává pomocí vhodně umístěných senzorů, jež mu vytváří zpětnou vazbu na jednotlivé regulační zásahy. Regulátory tuto zpětnou vazbu využívají k dynamické úpravě nadefinovaných podmínek podle vstupních parametrů tak, aby se co nejvíce snížila odezva celého systému. Příkladem může být zjištění časových konstant místností po pár dnech provozu, kdy regulátor sám testuje potřebnou dobu běhu zdroje tepla k dosažení požadované teploty v prostoru a naopak pokles vnitřní teploty při přerušení dodávky tepla v závislosti na venkovní teplotě. Tomu pak uzpůsobuje běh celého systému, aby docházelo ke spuštění a odstavení zdroje či zdrojů při dodržení teplotního programu. Regulace bude zajištěna změnou teploty přívodní vody (tzv. kvalitativní regulace), čerpadla budou mít konstantní otáčky (regulace průtoku je chápána jako kvantitativní regulace).

### 10.1 Schémata zapojení

Pro následný popis chování regulace jsou uvedeny schémata zapojení. Význam zkratk je uveden v popisech k obrázkům. Výškové rozměry jsou v měřítku, horizontální pouze schematicky. Schéma zapojení zdrojů a odběru tepla s akumulací nádrží je uveden na Obr. 15.

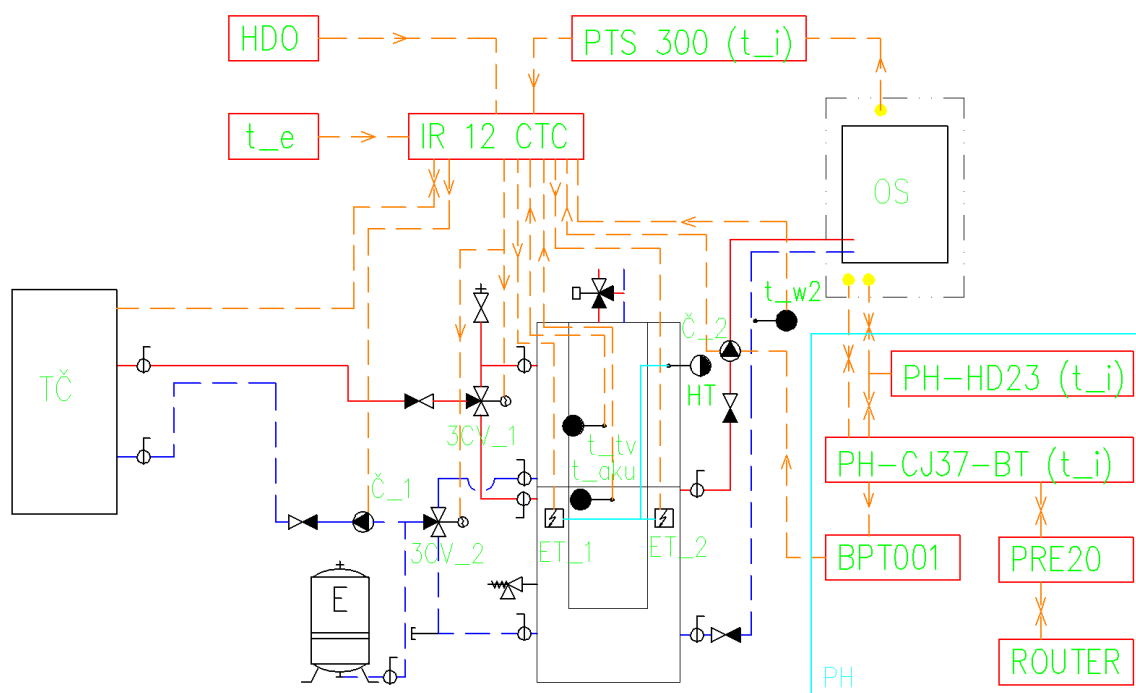
Akumulační nádrž obsahuje elektrická topná tělesa, která jsou jištěna havarijním termostatem. Ten při překročení dovolené provozní teploty odstaví tělesa z provozu. Na vývodu teplé vody je instalován termostatický směšovací ventil pro nastavitelnou maximální výstupní teplotu k výtakovým armaturám. Automatický odzdušňovací ventil je instalován v nejvyšším místě akumulací nádrže. Pojistný ventil a vypouštěcí kohout jsou připojeny v nejnižším místě nádrže. Trojcestné ventily přepínají na základě požadavku na teplou vodu. Potrubí je osazeno zpětnými ventily, aby při vypnutých čerpadlech nedocházelo k samovolnému míšení s vodou v nádrži. Na samostatném potrubí je umístěna expanzní nádoba. Pro případ servisního zásahu jsou úseky vybaveny kulovými kohouty.



Obr. 15 Schéma zapojení zdrojů a odběru tepla s akumulací nádrží [11]

TV – teplá voda; SV – studená voda; 3CV – trojcestný zónový ventil; ET – elektrické topné těleso; Č – oběhové čerpadlo; HT – havarijní termostát;  $t_{tv}$  – teplota teplé vody;  $t_{aku}$  – teplota v akumulací nádrži;  $t_{w2}$  – teplota zpětné větve z otopné soustavy

Na Obr. 16 je znázorněno propojení jednotlivých prvků a šipkou naznačen směr přenosu.



Obr. 16 Schéma zapojení regulace

PH – systém PocketHome; TČ – tepelné čerpadlo; OS – otopná soustava; HT – havarijní termostat; HDO – hromadné dálkové ovládání;  $t_e$  – čidlo venkovní teploty; IR 12 CTC – regulátor; PTS 300 – čidlo teploty v referenční místnosti; PH-HD23 – bezdrátová digitální hlavice; PH-CJ37-BT – bezdrátová centrální řídicí jednotka; BPT001 – bezdrátový spínač oběhového čerpadla; PRE20 – převodník RS232 na wifi

## 10.2 Regulace primárního okruhu s akumulací nádrží

Pro řízení topného systému je použit regulátor IR 12 CTC, který je výrobcem dodáván jako volitelné příslušenství k tepelnému čerpadlu CTC EcoAir 420. Jeho servisní i uživatelské menu je uzpůsobeno otopné soustavě s akumulací nádrží, dvěma teplotními zónami a jedním solárním okruhem.

Zjednodušený popis řízení jednotlivých členů:

**HDO** - hromadné dálkové ovládání, odstavuje z provozu zdroje tepla v době platnosti vysokého tarifu (časové intervaly dané dodavatelem elektrické energie); nejvyšší priorita; možnost nastavení vynuceného požadavku na regulátoru bez ohledu na HDO (vypnutí).

**TČ** - Pokud teplota teplé vody klesne pod  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , pak žádaná výstupní teplota z TČ je  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$  a současně dojde k přepnutí trojcestných ventilů. Pokud je teplota teplé vody mezi  $50$  až  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ , je TČ řízeno ekvitermní křivkou. V regulátoru lze nastavit teplotní diferenci neboli hysterezi. Pokud je teplota v akumulací nádrží menší než požadovaná ekvitermní křivkou, pak TČ nádrž nabíjí. Pokud oběhové čerpadlo na straně otopné soustavy neběží (Č2) a teplota v nádrží splňuje ekvitermní křivku s hysterezí  $2\text{ K}$ , je TČ zastaveno.

**ET\_1** - Elektrické topné těleso umístěné v akumulární nádrži. Pokud venkovní teplota je pod teplotou bivalence (tj.  $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), běží oběhové čerpadlo Č2 a současně teplota v nádrži poklesne oproti definované ekvitemní křivce o 2 K, topné těleso ET\_1 je zapnuto. Pokud venkovní teplota je větší rovna teplotě bivalence, či je dosaženo teploty v nádrži dle ekvitemní křivky o +2 K, ET\_1 vypíná.

**ET\_2** – Stejně podmínky jako u ET\_1, pouze spínací teplota je  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Č\_1** – Oběhové čerpadlo mezi tepelným čerpadlem a akumulární nádrží. Spíná současně s tepelným čerpadlem. Při venkovní teplotě pod  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  běží nepřetržitě, to slouží jako protimrazová ochrana.

**Č\_2** – Oběhové čerpadlo otopné soustavy (odběru/dodávky tepla). Je řízeno bezdrátovou centrální jednotkou PH-CJ37-BT, popis uveden dále.

**3CV\_1, 3CV\_2** – Řízení dle požadavku na teplou vodu (definováno v řízení TČ). Trojcestné ventily jsou instalovány tak, že pod napětím se nabíjí akumulární nádrž, bez napětí zásobník teplé vody.

Regulátor IR 12 CTC neřídí oběhové čerpadlo Č\_2, pouze má zpětnou vazbu o jeho stavu (zapnuto/vypnuto). To platí i o senzoru teploty vzduchu v referenční místnosti. Čidlo zde slouží pouze jako zpětná vazba pro korekci ekvitemní křivky a také k zjištění zpoždění jednotlivých členů systému a tím možnou úpravu nastavených diferencí tak, aby se zkrátila reakční doba neboli odezva celého systému. Na regulátoru lze nastavit, v jakém rozmezí venkovních teplot se může ekvitemní křivka korigovat změnou sklonu či změnou úrovně (posunem) a také dovolené rozmezí korekce. Zvolené přípustné rozmezí je  $\pm 3\text{ K}$ .

## 10.3 Regulace odběru tepla

Jak bylo uvedeno dříve, řízení oběhového čerpadla Č2 neobstarává regulátor k tepelnému čerpadlu. Volba tohoto řešení má svá opodstatnění. Zdůvodnění odděleného řízení zdrojů tepla a řízení odběru dvěma různými regulátory je v možnosti většího uživatelského komfortu poskytovaného systémem *PocketHome*.

Jedná se o systém centrálního řízení s bezdrátovými programovatelnými termohlavicemi. Bezdrátový systém více vyhovuje z hlediska požadavku investora minimalizovat stavební zásahy. Systém umožňuje definovat teplotní programy v jednotlivých místnostech nezávisle na referenční místnosti. To lze provést na centrální jednotce umístěné v referenční místnosti, případně softwaru pro PC či chytré telefony. Centrální jednotka má zabudovaný bluetooth modul pro ovládání např. chytrým telefonem z jakékoli místnosti v dosahu signálu. Společná komunikace jednotlivých členů systému však neprobíhá přes rozhraní bluetooth, jelikož toto pásmo může být více rušeno, avšak na frekvenci 433,92 Hz.

Projekt obsahuje převodník komunikačního portu RS232 na wifi, což umožňuje dálkové ovládání přes internet. K tomu je však nutné vlastnit veřejnou IP adresu. Systém lze vybavit

GSM modulem pro ovládání pomocí sms, s touto možností však projekt vzhledem k předchozímu sdělení nepočítá.

Samotné termohlavice jsou nabízeny ve dvojitým provedení. Jednodušší a levnější PH-HD03 lze ovládat pouze prostřednictvím řídicí jednotky či výše zmíněném softwaru, nikoli na hlavici samotné, jelikož neobsahuje žádné ovládací prvky (pouze indikační diody). To teoreticky snižuje poruchovost, ale nevýhodou může být právě nemožnost nastavení přímo v místě odběru. Proto jsou použity hlavice PH-HD23, které mají displej i ovládací tlačítka. Důležitou vlastností je to, že systém si pomocí termohlavic zjistí časové konstanty místnosti a tomu uzpůsobí režim dodávky tepla, jak bylo popsáno v úvodu kapitoly.

Nezbytným prvkem je bezdrátový spínač BPT001, jenž je připojen na oběhové čerpadlo. Centrální jednotka umožňuje povolit či zakázat možnost vynucení sepnutí oběhového čerpadla jednotlivými hlavicemi při individuální změně programu na dané hlavici.

V případě, že by některé prvky byly mimo dosah signálu (neočekává se), je možno vybavit systém repeaterem – opakovačem signálu PH-REP, jenž vhodným umístěním prodlouží dosah. [13]

## 11 SPOTŘEBA TEPLA

Stanovení spotřeby tepla pro vytápění vychází z denostupňové metody. Denostupně charakterizují otopné období v dané lokalitě.

$$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) \quad [\text{den} \cdot \text{K}] \quad (11.1)$$

kde	d	je počet dnů vytápěcího období	[den]
	D	denostupně	[den·K]
	$t_{is}$	průměrná vnitřní teplota	[°C]
	$t_{es}$	průměrná vnější teplota v otopném období	[°C].

Spotřeba tepla na vytápění se určí [2]:

$$E_t = \frac{24 \cdot \epsilon \cdot Q_c \cdot D}{t_{is} - t_e} \quad [\text{kWh}] \quad (11.2)$$

kde	$\epsilon$	je součinitel vlivu přerušovaného nebo tlumeného vytápění	[-]
	$E_t$	spotřeba tepla na vytápění	[kWh]
	$t_e$	výpočtová vnější teplota	[°C]
	$Q_T$	tepelné ztráty objektu při výpočtové teplotě	[kW].

Součinitel  $\epsilon$  je dán několika korekčními faktory [14]:

$$\epsilon = \frac{e_i \cdot e_t \cdot e_d}{\eta_o \cdot \eta_r} = \frac{0,94 \cdot 1,00 \cdot 1,00}{1,00 \cdot 0,98} = 0,96 \quad [-] \quad (11.3)$$

kde	$e_i$	je nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem	[-]
	$e_t$	snížení teploty v místnosti během dne resp. noci	[-]
	$e_d$	zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu	[-]
	$\eta_o$	účinnost obsluhy	[-]
	$\eta_r$	účinnost rozvodu	[-].

Nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a prostupem je dán podílem tepelných ztrát infiltrací a ztrát celkových:

$$e_i = \frac{\Phi_{inf}}{\Phi_c} \quad [-] \quad (11.4)$$

kde	$\Phi_{inf}$	jsou tepelné ztráty infiltrací	[W]
	$\Phi_c$	celkové tepelné ztráty	[W].

Projekt nepočítá s útlumovým provozem, tj. výpočet nezahrnuje zátopový výkon;  $e_t = 1$ . Objekt je rodinný dům, tj. sedmidenní provoz;  $e_d = 1$ . Účinnost obsluhy u kotelny s moderním kotlem a automatickou regulací je  $\eta_o = 1$ . Účinnost rozvodu je  $\eta_r = 0,98$ .

Zbývá určit roční potřebu tepla pro ohřev TV:

$$E_{rok,TV} = E_{1p} \cdot \frac{365}{1000} \quad [\text{MWh}] \quad (11.5)$$

kde  $E_{TV}$  je roční potřeba energie na ohřev TV [MWh].

Jelikož ohřev TV bude zajištěn tepelným čerpadlem, skutečná spotřeba je dána sezonním topným faktorem:

$$E_{rok,TV-T\check{c}} = \frac{E_{TV}}{SCOP_{TV}} \quad [\text{MWh}] \quad (11.6)$$

kde  $E_{TV-T\check{c}}$  je roční spotřeba energie na ohřev TV [MWh]  
 $SCOP$  sezonní topný faktor [-].

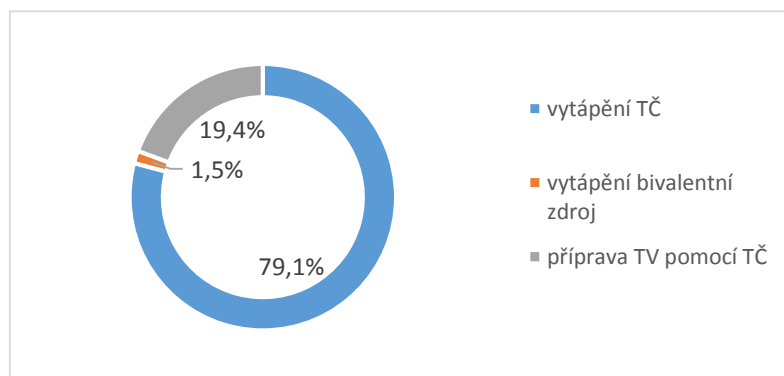
Sezonní topný faktor pro ohřev TV zjistíme následovně. Spočteme průměrnou roční venkovní teplotu. Ta je stanovena na 9,0 °C. Požadovaná teplota TV je 55 °C. Z dříve interpolovaných dat z charakteristik tepelného čerpadla zjistíme topný faktor COP při venkovní teplotě 9,0 °C a teplotě výstupní vody 55 °C. Hodnota topného faktoru pro ohřev teplé vody byla spočtena  $SCOP_{TV} = 3,07$ .

V Tab. 11.1 vidíme potřebu tepla na vytápění a teplou vodu. Pro skutečnou spotřebu tyto hodnoty podělíme topným faktorem. Topný faktor pro vytápění a teplou vodu se liší. Topná voda je připravována dle ekvitemní křivky, kdežto teplá voda je udržována na konstantní úrovni teploty 55 °C či lépe řečeno v určitém rozmezí teplot dle nastavení regulace. Stanovení spotřeby bivalentního zdroje a topného faktoru bude popsáno v kapitole 12.8. Podíl zdrojů na spotřebě pro vytápění a ohřev TV je znázorněn na Obr. 17.

Tab. 11.1 Potřeba tepla a spotřeba na vytápění a přípravu TV

$t_{es}$	$t_{em}$	$d$	deno- stupne	$E$	$E_{biv}$	$COP$	$E_{T\check{c}}$	$E_{TV}$	$COP_{TV}$	$E_{TV-T\check{c}}$	$E_{celk}$
°C	°C	dny	K·dny	kWh	kWh	-	kWh	kWh	-	kWh	kWh
4,2	9,1	215	3397	34 555	196	3,45	10 167	7 641	3,07	2 487	<b>12 653</b>

$t_{es}$  – průměrná venkovní teplota v otopném období;  $t_{em}$  – roční průměrná venkovní teplota;  $d$  – délka otopného období;  $E$  – potřeba tepla na vytápění;  $E_{biv}$  – spotřeba bivalentního zdroje;  $E_{T\check{c}}$  – spotřeba tepelného čerpadla pro vytápění;  $E_{TV}$  – roční potřeba tepla na ohřev TV;  $COP_{TV}$  – topný faktor TČ pro celoroční ohřev TV;  $E_{TV-T\check{c}}$  – spotřeba tepelného čerpadla pro ohřev TV;  $E_{celk}$  – celková spotřeba TČ i bivalentního zdroje jak pro vytápění tak i ohřev TV



Na Obr. 17 vidíme, že spotřeba energie na ohřev TV tvoří asi 1/5 celkové spotřeby, zbylé 4/5 je spotřeba na vytápění. Tento ukazatel lze použít pro prvotní vzájemné porovnání energetické náročnosti budov.

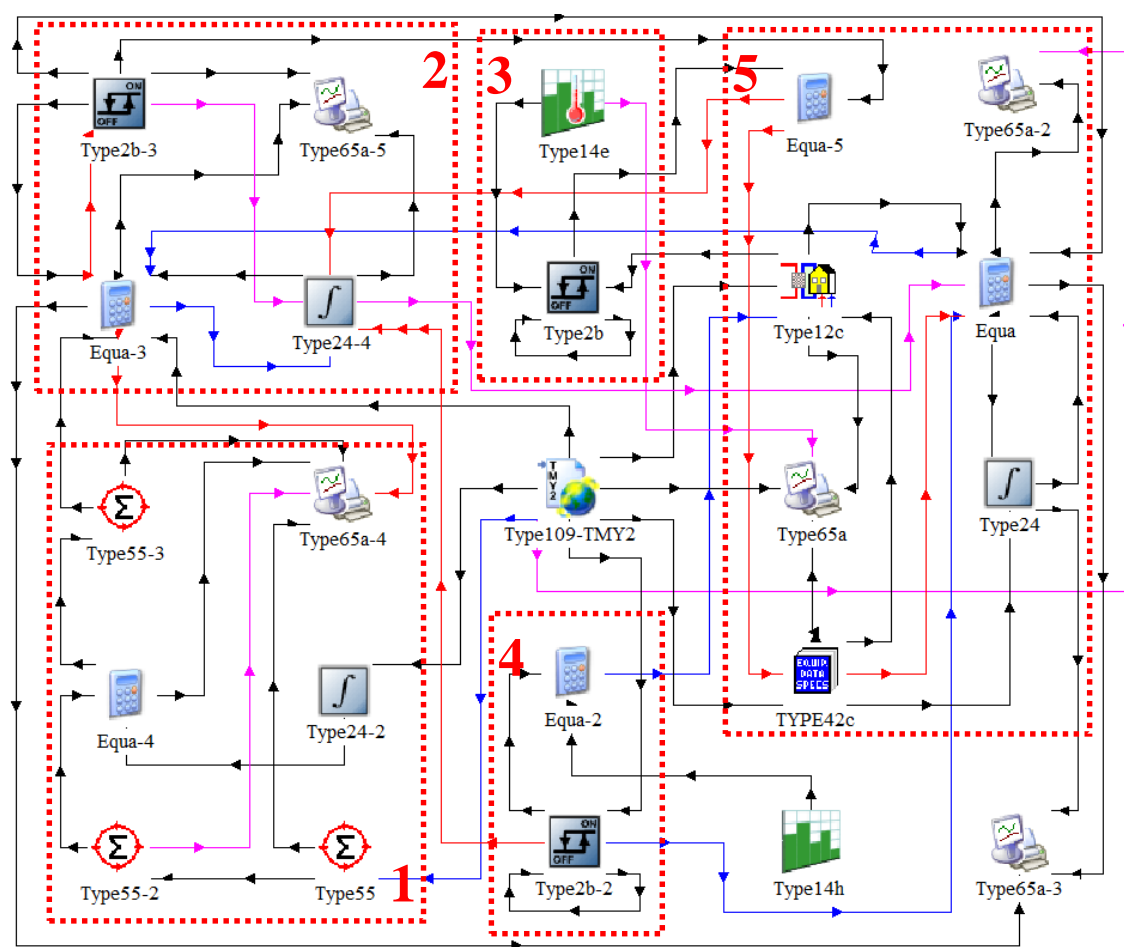
Obr. 17 Podíl spotřeby tepelného čerpadla a bivalentního zdroje

## 12 VÝPOČET SPOTŘEBY TEPLA V SIMULAČNÍM SOFTWARU

Pro výpočet spotřeby tepla byl sestaven výpočtový model v prostředí TRNSYS. Jedná se o softwarový nástroj pro simulaci chování energetických systémů. Simulace v TRNSYS byla vytvořena za účelem porovnání s denostupňovou metodou ve spotřebě tepla pro vytápění, výpočtu předpokládaného využití bivalentního zdroje a ověření úvah při určení sezónního topného faktoru SCOP.

Meteorologická data pro oblast Hodonín jsou dostupná pouze z komerčních zdrojů. Proto jsou použita meteorologická data z profesionální meteorologické stanice letiště Brno Tuřany, která nabízí volně dostupná data s frekvencí 1 h. Oblast Brno i oblast Hodonín mají výpočtovou venkovní teplotu  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Výsledky simulace budou použity pro porovnání s výsledky denostupňové metody pro oblast Brno s řešeným objektem.

**Zjednodušení výpočtového modelu:** V simulaci není zahrnut ohřev TV a je zjednodušena o absenci akumulční nádrže. Stejně tak nejsou nadefinovány sluneční zisky, jelikož byl použit zjednodušený jednozónový model s tepelným výměníkem. Vnitřní zisky byly zvoleny 150 W, hodnota je převzata z webu TZB-info [18]. Na Obr. 18 je zobrazen použitý výpočtový model. Popis použitých komponent a vzájemných vazeb je popsán v podkapitolách 12.x.



Obr. 18 Schéma simulace v TRNSYSu

1 definování topného období, 2 blokování mimo topné období, 3 řízení dle teplotního programu, 4 řízení bivalentního zdroje, 5 výpočet potřeby tepla a spotřeby

## 12.1 Použité komponenty

<b>Equa</b>	- kalkulátor pro definování vlastních rovnic; při dělení časově proměnných veličin bylo potřeba ošetřit chybu dělení nulou pomocí funkce <i>max</i> nebo <i>min</i>
<b>Type2b</b>	- termostat
<b>Type12c</b>	- jednozónový vytápěný model
<b>Type14e</b>	- definování teplotních programů
<b>Type14h</b>	- definování funkce v závislosti na čase
<b>Type24</b>	- integrace podle času
<b>Type42c</b>	- vstupní soubor nezávislých a závislých proměnných z externího textového souboru, zde zdrojová data k tepelnému čerpadlu
<b>Type55</b>	- integrace podle času v cyklických intervalech
<b>Type65a</b>	- vykreslení grafu a uložení dat do externího textového souboru pro pozdější zpracování
<b>Type190-TMY2 control function</b>	- komponenta načítající meteorologická data - výstupní či vstupní funkce některých komponent, na základě definovaných pravidel vrací hodnotu 0 nebo 1

## 12.2 Vstupní údaje

Do komponenty modelu **Type42c** jsme importovali parametry tepelného čerpadla. Výstupní teplota vody je podle ekvitermní křivky, této teplotě odpovídá COP i výkon. Výkon tepelného čerpadla je nutné převést z W na kJ/h, tedy  $3,6 \cdot W$ .

Tab. 12.1 Parametry tepelného čerpadla

Nezávislá veličina	Závislé veličiny			
	$t_{w1}$	Q	Q	COP
$t_e$	$t_{w1}$	Q	Q	COP
[°C]	[°C]	[W]	[kJ/h]	[-]
-12	55,0	9 736	35 051	1,92
-9	52,4	10 796	38 866	2,17
-6	49,8	11 749	42 298	2,40
-3	47,2	12 596	45 344	2,62
0	44,4	13 493	48 574	2,86
3	41,6	14 931	53 750	3,26
6	38,7	17 033	61 320	3,82
9	35,6	17 583	63 299	4,15
12	32,4	17 187	61 874	4,64
15	28,9	16 618	59 826	5,20

V komponentě modelu vytápěného objektu **Type12c** byly na konstantní hodnoty nastaveny tyto parametry:

- celkové ztráty objektu 433 W/K
- průtok výměníkem 2300 kg/h
- vnitřní zisky 150 W



## 12.3 Definování topného období

Topná sezóna byla definována podle pravidel popsanych v kap. 2.1 pro  $t_{em} = 13 \text{ °C}$ . Pokud průměrná denní teplota překročí  $13 \text{ °C}$  ve třech po sobě jdoucích dnech, dojde k přerušení dodávky tepla. K obnovení dodávky dojde při poklesu pod  $13 \text{ °C}$  ve třech po sobě jdoucích dnech.

Komponenta **Type55** slouží k časové integraci vstupů, v našem případě *venkovních teplot*. V **Type55-1** jsme definovali 3 vstupy, jejich společnými parametry jsou: *integrovat po 1 h*, *doba trvání pro vstup je 24 h*, *opakovat každých 24 h*. Pro jednotlivé vstupy je definována *relativní hodina startu simulace*: 6,5; 13,5 a 20,5 h. Získáme teploty v 7, 14 a 21 h. Získané hodnoty bylo třeba zarovnat, jelikož rozdílnou *relativní hodinou startu* byly výsledky vzájemně posunuty. To jsme provedli přes **Type55-2** stejným nastavením jako v případě **Type55-1**, pouze s tím rozdílem, že všechny 3 vstupy měly *relativní hodinu startu 22 h*. Výstupy jsme použili v kalkulačce **Equa-4** v rovnici

$$t_{m,d} = \frac{t_7 + t_{14} + 2 \cdot t_{21}}{4} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (12.1)$$

a získali tak *průměrnou denní teplotu*. Tu jsme pak použili jako vstup pro **Type55-3**: *relativní hodina startu 0 h*, *integrovat po 24 h*, *doba trvání pro vstup je 24 h*, *opakovat každých 72 h*. *Průměrnou denní teplotu tří po sobě jdoucích dnů* jsme v kalkulačce **Equa-3** shora omezili na  $13 \text{ °C}$  ( $t_{13}$ ). Tím jsme nedefinovali topné období.

## 12.4 Blokování mimo topné období

Pro hromadné blokování je použit termostat **Type2b-3**. *Monitorovací teplotou* a zároveň *nejnižší vstupní teplotou* je *průměrná denní teplota tří po sobě jdoucích dnů* ( $t_{13}$ ) z **Equa-3**. *Horní vstupní teplotou* je  $13 \text{ °C}$ . Nad touto teplotou termostat vrací *control function 0*. Tímto výstupem násobíme v **Equa-3** *průměrnou denní teplotu tří po sobě jdoucích dnů* ( $t_{13}$ ) pro kontrolu správnosti.

## 12.5 Řízení dle teplotního programu

V komponentě **Type14e** je definován teplotní program pro 24 h s nočním a dopoledním útlumem  $19 \text{ °C}$ . Výstupem je *průměrná teplota*, která vstupuje jako *horní vstupní teplota* do termostatu **Type2b-1**. V něm je *monitorovací teplotou* a *nejnižší vstupní teplotou* *průměrná teplota v domě* z modelu **Type12c**. *Control function* z **Type2b-3** (topné období) je v **Equa-5** násoben s *control function* z **Type2b-1** (teplotní program), čili výstupem je 1 nebo 0. Tento výstup vstupuje do *input control function* v **Type42c** a spíná tepelné čerpadlo.

## 12.6 Řízení bivalentního zdroje

Pro řízení bivalentního zdroje je použit termostat **Type2b-2**, kde *monitorovací teplota* a *nejnižší vstupní teplota* je *venková teplota* z **Type10-TMY2**. *Nejvyšší vstupní teplota* je  $-7 \text{ °C}$ , tj. teplota bivalence. **Equa-2** obsahuje součin *control function* z **Type2b-2** a hodnoty 5000 (výkon bivalentního zdroje).

Použitý jednozónový model domu **Type12c** ignoroval parametr *počáteční vnitřní teplota* nastavený na 20 °C; simulace začínala s vnitřní teplotou 0 °C. Z tohoto důvodu byl přidán model **Type14h**, kde jsme v intervalu 0 až 1 h (začátek simulace) definovali hodnotu  $4 \cdot 10^6$ , po zbylou dobu byla hodnota 0. Tuto časovou funkci jsme v **Equa-2** přičetli k bivalentnímu zdroji a dosáhli tak během první hodiny vnitřní teploty 20 °C. Poté byl tento „pomocný“ zdroj nastaven na hodnotu 0.

## 12.7 Sezónní topný faktor

Sezónní topný faktor **SCOP** se určil následovně:

Integrací hodnoty *control function* (0 nebo 1 - tepelné čerpadlo vypnuto/zapnuto) z **Equa-5** jsme získali *dobu běhu* tepelného čerpadla v hodinách. Integrací hodnot **COP** z **Type42c** (zdrojová data k tepelnému čerpadlu – díky násobení 0 nebo 1 podle dodávky tepla jsou mimo dodávku hodnoty COP rovny 0, proto můžeme integrovat) a podělením výsledku integrace *dobou běhu* získáme *sezónní topný faktor SCOP*.

## 12.8 Spotřeba tepelného čerpadla

Jelikož výstupy tepelného výkonu či ztrát z modelu **Type12c** jsou v kJ/h, bylo potřeba v kalkulátoru **Equa-1** tyto data podělit hodnotou 3,6 – převedeno na W. Jedná se o *tepelné ztráty, teplo předané ve výměníku a výkon bivalentního zdroje*. Pro výpočet spotřeby jsme museli tyto hodnoty násobit *control function* z **Type2b-3** (otopné období) a následně integrovat podle času. Získali jsme *spotřebu bivalentního zdroje a spotřebu tepla předaného ve výměníku*. Pro skutečnou spotřebu elektrické energie tepelného čerpadla jsme *spotřebu tepla předaného ve výměníku* podělili *sezónním topným faktorem SCOP*. Výsledky jsou shrnuty v Tab. 12.2.

## 12.9 Ostatní výstupy

Kromě výše zmíněného jsme získali následující výstupy, hodnoty jsou uvedeny v Tab. 12.2:

Z kalkulátoru **Equa-4**:

- **průměrnou roční teplotu  $t_{em}$**  získanou podílem časového integrálu *průměrné denní teploty* a *počtem hodin v roce*

Z kalkulátoru **Equa-3**:

- **průměrnou teplotu v otopném období  $t_{es}$**  získanou podílem časového integrálu *průměrné denní teploty v otopném období* a *počtem hodin otopného období*
- **délku otopného období** získanou integrací *control function* z **Type2b-3**
- **denostupně** ze součinu *délky otopného období* s *rozdílem vnitřní výpočtové teploty a průměrné venkovní teploty v otopném období*
- **potřebu tepla na vytápění** dle rovnice (11.2)

$$E_t = \frac{24 \cdot \epsilon \cdot Q_c \cdot D}{t_{is} - t_e}$$

## 12.10 Potřeba tepla na vytápění

Potřeba tepla na vytápění denostupňovou metodou byla spočtena dvěma způsoby: v prvním byla za denostupně dosazena hodnota spočtená simulací, v druhém byla dosazena hodnota daná normou, a to jak pro oblast Brno, tak pro oblast Hodonín. Výsledky jsou porovnány v Tab. 12.2.

Tab. 12.2 Porovnání výsledků denostupňové metody a simulace

zdroj dat	oblast	$t_{es}$	$t_{em}$	$d$	deno- stupne	$E$	$E_{biv}$	$COP$	$E_{TČ}$	$E_{TV}$	$COP_{TV}$	$E_{TV-TČ}$	$E_{celk}$
		°C	°C	dny	K·dny	kWh	kWh	-	kWh	kWh	-	kWh	kWh
norma	Brno	4,0	8,5	232	3712	37 853	196	3,45	10 985	7 641	3,07	2 487	13 471
simulace	Brno	3,5	8,6	224	3710	38 094		3,46	11 012				13 499
norma	Hodonín	<b>4,2</b>	<b>9,1</b>	<b>215</b>	<b>3397</b>	<b>34 555</b>		<b>3,45</b>	<b>10 167</b>				<b>12 653</b>

$t_{es}$  – průměrná venkovní teplota v otopném období;  $t_{em}$  – roční průměrná venkovní teplota;  $d$  – délka otopného období;  $E$  – potřeba tepla na vytápění;  $E_{biv}$  – spotřeba bivalentního zdroje;  $E_{TČ}$  – spotřeba tepelného čerpadla pro vytápění;  $E_{TV}$  – roční potřeba tepla na ohřev TV;  $COP_{TV}$  – topný faktor TČ pro celoroční ohřev TV;  $E_{TV-TČ}$  – spotřeba tepelného čerpadla pro ohřev TV;  $E_{celk}$  – celková spotřeba TČ i bivalentního zdroje jak pro vytápění tak i ohřev TV

Rozdíl ve výsledcích potřeby tepla zjištěných denostupňovou metodou a simulací je 0,63 %. Tím jsme ověřili správnost úvah při řešení SCOP .

## 13 NÁKLADY A NÁVRATNOST

Finanční zhodnocení je důležitým aspektem každého projektu. První položkou jsou pořizovací náklady. Ceny komponent byly převzaty z maloobchodních ceníků výrobců [15], [13], příp. z e-shopu [www.topenilevne.cz](http://www.topenilevne.cz) [16] nebo cenového vyhledávače [www.heureka.cz](http://www.heureka.cz) [17]. Ceny jsou uvedeny s DPH, bez započítání montážních prací.

Tab. 13.1 Pořizovací náklady

<b>Položka</b>	<b>Náklady</b>
<i>Cu potrubí pájecí</i>	18 525 Kč
<i>Izolace Mirelon tl. 20 mm</i>	1 803 Kč
<i>Uchycení Cu potrubí</i>	1 236 Kč
<i>Cu kolena 90° pájecí</i>	1 685 Kč
<i>Cu kolena 45° pájecí</i>	144 Kč
<i>Cu T-kusy pájecí</i>	2 432 Kč
<i>Cu tvarovky pájecí</i>	1 364 Kč
<i>Tvarovky mosaz</i>	2 115 Kč
<i>Otopná tělesa</i>	92 759 Kč
<i>Připojení otopných těles</i>	3 781 Kč
<i>Termostatické hlavice</i>	11 071 Kč
<i>Systém PocketHome</i>	8 942 Kč
<i>Zdroje tepla</i>	251 789 Kč
<i>Akumulační nádrž, oběhová čerpadla</i>	46 642 Kč
<i>Armatury</i>	10 225 Kč
<i>Zabezpečovací zařízení</i>	4 032 Kč
<i>Měřicí zařízení</i>	1 308 Kč
<i>Příslušenství</i>	649 Kč
<b>Celkem</b>	<b>460 502 Kč</b>

Provozní náklady jsou důležitým ukazatelem zohledňujícím vhodnost daného návrhu. Náklady pro různé varianty jsou uvedeny v Tab. 13.2. Jako kondenzační kotel byl vybrán Viadrus Claudius K2 L23 s jmenovitým výkonem 16 kW při teplotním spádu 50/30 °C.

Tab. 13.2 Porovnání provozních nákladů různých zdrojů tepla

<b>Zdroj</b>	<b>Potřeba tepla na vyt</b>	<b>COP</b>	<b>Bivalentní zdroj</b>	<b>Spotřeba</b>	<b>cena za kWh</b>	<b>Provozní VYT</b>	<b>E<sub>TV</sub></b>	<b>COP<sub>TV</sub></b>	<b>E<sub>TV,TC</sub></b>	<b>Provozní TV</b>	<b>Paušální platby</b>
-	kWh	-	kWh	kWh	Kč/kWh	Kč	kWh	-	kWh	Kč	Kč
<b>1</b>	34 555	0,80	-	43 194	1,2818	55 367	7 641	0,80	9551	12 243	4548
<b>2</b>	34 555	1,00	-	34 462	1,2818	44 174	7 641	1,003	7620	9 768	4548
<b>3</b>	34 555	1,00	-	34 462	1,2818	44 174	7 641	1,003	7620	9 768	4548
<b>4</b>	<b>34 555</b>	<b>3,45</b>	<b>196</b>	<b>10 167</b>	<b>2,2173</b>	<b>22 542</b>	<b>7 641</b>	<b>3,07</b>	<b>2487</b>	<b>5 514</b>	<b>5088</b>

1 – stávající stav; 2 – kondenzační kotel; 3 – kondenzační kotel a nová OS; 4 – TČ včetně nové OS; E<sub>TV</sub> – roční potřeba tepla na ohřev TV; E<sub>TV,TC</sub> – roční spotřeba TČ pro ohřev TV

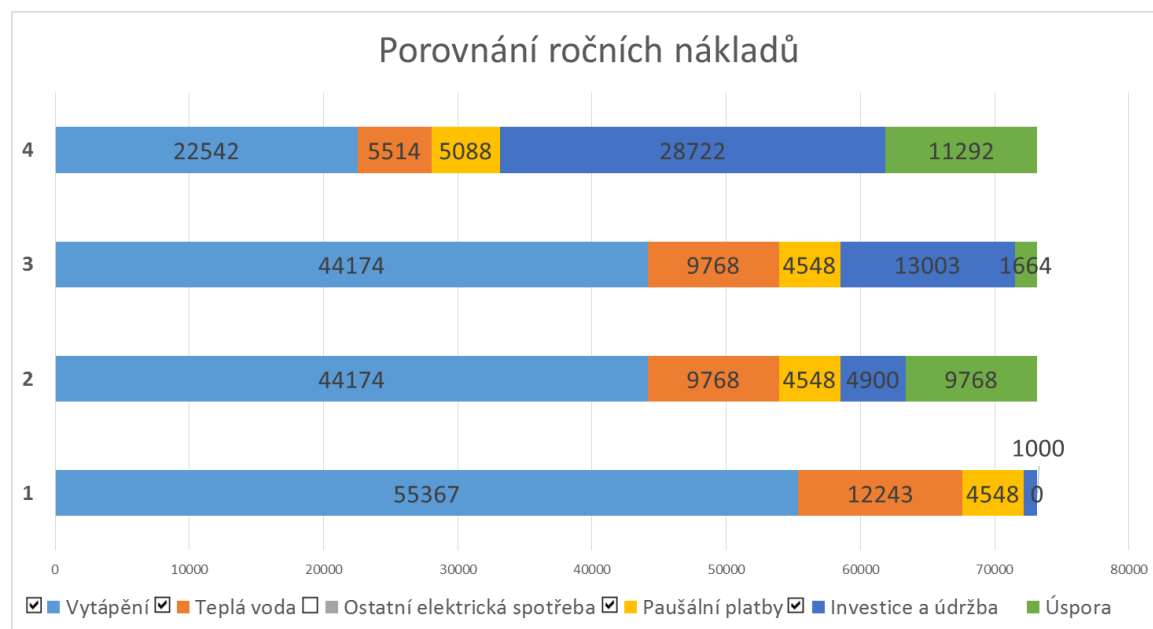
Pro kalkulaci úspor a porovnání se stávajícím řešením je účelné stanovit vedle provozních nákladů i roční náklady na investici a údržbu. Roční investice se určí podílem ceny a projektované životnosti dané součásti. Tak zajistíme vhodné srovnání různých variant návrhu. Poměrná roční investice jednotlivých variant je uvedena v Tab. 13.3.

Předpokládaná životnost jednotlivých prvků, cena za kWh paliva, paušální platby a provozní náklady na ostatní elektrickou spotřebu jsou převzaty z webu TZB-info. [18]

Tab. 13.3 Poměrná roční investice vzhledem k životnosti jednotlivých součástí

<i>Položka</i>	<b>náklady</b>	<b>životnost</b>	<b>Nynější stav</b>	<b>Nový kotel</b>	<b>Nový kotel vč. OS</b>	<b>TČ vč. OS</b>
	Kč	rok	1	2	3	4
<i>servis a údržba</i>	1 000	1	1 000	1 000	1 000	1 500
<i>kotel kondenzační</i>	50 995	15	-	3 400	3 400	-
<i>komín</i>	15 000	30	-	500	500	-
<i>otopná soustava</i>	162 071	20	-	-	8 104	8 104
<i>akumulační nádrž</i>	46 642	20	-	-	-	2 332
<i>TČ</i>	251 789	15	-	-	-	16 786
<b><i>Celkem</i></b>			<b>1 000</b>	<b>4 900</b>	<b>13 003</b>	<b>28 722</b>

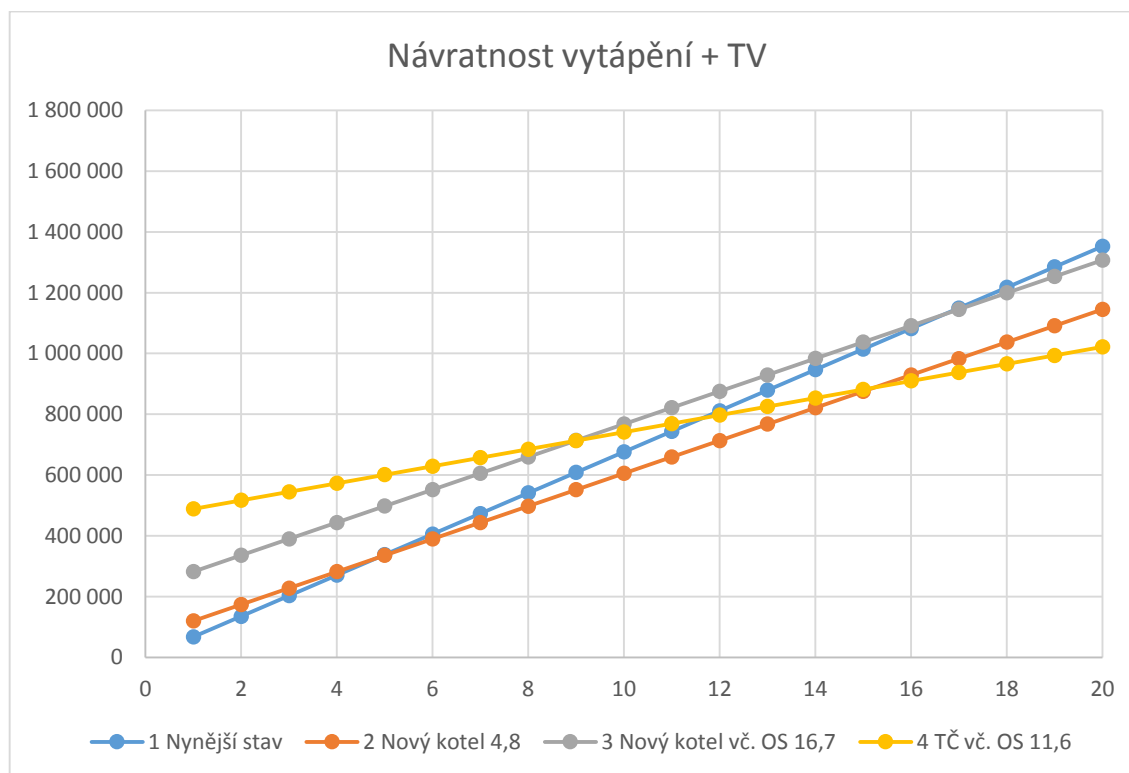
Pro porovnání ročních nákladů na vytápění a teplou vodu byla použita metodika dle zdroje TZB-info. [18] Roční náklady jednotlivých variant jsou uvedeny na Obr. 19.



Obr. 19 Porovnání ročních nákladů v Kč

1 – stávající stav; 2 – kondenzační kotel; 3 – kondenzační kotel a nová OS; 4 – TČ včetně nové OS

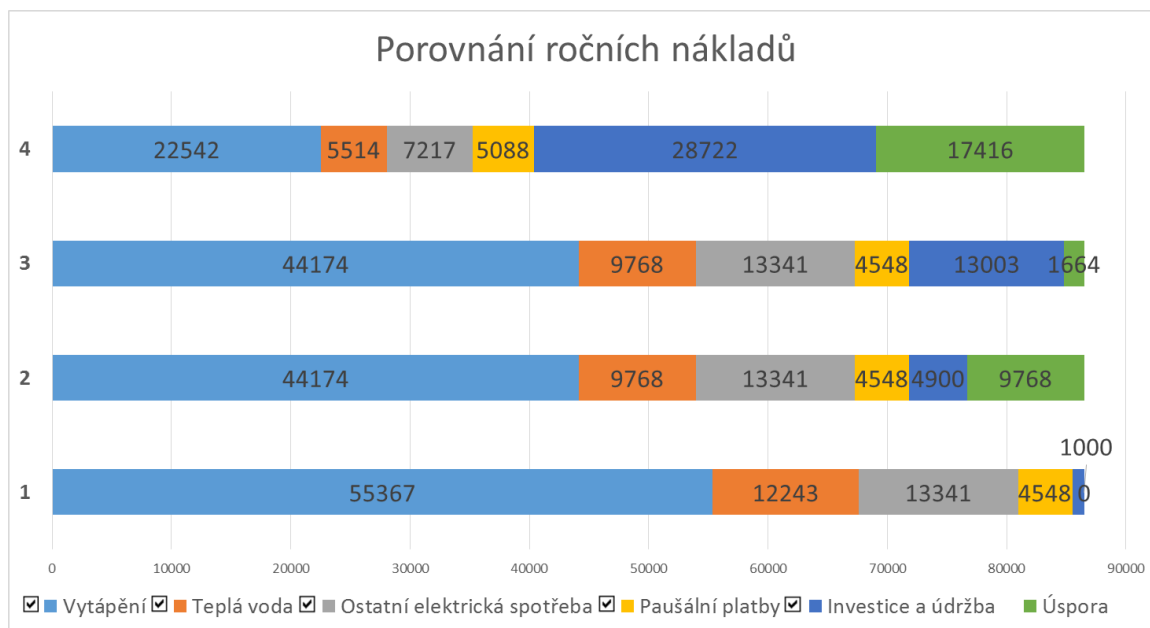
Z předchozích údajů byla stanovena návratnost jednotlivých návrhů. Konkrétní hodnoty návratnosti jsou uvedeny v legendě na Obr. 20. Na vodorovné ose jsou vyneseny roky, na svislé ose celkové náklady.



Obr. 20 Návratnost investice při vytápění a ohřevu TV

Oproti současnému stavu se zastaralým plynovým kotlem je při pořízení kondenzačního kotle návratnost 4,8 let. Pokud by spolu s kondenzačním kotlem došlo i k celkové výměně otopné soustavy, návratnost se zvýší na 16,7 let. V případě nové soustavy s tepelným čerpadlem je návratnost 11,6 let.

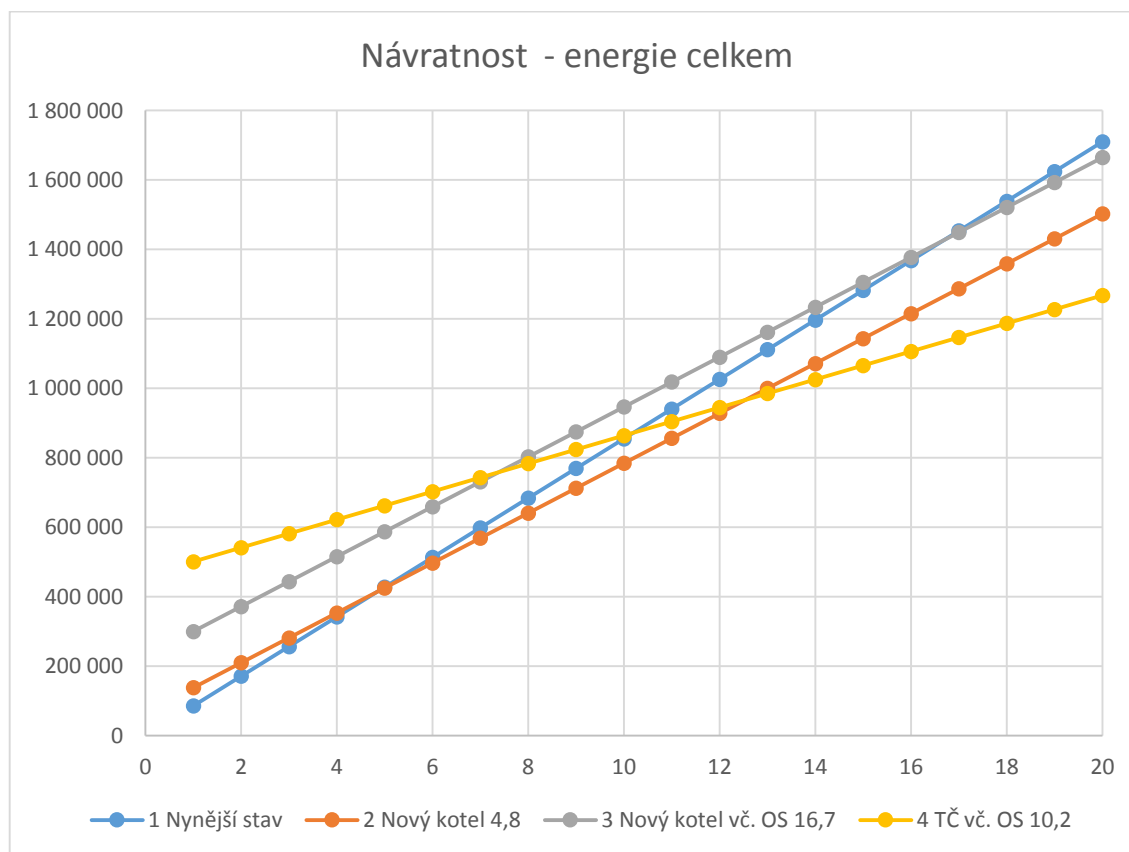
S tepelným čerpadlem získáme výhodnější tarifní sazbu elektrické energie. Sníží se tedy náklady i na ostatní elektrickou spotřebu v objektu a je vhodné provést srovnání celkových nákladů na energie, srovnání je uvedeno na Obr. 21.



Obr. 21 Porovnání ročních nákladů se započítáním ostatní elektrické spotřeby

1 – stávající stav; 2 – kondenzační kotel; 3 – kondenzační kotel a nová OS; 4 – TČ včetně nové OS

V případě, že k nákladům započítáme i ostatní elektrickou spotřebu, návratnost návrhu s tepelným čerpadlem se sníží o téměř 1,5 roku na 10,2 let, jak lze vidět na Obr. 22. To je znatelný rozdíl a ukazuje, že výhodnost tepelného čerpadla netkví pouze ve snížených nárocích na vytápění.



Obr. 22 Návratnost investice se započítáním ostatní elektrické spotřeby

## ZÁVĚR

Cílem práce bylo navrhnout otopnou soustavu s tepelným čerpadlem typu vzduch-voda pro vytápění rodinného domu. Dům leží v obci Ratíškovice v okrese Hodonín. Má dvě nadzemní podlažní a nevytápěný suterén. Výstavba objektu započala v roce 1987 a vzhledem ke stáří otopné soustavy bylo rozhodnuto o její celkové rekonstrukci. Původní zdroj tepla je plynový kotel Destila DP 25Z, jehož jmenovitý výkon je 25 kW. V roce 2012 došlo k výměně otvorových výplní a zateplení půdní stropní konstrukce polystyrenem tl. 220 mm. Tepelné ztráty objektu byly stanoveny na 14,2 kW, přičemž suterén je až na jednu místnost nevytápěn. Měrná tepelná ztráta je  $30 \text{ W/m}^3$  vytápěného prostoru, tento údaj odpovídá normovým hodnotám měrné tepelné ztráty rodinných domů s obdobím výstavby kolem roku 1992. Ztráty větráním se podílí asi 25 % na celkových tepelných ztrátách.

Požadavky investora při rekonstrukci sebou nesla omezení ve formě minimalizování stavebních zásahů. To vyloučilo použití podlahového vytápění. Byla zvolena desková otopná tělesa s řízeným zatékáním od firmy Korado a.s., která jsou charakteristická sníženými energetickými nároky po většinu topné sezóny při stejném tepelném komfortu. Teplotní spád byl zvolen 55/45 °C pro zachování přijatelných velikostí otopných těles. Pro rozvody je použito pájeného měděného potrubí. Tlaková ztráta potrubní sítě od akumulární nádrže k otopným tělesům je 7,4 kPa, což zaručí úsporný provoz použitého nízkoenergetického oběhového čerpadla. Tlaková ztráta úseku mezi akumulární nádrží a tepelným čerpadlem je vyšší, zde už muselo být použito oběhové čerpadlo z vyšší výkonové řady.

Jako zdroj tepla bylo zvoleno tepelné čerpadlo vzduch-voda Regulus CTC EcoAir 420 s výkonem 14,5 kW při podmínkách A2/W35. Bivalentním zdrojem je dvojice elektrických topných těles v akumulární nádrží s celkovým výkonem 5 kW. Bod bivalence byl stanoven početně i graficky na -6 °C. Při venkovní výpočtové teplotě -12 °C tepelné čerpadlo pokrývá 68 % tepelných ztrát objektu, což splňuje podmínku pro přiznání dvoutarifní sazby D56d. Soustava je vybavena akumulární nádrží pro pokrytí nárazově zvýšené potřeby tepla. Nádrž obsahuje vnořený zásobník teplé vody, který dostačuje na pokrytí denní potřeby teplé vody.

Byl proveden výpočet bezpečnostních zařízení, tedy expanzní nádoby a pojistného ventilu. Dalším bezpečnostním prvkem je havarijní termostat napojený na elektrická topná tělesa. Uvedena jsou schémata zapojení, na kterých je popsáno řízení jednotlivých členů regulace. Pro okruh tepelného čerpadla a akumulární nádrže byl vybrán regulátor od výrobce zdroje tepla. Řízení odběru tepla z akumulární nádrže a regulaci vytápěných prostor obstarává bezdrátový systém PocketHome, jehož výhodou je zpětná vazba o teplotě od termohlavic ve vytápěných místnostech. Regulace je kvalitativní, tj. je řízena teplota topné vody, odběr tepla z akumulární nádrže je uskutečněn dálkově spínaným oběhovým čerpadlem.

Nezbytnou součástí projektu je stanovení spotřeby tepla. Pro vytápění byla vypočtena denostupňovou metodou a porovnána se simulací v softwaru TRNSYS. Rozdíl ve výsledcích je 0,63 %. Určili jsme sezónní topný faktor na hodnotu 3,46 a roční spotřebu pro vytápění 10,2 MWh. Sezónní topný faktor pro TV je 3,07. Tato hodnota je nad hranicí kritického topného faktoru. Spotřeba na ohřev TV pak činí 2,5 MWh ročně.

V závěru práce byly provedeny kalkulace pořizovacích nákladů, srovnání provozních nákladů současného řešení a návrhu s tepelným čerpadlem a kondenzačním kotlem. Stanovena byla návratnost jednotlivých návrhů. V případě tepelného čerpadla je návratnost 10,2 let, provozní úspora oproti stávajícímu řešení je 52,8 %.



## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] *Tepelné soustavy v budovách: Výpočet tepelného výkonu*. 2005. Praha: Český normalizační institut.
- [2] BAŠTA, J. a kol.. 2001. *Topenářská příručka: Svazek 1. 120 let topenářství v Čechách a na Moravě*. 1. vyd. Praha: GAS, 2432 s. ISBN 80-861-7682-7.
- [3] *Tepelná ochrana budov: Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. 2005. Praha: Český normalizační institut.
- [4] *Tepelná ochrana budov: Část 4: Výpočtové metody*. 2005. Praha: Český normalizační institut.
- [5] *Užití EN norem pro výpočet potřeby tepla a využití primární energie [online]*. 2005. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: [www.mpo-efekt.cz/dokument/5138.pdf](http://www.mpo-efekt.cz/dokument/5138.pdf)
- [6] KORADO A.S.. 2015. *Energeticky úsporné otopné těleso: Radik RC [online]*. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: [http://rc.korado.cz/soubory/14-150204\\_radikrc\\_katalog\\_cz\\_web.pdf](http://rc.korado.cz/soubory/14-150204_radikrc_katalog_cz_web.pdf)
- [7] D55d a D56d: Sazba pro tepelné čerpadlo. 2010. In: *CenyEnergie [online]*. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.cenyenergie.cz/d55d-a-d56d-sazba-pro-tepelne-cerpadlo/>
- [8] Tepelné čerpadlo EcoAir 420. 201?. In: *Regulus [online]*. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/tepelne-cerpadlo-ecoair-420>
- [9] Ekvitermní křivky. 201?. In: *Tzbinfo [online]*. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/50-ekvitermni-krivky>
- [10] REGULUS. 2015. *Elektrická topná tělesa [online]*. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/?download=prospekty/cz/Elektricka-telesa-A3-CZ.pdf>
- [11] REGULUS. 2015. *Akumulační nádrže s vnořeným zásobníkem TV [online]*. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/?download=navody/cz/akumulacni-nadrze-duo-600-200-p-750-200-p-1000-200-p-a4-cz.pdf>
- [12] Wilo. 201?. Wilo. In: *Volba čerpadla s vlastními parametry [online]*. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <https://www.wilo-select.com/ApplRange.aspx>
- [13] Elektrobock. 201?. PocketHome. In: *Elektrobock [online]*. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.elektrobock.cz/cs/pockethome-174-/category.html?cid=12>
- [14] Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. 2003. In: *TZB-info [online]*. [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>

- [15] Regulus. 2010. *Regulus* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/>
- [16] *Topení levně* [online]. 200?. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.topenilevne.cz/>
- [17] *Heureka* [online]. 200?. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.heureka.cz/>
- [18] Porovnání nákladů na vytápění TZB-info. 201?. In: *TZB-info* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-tzb-info>

## Seznam použitých zkratek a symbolů

Symbol	Význam	Jednotka
$A_f$	plocha rámu	[m <sup>2</sup> ]
$A_g$	plocha zasklení	[m <sup>2</sup> ]
$A_i$	plocha místnosti	[m <sup>2</sup> ]
$A_k$	plocha stavební části	[m <sup>2</sup> ]
$A_w$	celková plocha okna	[m <sup>2</sup> ]
$B'$	charakteristický parametr	[m]
$b_u$	teplotní redukční činitel	[-]
$c$	měrná tepelná kapacita	[kWh/m <sup>3</sup> ·K]
$c$	měrná tepelná kapacita	[J/kgK]
$c_{Oj}$	součinitel vzájemného záření mezi plochami $S_L$ a $S_{Oj}$	[W/m <sup>2</sup> ·K <sup>4</sup> ]
$c_s$	rychlost v sacím hrdle	[m/s]
$c_v$	rychlost ve výtlačném hrdle	[m/s]
$d$	délka otopného období	[den]
$d$	tloušťka	[m]
$d$	průměr potrubí	[m]
$D$	denostupně	[den·K]
$d_{v,min}$	minimální vnitřní průměr pojistného potrubí	[mm]
$E_{1p}$	teplo dodané ohřívacem během periody (den)	[kWh]
$E_{1p,i}$	teplo dodané po <i>i-tou</i> hodinu - kumulativně	
$E_{2p,i}$	teplo odebrané po <i>i-tou</i> hodinu - kumulativně	
$E_{2t}$	teoretická denní potřeba tepla	[kWh]
$E_{2z}$	tepelné ztráty při ohřevu a distribuci TV	[kWh]
$e_d$	zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu	[-]
$e_i$	stínící činitel	[-]
$e_i$	nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem	[-]
$e_k$	korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům	[-]
$E_{rok,TV}$	roční potřeba energie na ohřev TV	[MWh]
$E_{rok,TV-tč}$	roční spotřeba energie na ohřev TV	[MWh]
$E_t$	spotřeba tepla na vytápění	[kWh]
$e_t$	snížení teploty v místnosti během dne resp. noci	[-]
$f_{g1}$	korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty	[-]
$f_{g2}$	teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou	[-]
$f_{ij}$	teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi teplotou sousedního prostoru a venkovní výpočtové teploty	[-]
$G_w$	korekční činitel zohledňující vliv spodní vody	[-]
$H$	dopravní výška čerpadla	[m]
$h$	hloubka povrchu stropu nad úrovní terénu	[m]
$H_{iu}$	součinitel tepelné ztráty mezi vytápěným prostorem a nevytápěným suterénem	[W/K]
$h_{nm}$	nadmožská výška	[m]
$h_{sv}$	výškový rozdíl výtlačného a sacího hrdla	[m]
$H_{T,ie}$	součinitel tepelné ztráty prostupem z vnitřního vytápěného prostoru přímo do vnějšího prostředí	[W/K]

Symbol	Význam	Jednotka
$H_{T,ig}$	součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy	[W/K]
$H_{T,ij}$	součinitel tepelné ztráty prostupem do prostoru vytápěného na rozdílnou teplotu	[W/K]
$H_{T,iue}$	součinitel tepelné ztráty prostupem přes nevytápěný prostor	[W/K]
$H_{ue}$	součinitel tepelné ztráty mezi nevytápěným prostorem a venkovním prostředím	[W/K]
$H_{v,i}$	součinitel návrhové tepelné ztráty větráním	[W/m <sup>2</sup> ·K]
$k$	drsnost potrubí	[mm]
$k_v$	jmenovitý průtok	[m <sup>3</sup> /h]
$l$	délka úseku potrubí	[m]
$l_g$	viditelný obvod zasklení	[m]
$\dot{m}$	hmotnostní průtok	[kg/s]
$n$	intenzita větrání	[hod <sup>-1</sup> ]
$n$	teplotní exponent tělesa	[-]
$n$	součinitel zvětšení objemu	[-]
$n_{50}$	intenzita výměny vzduchu při rozdílu tlaků 50 Pa mezi vnitřkem a vnějškem budovy a zahrnující účinky přívodů vzduchu	[1/h]
$n_{min}$	minimální intenzita výměny venkovního vzduchu	[1/h]
$P$	obvod podlahové konstrukce uvažované části	[m]
$p_d$	nejnižší provozní přetlak	[kPa]
$p_{ddov}$	nejnižší dovolený přetlak	[kPa]
$p_h$	nejvyšší provozní přetlak	[kPa]
$p_{hdov}$	je nejvyšší dovolený přetlak	[kPa]
$p_{hp}$	předběžný nejvyšší provozní přetlak	[kPa]
$p_{ot}$	otevírací přetlak pojistného ventilu	[kPa]
$p_s$	tlak na sacím hrdle	[Pa]
$p_v$	je tlak na výtlačném hrdle	[Pa]
$Q_k$	teplo předané konvekcí	[W]
$Q_n$	jmenovitý tepelný výkon tělesa	[W]
$Q_{ot}$	výkon otopné soustavy	[W]
$Q_p$	pojistný výkon	[kW]
$Q_s$	teplo předané radiací	[W]
$Q_T$	výkon otopného tělesa	[W]
$Q_T$	tepelné ztráty objektu při výpočtové teplotě	[kW]
$Q_{zdroj}$	výkon zdroje	[kW]
$R$	tepelný odpor	[m <sup>2</sup> ·K/W]
$Re$	Reynoldsovo číslo	[-]
$R_i$	tepelný odpor vrstvy konstrukce	[m <sup>2</sup> ·K/W]
$R_{se}$	odpor při přestupu tepla na vnější straně	[m <sup>2</sup> ·K/W]
$R_{si}$	odpor při přestupu tepla na vnitřní straně	[m <sup>2</sup> ·K/W]
SCOP	sezonní topný faktor	[-]
$S_L$	vnější přestupní plocha otopného tělesa	[m <sup>2</sup> ]
$S_o$	průřez sedla pojistného ventilu	[mm <sup>2</sup> ]
$t_1$	teplota studené vody	[°C]
$t_2$	teplota TV	[°C]
TČ	tepelné čerpadlo	[-]
$t_e$	venkovní výpočtová teplota	[°C]

<b>Symbol</b>	<b>Význam</b>	<b>Jednotka</b>
$t_{e,min}$	výpočtová venkovní teplota	[°C]
$t_{es}$	průměrná vnější teplota v otopném období	[°C]
$t_i$	výpočtová vnitřní teplota	[°C]
$t_{is}$	průměrná vnitřní teplota	[°C]
$t_m$	střední teplota vody	[°C]
$t_{m,d}$	průměrná venkovní denní teplota	[°C]
$t_{m,e}$	průměrná venkovní teplota v otopném období	[°C]
$t_p$	povrchová teplota tělesa	[°C]
$T_p$	povrchová teplota otopného tělesa	[K]
$T_{pOj}$	povrchová teplota ozářené plochy $S_{Oj}$	[K]
$t_u$	teplota sousedního vytápěného prostoru	[°C]
TV	teplá voda	[-]
$t_{w1}$	teplota vody vstupující do tělesa	[°C]
$t_{w1,max}$	nejvyšší teplota přívodní vody	[°C]
$t_{w2}$	teplota vody vystupující z tělesa	[°C]
$t_{w2,max}$	nejvyšší teplota vratné vody	[°C]
$U_{bf}$	součinitel prostupu tepla podlahou suterénu	[W/m <sup>2</sup> ·K]
$U_{bw}$	součinitel prostupu tepla stěn suterénu přiléhajících k zemině	[W/m <sup>2</sup> ·K]
$U_d$	součinitel prostupu tepla dveří	[W/m <sup>2</sup> ·K]
$U_{equiv,k}$	ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební části	[W/m <sup>2</sup> ·K]
$U_f$	součinitel prostupu tepla rámu	[W/m <sup>2</sup> ·K]
$U_g$	součinitel prostupu tepla zasklení	[W/m <sup>2</sup> ·K]
$U_{iu}$	součinitel prostupu tepla podlahy vytápěného prostoru	[W/m <sup>2</sup> ·K]
$U_k$	součinitel prostupu tepla	[W/m <sup>2</sup> ·K]
$U_{ue}$	součinitel prostupu tepla mezi nevytápěným suterénem a vnějším prostředím	[W/m <sup>2</sup> ·K]
$U_w$	součinitel prostupu tepla okna	[W/m <sup>2</sup> ·K]
$U_w$	součinitel prostupu tepla stěn suterénu nad úrovní terénu	[W/m <sup>2</sup> ·K]
V	objem	[m <sup>3</sup> ]
$\dot{V}$	objemový tok	[m <sup>3</sup> /h]
$V_{2p}$	denní potřeba TV	[m <sup>3</sup> ]
$V_{aku}$	minimální náplň teplonosné látky	[l]
$V_c$	skutečný objem expanzní nádoby	[m <sup>3</sup> ]
$V_{cp}$	předběžný objem nádoby	[m <sup>3</sup> ]
$V_e$	expanzní objem	[m <sup>3</sup> ]
$V_i$	výměna vzduchu ve vytápěném prostoru	[m <sup>3</sup> /h]
$V_i$	objem místnosti	[m <sup>3</sup> ]
$\dot{V}_{inf,i}$	výměna vzduchu infiltrací	[m <sup>3</sup> /h]
$\dot{V}_{min,i}$	minimální hygienická výměna vzduchu	[m <sup>3</sup> /h]
$V_o$	objem vody v otopné soustavě	[m <sup>3</sup> ]
w	rychlost proudění	[m/s]
z	poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci TV	[-]
z	hloubka povrchu podlahy pod úrovní terénu	[m]
$\alpha$	součinitel přestupu tepla	[W/m <sup>2</sup> ·K]
$\alpha_e$	součinitel přestupu tepla na vnější straně	[W/m <sup>2</sup> ·K]
$\alpha_i$	součinitel přestupu tepla na vnitřní straně	[W/m <sup>2</sup> ·K]
$\alpha_v$	výtokový součinitel pojistného ventilu	[-]
$\Delta p$	celková tlaková ztráta úseku	[Pa]

<b>Symbol</b>	<b>Význam</b>	<b>Jednotka</b>
$\Delta p_v$	tlaková ztráta armatury	[MPa]
$\Delta p_\zeta$	tlaková ztráta místními (vřazenými) odpory	[Pa]
$\Delta p_\lambda$	tlaková ztráta třením	[Pa]
$\Delta t$	teplotní rozdíl	[°C]
$\Delta U_{tb}$	lineární tepelný most	[W/m <sup>2</sup> ·K]
$\Delta U_{tb}$	korekční součinitel prostupu tepla tepelného mostu	[W/m <sup>2</sup> ·K]
$\varepsilon$	součinitel vlivu přerušovaného nebo tlumeného vytápění	[-]
$\varepsilon_i$	výškový korekční činitel zohledňující zvýšení rychlosti proudění vzduchu s výškou prostoru nad povrchem země	[-]
$\zeta$	součinitel místního odporu	[-]
$\eta$	stupeň využití expanzní nádoby	[-]
$\eta_o$	účinnost obsluhy	[-]
$\eta_r$	účinnost rozvodu	[-]
$\lambda$	součinitel tření	[-]
$\lambda_k$	součinitel tepelné vodivosti	[W/m·K]
$\nu$	kinematická viskozita	[m <sup>2</sup> /s]
$\rho$	hustota vody	[kg/m <sup>3</sup> ]
$\varphi_{Oj}$	poměr ozáření z vybrané zářící plochy $S_L$ na ozářenou plochu $S_{Oj}$	[-]
$\Phi_{RH,i}$	zátopový tepelný výkon	[W]
$\Phi_{T,i}$	tepelné ztráty prostupem	[W]
$\Phi_{V,i}$	tepelné ztráty větráním	[W]
$\Psi_g$	lineární činitel prostupu tepla	[W/m·K]

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Čelní pohled na dům.....</i>	<i>12</i>
<i>Obr. 2 Zjednodušený stavební výkres s označením vytápěných místností; 1.PP, 1.NP a 2.NP .....</i>	<i>13</i>
<i>Obr. 3 Způsob připojení těles na otopnou soustavu [6] .....</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 4 Znázornění provozních režimů tělesa s řízeným zatékáním [6] .....</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 5 Přednastavení termoregulačního ventilu v tlakovém diagramu [6].....</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 6 Tepelné čerpadlo vzduch-voda Regulus CTC EcoAir 420 [8] .....</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 7 Ekvitermní křivka.....</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 8 Grafické určení bodu bivalence [2] .....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 9 Elektrické topné těleso umístěné v akumulární nádrži [10].....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 10 Poměrné zastoupení zdrojů při bivalentním provozu.....</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 11 Schéma akumulární nádrže s vestavěným zásobníkem TV [11].....</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 12 Křivky dodávky a odběru tepla [2].....</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 13 Charakteristika oběhového čerpadla primárního okruhu [12] .....</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 14 Charakteristika oběhového čerpadla sekundárního okruhu [12] .....</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 15 Schéma zapojení zdrojů a odběru tepla s akumulární nádrží [11] .....</i>	<i>49</i>
<i>Obr. 16 Schéma zapojení regulace .....</i>	<i>50</i>
<i>Obr. 17 Podíl spotřeby tepelného čerpadla a bivalentního zdroje.....</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 18 Schéma simulace v TRNSYSu .....</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 19 Porovnání ročních nákladů v Kč.....</i>	<i>61</i>
<i>Obr. 20 Návrh investice při vytápění a ohřevu TV .....</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 21 Porovnání ročních nákladů se započítáním ostatní elektrické spotřeby.....</i>	<i>63</i>
<i>Obr. 22 Návrh investice se započítáním ostatní elektrické spotřeby .....</i>	<i>63</i>

## PŘÍLOHY

## Součinitele prostupu tepla

Kódy		Popis	d	$\lambda_k$	R	$U_k$	
Stavební část	Materiál		m	W/m·K	m <sup>2</sup> ·K/W	W/m <sup>2</sup> ·K	
Kód stavební konstrukce	<b>Označení stavební konstrukce</b>						
	...	Vnitřní laminární vrstva			$R_{Si}$		
	Kód	Materiál	$d_1$	$\lambda_1$	$d_1/\lambda_1$		
	...	...	...	...	...		
	Kód	Materiál	$d_n$	$\lambda_n$	$d_n/\lambda_n$		
	...	Vnější laminární vrstva			$R_{Se}$		
<b>Celkem</b>			$\Sigma d_i$		$\Sigma R_i$	$1/\Sigma R_i$	
1	<b>Strop 2. NP</b>						
		Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok zdola nahoru)				0,10	
	8	OSB desky (1000)	0,012	0,160	0,08		
	7	EPS 100 S (20-25)	0,220	0,037	5,95		
	11	Malta cementová	0,050	1,020	0,05		
	18	Skelná vata (35)	0,030	0,046	0,65		
	9	Lepenka A 400H	0,001	0,210	0,00		
	1	Beton hutný 2100	0,070	1,050	0,07		
	20	Tvarovky MIAKO	0,140	0,800	0,18		
	14	Omítka vápenná	0,015	0,700	0,02		
		Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok zdola nahoru)				0,10	
<b>Celkem</b>			<b>0,538</b>		<b>7,19</b>	<b>0,139</b>	
2	<b>Zešíkmený strop v 2. NP</b>						
		Odpor při přestupu tepla na vnější straně				0,04	
	19	Střešní krytina pálená	0,030	1,000	0,03		
	18	Skelná vata (35) + krokve	0,100	0,046	2,17		
	6	Dřevotřískové desky	0,020	0,170	0,12		
	10	Lignopor	0,055	0,260	0,21		
	14	Omítka vápenná	0,015	0,700	0,02		
		Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok zdola nahoru)				0,10	
<b>Celkem</b>			<b>0,220</b>		<b>2,69</b>	<b>0,371</b>	
3	<b>Podlaha 2. NP</b>						
		Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok shora dolů)				0,17	
	1	Beton hutný 2100	0,050	1,050	0,05		
	8	Hobra	0,024	0,160	0,15		
	9	Lepenka A 400H	0,001	0,210	0,00		
	1	Beton hutný 2100	0,060	1,050	0,06		
	20	Tvarovky MIAKO	0,140	0,800	0,18		
	15	Omítka vápenocementová	0,015	0,880	0,02		
	Odpor při přestupu tepla na vnější straně				0,04		
<b>Celkem</b>			<b>0,290</b>		<b>0,66</b>	<b>1,512</b>	



Kódy		d	$\lambda_k$	R	$U_k$	
Stavební část	Materiál	m	W/m·K	m <sup>2</sup> ·K/W	W/m <sup>2</sup> ·K	
4	<b>Strop 1. NP (vnitřní část) + podlaha 1. NP</b>					
		Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok shora dolů)			0,17	
	1	Beton hutný 2100	0,050	1,050	0,05	
	8	Hobra	0,024	0,160	0,15	
	9	Lepenka A 400H	0,001	0,210	0,00	
	1	Beton hutný 2100	0,060	1,050	0,06	
	20	Tvarovky MIAKO	0,140	0,800	0,18	
	14	Omítka vápenná	0,015	0,700	0,02	
	12	Minerální vlna Isover Domo	0,050	0,039	1,28	
	17	Sádrokarton	0,010	0,220	0,05	
		Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok shora dolů)			0,17	
<b>Celkem zateplená část</b>		<b>0,350</b>		<b>2,12</b>	<b>0,471</b>	
<b>Celkem nezateplená část</b>		<b>0,290</b>		<b>0,80</b>	<b>1,256</b>	
5	<b>Strop 1. NP (vnější část)</b>					
		Odpor při přestupu tepla na vnější straně			0,04	
	1	Beton hutný 2100 ve spádu 30 - 50 mm	0,050	1,050	0,05	
	8	Hobra	0,024	0,160	0,15	
	9	Lepenka A 400H	0,001	0,210	0,00	
	1	Beton hutný 2100	0,060	1,050	0,06	
	20	Tvarovky MIAKO	0,140	0,800	0,18	
	14	Omítka vápenná	0,015	0,700	0,02	
		Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok zdola nahoru)			0,10	
	<b>Celkem</b>		<b>0,290</b>		<b>0,60</b>	<b>1,678</b>
6	<b>Podlaha 1. PP</b>					
		Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok shora dolů)			0,17	
	1	Beton hutný 2100	0,100	1,050	0,10	
	9	IPA	0,005	0,210	0,02	
	1	Beton hutný 2100	0,100	1,050	0,10	
<b>Celkem</b>		<b>0,205</b>		<b>0,38</b>	<b>2,602</b>	
7	<b>Obvodové zdivo 1. NP + 2. NP</b>					
		Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,13	
	14	Omítka vápenná	0,015	0,700	0,02	
	2	Zdivo cihelné bloky CD 360/240/113 (1250)	0,360	0,490	0,73	
	13	Omítka břizolitová	0,015	1,020	0,01	
	Odpor při přestupu tepla na vnější straně			0,04		
<b>Celkem</b>		<b>0,390</b>		<b>0,94</b>	<b>1,063</b>	
8	<b>Obvodové zdivo 1. PP - z ulice, do dvora (do vzduchu)</b>					
		Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,13	
	14	Omítka vápenná	0,015	0,700	0,02	
	2	Zdivo cihelné bloky CD 360/240/113 (1250)	0,360	0,490	0,73	
	13	Omítka břizolitová	0,015	1,020	0,01	
	Odpor při přestupu tepla na vnější straně			0,04		
<b>Celkem</b>		<b>0,390</b>		<b>0,94</b>	<b>1,063</b>	
9	<b>Obvodové zdivo 1. PP - z ulice, do dvora (do zeminy)</b>					
		Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,13	
	14	Omítka vápenná	0,015	0,700	0,02	
	3	Zdivo cihelné bloky CP 290/140/65 (1800)	0,140	0,770	0,18	
	1	Beton hutný 2100	0,220	1,050	0,21	
	9	Lepenka A 400H	0,001	0,210	0,00	
3	Zdivo cihelné bloky CP 290/140/65 (1800)	0,065	0,770	0,08		
<b>Celkem</b>		<b>0,441</b>		<b>0,63</b>	<b>1,582</b>	

Kódy		Popis	d	$\lambda_k$	R	$U_k$	
Stavební část	Materiál		m	W/m·K	m <sup>2</sup> ·K/W	W/m <sup>2</sup> ·K	
10	<b>Obvodové zdivo 1. PP - štít (do vzduchu)</b>						
		Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)				0,13	
	14	Omítka vápenná	0,015	0,700	0,02		
	3	Zdivo cihelné bloky CP 290/140/65 (1800)	0,065	0,770	0,08		
	2	Zdivo cihelné bloky CD 360/240/113 (1250)	0,360	0,490	0,73		
	13	Omítka břizolitová	0,015	1,020	0,01		
		Odpor při přestupu tepla na vnější straně				0,04	
	<b>Celkem</b>		<b>0,455</b>		<b>1,03</b>	<b>0,975</b>	
11	<b>Obvodové zdivo 1. PP - štít (do zeminy)</b>						
		Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)				0,13	
	14	Omítka vápenná	0,015	0,700	0,02		
	3	Zdivo cihelné bloky CP 290/140/65 (1800)	0,140	0,770	0,18		
	1	Beton hutný 2100	0,285	1,050	0,27		
	9	Lepenka A 400H	0,001	0,210	0,00		
	3	Zdivo cihelné bloky CP 290/140/65 (1800)	0,065	0,770	0,08		
	<b>Celkem</b>		<b>0,506</b>		<b>0,69</b>	<b>1,441</b>	
12	<b>Vnější stěna do sousední budovy</b>						
		Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)				0,13	
	14	Omítka vápenná	0,015	0,700	0,02		
	2	Zdivo cihelné bloky CD 360/240/113 (1250)	0,360	0,490	0,73		
	3	Zdivo cihelné bloky CP 290/140/65 (1800)	0,440	0,770	0,57		
	14	Omítka vápenná	0,015	0,700	0,02		
	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)				0,13		
	<b>Celkem</b>		<b>0,830</b>		<b>1,61</b>	<b>0,622</b>	
13	<b>Vnitřní nosná stěna</b>						
		Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)				0,13	
	14	Omítka vápenná	0,015	0,700	0,02		
	5	Cihly voštinové CV 14 290/140/140	0,290	0,590	0,49		
	14	Omítka vápenná	0,015	0,700	0,02		
	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)				0,13		
	<b>Celkem</b>		<b>0,320</b>		<b>0,79</b>	<b>1,259</b>	
14	<b>Vnitřní dělicí stěna 1. PP</b>						
		Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)				0,13	
	14	Omítka vápenná	0,015	0,700	0,02		
	3	Zdivo cihelné bloky CP 290/140/65 (1800)	0,140	0,770	0,18		
	14	Omítka vápenná	0,015	0,700	0,02		
	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)				0,13		
	<b>Celkem</b>		<b>0,170</b>		<b>0,48</b>	<b>2,063</b>	
15	<b>Vnitřní dělicí stěna 1. PP + 2.NP</b>						
		Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)				0,13	
	14	Omítka vápenná	0,015	0,700	0,02		
	4	Cihla dutá Pk-CD 290/140/65	0,140	0,480	0,29		
	14	Omítka vápenná	0,015	0,700	0,02		
	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)				0,13		
	<b>Celkem</b>		<b>0,170</b>		<b>0,59</b>	<b>1,682</b>	
16	<b>Vnitřní dělicí stěna 1. PP + 2.NP</b>						
		Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)				0,13	
	14	Omítka vápenná	0,015	0,700	0,02		
	4	Cihla dutá Pk-CD 290/140/65	0,065	0,430	0,15		
	14	Omítka vápenná	0,015	0,700	0,02		
	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)				0,13		
	<b>Celkem</b>		<b>0,095</b>		<b>0,45</b>	<b>2,203</b>	
17	<b>Vnitřní dveře</b>						
		Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)				0,13	
	21	Dřevo	0,040	0,150	0,27		
	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)				0,13		
	<b>Celkem</b>		<b>0,040</b>		<b>0,53</b>	<b>1,899</b>	

## Tepelné ztráty místností prostupem

01 Pracovna					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$e_k$ na jedn.	$A_k*U_k*e_k$ W/K
	8 Obvodové zdivo 1. PP - z ulice, do dvora (do vzduchu)	2,77	1,063	1,00	2,944
	10 Obvodové zdivo 1. PP - štít (do vzduchu)	5,23	0,975	1,00	5,101
	29 Okno pracovna	2,03	0,918	1,00	1,863
<b>Celkem stavební části</b>			$\Sigma_k A_k*U_k*e_k$	W/K	<b>8,045</b>
Kód	Tepelný most	$A_k$ m <sup>2</sup>	$\Delta U_{tb}$ W/m <sup>2</sup> *K	$e_k$ na jedn.	$A_k*\Delta U_{tb}*e_k$ W/K
	Těžká stropní konstrukce (stěna do dvora)	2,77	0,050	1,00	0,139
	Těžká stropní konstrukce (štít)	5,23	0,050	1,00	0,262
	29 Okno pracovna	2,03	0,341	1,00	0,691
	14 Vnitřní dělící stěna 1. PP	2,77	0,250	1,00	0,693
	13 Vnitřní nosná stěna	5,23	0,250	1,00	1,308
<b>Celkem tepelné mosty</b>			$\Sigma_k A_k*\Delta U_{tb}*e_k$	W/K	<b>3,091</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí</b>				$H_{T,ie}$	<b>11,137</b>
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$b_u$ na jedn.	$A_k*U_k*b_u$ W/K
	14 Vnitřní dělící stěna 1. PP	7,14	2,063	0,73	10,814
	17 Vnitřní dveře	1,60	1,899	0,73	2,230
	13 Vnitřní nosná stěna	7,36	1,259	0,76	7,028
<b>Celkem stavební části</b>			$\Sigma_k A_k*U_k*b_u$	W/K	<b>20,072</b>
Kód	Tepelný most	$A_k$ m <sup>2</sup>	$\Delta U_{tb}$ W/m <sup>2</sup> *K	$b_u$ na jedn.	$A_k*\Delta U_{tb}*b_u$ W/K
					0,000
<b>Celkem tepelné mosty</b>			$\Sigma_k A_k*\Delta U_{tb}*e_k$	W/K	<b>0,000</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory</b>				$H_{T,iue}$	<b>20,072</b>
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		$A_g$ m <sup>2</sup>	P m	$B' = 2*A_g/P$ m	
		12,16	7,000	3,47	
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$U_{equiv,k}$ W/m <sup>2</sup> *K	$A_k*U_{equiv,k}$ W/K
	6 Podlaha 1. PP	12,16	2,602	0,70	8,512
	9 Obvodové zdivo 1. PP - z ulice, do dvora (do zeminou)	2,56	1,582	0,96	2,458
	11 Obvodové zdivo 1. PP - štít (do zeminou)	3,51	1,441	0,89	3,124
<b>Celkem ekvivalentní stavební části</b>			$\Sigma_k A_k*U_{equiv,k}$	W/K	<b>14,094</b>
Korekční činitelé		$f_{g1}$ na jedn.	$f_{g2}$ na jedn.	$G_w$ na jedn.	$f_{g1}*f_{g2}*G_w$ na jedn.
		1,45	0,341	1,00	0,494
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou</b>				$H_{T,ig}$	<b>6,961</b>
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$f_{ij}$ na jedn.	$A_k*U_k*f_{ij}$ W/K
					0,000
<b>Celkem stavební části</b>			$\Sigma_k A_k*U_k*f_{ij}$	W/K	<b>0,000</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami</b>				$H_{T,ij}$	<b>0,000</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem</b>					
<b>Teplotní údaje</b>					
Venkovní výpočtová teplota			$\theta_e$	°C	-12
Vnitřní výpočtová teplota			$\theta_{int,i}$	°C	20
Výpočtový rozdíl teplot			$\theta_{int,i}-\theta_e$	°C	32
<b>Návrhová tepelná ztráta prostupem</b>					
					<b>1221</b>

101 Obývací pokoj					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$e_k$ na jedn.	$A_k*U_k*e_k$ W/K
7	Obvodové zdivo 1. NP + 2. NP	5,72	1,063	1,00	6,074
21	Francouzské okno spodní	5,21	0,878	1,00	4,568
<b>Celkem stavební části</b>				$\Sigma_k A_k*U_k*e_k$	<b>10,642</b>
Kód	Tepelný most	$A_k$ m <sup>2</sup>	$\Delta U_{tb}$ W/m <sup>2</sup> *K	$e_k$ na jedn.	$A_k*\Delta U_{tb}*e_k$ W/K
	Těžká stropní konstrukce (stěna do dvora)	5,72	0,050	1,00	0,286
	Těžká podlahová konstrukce (stěna do dvora)	5,72	0,050	1,00	0,286
21	Francouzské okno spodní	5,21	0,742	1,00	3,862
7	Obvodové zdivo 1. NP + 2. NP	5,72	0,300	1,00	1,715
13	Vnitřní nosná stěna	5,72	0,300	1,00	1,715
<b>Celkem tepelné mosty</b>				$\Sigma_k A_k*\Delta U_{tb}*e_k$	<b>7,863</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí</b>				$H_{T,ie}$	<b>18,505</b>
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$b_u$ na jedn.	$A_k*U_k*b_u$ W/K
4	Strop 1. NP (vnitřní část) + podlaha 1. NP	26,23	0,471	0,89	10,989
<b>Celkem stavební části</b>				$\Sigma_k A_k*U_k*b_u$	<b>10,989</b>
Kód	Tepelný most	$A_k$ m <sup>2</sup>	$\Delta U_{tb}$ W/m <sup>2</sup> *K	$b_u$ na jedn.	$A_k*\Delta U_{tb}*b_u$ W/K
					0,000
<b>Celkem tepelné mosty</b>				$\Sigma_k A_k*\Delta U_{tb}*b_u$	<b>0,000</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory</b>				$H_{T,iue}$	<b>10,989</b>
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		$A_g$ m <sup>2</sup>	P	$B' = 2*A_g/P$ m	
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$U_{equiv,k}$ W/m <sup>2</sup> *K	$A_k*U_{equiv,k}$ W/K
					0,000
<b>Celkem ekvivalentní stavební části</b>				$\Sigma_k A_k*U_{equiv,k}$	<b>0,000</b>
Korekční činitelé		$f_{g1}$ na jedn.	$f_{g2}$ na jedn.	$G_w$ na jedn.	$f_{g1}*f_{g2}*G_w$ na jedn.
					0,000
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou</b>				$H_{T,ig}$	<b>0,000</b>
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$f_{ij}$ na jedn.	$A_k*U_k*f_{ij}$ W/K
12	Vnější stěna do sousední budovy	15,86	0,622	0,34	3,358
13	Vnitřní nosná stěna	3,60	1,259	0,09	0,425
17	Vnitřní dveře	1,60	1,899	0,09	0,285
<b>Celkem stavební části</b>				$\Sigma_k A_k*U_k*f_{ij}$	<b>4,067</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami</b>				$H_{T,ij}$	<b>4,067</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem</b>					<b>33,561</b>
Teplotní údaje					
Venkovní výpočtová teplota			$\theta_e$	°C	-12
Vnitřní výpočtová teplota			$\theta_{int,i}$	°C	20
Výpočtový rozdíl teplot			$\theta_{int,i}-\theta_e$	°C	32
<b>Návrhová tepelná ztráta prostupem</b>					<b>1074</b>

102 Pokoj					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$e_k$ na jedn.	$A_k*U_k*e_k$ W/K
7	Obvodové zdivo 1. NP + 2. NP	8,66	1,063	1,00	9,199
7	Obvodové zdivo 1. NP + 2. NP	9,88	1,063	1,00	10,501
28	Okno pokoj	3,05	0,867	1,00	2,641
<b>Celkem stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_k*e_k$		<b>W/K</b>	<b>22,342</b>
Kód	Tepelný most	$A_k$ m <sup>2</sup>	$\Delta U_{tb}$ W/m <sup>2</sup> *K	$e_k$ na jedn.	$A_k*\Delta U_{tb}*e_k$ W/K
	Těžká stropní konstrukce	18,54	0,100	1,00	1,854
13	Vnitřní nosná stěna	8,66	0,300	1,00	2,597
13	Vnitřní nosná stěna	9,88	0,300	1,00	2,964
28	Okno pokoj	3,05	0,434	1,00	1,320
<b>Celkem tepelné mosty</b>		$\Sigma_k A_k*\Delta U_{tb}*e_k$		<b>W/K</b>	<b>6,881</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí</b>				<b>H<sub>T,ie</sub></b>	<b>29,222</b>
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$b_u$ na jedn.	$A_k*U_k*b_u$ W/K
4	Strop 1. NP (vnitřní část) + podlaha 1. NP	4,94	1,256	0,73	4,556
<b>Celkem stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_k*b_u$		<b>W/K</b>	<b>4,556</b>
Kód	Tepelný most	$A_k$ m <sup>2</sup>	$\Delta U_{tb}$ W/m <sup>2</sup> *K	$b_u$ na jedn.	$A_k*\Delta U_{tb}*b_u$ W/K
					0,000
<b>Celkem tepelné mosty</b>		$\Sigma_k A_k*\Delta U_{tb}*e_k$		<b>W/K</b>	<b>0,000</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory</b>				<b>H<sub>T,iue</sub></b>	<b>4,556</b>
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		$A_g$ m <sup>2</sup>	$P$ m	$B' = 2*A_g/P$ m	
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$U_{equiv,k}$ W/m <sup>2</sup> *K	$A_k*U_{equiv,k}$ W/K
					0,000
<b>Celkem ekvivalentní stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_{equiv,k}$		<b>W/K</b>	<b>0,000</b>
Korekční činitelé		$f_{g1}$ na jedn.	$f_{g2}$ na jedn.	$G_w$ na jedn.	$f_{g1}*f_{g2}*G_w$ na jedn.
					0,000
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou</b>				<b>H<sub>T,ig</sub></b>	<b>0,000</b>
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$f_{ij}$ na jedn.	$A_k*U_k*f_{ij}$ W/K
13	Vnitřní nosná stěna	10,10	1,259	0,09	1,192
17	Vnitřní dveře	1,60	1,899	0,09	0,285
<b>Celkem stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_k*f_{ij}$		<b>W/K</b>	<b>1,477</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami</b>				<b>H<sub>T,ij</sub></b>	<b>1,477</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem</b>					<b>35,255</b>
Teplotní údaje					
Venkovní výpočtová teplota			$\theta_e$	°C	-12
Vnitřní výpočtová teplota			$\theta_{int,i}$	°C	20
Výpočtový rozdíl teplot			$\theta_{int,i}-\theta_e$	°C	32
<b>Návrhová tepelná ztráta prostupem</b>					<b>1128</b>

103 Hala					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$e_k$ na jedn.	$A_k*U_k*e_k$ W/K
7	Obvodové zdivo 1. NP + 2. NP	6,76	1,063	1,00	7,185
33	Okno chodba - velké	2,60	0,827	1,00	2,151
<b>Celkem stavební části</b>				$\Sigma_k A_k*U_k*e_k$	<b>9,336</b>
Kód	Tepelný most	$A_k$ m <sup>2</sup>	$\Delta U_{tb}$ W/m <sup>2</sup> *K	$e_k$ na jedn.	$A_k*\Delta U_{tb}*e_k$ W/K
	Těžká stropní konstrukce	6,76	0,050	1,00	0,338
	Těžká podlahová konstrukce	6,76	0,050	1,00	0,338
13	Vnitřní nosná stěna	6,76	0,300	1,00	2,028
16	Vnitřní dělící stěna 1. PP + 2.NP	6,76	0,300	1,00	2,028
33	Okno chodba - velké	2,60	0,292	1,00	0,759
<b>Celkem tepelné mosty</b>				$\Sigma_k A_k*\Delta U_{tb}*e_k$	<b>5,491</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí</b>				$H_{T,ie}$	<b>14,827</b>
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$b_u$ na jedn.	$A_k*U_k*b_u$ W/K
4	Strop 1. NP (vnitřní část) + podlaha 1. NP	17,77	1,256	0,73	16,387
16	Vnitřní dělící stěna 1. PP + 2.NP	1,40	2,203	0,40	1,233
17	Vnitřní dveře	1,20	1,899	0,40	0,911
<b>Celkem stavební části</b>				$\Sigma_k A_k*U_k*b_u$	<b>18,531</b>
Kód	Tepelný most	$A_k$ m <sup>2</sup>	$\Delta U_{tb}$ W/m <sup>2</sup> *K	$b_u$ na jedn.	$A_k*\Delta U_{tb}*b_u$ W/K
					0,000
<b>Celkem tepelné mosty</b>				$\Sigma_k A_k*\Delta U_{tb}*e_k$	<b>0,000</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory</b>				$H_{T,iue}$	<b>18,531</b>
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		$A_g$ m <sup>2</sup>	P	$B' = 2*A_g/P$ m	
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$U_{equiv,k}$ W/m <sup>2</sup> *K	$A_k*U_{equiv,k}$ W/K
					0,000
<b>Celkem ekvivalentní stavební části</b>				$\Sigma_k A_k*U_{equiv,k}$	<b>0,000</b>
Korekční činitelé		$f_{g1}$ na jedn.	$f_{g2}$ na jedn.	$G_w$ na jedn.	$f_{g1}*f_{g2}*G_w$ na jedn.
					0,000
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou</b>				$H_{T,ig}$	<b>0,000</b>
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$f_{ij}$ na jedn.	$A_k*U_k*f_{ij}$ W/K
13	Vnitřní nosná stěna	10,10	1,259	-0,10	-1,315
17	Vnitřní dveře	1,60	1,899	-0,10	-0,314
13	Vnitřní nosná stěna	3,60	1,259	-0,10	-0,469
17	Vnitřní dveře	1,60	1,899	-0,10	-0,314
13	Vnitřní nosná stěna	2,30	1,259	-0,10	-0,300
17	Vnitřní dveře	1,60	1,899	-0,10	-0,314
16	Vnitřní dělící stěna 1. PP + 2.NP	3,48	2,203	-0,24	-1,850
17	Vnitřní dveře	1,20	1,899	-0,24	-0,550
<b>Celkem stavební části</b>				$\Sigma_k A_k*U_k*f_{ij}$	<b>-5,427</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami</b>				$H_{T,ij}$	<b>-5,427</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem</b>					<b>27,932</b>
Teplotní údaje					
Venkovní výpočtová teplota			$\theta_e$	°C	-12
Vnitřní výpočtová teplota			$\theta_{int,i}$	°C	17
Výpočtový rozdíl teplot			$\theta_{int,i}-\theta_e$	°C	29
<b>Návrhová tepelná ztráta prostupem</b>					<b>810</b>

104 Předšň					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$e_k$ na jedn.	$A_k*U_k*e_k$ W/K
7	Obvodové zdivo 1. NP + 2. NP	5,46	1,063	1,00	5,803
7	Obvodové zdivo 1. NP + 2. NP	2,67	1,063	1,00	2,833
18	Vstupní dveře	2,80	1,055	1,00	2,950
<b>Celkem stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_k*e_k$		<b>W/K</b>	<b>11,586</b>
Kód	Tepelný most	$A_k$ m <sup>2</sup>	$\Delta U_{tb}$ W/m <sup>2</sup> *K	$e_k$ na jedn.	$A_k*\Delta U_{tb}*e_k$ W/K
	Těžká stropní konstrukce	3,40	0,100	1,00	0,340
	Těžká podlahová konstrukce	3,40	0,100	1,00	0,340
16	Vnitřní dělicí stěna 1. PP + 2.NP	5,46	0,300	1,00	1,638
16	Vnitřní dělicí stěna 1. PP + 2.NP	2,67	0,300	1,00	0,800
18	Vstupní dveře	2,80	0,557	1,00	1,557
<b>Celkem tepelné mosty</b>		$\Sigma_k A_k*\Delta U_{tb}*e_k$		<b>W/K</b>	<b>4,674</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí</b>				<b>H<sub>T,ie</sub></b>	<b>16,259</b>
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$b_u$ na jedn.	$A_k*U_k*b_u$ W/K
4	Strop 1. NP (vnitřní část) + podlaha 1. NP	3,40	1,256	0,82	3,490
<b>Celkem stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_k*b_u$		<b>W/K</b>	<b>3,490</b>
Kód	Tepelný most	$A_k$ m <sup>2</sup>	$\Delta U_{tb}$ W/m <sup>2</sup> *K	$b_u$ na jedn.	$A_k*\Delta U_{tb}*b_u$ W/K
					0,000
<b>Celkem tepelné mosty</b>		$\Sigma_k A_k*\Delta U_{tb}*e_k$		<b>W/K</b>	<b>0,000</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory</b>				<b>H<sub>T,iue</sub></b>	<b>3,490</b>
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		$A_g$ m <sup>2</sup>	$P$ m	$B' = 2*A_g/P$ m	
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$U_{equiv,k}$ W/m <sup>2</sup> *K	$A_k*U_{equiv,k}$ W/K
					0,000
<b>Celkem ekvivalentní stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_{equiv,k}$		<b>W/K</b>	<b>0,000</b>
Korekční činitelé		$f_{g1}$ na jedn.	$f_{g2}$ na jedn.	$G_w$ na jedn.	$f_{g1}*f_{g2}*G_w$ na jedn.
					0,000
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou</b>				<b>H<sub>T,ig</sub></b>	<b>0,000</b>
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$f_{ij}$ na jedn.	$A_k*U_k*f_{ij}$ W/K
16	Vnitřní dělicí stěna 1. PP + 2.NP	1,56	2,203	-0,33	-1,145
4	Strop 1. NP (vnitřní část) + podlaha 1. NP	3,40	1,256	-0,19	-0,790
<b>Celkem stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_k*f_{ij}$		<b>W/K</b>	<b>-1,936</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami</b>				<b>H<sub>T,ij</sub></b>	<b>-1,936</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem</b>					<b>17,813</b>
Teplotní údaje					
Venkovní výpočtová teplota			$\theta_e$	°C	-12
Vnitřní výpočtová teplota			$\theta_{int,i}$	°C	15
Výpočtový rozdíl teplot			$\theta_{int,i}-\theta_e$	°C	27
<b>Návrhová tepelná ztráta prostupem</b>					<b>481</b>

105 Koupelna					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$e_k$ na jedn.	$A_k*U_k*e_k$ W/K
7	Obvodové zdivo 1. NP + 2. NP	4,14	1,063	1,00	4,400
24	Okno koupelna	0,84	1,055	1,00	0,887
<b>Celkem stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_k*e_k$		<b>W/K</b>	<b>5,287</b>
Kód	Tepelný most	$A_k$ m <sup>2</sup>	$\Delta U_{tb}$ W/m <sup>2</sup> *K	$e_k$ na jedn.	$A_k*\Delta U_{tb}*e_k$ W/K
	Těžká stropní konstrukce	4,53	0,050	1,00	0,227
	Těžká podlahová konstrukce	4,53	0,050	1,00	0,227
16	Vnitřní dělící stěna 1. PP + 2.NP	4,14	0,300	1,00	1,242
13	Vnitřní nosná stěna	4,14	0,300	1,00	1,242
24	Okno koupelna	0,84	0,194	1,00	0,163
<b>Celkem tepelné mosty</b>		$\Sigma_k A_k*\Delta U_{tb}*e_k$		<b>W/K</b>	<b>3,100</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí</b>				<b>H<sub>T,ie</sub></b>	<b>8,387</b>
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$b_u$ na jedn.	$A_k*U_k*b_u$ W/K
4	Strop 1. NP (vnitřní část) + podlaha 1. NP	4,53	1,256	0,75	4,275
<b>Celkem stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_k*b_u$		<b>W/K</b>	<b>4,275</b>
Kód	Tepelný most	$A_k$ m <sup>2</sup>	$\Delta U_{tb}$ W/m <sup>2</sup> *K	$b_u$ na jedn.	$A_k*\Delta U_{tb}*b_u$ W/K
					0,000
<b>Celkem tepelné mosty</b>		$\Sigma_k A_k*\Delta U_{tb}*e_k$		<b>W/K</b>	<b>0,000</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory</b>				<b>H<sub>T,iue</sub></b>	<b>4,275</b>
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		$A_g$ m <sup>2</sup>	$P$ m	$B' = 2*A_g/P$ m	
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$U_{equiv,k}$ W/m <sup>2</sup> *K	$A_k*U_{equiv,k}$ W/K
					0,000
<b>Celkem ekvivalentní stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_{equiv,k}$		<b>W/K</b>	<b>0,000</b>
Korekční činitelé		$f_{g1}$ na jedn.	$f_{g2}$ na jedn.	$G_w$ na jedn.	$f_{g1}*f_{g2}*G_w$ na jedn.
					0,000
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou</b>				<b>H<sub>T,ig</sub></b>	<b>0,000</b>
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$f_{ij}$ na jedn.	$A_k*U_k*f_{ij}$ W/K
16	Vnitřní dělící stěna 1. PP + 2.NP	3,48	2,203	0,19	1,490
17	Vnitřní dveře	1,20	1,899	0,19	0,443
16	Vnitřní dělící stěna 1. PP + 2.NP	1,20	2,203	0,25	0,661
13	Vnitřní nosná stěna	5,46	1,259	0,25	1,718
<b>Celkem stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_k*f_{ij}$		<b>W/K</b>	<b>4,313</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami</b>				<b>H<sub>T,ij</sub></b>	<b>4,313</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem</b>					<b>16,974</b>
Teplotní údaje					
Venkovní výpočtová teplota			$\theta_e$	°C	-12
Vnitřní výpočtová teplota			$\theta_{int,i}$	°C	24
Výpočtový rozdíl teplot			$\theta_{int,i}-\theta_e$	°C	36
<b>Návrhová tepelná ztráta prostupem</b>					<b>611</b>



106 Kuchyně					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$e_k$ na jedn.	$A_k*U_k*e_k$ W/K
7	Obvodové zdivo 1. NP + 2. NP	7,88	1,063	1,00	8,370
7	Obvodové zdivo 1. NP + 2. NP	2,18	1,063	1,00	2,321
23	Okno kuchyně	3,05	0,867	1,00	2,641
<b>Celkem stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_k*e_k$		<b>W/K</b>	<b>13,333</b>
Kód	Tepelný most	$A_k$ m <sup>2</sup>	$\Delta U_{tb}$ W/m <sup>2</sup> *K	$e_k$ na jedn.	$A_k*\Delta U_{tb}*e_k$ W/K
	Těžká stropní konstrukce	7,88	0,050	1,00	0,394
	Těžká podlahová konstrukce	7,88	0,100	1,00	0,788
7	Obvodové zdivo 1. NP + 2. NP	7,88	0,300	1,00	2,363
23	Okno kuchyně	3,05	0,434	1,00	1,320
<b>Celkem tepelné mosty</b>		$\Sigma_k A_k*\Delta U_{tb}*e_k$		<b>W/K</b>	<b>4,864</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí</b>				<b>H<sub>T,ie</sub></b>	<b>18,197</b>
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$b_u$ na jedn.	$A_k*U_k*b_u$ W/K
4	Strop 1. NP (vnitřní část) + podlaha 1. NP	20,93	0,471	0,89	8,722
<b>Celkem stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_k*b_u$		<b>W/K</b>	<b>8,722</b>
Kód	Tepelný most	$A_k$ m <sup>2</sup>	$\Delta U_{tb}$ W/m <sup>2</sup> *K	$b_u$ na jedn.	$A_k*\Delta U_{tb}*b_u$ W/K
					0,000
<b>Celkem tepelné mosty</b>		$\Sigma_k A_k*\Delta U_{tb}*e_k$		<b>W/K</b>	<b>0,000</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory</b>				<b>H<sub>T,iue</sub></b>	<b>8,722</b>
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		$A_g$ m <sup>2</sup>	$P$ m	$B' = 2*A_g/P$ m	
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$U_{equiv,k}$ W/m <sup>2</sup> *K	$A_k*U_{equiv,k}$ W/K
					0,000
<b>Celkem ekvivalentní stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_{equiv,k}$		<b>W/K</b>	<b>0,000</b>
Korekční činitelé		$f_{g1}$ na jedn.	$f_{g2}$ na jedn.	$G_w$ na jedn.	$f_{g1}*f_{g2}*G_w$ na jedn.
					0,000
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou</b>				<b>H<sub>T,ig</sub></b>	<b>0,000</b>
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$f_{ij}$ na jedn.	$A_k*U_k*f_{ij}$ W/K
12	Vnější stěna do sousední budovy	11,44	0,622	0,34	2,422
13	Vnitřní nosná stěna	2,30	1,259	0,09	0,271
17	Vnitřní dveře	1,60	1,899	0,09	0,285
<b>Celkem stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_k*f_{ij}$		<b>W/K</b>	<b>2,978</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami</b>				<b>H<sub>T,ij</sub></b>	<b>2,978</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem</b>					<b>29,897</b>
Teplotní údaje					
Venkovní výpočtová teplota			$\theta_e$	°C	-12
Vnitřní výpočtová teplota			$\theta_{int,i}$	°C	20
Výpočtový rozdíl teplot			$\theta_{int,i}-\theta_e$	°C	32
<b>Návrhová tepelná ztráta prostupem</b>					<b>957</b>

103_2 Hala_2					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$e_k$ na jedn.	$A_k*U_k*e_k$ W/K
7	Obvodové zdivo 1. NP + 2. NP	6,40	1,063	1,00	6,803
33	Okno chodba - velké	2,60	0,827	1,00	2,151
<b>Celkem stavební části</b>				$\Sigma_k A_k*U_k*e_k$	<b>8,954</b>
Kód	Tepelný most	$A_k$ m <sup>2</sup>	$\Delta U_{tb}$ W/m <sup>2</sup> *K	$e_k$ na jedn.	$A_k*\Delta U_{tb}*e_k$ W/K
	Těžká stropní konstrukce	6,40	0,050	1,00	0,320
	Těžká podlahová konstrukce	6,40	0,050	1,00	0,320
15	Vnitřní dělicí stěna 1. PP + 2.NP	6,40	0,300	1,00	1,920
16	Vnitřní dělicí stěna 1. PP + 2.NP	6,40	0,300	1,00	1,920
33	Okno chodba - velké	2,60	0,292	1,00	0,759
<b>Celkem tepelné mosty</b>				$\Sigma_k A_k*\Delta U_{tb}*e_k$	<b>5,239</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí</b>				$H_{T,ie}$	<b>14,193</b>
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$b_u$ na jedn.	$A_k*U_k*b_u$ W/K
1	Strop 2. NP	17,77	0,139	1,00	2,471
<b>Celkem stavební části</b>				$\Sigma_k A_k*U_k*b_u$	<b>2,471</b>
Kód	Tepelný most	$A_k$ m <sup>2</sup>	$\Delta U_{tb}$ W/m <sup>2</sup> *K	$b_u$ na jedn.	$A_k*\Delta U_{tb}*b_u$ W/K
<b>Celkem tepelné mosty</b>				$\Sigma_k A_k*\Delta U_{tb}*b_u$	<b>0,000</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory</b>				$H_{T,iue}$	<b>2,471</b>
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		$A_g$ m <sup>2</sup>	P	$B' = 2*A_g/P$ m	
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$U_{equiv,k}$ W/m <sup>2</sup> *K	$A_k*U_{equiv,k}$ W/K
<b>Celkem ekvivalentní stavební části</b>				$\Sigma_k A_k*U_{equiv,k}$	<b>0,000</b>
Korekční činitelé		$f_{g1}$ na jedn.	$f_{g2}$ na jedn.	$G_w$ na jedn.	$f_{g1}*f_{g2}*G_w$ na jedn.
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou</b>				$H_{T,ig}$	<b>0,000</b>
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$f_{ij}$ na jedn.	$A_k*U_k*f_{ij}$ W/K
15	Vnitřní dělicí stěna 1. PP + 2.NP	9,90	1,682	-0,03	-0,537
17	Vnitřní dveře	1,60	1,899	-0,03	-0,098
13	Vnitřní nosná stěna	3,40	1,259	-0,03	-0,138
17	Vnitřní dveře	1,60	1,899	-0,03	-0,098
13	Vnitřní nosná stěna	2,40	1,259	-0,03	-0,097
17	Vnitřní dveře	1,60	1,899	-0,03	-0,098
16	Vnitřní dělicí stěna 1. PP + 2.NP	3,55	2,203	-0,16	-1,261
17	Vnitřní dveře	1,20	1,899	-0,16	-0,367
16	Vnitřní dělicí stěna 1. PP + 2.NP	4,90	2,203	-0,03	-0,348
17	Vnitřní dveře	1,60	1,899	-0,03	-0,098
<b>Celkem stavební části</b>				$\Sigma_k A_k*U_k*f_{ij}$	<b>-3,141</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami</b>				$H_{T,ij}$	<b>-3,141</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem</b>					<b>13,522</b>
Teplotní údaje					
Venkovní výpočtová teplota			$\theta_e$	°C	-12
Vnitřní výpočtová teplota			$\theta_{int,i}$	°C	19
Výpočtový rozdíl teplot			$\theta_{int,i}-\theta_e$	°C	31
<b>Návrhová tepelná ztráta prostupem</b>					<b>419</b>

201 Ložnice					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$e_k$ na jedn.	$A_k*U_k*e_k$ W/K
7	Obvodové zdivo 1. NP + 2. NP	5,30	1,063	1,00	5,628
22	Francouzské okno horní	5,21	0,878	1,00	4,568
7	Obvodové zdivo 1. NP + 2. NP	12,25	1,063	1,00	13,020
<b>Celkem stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_k*e_k$		<b>W/K</b>	<b>23,216</b>
Kód	Tepelný most	$A_k$ m <sup>2</sup>	$\Delta U_{tb}$ W/m <sup>2</sup> *K	$e_k$ na jedn.	$A_k*\Delta U_{tb}*e_k$ W/K
	Těžká podlahová konstrukce	17,55	0,100	1,00	1,755
	Komín	12,25	0,250	1,00	3,063
13	Vnitřní nosná stěna	5,30	0,250	1,00	1,324
22	Francouzské okno horní	5,21	0,742	1,00	3,862
<b>Celkem tepelné mosty</b>		$\Sigma_k A_k*\Delta U_{tb}*e_k$		<b>W/K</b>	<b>10,003</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí</b>				<b>H<sub>T,ie</sub></b>	<b>33,219</b>
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$b_u$ na jedn.	$A_k*U_k*b_u$ W/K
1	Strop 2. NP	21,11	0,139	1,00	2,936
<b>Celkem stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_k*b_u$		<b>W/K</b>	<b>2,936</b>
Kód	Tepelný most	$A_k$ m <sup>2</sup>	$\Delta U_{tb}$ W/m <sup>2</sup> *K	$b_u$ na jedn.	$A_k*\Delta U_{tb}*b_u$ W/K
					0,000
<b>Celkem tepelné mosty</b>		$\Sigma_k A_k*\Delta U_{tb}*e_k$		<b>W/K</b>	<b>0,000</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory</b>				<b>H<sub>T,iue</sub></b>	<b>2,936</b>
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		$A_g$ m <sup>2</sup>	$P$ m	$B' = 2*A_g/P$ m	
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$U_{equiv,k}$ W/m <sup>2</sup> *K	$A_k*U_{equiv,k}$ W/K
					0,000
<b>Celkem ekvivalentní stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_{equiv,k}$		<b>W/K</b>	<b>0,000</b>
Korekční činitelé		$f_{g1}$ na jedn.	$f_{g2}$ na jedn.	$G_w$ na jedn.	$f_{g1}*f_{g2}*G_w$ na jedn.
					0,000
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou</b>				<b>H<sub>T,ig</sub></b>	<b>0,000</b>
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$f_{ij}$ na jedn.	$A_k*U_k*f_{ij}$ W/K
13	Vnitřní nosná stěna	3,40	1,259	0,03	0,134
17	Vnitřní dveře	1,60	1,899	0,03	0,095
<b>Celkem stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_k*f_{ij}$		<b>W/K</b>	<b>0,229</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami</b>				<b>H<sub>T,ij</sub></b>	<b>0,229</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem</b>					<b>36,384</b>
Teplotní údaje					
Venkovní výpočtová teplota			$\theta_e$	°C	-12
Vnitřní výpočtová teplota			$\theta_{int,i}$	°C	20
Výpočtový rozdíl teplot			$\theta_{int,i}-\theta_e$	°C	32
<b>Návrhová tepelná ztráta prostupem</b>					<b>1164</b>

202 Ložnice					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$e_k$ na jedn.	$A_k*U_k*e_k$ W/K
7	Obvodové zdivo 1. NP + 2. NP	2,10	1,063	1,00	2,232
7	Obvodové zdivo 1. NP + 2. NP	8,21	1,063	1,00	8,721
27	Okno ložnice	3,05	0,867	1,00	2,641
7	Obvodové zdivo 1. NP + 2. NP	10,25	1,063	1,00	10,895
<b>Celkem stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_k*e_k$		<b>W/K</b>	<b>24,489</b>
Kód	Tepelný most	$A_k$ m <sup>2</sup>	$\Delta U_{tb}$ W/m <sup>2</sup> *K	$e_k$ na jedn.	$A_k*\Delta U_{tb}*e_k$ W/K
	Těžká podlahová konstrukce	18,23	0,100	1,00	1,823
27	Okno ložnice	3,05	0,434	1,00	1,320
15	Vnitřní dělící stěna 1. PP + 2.NP	10,25	0,250	1,00	2,563
<b>Celkem tepelné mosty</b>		$\Sigma_k A_k*\Delta U_{tb}*e_k$		<b>W/K</b>	<b>5,705</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí</b>				<b>H<sub>T,ie</sub></b>	<b>30,194</b>
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$b_u$ na jedn.	$A_k*U_k*b_u$ W/K
1	Strop 2. NP	18,23	0,139	1,00	2,535
<b>Celkem stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_k*b_u$		<b>W/K</b>	<b>2,535</b>
Kód	Tepelný most	$A_k$ m <sup>2</sup>	$\Delta U_{tb}$ W/m <sup>2</sup> *K	$b_u$ na jedn.	$A_k*\Delta U_{tb}*b_u$ W/K
					0,000
<b>Celkem tepelné mosty</b>		$\Sigma_k A_k*\Delta U_{tb}*e_k$		<b>W/K</b>	<b>0,000</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory</b>				<b>H<sub>T,iue</sub></b>	<b>2,535</b>
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		$A_g$ m <sup>2</sup>	$P$ m	$B' = 2*A_g/P$ m	
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$U_{equiv,k}$ W/m <sup>2</sup> *K	$A_k*U_{equiv,k}$ W/K
					0,000
<b>Celkem ekvivalentní stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_{equiv,k}$		<b>W/K</b>	<b>0,000</b>
Korekční činitelé		$f_{g1}$ na jedn.	$f_{g2}$ na jedn.	$G_w$ na jedn.	$f_{g1}*f_{g2}*G_w$ na jedn.
					0,000
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou</b>				<b>H<sub>T,ig</sub></b>	<b>0,000</b>
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$f_{ij}$ na jedn.	$A_k*U_k*f_{ij}$ W/K
15	Vnitřní dělící stěna 1. PP + 2.NP	9,90	1,682	0,03	0,520
17	Vnitřní dveře	1,60	1,899	0,03	0,095
<b>Celkem stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_k*f_{ij}$		<b>W/K</b>	<b>0,615</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami</b>				<b>H<sub>T,ij</sub></b>	<b>0,615</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem</b>					<b>33,345</b>
Teplotní údaje					
Venkovní výpočtová teplota			$\theta_e$	°C	-12
Vnitřní výpočtová teplota			$\theta_{int,i}$	°C	20
Výpočtový rozdíl teplot			$\theta_{int,i}-\theta_e$	°C	32
<b>Návrhová tepelná ztráta prostupem</b>					<b>1067</b>

203 Šatna					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$e_k$ na jedn.	$A_k*U_k*e_k$ W/K
2	Zešíkmený strop v 2. NP	6,10	0,371	1,00	2,264
26	Střešní okna	0,92	1,151	1,00	1,060
7	Obvodové zdívo 1. NP + 2. NP	6,79	1,063	1,00	7,217
7	Obvodové zdívo 1. NP + 2. NP	1,82	1,063	1,00	1,934
3	Podlaha 2. NP	2,18	1,512	1,00	3,301
<b>Celkem stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_k*e_k$		<b>W/K</b>	<b>15,776</b>
Kód	Tepelný most	$A_k$ m <sup>2</sup>	$\Delta U_{tb}$ W/m <sup>2</sup> *K	$e_k$ na jedn.	$A_k*\Delta U_{tb}*e_k$ W/K
	Těžká podlahová konstrukce	6,79	0,050	1,00	0,340
16	Vnitřní dělicí stěna 1. PP + 2.NP	6,79	0,250	1,00	1,698
15	Vnitřní dělicí stěna 1. PP + 2.NP	1,82	0,250	1,00	0,455
26	Střešní okna	0,92	0,316	1,00	0,291
<b>Celkem tepelné mosty</b>		$\Sigma_k A_k*\Delta U_{tb}*e_k$		<b>W/K</b>	<b>2,783</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí</b>				<b>H<sub>T,ie</sub></b>	<b>18,559</b>
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$b_u$ na jedn.	$A_k*U_k*b_u$ W/K
1	Strop 2. NP	3,90	0,139	1,00	0,542
<b>Celkem stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_k*b_u$		<b>W/K</b>	<b>0,542</b>
Kód	Tepelný most	$A_k$ m <sup>2</sup>	$\Delta U_{tb}$ W/m <sup>2</sup> *K	$b_u$ na jedn.	$A_k*\Delta U_{tb}*b_u$ W/K
					0,000
<b>Celkem tepelné mosty</b>		$\Sigma_k A_k*\Delta U_{tb}*e_k$		<b>W/K</b>	<b>0,000</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory</b>				<b>H<sub>T,iue</sub></b>	<b>0,542</b>
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		$A_g$ m <sup>2</sup>	$P$ m	$B' = 2*A_g/P$ m	
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$U_{equiv,k}$ W/m <sup>2</sup> *K	$A_k*U_{equiv,k}$ W/K
					0,000
<b>Celkem ekvivalentní stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_{equiv,k}$		<b>W/K</b>	<b>0,000</b>
Korekční činitelé		$f_{g1}$ na jedn.	$f_{g2}$ na jedn.	$G_w$ na jedn.	$f_{g1}*f_{g2}*G_w$ na jedn.
					0,000
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou</b>				<b>H<sub>T,ig</sub></b>	<b>0,000</b>
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$f_{ij}$ na jedn.	$A_k*U_k*f_{ij}$ W/K
15	Vnitřní dělicí stěna 1. PP + 2.NP	6,79	1,682	-0,13	-1,428
16	Vnitřní dělicí stěna 1. PP + 2.NP	4,90	2,203	0,03	0,337
17	Vnitřní dveře	1,60	1,899	0,03	0,095
<b>Celkem stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_k*f_{ij}$		<b>W/K</b>	<b>-0,995</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami</b>				<b>H<sub>T,ij</sub></b>	<b>-0,995</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem</b>					<b>18,106</b>
Teplotní údaje					
Venkovní výpočtová teplota			$\theta_e$	°C	-12
Vnitřní výpočtová teplota			$\theta_{int,i}$	°C	20
Výpočtový rozdíl teplot			$\theta_{int,i}-\theta_e$	°C	32
<b>Návrhová tepelná ztráta prostupem</b>					<b>579</b>

204 Koupelna					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$e_k$ na jedn.	$A_k*U_k*e_k$ W/K
2	Zešíkmený strop v 2. NP	3,94	0,371	1,00	1,462
26	Střešní okna	0,92	1,151	1,00	1,060
3	Podlaha 2. NP	1,51	1,512	1,00	2,285
7	Obvodové zdivo 1. NP + 2. NP	1,26	1,063	1,00	1,339
<b>Celkem stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_k*e_k$		<b>W/K</b>	<b>6,146</b>
Kód	Tepelný most	$A_k$ m <sup>2</sup>	$\Delta U_{tb}$ W/m <sup>2</sup> *K	$e_k$ na jedn.	$A_k*\Delta U_{tb}*e_k$ W/K
15	Vnitřní dělící stěna 1. PP + 2.NP	1,26	0,250	1,00	0,315
13	Vnitřní nosná stěna	1,26	0,250	1,00	0,315
26	Střešní okna	0,92	0,316	1,00	0,291
<b>Celkem tepelné mosty</b>		$\Sigma_k A_k*\Delta U_{tb}*e_k$		<b>W/K</b>	<b>0,921</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí</b>				<b>H<sub>T,ie</sub></b>	<b>7,067</b>
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$b_u$ na jedn.	$A_k*U_k*b_u$ W/K
1	Strop 2. NP	2,81	0,139	1,00	0,390
<b>Celkem stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_k*b_u$		<b>W/K</b>	<b>0,390</b>
Kód	Tepelný most	$A_k$ m <sup>2</sup>	$\Delta U_{tb}$ W/m <sup>2</sup> *K	$b_u$ na jedn.	$A_k*\Delta U_{tb}*b_u$ W/K
					0,000
<b>Celkem tepelné mosty</b>		$\Sigma_k A_k*\Delta U_{tb}*e_k$		<b>W/K</b>	<b>0,000</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory</b>				<b>H<sub>T,iue</sub></b>	<b>0,390</b>
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		$A_g$ m <sup>2</sup>	$P$ m	$B' = 2*A_g/P$ m	
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$U_{equiv,k}$ W/m <sup>2</sup> *K	$A_k*U_{equiv,k}$ W/K
					0,000
<b>Celkem ekvivalentní stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_{equiv,k}$		<b>W/K</b>	<b>0,000</b>
Korekční činitelé		$f_{g1}$ na jedn.	$f_{g2}$ na jedn.	$G_w$ na jedn.	$f_{g1}*f_{g2}*G_w$ na jedn.
					0,000
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou</b>				<b>H<sub>T,ig</sub></b>	<b>0,000</b>
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$f_{ij}$ na jedn.	$A_k*U_k*f_{ij}$ W/K
15	Vnitřní dělící stěna 1. PP + 2.NP	6,79	1,682	0,11	1,269
13	Vnitřní nosná stěna	6,79	1,259	0,11	0,950
16	Vnitřní dělící stěna 1. PP + 2.NP	3,30	2,203	0,14	1,010
17	Vnitřní dveře	1,20	1,899	0,14	0,316
<b>Celkem stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_k*f_{ij}$		<b>W/K</b>	<b>3,545</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami</b>				<b>H<sub>T,ij</sub></b>	<b>3,545</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem</b>					<b>11,002</b>
Teplotní údaje					
Venkovní výpočtová teplota			$\theta_e$	°C	-12
Vnitřní výpočtová teplota			$\theta_{int,i}$	°C	24
Výpočtový rozdíl teplot			$\theta_{int,i}-\theta_e$	°C	36
<b>Návrhová tepelná ztráta prostupem</b>					<b>396</b>

205 Pokoj					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$e_k$ na jedn.	$A_k*U_k*e_k$ W/K
2	Zešíkmený strop v 2. NP	9,50	0,371	1,00	3,525
7	Obvodové zdivo 1. NP + 2. NP	2,94	1,063	1,00	3,125
26	Střešní okna	1,84	1,151	1,00	2,119
7	Obvodové zdivo 1. NP + 2. NP	10,54	1,063	1,00	11,203
<b>Celkem stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_k*e_k$		<b>W/K</b>	<b>19,973</b>
Kód	Tepelný most	$A_k$ m <sup>2</sup>	$\Delta U_{tb}$ W/m <sup>2</sup> *K	$e_k$ na jedn.	$A_k*\Delta U_{tb}*e_k$ W/K
	Těžká podlahová konstrukce	13,48	0,100	1,00	1,348
13	Vnitřní nosná stěna	2,94	0,250	1,00	0,735
26	Střešní okna	1,84	0,316	1,00	0,582
	Komín	10,54	0,250	1,00	2,635
<b>Celkem tepelné mosty</b>		$\Sigma_k A_k*\Delta U_{tb}*e_k$		<b>W/K</b>	<b>5,300</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí</b>				<b>H<sub>T,ie</sub></b>	<b>25,272</b>
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$b_u$ na jedn.	$A_k*U_k*b_u$ W/K
1	Strop 2. NP	13,44	0,139	1,00	1,869
<b>Celkem stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_k*b_u$		<b>W/K</b>	<b>1,869</b>
Kód	Tepelný most	$A_k$ m <sup>2</sup>	$\Delta U_{tb}$ W/m <sup>2</sup> *K	$b_u$ na jedn.	$A_k*\Delta U_{tb}*b_u$ W/K
					0,000
<b>Celkem tepelné mosty</b>		$\Sigma_k A_k*\Delta U_{tb}*e_k$		<b>W/K</b>	<b>0,000</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory</b>				<b>H<sub>T,iue</sub></b>	<b>1,869</b>
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		$A_g$ m <sup>2</sup>	$P$ m	$B' = 2*A_g/P$ m	
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$U_{equiv,k}$ W/m <sup>2</sup> *K	$A_k*U_{equiv,k}$ W/K
					0,000
<b>Celkem ekvivalentní stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_{equiv,k}$		<b>W/K</b>	<b>0,000</b>
Korekční činitel		$f_{g1}$ na jedn.	$f_{g2}$ na jedn.	$G_w$ na jedn.	$f_{g1}*f_{g2}*G_w$ na jedn.
					0,000
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou</b>				<b>H<sub>T,ig</sub></b>	<b>0,000</b>
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> *K	$f_{ij}$ na jedn.	$A_k*U_k*f_{ij}$ W/K
13	Vnitřní nosná stěna	6,79	1,259	-0,13	-1,068
13	Vnitřní nosná stěna	2,15	1,259	0,03	0,085
17	Vnitřní dveře	1,60	1,899	0,03	0,095
<b>Celkem stavební části</b>		$\Sigma_k A_k*U_k*f_{ij}$		<b>W/K</b>	<b>-0,889</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami</b>				<b>H<sub>T,ij</sub></b>	<b>-0,889</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem</b>					<b>26,253</b>
Teplotní údaje					
Venkovní výpočtová teplota			$\theta_e$	°C	-12
Vnitřní výpočtová teplota			$\theta_{int,i}$	°C	20
Výpočtový rozdíl teplot			$\theta_{int,i}-\theta_e$	°C	32
<b>Návrhová tepelná ztráta prostupem</b>					<b>840</b>

## Úseky potrubní sítě

<i>úsek</i>	<b>Q</b>	<b>m</b>	<b>l</b>	<b>d</b>	<b>w</b>	<b>R</b>	<b>R*I</b>	<b>Re</b>	$\lambda$	<b>V</b>
	[W]	[kg/h]	[m]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	-	-	[m <sup>3</sup> ]
1	1469	127	2,15	13	0,27	95,3	205,0	6911	0,0347	0,0003
2	1305	112	1,13	13	0,24	77,5	87,6	6135	0,0359	0,0001
3	1134	98	1,16	13	0,21	60,8	70,6	5332	0,0373	0,0002
4	680	59	2,13	13	0,12	25,3	54,0	3200	0,0431	0,0003
5	202	17	1,95	13	0,04	3,3	6,5	950	0,0640	0,0003
6	1102	95	0,42	13	0,20	58,0	24,3	5185	0,0375	0,0001
7	1304	112	0,54	13	0,24	77,5	41,9	6135	0,0359	0,0001
8	1469	127	1,00	13	0,27	95,3	95,3	6911	0,0348	0,0001
9	1360	117	1,19	13	0,25	83,3	99,1	6396	0,0355	0,0002
10	1952	168	0,86	13	0,36	156,4	134,5	9181	0,0323	0,0001
11	527	45	2,92	13	0,10	16,4	48,0	2478	0,0466	0,0004
12	1384	119	2,45	13	0,25	85,9	210,4	6507	0,0353	0,0003
13	4390	378	3,66	26	0,20	23,7	86,8	10324	0,0310	0,0019
14	5774	498	1,93	26	0,26	38,3	73,9	13578	0,0290	0,0010
15	1358	117	4,04	13	0,25	83,1	335,8	6387	0,0355	0,0005
16	5603	483	0,42	32	0,17	13,5	5,7	10706	0,0306	0,0003
17	6962	600	4,97	32	0,21	19,8	98,2	13301	0,0290	0,0040
18	1665	144	1,98	13	0,30	118,5	234,6	7832	0,0336	0,0003
19	8627	743	1,33	32	0,26	28,8	38,3	16482	0,0275	0,0011
20	857	74	0,42	13	0,16	37,6	15,8	4030	0,0403	0,0001
21	2774	239	2,90	20	0,21	37,1	107,6	8480	0,0327	0,0009
22	2438	210	2,90	20	0,19	29,7	86,0	7453	0,0339	0,0009
23	14401	1241	4,50	32	0,44	71,3	320,9	27514	0,0245	0,0036
24	422	36	0,05	13	0,08	11,3	0,6	1985	0,0499	0,0000
25		2270	6,30	26	1,21	670,2	4222,0	28755	0,0243	0,0033
26		2270	0,85	26	1,21	670,2	569,6	28755	0,0243	0,0005
z1	1469	127	2,15	13	0,27	95,3	205,0	5752	0,0365	0,0003
z2	1305	112	1,13	13	0,24	77,5	87,6	5106	0,0377	0,0001
z3	1134	98	1,16	13	0,21	60,8	70,6	4438	0,0392	0,0002
z4	680	59	2,13	13	0,12	25,3	54,0	2663	0,0456	0,0003
z5	202	17	1,95	13	0,04	3,3	6,5	791	0,0684	0,0003
z6	1102	95	0,42	13	0,20	58,0	24,3	4315	0,0395	0,0001
z7	1304	112	0,54	13	0,24	77,5	41,9	5106	0,0377	0,0001
z8	1469	127	1,00	13	0,27	95,3	95,3	5752	0,0365	0,0001
z9	1360	117	1,19	13	0,25	83,3	99,1	5323	0,0373	0,0002
z10	1952	168	0,86	13	0,36	156,4	134,5	7641	0,0339	0,0001
z11	527	45	2,92	13	0,10	16,4	48,0	2062	0,0493	0,0004
z12	1384	119	2,45	13	0,25	85,9	210,4	5416	0,0371	0,0003
z13	4390	378	3,66	26	0,20	23,7	86,8	8592	0,0325	0,0019



<i>úsek</i>	<b>Q</b>	<b>m</b>	<b>l</b>	<b>d</b>	<b>w</b>	<b>R</b>	<b>R*l</b>	<b>Re</b>	$\lambda$	<b>V</b>
	[W]	[kg/h]	[m]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	-	-	[m <sup>3</sup> ]
z14	5774	498	1,93	26	0,26	38,3	73,9	11300	0,0303	0,0010
z15	1358	117	4,04	13	0,25	83,1	335,8	5316	0,0373	0,0005
z16	5603	483	0,42	32	0,17	13,5	5,7	8910	0,0321	0,0003
z17	6962	600	4,97	32	0,21	19,8	98,2	11070	0,0304	0,0040
z18	1665	144	1,98	13	0,30	118,5	234,6	6518	0,0353	0,0003
z19	8627	743	1,33	32	0,26	28,8	38,3	13718	0,0288	0,0011
z20	857	74	0,42	13	0,16	37,6	15,8	3354	0,0425	0,0001
z21	2774	239	2,90	20	0,21	37,1	107,6	7058	0,0343	0,0009
z22	2438	210	2,90	20	0,19	29,7	86,0	6203	0,0356	0,0009
z23	14401	1241	5,20	32	0,44	71,3	370,8	22899	0,0255	0,0042
z24	422	36	0,05	13	0,08	11,3	0,6	1652	0,0530	0,0000
z25		2270	7,00	26	1,21	670,2	4691,1	28755	0,0243	0,0037
z26		2270	1,15	26	1,21	670,2	770,7	28755	0,0243	0,0006
<b>Celkem</b>			<b>110,0</b>							<b>0,0428</b>

## Tlakové ztráty k otopným tělesům

úsek	Q [W]	m [kg/h]	l [m]	d [mm]	w [m/s]	Re	$\lambda$ [-]	Kolena			T kusy		OT / jiný prvek	R [Pa/m]	R* [Pa]	$\Sigma \xi$ -	Z [Pa]	R*+Z [Pa]	$\Delta p$ [Pa]	stupeň [-]	
								45	90	$\xi_0$	m2/m1	d2/d1	$\xi_0$								
<b>Okruh přes OT_01</b>																					
23	14 401	1 241	4,50	32	0,44	27 514	0,0245		2,0	2,0				11,75	71	321	13,8	1282	1603		
19	8 627	743	1,33	32	0,26	16 482	0,0275	0,0	1,0	1,0	0,60	-	2,8	0	29	38	3,8	127	165		
17	6 962	600	4,97	32	0,21	13 301	0,0290	0,0	0,0	0,0	0,81	-	0,55	0	20	98	0,6	12	110		
15	1 358	117	4,04	13	0,25	6 387	0,0355	0,2	6,0	6,2	0,20	0,63	9,56	1,5	83	336	17,3	526	861		
z15	1 358	117	4,04	13	0,25	5 316	0,0373	0,2	6,0	6,2	-	-	0	19	83	336	25,2	767	1103	2281	6
z17	6 962	600	4,97	32	0,21	11 070	0,0304	0,2	0,0	0,2	0,20	0,63	2,7	0,3	20	98	3,2	70	168		
z19	8 627	743	1,33	32	0,26	13 718	0,0288	0,0	1,0	1,0	0,81	-	0,48	0	29	38	1,5	50	88		
z23	14 401	1 241	5,20	32	0,44	22 899	0,0255	0,0	3,0	3,0	0,60	-	1,8	2,39	71	371	7,2	671	1041		
<b>Celková tlaková ztráta</b>																					
<b>5141</b>																					
<b>Okruh přes OT_101</b>																					
23	14 401	1 241	4,50	32	0,44	27 514	0,0245		2,0	2,0				11,75	71	321	13,8	1282	1603		
19	8 627	743	1,33	32	0,26	16 482	0,0275	0,0	1,0	1,0	0,60	-	2,8	0	29	38	3,8	127	165		
17	6 962	600	4,97	32	0,21	13 301	0,0290	0,0	0,0	0,0	0,81	-	0,55	0	20	98	0,6	12	110		
16	5 603	483	0,42	32	0,17	10 706	0,0306	0,0	1,0	1,0	0,80	-	0,5	1,5	14	6	3,0	42	48		
8	1 469	127	1,00	13	0,27	6 911	0,0348	0,0	2,0	2,0	0,26	0,41	5,19	1,5	95	95	8,7	310	405		
z8	1 469	127	1,00	13	0,27	5 752	0,0365	0,0	2,0	2,0	-	-	0	19,3	95	95	21,3	759	855	2880	6
z16	5 603	483	0,42	32	0,17	8 910	0,0321	0,0	0,0	0,0	0,26	0,41	5,78	0	14	6	5,8	82	87		
z17	6 962	600	4,97	32	0,21	11 070	0,0304	0,0	1,0	1,0	0,80	-	0,44	0,4	20	98	1,8	40	138		
z19	8 627	743	1,33	32	0,26	13 718	0,0288	0,0	1,0	1,0	0,81	-	0,48	0	29	38	1,5	50	88		
z23	14 401	1 241	5,20	32	0,44	22 899	0,0255	0,0	3,0	3,0	0,60	-	1,8	2,39	71	371	7,2	671	1041		
<b>Celková tlaková ztráta</b>																					
<b>4542</b>																					
<b>Okruh přes OT_102</b>																					
23	14 401	1 241	4,50	32	0,44	27 514	0,0245		2,0	2,0				11,75	71	321	13,8	1282	1603		
19	8 627	743	1,33	32	0,26	16 482	0,0275	0,0	1,0	1,0	0,60	-	2,8	0	29	38	3,8	127	165		
17	6 962	600	4,97	32	0,21	13 301	0,0290	0,0	0,0	0,0	0,81	-	0,55	0	20	98	0,6	12	110		
16	5 603	483	0,42	32	0,17	10 706	0,0306	0,0	1,0	1,0	0,80	-	0,5	1,5	14	6	3,0	42	48		
9	1 360	117	1,19	13	0,25	6 396	0,0355	0,0	2,0	2,0	0,24	0,41	10,33	1,5	83	99	13,8	422	521		
z9	1 360	117	1,19	13	0,25	5 323	0,0373	0,0	2,0	2,0	-	-	0	19,3	83	99	21,3	650	750	2812	6
z16	5 603	483	0,42	32	0,17	8 910	0,0321	0,0	1,0	1,0	0,24	0,41	8,86	0	14	6	9,9	139	145		
z17	6 962	600	4,97	32	0,21	11 070	0,0304	0,0	1,0	1,0	0,80	-	0,44	0,4	20	98	1,8	40	138		
z19	8 627	743	1,33	32	0,26	13 718	0,0288	0,0	1,0	1,0	0,81	-	0,48	0	29	38	1,5	50	88		
z23	14 401	1 241	5,20	32	0,44	22 899	0,0255	0,0	3,0	3,0	0,60	-	1,8	2,39	71	371	7,2	671	1041		
<b>Celková tlaková ztráta</b>																					
<b>4610</b>																					

úsek	Q [W]	m [kg/h]	l [m]	d [mm]	w [m/s]	Re [-]	$\lambda$ [-]	Kolena			T kusy		OT / jiný prvek	R [Pa/m]	R* [Pa]	$\Sigma \xi$ [-]	Z [Pa]	R*+Z [Pa]	$\Delta p$ [Pa]	stupeň [-]		
								45	90	$\xi_0$	m2/m1	d2/d1									$\xi_0$	
<b>Okruh přes OT_103</b>																						
23	14 401	1 241	4,50	32	0,44	27 514	0,0245		2,0	2,0			11,75	71	321	13,8	1282	1603				
19	8 627	743	1,33	32	0,26	16 482	0,0275	0,0	1,0	1,0	0,60	-	2,8	0	29	38	3,8	127	165			
18	1 665	144	1,98	13	0,30	7 832	0,0336	0,2	2,0	2,2	0,19	0,41	2,1	0	118	235	4,3	197	431			
z18	1 665	144	1,98	13	0,30	6 518	0,0353	0,0	2,0	2,0	-	-	0	19	118	235	21,0	961	1196	<b>2900</b>		
z19	8 627	743	1,33	32	0,26	13 718	0,0288	0,0	1,0	1,0	0,19	0,41	0,38	0	29	38	1,4	46	84			
z23	14 401	1 241	5,20	32	0,44	22 899	0,0255	0,0	3,0	3,0	0,60	-	1,8	2,39	71	371	7,2	671	1041			
<b>Celková tlaková ztráta</b>																			<b>4522</b>			
<b>Okruh přes OT_104</b>																						
23	14 401	1 241	4,50	32	0,44	27 514	0,0245		2,0	2,0			11,75	71	321	13,8	1282	1603				
14	5 774	498	1,93	26	0,26	13 578	0,0290	0,2	0,0	0,2	0,40	0,81	3,5	0	38	74	3,7	127	201			
12	1 384	119	2,45	13	0,25	6 507	0,0353	0,2	0,0	0,2	0,24	0,50	2,5	0	86	210	2,7	85	296			
11	527	45	2,92	13	0,10	2 478	0,0466	0,0	2,0	2,0	0,38	-	8,6	0	16	48	10,6	49	97			
z11	527	45	2,92	13	0,10	2 062	0,0493	0,0	2,0	2,0	-	-	0	19	16	48	21,0	96	144	<b>3601</b>		
z12	1 384	119	2,45	13	0,25	5 416	0,0371	0,0	0,0	0,0	0,38	-	5,3	0	86	210	5,3	168	378			
z14	5 774	498	1,93	26	0,26	11 300	0,0303	0,2	0,0	0,2	0,24	0,50	0,5	0	38	74	0,7	24	98			
z23	14 401	1 241	5,20	32	0,44	22 899	0,0255	0,2	3,0	3,2	0,40	0,81	1,2	2,39	71	371	6,8	633	1004			
<b>Celková tlaková ztráta</b>																			<b>3821</b>			
<b>Okruh přes OT_105</b>																						
23	14 401	1 241	4,50	32	0,44	27 514	0,0245		2,0	2,0			11,75	71	321	13,8	1282	1603				
14	5 774	498	1,93	26	0,26	13 578	0,0290	0,2	0,0	0,2	0,40	0,81	3,5	0	38	74	3,7	127	201			
12	1 384	119	2,45	13	0,25	6 507	0,0353	0,2	0,0	0,2	0,24	0,50	2,5	0	86	210	2,7	85	296			
20	857	74	0,42	13	0,16	4 030	0,0403	0,0	0,0	0,0	0,62	1,00	3,7	0	38	16	3,7	45	61			
z20	857	74	0,42	13	0,16	3 354	0,0425	0,0	0,0	0,0	-	-	0	19	38	16	19,0	230	246	<b>3649</b>		
z12	1 384	119	2,45	13	0,25	5 416	0,0371	0,0	0,0	0,0	0,62	1,00	1,7	0	86	210	1,7	54	264			
z14	5 774	498	1,93	26	0,26	11 300	0,0303	0,2	0,0	0,2	0,24	0,50	0,5	0	38	74	0,7	24	98			
z23	14 401	1 241	5,20	32	0,44	22 899	0,0255	0,2	3,0	3,2	0,40	0,81	1,2	2,39	71	371	6,8	633	1004			
<b>Celková tlaková ztráta</b>																			<b>3773</b>			

úsek	Q [W]	m [kg/h]	l [m]	d [mm]	w [m/s]	Re	$\lambda$ [-]	Kolena	$\xi_0$	m2/m1	T kusy dz/d1	$\xi_0$	OT / jiný prvek	R [Pa/m]	R*1 [Pa]	$\Sigma \xi$ -	Z [Pa]	R*1+Z [Pa]	$\Delta p$ [Pa]	stupeň [-]		
<b>Okruh přes OT_106</b>																						
z3	14 401	1 241	4,50	32	0,44	27 514	0,0245		2,0	2,0			11,75	71	321	13,8	1282	1603				
14	5 774	498	1,93	26	0,26	13 578	0,0290	0,2	0,0	0,2	0,40	0,81	3,5	38	74	3,7	127	201				
13	4 390	378	3,66	26	0,20	10 324	0,0310	0,0	1,3	1,3	0,76	-	0,7	24	87	2,0	40	127				
10	1 952	168	0,86	13	0,36	9 181	0,0323	0,0	2,0	2,0	0,44	0,50	1,25	156	134	3,3	204	339				
z10	1 952	168	0,86	13	0,36	7 641	0,0339	0,0	2,0	2,0	-	-	0	19	156	134	21,0	1321	1456	6		
z13	4 390	378	3,66	26	0,20	8 592	0,0325	0,2	3,3	3,5	0,44	0,50	1	0,5	24	87	5,0	99	186			
z14	5 774	498	1,93	26	0,26	11 300	0,0303	0,0	0,0	0,0	0,76	1,00	0,6	38	74	0,6	21	95				
z23	14 401	1 241	5,20	32	0,44	22 899	0,0255	0,2	3,0	3,2	0,40	0,81	1,2	71	371	6,8	633	1004				
<b>Celková tlaková ztráta</b>																						
																			<b>5011</b>			
<b>Okruh přes OT_201</b>																						
z3	14 401	1 241	4,50	32	0,44	27 514	0,0245		2,0	2,0			11,75	71	321	13,8	1282	1603				
19	8 627	743	1,33	32	0,26	16 482	0,0275	0,0	1,0	1,0	0,60	-	2,8	29	38	3,8	127	165				
17	6 962	600	4,97	32	0,21	13 301	0,0290	0,0	0,0	0,0	0,81	-	0,55	20	98	0,6	12	110				
16	5 603	483	0,42	32	0,17	10 706	0,0306	0,0	1,0	1,0	0,80	-	0,5	14	6	3,0	42	48				
z1	2 774	239	2,90	20	0,21	8 480	0,0327	0,0	0,0	0,0	0,50	0,63	6,38	37	108	6,4	145	252				
1	1 469	127	2,15	13	0,27	6 911	0,0347	0,0	4,0	4,0	0,53	0,81	1,8	3	95	205	8,8	314	519			
z1	1 469	127	2,15	13	0,27	5 752	0,0365	0,0	4,0	4,0	-	-	0	19,3	95	205	23,3	831	1036	6		
z21	2 774	239	2,90	20	0,21	7 058	0,0343	0,2	0,0	0,2	0,53	0,81	1,8	37	108	2,3	52	160				
z16	5 603	483	0,42	32	0,17	8 910	0,0321	0,0	0,0	0,0	0,50	0,63	3,92	14	6	3,9	55	61				
z17	6 962	600	4,97	32	0,21	11 070	0,0304	0,0	1,0	1,0	0,80	-	0,44	20	98	1,8	40	138				
z19	8 627	743	1,33	32	0,26	13 718	0,0288	0,0	1,0	1,0	0,81	-	0,48	29	38	1,5	50	88				
z23	14 401	1 241	5,20	32	0,44	22 899	0,0255	0,0	3,0	3,0	0,60	-	1,8	71	371	7,2	671	1041				
																			<b>5222</b>			
<b>Celková tlaková ztráta</b>																						
																			<b>2200</b>			

úsek	Q [W]	m [kg/h]	l [m]	d [mm]	w [m/s]	Re [-]	λ [-]	Kolena			T kusy		OT / jiný prvek [Pa/m]	R [Pa]	R* [Pa]	Σξ -	Z [Pa]	R*+Z [Pa]	Δp [Pa]	stupeň [-]
								45	90	ξ <sub>0</sub>	m2/m1	d2/d1								
<b>Okruh přes OT_202</b>																				
23	14 401	1 241	4,50	32	0,44	27 514	0,0245		2,0	2,0			11,75	71	321	13,8	1282	1603		
19	8 627	743	1,33	32	0,26	16 482	0,0275	0,0	1,0	1,0	0,60	-	2,8	0	29	38	3,8	127	165	
17	6 962	600	4,97	32	0,21	13 301	0,0290	0,0	0,0	0,0	0,81	-	0,55	0	20	98	0,6	12	110	
16	5 603	483	0,42	32	0,17	10 706	0,0306	0,0	1,0	1,0	0,80	-	0,5	1,5	14	6	3,0	42	48	
21	2 774	239	2,90	20	0,21	8 480	0,0327	0,0	0,0	0,0	0,50	0,63	6,38	0	37	108	6,4	145	252	
2	1 305	112	1,13	13	0,24	6 135	0,0359	0,0	4,0	4,0	0,47	0,81	1,8	1,5	78	88	7,3	205	293	
z2	1 305	112	1,13	13	0,24	5 106	0,0377	0,0	2,0	2,0	-	-	0	19,3	78	88	21,3	598	686	<b>6</b>
z21	2 774	239	2,90	20	0,21	7 058	0,0343	0,0	1,5	1,5	0,47	0,81	1,8	0	37	108	3,3	75	182	
z16	5 603	483	0,42	32	0,17	8 910	0,0321	0,0	0,0	0,0	0,50	0,63	3,92	0	14	6	3,9	55	61	
z17	6 962	600	4,97	32	0,21	11 070	0,0304	0,0	1,0	1,0	0,80	-	0,44	0,4	20	98	1,8	40	138	
z19	8 627	743	1,33	32	0,26	13 718	0,0288	0,0	1,0	1,0	0,81	-	0,48	0	29	38	1,5	50	88	
z23	14 401	1 241	5,20	32	0,44	22 899	0,0255	0,0	3,0	3,0	0,60	-	1,8	2,39	71	371	7,2	671	1041	
<b>Celková tlaková ztráta</b>																				
<b>4669</b>																				
<b>Okruh přes OT_203</b>																				
23	14 401	1 241	4,50	32	0,44	27 514	0,0245		2,0	2,0			11,75	71	321	13,8	1282	1603		
14	5 774	498	1,93	26	0,26	13 578	0,0290	0,2	0,0	0,2	0,40	0,81	3,5	0	38	74	3,7	127	201	
13	4 390	378	3,66	26	0,20	10 324	0,0310	0,0	1,3	1,3	0,76	-	0,7	0	24	87	2,0	40	127	
22	2 438	210	2,90	20	0,19	7 453	0,0339	0,0	0,0	0,0	0,56	-	3,22	0	30	86	3,2	56	142	
7	1 304	112	0,54	13	0,24	6 135	0,0359	0,0	0,0	0,0	0,53	0,81	1,9	2	78	42	3,9	110	151	
6	1 102	95	0,42	13	0,20	5 185	0,0375	0,0	0,0	0,0	0,85	-	0,3	0	58	24	0,3	6	30	
4	680	59	2,13	13	0,12	3 200	0,0431	0,0	2,0	2,0	0,62	1,00	4,27	0	25	54	6,3	48	102	
z4	680	59	2,13	13	0,12	2 663	0,0456	0,0	2,0	2,0	-	-	0	19	25	54	21,0	161	215	<b>4</b>
z6	1 102	95	0,42	13	0,20	4 315	0,0395	0,0	0,0	0,0	0,62	1,00	2,64	0	58	24	2,6	53	77	
z7	1 304	112	0,54	13	0,24	5 106	0,0377	0,0	0,0	0,0	0,85	-	0,28	0	78	42	0,3	8	50	
z22	2 438	210	2,90	20	0,19	6 203	0,0356	0,0	0,0	0,0	0,53	0,81	2,6	0,4	30	86	3,0	53	139	
z13	4 390	378	3,66	26	0,20	8 592	0,0325	0,0	1,3	1,3	0,56	-	2,04	0	24	87	3,3	66	153	
z14	5 774	498	1,93	26	0,26	11 300	0,0303	0,0	0,0	0,0	0,76	-	0,6	0	38	74	0,6	21	95	
z23	14 401	1 241	5,20	32	0,44	22 899	0,0255	0,2	3,0	3,2	0,40	0,81	1,2	2,39	71	371	6,8	633	1004	
<b>Celková tlaková ztráta</b>																				
<b>4089</b>																				

úsek	Q [W]	m [kg/h]	l [m]	d [mm]	w [m/s]	Re [-]	$\lambda$ [-]	Kolena			T kusy		OT / jiný prvek	R [Pa/m]	R* [Pa]	$\Sigma \xi$ -	Z [Pa]	R*+Z [Pa]	$\Delta p$ [Pa]	stupeň [-]		
								45	90	$\xi_0$	m2/m1	d2/d1									$\xi_0$	
<b>Okruh přes OT_204_1</b>																						
23	14 401	1 241	4,50	32	0,44	27 514	0,0245		2,0	2,0			11,75	71	321	13,8	1282	1603				
14	5 774	498	1,93	26	0,26	13 578	0,0290	0,2	0,0	0,2	0,40	0,81	3,5	0	38	74	3,7	127	201			
13	4 390	378	3,66	26	0,20	10 324	0,0310	0,0	1,3	1,3	0,76	-	0,7	0	24	87	2,0	40	127			
22	2 438	210	2,90	20	0,19	7 453	0,0339	0,0	0,0	0,0	0,56	-	3,22	0	30	86	3,2	56	142			
7	1 304	112	0,54	13	0,24	6 135	0,0359	0,0	0,0	0,0	0,53	0,81	1,9	2	78	42	3,9	110	151			
6	1 102	95	0,42	13	0,20	5 185	0,0375	0,0	0,0	0,0	0,85	-	0,3	0	58	24	0,3	6	30			
24	422	36	0,05	13	0,08	1 985	0,0499	0,0	0,0	0,0	0,38	1,00	5,59	0,5	11	1	6,1	18	18			
z24	422	36	0,05	13	0,08	1 652	0,0530	0,0	0,0	0,0	-	-	0	19	11	1	19,0	56	56	<b>3592</b>		
z6	1 102	95	0,42	13	0,20	4 315	0,0395	0,0	0,0	0,0	0,38	1,00	1,77	0	58	24	1,8	36	60			
z7	1 304	112	0,54	13	0,24	5 106	0,0377	0,0	0,0	0,0	0,85	-	0,28	0	78	42	0,3	8	50			
z22	2 438	210	2,90	20	0,19	6 203	0,0356	0,0	0,0	0,0	0,53	0,81	2,6	0,4	30	86	3,0	53	139			
z13	4 390	378	3,66	26	0,20	8 592	0,0325	0,0	1,3	1,3	0,56	-	2,04	0	24	87	3,3	66	153			
z14	5 774	498	1,93	26	0,26	11 300	0,0303	0,0	0,0	0,0	0,76	-	0,6	0	38	74	0,6	21	95			
z23	14 401	1 241	5,20	32	0,44	22 899	0,0255	0,2	3,0	3,2	0,40	0,81	1,2	2,39	71	371	6,8	633	1004			
<b>Celková tlaková ztráta</b>																						
																			<b>3830</b>			
<b>Okruh přes OT_204_2</b>																						
23	14 401	1 241	4,50	32	0,44	27 514	0,0245		2,0	2,0			11,75	71	321	13,8	1282	1603				
14	5 774	498	1,93	26	0,26	13 578	0,0290	0,2	0,0	0,2	0,40	0,81	3,5	0	38	74	3,7	127	201			
13	4 390	378	3,66	26	0,20	10 324	0,0310	0,0	1,3	1,3	0,76	-	0,7	0	24	87	2,0	40	127			
22	2 438	210	2,90	20	0,19	7 453	0,0339	0,0	0,0	0,0	0,56	-	3,22	0	30	86	3,2	56	142			
7	1 304	112	0,54	13	0,24	6 135	0,0359	0,0	0,0	0,0	0,53	0,81	1,9	2	78	42	3,9	110	151			
5	202	17	1,95	13	0,04	950	0,0640	0,0	2,0	2,0	0,15	1,00	85,9	0	3	6	87,9	59	66			
z5	202	17	1,95	13	0,04	791	0,0684	0,0	2,0	2,0	-	-	0	3,1	3	6	5,1	3	10	<b>4532</b>		
z7	1 304	112	0,54	13	0,24	5 106	0,0377	0,0	0,0	0,0	0,15	1,00	-30	0	78	42	-30,0	-843	-801			
z22	2 438	210	2,90	20	0,19	6 203	0,0356	0,0	0,0	0,0	0,53	0,81	2,6	0,4	30	86	3,0	53	139			
z13	4 390	378	3,66	26	0,20	8 592	0,0325	0,0	1,3	1,3	0,56	-	2,04	0	24	87	3,3	66	153			
z14	5 774	498	1,93	26	0,26	11 300	0,0303	0,0	0,0	0,0	0,76	-	0,6	0	38	74	0,6	21	95			
z23	14 401	1 241	5,20	32	0,44	22 899	0,0255	0,2	3,0	3,2	0,40	0,81	1,2	2,39	71	371	6,8	633	1004			
<b>Celková tlaková ztráta</b>																						
																			<b>2890</b>			

úsek	Q [W]	m [kg/h]	l [m]	d [mm]	w [m/s]	Re [-]	$\lambda$ [-]	Kolena			T kusy		OT / jiný prvek	R [Pa/m]	R* [Pa]	$\Sigma \xi$ -	Z [Pa]	R*+Z [Pa]	$\Delta p$ [Pa]	stupeň [-]		
								45	90	$\xi_0$	m2/m1	d2/d1									$\xi_0$	
Okruh přes OT_205																						
23	14 401	1 241	4,50	32	0,44	27 514	0,0245		2,0	2,0			11,75	71	321	13,8	1282	1603				
14	5 774	498	1,93	26	0,26	13 578	0,0290	0,2	0,0	0,2	0,40	0,81	3,5	0	38	74	3,7	127	201			
13	4 390	378	3,66	26	0,20	10 324	0,0310	0,0	1,3	1,3	0,76	-	0,7	0	24	87	2,0	40	127			
22	2 438	210	2,90	20	0,19	7 453	0,0339	0,0	0,0	0,0	0,56	-	3,22	0	30	86	3,2	56	142			
3	1 134	98	1,16	13	0,21	5 332	0,0373	0,2	2,0	2,2	0,47	0,81	1,9	1,5	61	71	5,6	119	189			
z3	1 134	98	1,16	13	0,21	4 438	0,0392	0,0	2,0	2,0	-	-	0	19	61	71	21,0	446	516	5		
z22	2 438	210	2,90	20	0,19	6 203	0,0356	0,0	0,0	0,0	0,47	0,81	2,6	0,4	30	86	3,0	53	139			
z13	4 390	378	3,66	26	0,20	8 592	0,0325	0,0	1,3	1,3	0,56	-	2,04	0	24	87	3,3	66	153			
z14	5 774	498	1,93	26	0,26	11 300	0,0303	0,0	0,0	0,0	0,76	-	0,6	0	38	74	0,6	21	95			
z23	14 401	1 241	5,20	32	0,44	22 899	0,0255	0,2	3,0	3,2	0,40	0,81	1,2	2,39	71	371	6,8	633	1004			
Celková tlaková ztráta																			4170			

úsek	Q [W]	m [kg/h]	l [m]	d [mm]	w [m/s]	Re [-]	$\lambda$ [-]	Kolena			T kusy		OT / jiný prvek	R [Pa/m]	R* [Pa]	$\Sigma \xi$ -	Z [Pa]	R*+Z [Pa]				
								45	90	$\xi_0$	m2/m1	d2/d1							$\xi_0$			
Okruh přes TČ																						
25		2270	6,30	26	1,21	28 755	0,0243	0,0	3,9	3,9	-	-	0	0	670	4222	3,9	2791	7013			
26		2270	0,85	26	1,21	28 755	0,0243	0,0	1,3	1,3	-	-	0	0,36	670	570	1,7	1188	1758			
26z		2270	1,15	26	1,21	28 755	0,0243	0,0	1,3	1,3	-	-	0	0,77	670	771	2,1	1481	2252			
25z		2270	7,00	26	1,21	28 755	0,0243	0,0	6,5	6,5	-	-	0	0,63	670	4691	7,1	5103	9794			
											V	V	zpětný ventil x2				<b>k<sub>v</sub></b>	<b>13,8</b>	5575			
											[m <sup>3</sup> /h]	[l/s]	3cestný ventil x2				<b>k<sub>v</sub></b>	<b>6,9</b>	22300			
											2,30	0,64	tepelné čerpadlo						5000			
Celková tlaková ztráta																			53691			

## Kusovník

<b>1 Cu potrubí pájecí</b>					
DN	d	l	Jedn.cena	Cena	
mm	mm	m	Kč/m	Kč	
	13	13	51	80,7	4 116
	15	16	0	102,1	-
	20	20	12	126,8	1 522
	25	26	28	169,7	4 752
	32	32	24	339,0	8 136
<b>Celkem</b>					<b>18 525</b>
<b>2 Izolace Mirelon tl. 20 mm</b>					
DN	d	l	Jedn.cena	Cena	
mm	mm	m	Kč/m	Kč	
	13	13	24	18,1	428
	15	16	0	19,9	-
	20	20	0	22,2	-
	25	26	26	25,8	683
	32	32	23	29,9	692
<b>Celkem</b>					<b>1 803</b>
<b>3 Uchycení Cu potrubí</b>					
Typ	d	Ks	Jedn.cena	Cena	
-	mm	-	Kč/ks	Kč	
Dvojobjímka s gumou se šroubem		13	20	35,4	722
Dvojobjímka s gumou se šroubem		16	0	36,9	-
Dvojobjímka s gumou se šroubem		20	3	39,2	118
Dvojobjímka s gumou se šroubem		26	6	41,2	256
Objímka dvoudílná s gumou 48 - 53 mm		32	9	16,0	140
<b>Celkem</b>					<b>1 236</b>
<b>4 Cu kolena 90° pájecí</b>					
DN	d	Ks	Jedn.cena	Cena	
mm	mm	-	Kč/ks	Kč	
	13	13	32	6,5	208
	15	16	0	9,4	-
	20	20	0	15,2	-
	25	26	10	28,0	280
	32	32	10	119,7	1 197
<b>Celkem</b>					<b>1 685</b>
<b>5 Cu kolena 45° pájecí</b>					
DN	d	Ks	Jedn.cena	Cena	
mm	mm	-	Kč/ks	Kč	
	13	13	10	6,3	63
	15	16	0	21,8	-
	20	20	0	21,0	-
	25	26	2	40,7	81
	32	32	0	151,5	-
<b>Celkem</b>					<b>144</b>
<b>6 Cu T-kusy pájecí</b>					
D		Ks	Jedn.cena	Cena	
mm		-	Kč/ks	Kč	
15-15-15			8	10,2	82
15-22-15			2	134,2	268
22-15-15			2	56,6	113
22-15-22			4	27,5	110
28-15-28			2	59,6	119
35-15-35			4	295,0	1 180
35-28-35			2	280,0	560
<b>Celkem</b>					<b>2 432</b>



<b>7 Cu tvarovky pájecí</b>					
Typ	Rozměry	Ks	Jedn.cena	Cena	
-	mm/palce	-	Kč/ks	Kč	
Cu přechod vnější	22 - 3/4"	4	26,3	105	
Cu přechod vnější	22 - 1"	5	32,7	164	
Cu přechod vnější	28 - 1"	10	38,8	388	
Cu přechod vnější	35-1"	2	88,6	177	
Cu přechod vnitřní	22 - 1"	2	49,2	98	
Cu křížení	22, 5085	1	169,4	169	
Cu nátrubek	35-22	2	131,3	263	
<b>Celkem</b>				<b>1 364</b>	
<b>8 Tvarovky mosaz</b>					
Typ	Rozměry	Ks	Jedn.cena	Cena	
-	palce	-	Kč/ks	Kč	
Mosaz T-kus	3/4"	1	61,0	61	
Mosaz T-kus	1"	2	100,7	201	
Mosaz redukce	1" x 1/2"	1	41,2	41	
Mosaz redukce	6/4" x 5/4"	8	68,3	546	
Mosaz vsuvka	1"	11	47,7	525	
Mosaz vsuvka redukováná	5/4" x 1"	8	76,7	614	
Mosaz prodloužení 40 mm	3/4"	2	63,2	126	
<b>Celkem</b>				<b>2 115</b>	
<b>9 Otopná tělesa</b>					
Typ	Rozměry	Ks	Jedn.cena	Cena	
-	mm	-	Kč/ks	Kč	
RADIK VKU	22x900x900	1	6989,0	6 989	
RADIK VKU	22x600x1800	1	7767,0	7 767	
KORALUX ST	KS1220.600	1	1660,1	1 660	
RADIK RC VKU	22x600x1600	2	8179,6	16 359	
RADIK RC VKU	22x500x2000	2	8970,9	17 942	
RADIK RC VKU	22x600x2300	1	10142,2	10 142	
RADIK RC VKU	21x600x2000	1	8246,2	8 246	
RADIK RC VKU	21x500x2000	1	7487,5	7 487	
RADIK RC VKU	21x500x1200	1	5891,5	5 891	
RADIK RC VKU	21x500x900	1	5292,5	5 293	
RADIK RC VKU	20x500x1000	1	4981,6	4 982	
<b>Celkem</b>		<b>13</b>		<b>92 759</b>	
<b>10 Připojení otopných těles</b>					
Typ	Rozměry	Ks	Jedn.cena	Cena	
-	mm/palce	-	Kč/ks	Kč	
Svěrné šroubení pro Cu trubku	15x3/4"	24	40,9	982	
Šroubení přímé pro VK Vekolux	1/2"x3/4"	12	216,0	2 592	
Šroubení přímé pájecí	15-1/2"	2	103,5	207	
<b>Celkem</b>				<b>3 781</b>	
<b>11 Termostatické hlavice</b>					
Typ	Rozměry	Ks	Jedn.cena	Cena	
-	mm/palce	-	Kč/ks	Kč	
Ruční radiátorový ventil přímý	15x1/2"	3	40,9	123	
Termostatická hlavice Com Senso	M30x1,5	1	166,5	167	
Bezdrátová termohlavice PH-HD23	M30x1,5	9	1198,0	10 782	
<b>Celkem</b>				<b>11 071</b>	
<b>12 Systém PocketHome</b>					
Typ	Označení	Ks	Jedn.cena	Cena	
-	-	-	Kč/ks	Kč	
Přijímač pod vypínač	BPT001	1	956,0	956	
Centrální jednotka s bluetooth	PH-CJ37-BT	1	4598,0	4 598	
Převodník RS232 na Wifi	PRE20	1	3388,0	3 388	
<b>Celkem</b>				<b>8 942</b>	

<b>13 Zdroje tepla</b>					
Typ	Označení	Ks	Jedn.cena	Cena	
-	-	-	Kč/ks	Kč	
Teplené čerpadlo	CTC EcoAir 420	1	222519,0	222 519	
Elektrické topné těleso 2 kW	3f, pro DUO	1	847,0	847	
Elektrické topné těleso 3 kW	3f, pro DUO	2	907,5	1 815	
Regulátor pro TČ	IR 12 CTC	1	26607,9	26 608	
<b>Celkem</b>				<b>251 789</b>	
<b>14 Akumulační nádrž, oběhová čerpadla</b>					
Typ	Označení	Ks	Jedn.cena	Cena	
-	-	-	Kč/ks	Kč	
Akumulační nádrž se zásobníkem TV	DUO 750/200 P	1	28919,0	28 919	
Izolace pro DUO 750/200 P 100 mm	ECOIZOL	1	7018,0	7 018	
Čerpadlo oběhové Yonos 6/4"	Pico 25/1-4 180	1	4755,3	4 755	
Čerpadlo oběhové Yonos 6/4"	Pico 25/1-8 180	1	5950,0	5 950	
<b>Celkem</b>				<b>46 642</b>	
<b>15 Armatury</b>					
Typ	Rozměry	Ks	Jedn.cena	Cena	
-	mm/palce	-	Kč/ks	Kč	
Odvzdušňovací ventil horní	1/2"	2	168,2	336	
Zpětný ventil	1" F/F	4	257,7	1 031	
Vypouštěcí ventil	G 1/2" M	1	94,4	94	
Kulový kohout	1" F/F	14	275,9	3 862	
Ventil termostatický směšovací TV	LK550 Cu22	1	1125,3	1 125	
3-cestný ventil servo 1"	VZP 325-230-1P	2	1887,6	3 775	
<b>Celkem</b>				<b>10 225</b>	
<b>16 Zabezpečovací zařízení</b>					
Typ	Označení	Ks	Jedn.cena	Cena	
-	-	-	Kč/ks	Kč	
Termostat havarijní 90-110 °C	kapilára 1 m	1	400,5	401	
Expanzní nádoba závěsná 35 l, 5 bar	HS035 3/4"	1	1778,7	1 779	
Pojistný ventil	1/2" 2,5 bar	1	144,5	145	
Redukční ventil pro TV 1 až 4 bar	1/2" 9011	1	462,2	462	
Expanzní nádoba závěsná 25 l, 8 bar pro TV	HW025 3/4"	1	1246,3	1 246	
<b>Celkem</b>				<b>4 032</b>	
<b>17 Měřicí zařízení</b>					
Typ	Označení	Ks	Jedn.cena	Cena	
-	-	-	Kč/ks	Kč	
Venkovní čidlo		1	0,0	-	
Teplotní čidlo do jímky		2	0,0	-	
Snímač teploty pokojový	Sensit PTS 300	1	494,0	494	
Snímač teploty příložený 2 m kabel	Sensit PTS 350A	1	814,5	814	
<b>Celkem</b>				<b>1 308</b>	
<b>18 Příslušenství</b>					
Typ	Označení	Ks	Jedn.cena	Cena	
-	-	-	Kč/ks	Kč	
Hadice na kapaliny 25/34 mm; -35 - 100 °C	Tech 100V	2	101,6	203	
Objímka dvoudílná s gumou	31 - 38 mm 1"	4	12,6	50	
Šroubení přímé	Cu28 x 1" M	2	180,3	361	
Těsnění teflonová páska 10 m	12 mm x 0,1 mm	1	7,6	8	
Spony plastové pro izolaci	100 ks	1	27,5	28	
<b>Celkem</b>				<b>649</b>	