

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STROJNÍ  
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

---

**OPTIMALIZACE TECHNICKÝCH  
INSTALACÍ BYTOVÉHO DOMU**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Mládek** Jméno: **Ondřej** Osobní číslo: **466600**  
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
Zadávací katedra/ústav: **Ústav techniky prostředí**  
Studijní program: **Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Technika životního prostředí**

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

**Optimalizace technických instalací bytového domu**

Název diplomové práce anglicky:

**Optimization of Technical Installations in an Apartment Building**

Pokyny pro vypracování:

Vypracujte studii vytápění a zdravotně technických instalací bytového domu. Navrhněte optimální řešení obálky budovy s ohledem na legislativní požadavky tepelné ochrany budov. Navrhněte nízkoteplotní otopnou soustavu tak, aby bylo možné provést technické a ekonomické porovnání jednoho konvenčního a jednoho alternativního systému dodávky energie. V oblasti zdravotně technických instalací navrhněte systém zásobování studenou a teplou vodou, domovního plynovodu a kanalizaci. Systém kanalizace bytového domu by měl umožňovat lokální zpětné získávání tepla v každém bytě.

Seznam doporučené literatury:

- [1] Vyhláška č. 264/2020 Sb. o energetické náročnosti budov. MPO, 2020,
- [2] ČSN EN 12831-1: Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu - Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3. ÚNMZ, 2018,
- [3] ČSN EN 12831-3: Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu - Část 3: Tepelný výkon pro soustavy teplé vody a charakteristika potřeb, Modul M8-2, M8-3. 1. ÚNMZ 2018.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

**Ing. Roman Vavříčka, Ph.D., ústav techniky prostředí FS**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **30.04.2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **04.07.2021**

Platnost zadání diplomové práce: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Ing. Roman Vavříčka, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

\_\_\_\_\_  
doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta

**Souhrn**

Diplomová práce se zabývá návrhem nízkoteplotní otopné soustavy podlahového vytápění a zdravotně technických instalací bytového domu. V rámci zdravotně technických instalací je navržen systém zásobování teplé a studené vody, cirkulace, ohřev teplé vody, vnitřní a vnější kanalizace a plynovodu. U vnitřní kanalizace je navrženo lokální zpětné získávání tepla z odpadní vody.

**Summary**

The diploma thesis deal with the project of low hot water heating system and sanitary installations of an apartment building. Within the sanitary installations, a distribution system of hot and cold water, circulation, hot water heating, inner and outlet sewerage and gas pipeline is designed. For internal sewerage is designed a local heat recovery system from wastewater.

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem: „Optimalizace technických instalací bytového domu“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Romana Vavříčky Ph.D., s použitím literatury, uvedené na konci mé diplomové práce v seznamu použité literatury.

V Praze dne 2. 7. 2021

Ondřej Mládek

### **Poděkování**

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Romanu Vavříčkovi, Ph.D. za vstřícný přístup, užitečné rady, připomínky a konzultace, které mi pomáhaly při vypracování této práce.

**OBSAH**

Soupis použitého značení.....	8
1 ÚVOD.....	12
2 VYTÁPĚNÍ.....	14
2.1 Součinitel prostupu tepla.....	16
2.2 Tepelná ztráta .....	17
2.3 Podlahové vytápění.....	21
2.3.1 Způsob pokládky .....	21
2.3.2 Tvar otopného hada.....	22
2.3.3 Tepelně-technický výpočet.....	23
2.3.4 Hydraulický výpočet.....	25
2.3.5 Hydraulické vyvážení bytů .....	28
2.3.6 Hydraulické vyvážení objektu.....	29
2.3.7 Rozvody otopné vody v objektu.....	33
2.3.8 Regulace podlahového vytápění.....	33
3 VNITŘNÍ VODOVOD .....	34
3.1 Výpočet vnitřního vodovodu.....	35
3.2 Vodovodní rozvody v objektu.....	38
3.3 Vodoměrná sestava.....	39
3.4 Vodovodní přípojka.....	39
3.5 Příprava teplé vody.....	40
3.6 Návrh zásobníku TV.....	40
3.7 Cirkulace .....	43
3.7.1 Dezinfekční proces .....	46
4 KANALIZACE .....	48
4.1 Vnitřní kanalizace .....	49
4.2 Systémy připojovacího a odpadního potrubí.....	50

4.2.1	System I .....	50
4.2.2	System II .....	50
4.2.3	System III .....	50
4.2.4	System IV .....	50
4.3	Návrh vnitřní kanalizace .....	51
4.4	Návrh dešťové kanalizace .....	54
4.5	Svodné potrubí .....	54
4.6	Návrh vsakovacího zařízení .....	55
4.7	Zpětné získávání tepla v oblasti přípravy teplé vody .....	56
5	TECHNICKÁ MÍSTNOST .....	59
5.1	Zdroj tepla na ohřev TV a vytápění .....	59
5.1.1	Odvod kondenzátu a přečerpávací stanice .....	60
5.1.2	Termohydraulický rozdělovač .....	61
5.1.3	Rozdělovač a sběrač .....	62
5.1.4	Třicestné směšovací ventily .....	62
5.1.5	Zabezpečovací zařízení .....	63
5.1.6	Oběhová čerpadla .....	64
5.1.7	Přívod spalovacího vzduchu a odvod spalin .....	65
5.2	Plynovod .....	66
5.3	Alternativní systém dodávky energie .....	69
6	ZÁVĚR .....	72
	Literatura .....	73
	Seznam příloh .....	76
	Seznam výkresové dokumentace .....	77

**Soupis použitého značení**

$A_k$	[m <sup>2</sup> ]	plocha dané stavební konstrukce
$A_{red}$	[m <sup>2</sup> ]	redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy
$A_{vsak}$	[m <sup>2</sup> ]	plocha vsakovacího zařízení
$C$	[-]	součinitel odtoku dešťových vod
$DU$	[l/s]	výpočtový odtok zařizovacího předmětu
$H_{T,ia}$	[W/K]	měrný tepelný tok z vytápěného prostoru do sousedních prostor
$H_{T,ie}$	[W/K]	měrný tepelný tok z vytápěného prostoru přímo do venkovního prostředí
$H_{T,ig}$	[W/K]	měrný tepelný tok z vytápěného prostoru do zeminy
$H_{V,i}$	[W/K]	měrný tepelný tok větráním
$K$	[l <sup>0,5</sup> /s <sup>0,5</sup> ]	součinitel odtoku
$P_v$	[-]	autorita ventilu
$P_Z$	[W]	výkon zdroje pro ohřev teplé vody
$Q$	[W]	tepelný výkon podlahové otopné plochy
$Q_A$	[l/s]	jmenovitý průtok jednotlivými druhy odběrných míst
$Q_C$	[l/s]	cirkulační průtok
$Q_D$	[l/s]	výpočtový průtok
$Q_r$	[l/s]	průtok dešťových vod
$Q_{r,v}$	[l/s]	celkový průtok odpadních vod ve svodném potrubí
$Q_{ww}$	[l/s]	průtok splaškových odpadních vod
$Q_Z$	[W]	tepelná ztráta prostoru
$Q_{2P}$	[kWh/den]	teplo dodané ohřivačem TV
$Q_{2t}$	[kWh/den]	teplo pro ohřev vody
$Q_{2z}$	[kWh/den]	teplo ztracené při ohřevu a distribuci TV
$R$	[Pa/m]	měrná tlaková ztráta potrubí daného úseku
$Re$	[-]	Reynoldsovo číslo
$R_{se}$	[m <sup>2</sup> K/W]	tepelný odpor přestupu tepla na vnější straně



$R_{si}$	[m <sup>2</sup> K/W]	tepelný odpor přestupu tepla na vnitřní straně
$S_{od}$	[m <sup>2</sup> ]	půdorysný průmět odvodňované plochy
$S_p$	[m <sup>2</sup> ]	skutečná plocha otopného hada
$U$	[W/m <sup>2</sup> K]	součinitel prostupu tepla
$U_k$	[W/m <sup>2</sup> K]	součinitel prostupu tepla dané stavební konstrukce
$U_w$	[W/m <sup>2</sup> K]	součinitel prostupu tepla oken
$\dot{V}$	[m <sup>3</sup> /h]	objemový průtok uzavíracím ventilem daného okruhu
$V_{EN}$	[m <sup>3</sup> ]	objem expanzní nádoby
$V_i$	[m <sup>3</sup> ]	vnitřní objem větrané místnosti
$V_{vz}$	[m <sup>3</sup> ]	objem vsakovacího zařízení
$V_z$	[m <sup>3</sup> ]	velikost zásobníku teplé vody
$a$	[m]	tloušťka jednotlivých vrstev nad trubkami
$c$	[kJ/kgK]	měrná tepelná kapacita
$d$	[m]	průměr potrubí daného úseku
$d$	[m]	vnější průměr trubek
$f$	[-]	součinitel bezpečnosti vsaku
$h_d$	[mm]	navrhovaný úhrn srážek
$i$	[l/s.m <sup>2</sup> ]	intenzita deště
$k$	[m <sup>3</sup> /h]	drsnost materiálu potrubí
$kv$	[m <sup>3</sup> /h]	kv hodnota
$l$	[m]	délka potrubí daného úseku
$m$	[m <sup>-1</sup> ]	charakteristické číslo podlahy
$\dot{m}$	[kg/h]	hmotnostní průtok
$n$	[-]	počet osob v budově
$n_{min}$	[h <sup>-1</sup> ]	minimální intenzita větrání
$p_{budova}$	[kPa]	tlaková ztráta hydraulicky nejvzdálenějšího odběrného místa.
$p_{další}$	[kPa]	tlaková ztráta napojených zařízení

$p_{disp}$	[kPa]	dispoziční přetlak v místě napojení vodovodní přípojky na vodovodní
$p_g$	[kPa]	tlaková ztráta způsobená rozdílem mezi výškovou úrovní nejvyšší výtokové armatury a místa napojení vodovodní přípojky na vodovodní řad
$p_{min,fl}$	[kPa]	minimální požadovaný hydrodynamický přetlak u nejdříve položené výtokové armatury
$p_{přípojka}$	[kPa]	tlaková ztráta ve vodovodní přípojce
$p_{WM}$	[kPa]	tlaková ztráta vodoměru
$q$	[W/m <sup>2</sup> ]	měrný tepelný výkon podlahové otopné plochy
$q_i$	[W/m]	délková tepelná ztráta potrubí teplé vody
$r$	[m]	vzdálenost krajní trubky od okrajové stěny
$s_i$	[m]	tloušťka i-té konstrukce
$t_i$	[°C]	vnitřní výpočtová teplota
$t'_i$	[°C]	vnitřní výpočtová teplota prostoru na opačné straně podlahy
$t_m$	[°C]	střední teplota otopné vody
$t_p$	[°C]	střední povrchová teplota podlahy
$t_{wm}$	[°C]	střední teplota vody
$t_1$	[°C]	teplota studené vody
$t_2$	[°C]	teplota teplé vody
$v$	[m/s]	návrhová rychlost vody v potrubí
$w$	[m/s]	rychlost proudění kapaliny v potrubí daného úseku
$\Delta p_{MTCV}$	[Pa]	tlaková ztráta ventilu Danfoss MTCV
$\Delta p_{R\dot{s}}$	[Pa]	tlaková ztráta regulačního šroubení
$\Delta p_{STAD}$	[Pa]	tlaková ztráta ventilu STAD
$\Delta p_{STAP}$	[Pa]	tlaková ztráta ventilu STAP
$\Delta p_{UV}$	[Pa]	tlaková ztráta uzavíracího ventilu rozdělovače/sběrače
$\Delta p_\lambda$	[Pa]	tlakové ztráty třením
$\Delta p_\xi$	[Pa]	tlakové ztráty místními odpory
$\Delta U$	[W/m <sup>2</sup> K]	přirážka na vliv tepelných vazeb

$\Delta U_{TB}$	[W/m <sup>2</sup> K]	přirážka na vliv tepelných mostů
$\Delta T$	[K]	teplotní spád daného úseku
$\Lambda_a$	[W/m <sup>2</sup> K]	tepelná propustnost vrstev podlahy nad trubkami
$\Lambda_b$	[W/m <sup>2</sup> K]	tepelná propustnost vrstev podlahy pod trubkami
$\phi_{gain,i}$	[W]	trvalé tepelné zisky vytápěného prostoru
$\phi_{HL,i}$	[W]	návrhová tepelná ztráta prostoru
$\phi_{T,i}$	[W]	tepelná ztráta prostupem vytápěného prostoru
$\phi_{V,i}$	[W]	tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru
$\alpha_e$	[W/m <sup>2</sup> K]	součinitel přestupu tepla na vnější povrchu přívodního potrubí
$\alpha_p$	[W/m <sup>2</sup> K]	celkový součinitel přestupu tepla na povrchu otopné plochy
$\alpha'_p$	[W/m <sup>2</sup> K]	celkový součinitel přestupu tepla na spodní straně otopné plochy
$\eta$	[-]	stupeň využití expanzní nádoby
$\eta^*$	[-]	korigovaná účinnost výměníku
$\theta_e$	[°C]	venkovní výpočtová teplota
$\theta_{int,i}$	[°C]	vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru
$\theta_{ZZT}$	[-]	poměrná úspora zpětného získávání tepla
$\lambda$	[-]	součinitel tření
$\lambda_i$	[W/mK]	tepelná vodivost i-té konstrukce
$\lambda_a$	[W/mK]	součinitel tepelné vodivosti jednotlivých vrstev nad trubkami
$\lambda_b$	[W/mK]	součinitel tepelné vodivosti jednotlivých vrstev pod trubkami
$\lambda_d$	[W/mK]	součinitel tepelné vodivosti materiálu ve kterém jsou zality trubky
$\xi$	[-]	součinitel místního odporu
$\rho$	[kg/m <sup>3</sup> ]	hustota kapaliny v potrubí daného úseku
$\tau_c$	[min]	doba trvání srážek určité periody

## 1 ÚVOD

Diplomová práce se zabývá studií vytápění a zdravotně technických instalací bytového domu. Budova se nachází v centru města Tábor v jižních Čechách. Situace budovy je zobrazena na Obr. 1.1. Jedná se o rekonstrukci původní stavby, která měla tři nadzemní podlaží. Čtvrté nadzemní podlaží je nově přistavěno. Původně byla budova součástí komplexu vojenských kasáren, nyní dochází k přestavbě na bytový dům. Tyto renovace jsou časté a v dnešní době, kdy se řeší nedostatek bytových jednotek pro populaci a uprostřed měst se nachází staré či nevyužívané budovy je to vhodný způsob, jak zajistit nové bydlení poblíž centra města.

První část práce se zabývá řešením vytápění budovy. Je proveden výpočet tepelných ztrát budovy společně s návrhem řešení obálky budovy v souladu s legislativními požadavky tepelné ochrany budov. Následně je navržena nízkoteplotní otopná soustava. Je proveden návrh zdroje tepla v podobě kaskády plynových kondenzačních kotlů včetně hydraulického návrhu otopné soustavy.

Druhá část se zabývá návrhem systému zásobování studenou a teplou vodou dle ČSN 75 5455. Součástí je i návrh a výpočet cirkulace teplé vody a návrh zásobníku teplé vody metodou křivek dodávky a odběru.



Obr. 1.1 Situace objektu

Třetí část obsahuje řešení vnitřní a vnější kanalizace objektu. Systém vnitřní kanalizace umožňuje lokální zpětné získávání tepla z odpadní vody s posouzením doby návratnosti investice. Je navrženo vsakovací zařízení pro odvod dešťových vod.

Poslední část práce zahrnuje ekonomické a technické porovnání konvenčního a alternativního systému dodávky energie. Jako alternativní zdroj je zvolena kaskáda tepelných čerpadel.



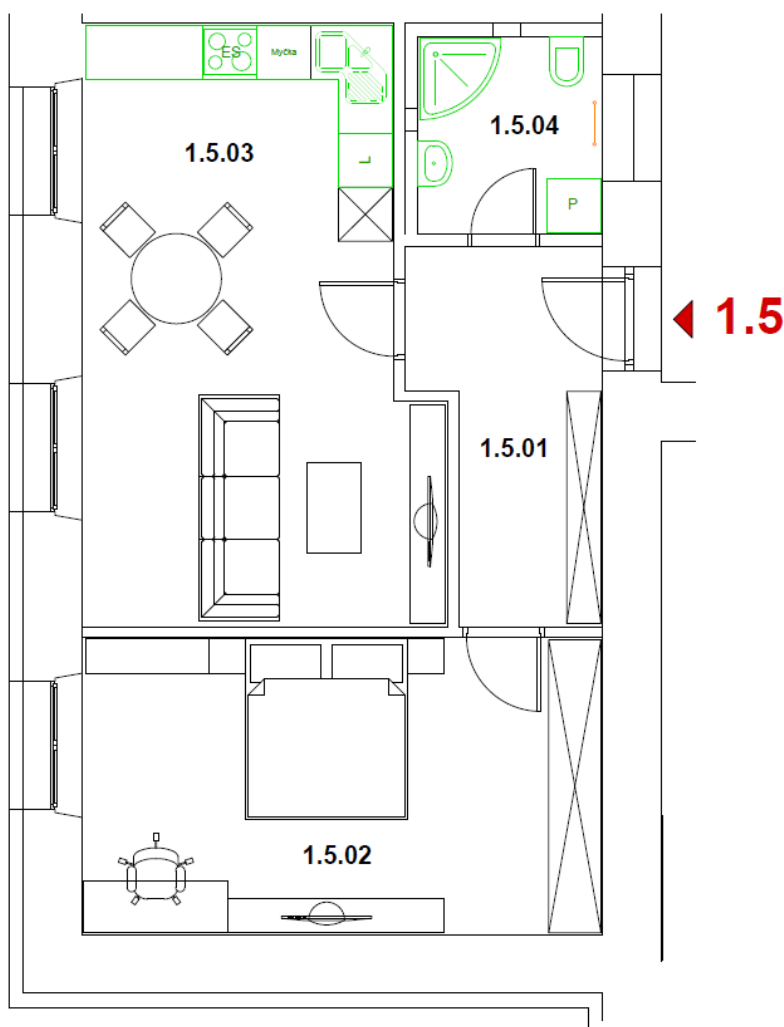
*Obr. 1.2 Fotodokumentace objektu*



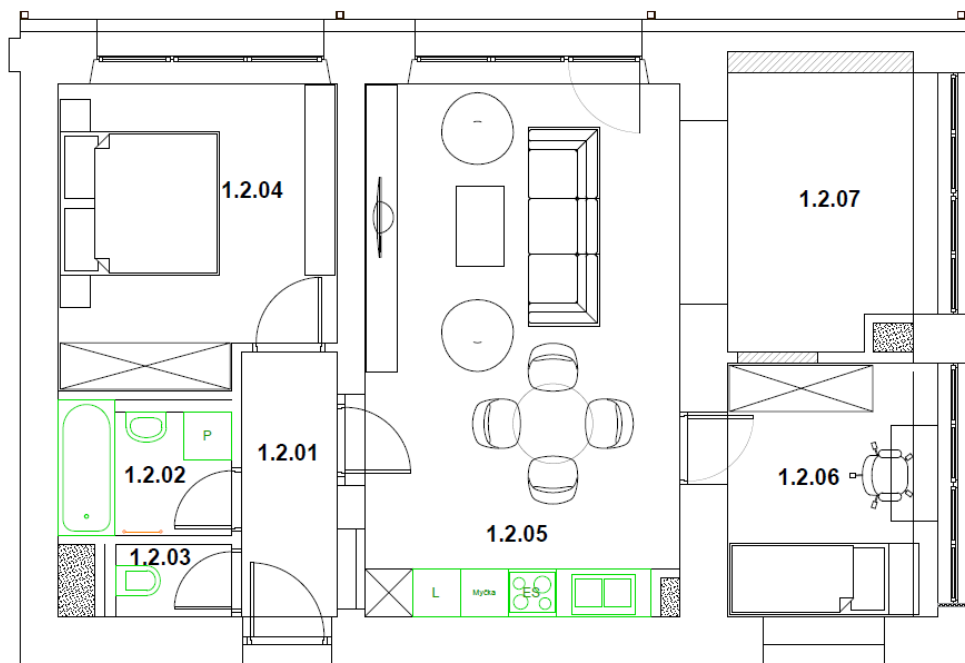
*Obr. 1.3 Fotodokumentace objektu*

## 2 VYTÁPĚNÍ

V objektu je řešeno vytápění čtyř nadzemních podlaží. V těchto podlažích se nacházejí bytové jednotky různých velikostí od 1+kk až po 5+kk. V těchto bytech bude navrženo podlahové vytápění. V každé koupelně je navíc instalováno elektrické nezávislé trubkové těleso. V některých koupelnách by toto těleso být nemuselo, nicméně je zde instalováno, z důvodu další teplosměnné plochy např. pro sušení mokré osušky, či z estetického důvodu vyplývajících z požadavků uživatelů. Každý byt má svůj vlastní rozdělovač, s výjimkou bytu 4.0 a 4.1. kde tyto dva byty mají jeden společný. Zdroj tepla pro vytápění se nachází v podzemním podlaží v místnosti 0.8 a je jím kaskáda plynových kondenzačních kotlů. Následující obrázky zobrazují nejčastější typy bytů v objektu.

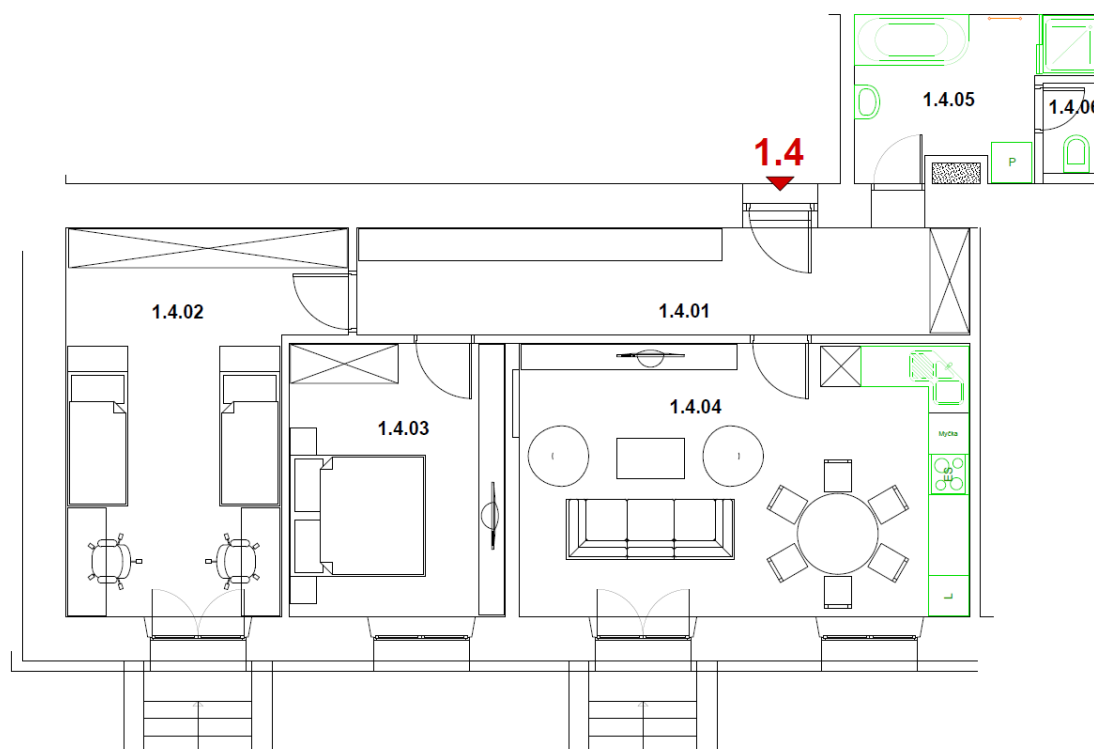


Obr. 2.1 Typický byt – byt 1.5



1.2

Obr. 2.2 Typický byt – byt 1.2



Obr. 2.3 Typický byt – byt 1.4

## 2.1 Součinitel prostupu tepla

Skladba původních konstrukcí byla známa. Vnější obvodové zdivo bylo tvořeno omítkou a dvěma řadami plných cihel. Podlaha a strop byla tvořena železobetonovou konstrukcí, škvárovým zásypem a betonovou mazaninou. V rámci plánované rekonstrukce bylo obvodové zdivo doplněno tepelnou izolací z minerální vlny. Její tloušťka byla navržena tak, aby výsledný součinitel prostupu tepla byl v souladu s Vyhláškou č. 264/2020 Sb. o energetické náročnosti budov. Podlahy byly rozšířené o vrstvy nezbytné pro instalaci podlahového vytápění. Výpočet součinitele prostupu tepla  $U$  [W/m<sup>2</sup>K] byl proveden dle vzorce (2.1). Výsledné hodnoty jednotlivých konstrukcí jsou uvedeny v Tab. 2.1. [1]

$$U = \frac{1}{R_{si} + R_{se} + R_k} + \Delta U = \frac{1}{R_{si} + R_{se} + \sum \frac{s_i}{\lambda_i}} + \Delta U \quad (2.1)$$

kde:

$R_{si}$  je tepelný odpor přestupu tepla na vnitřní straně [m<sup>2</sup>K/W];

$R_{se}$  je tepelný odpor přestupu tepla na vnější straně [m<sup>2</sup>K/W];

$R_k$  je tepelný odpor konstrukce [m<sup>2</sup>K/W];

$\Delta U$  je přírážka na vliv tepelných vazeb [W/m<sup>2</sup>K];

$s_i$  je tloušťka  $i$ -té konstrukce [m];

$\lambda_i$  je tepelná vodivost  $i$ -té konstrukce [W/mK].

Tab. 2.1 Součinitele prostupu tepla stavebních konstrukcí

konstrukce	U [W/m <sup>2</sup> K]	U <sub>N20</sub> [W/m <sup>2</sup> K]
1NP podlaha podsklepeno	0,25	0,40
1NP podlaha nepodsklepeno	0,25	0,30
2NP a 3NP podlaha	0,24	1,45
4NP podlaha	0,21	1,45
4NP balkon podlaha	0,14	0,40
sklep podlaha	0,34	0,60
Střecha + 4NP Strop	0,14	0,16
Stěna vnější původní	0,20	0,25
Stěna vnitřní původní	0,68	1,80
Stěna vnější z nových cihel (4NP)	0,20	0,25
Stěna vnitřní z nových cihel (4NP)	0,33	1,80
vnitřní příčky	1,31	1,80



Součinitel prostupu tepla okenních konstrukcí udává výrobce ve svých podkladech. Pro rekonstrukci byly zvoleny okna Vekra Prima se součinitelem prostupu tepla  $U_w = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ . [PE1]

## 2.2 Tepelná ztráta

Tepelná ztráta je tepelný tok procházející z vnitřního prostředí objektu do venkovního prostředí. Pro její výpočet je nutné znát součinitel prostupu tepla daných konstrukcí objektu, venkovní výpočtovou teplotu, vnitřní výpočtové teploty vytápěných místností, a měsíční průměrné teploty vzduchu pro danou lokalitu. Pro Tábor je venkovní výpočtová teplota  $-15^\circ\text{C}$ . Průměrné měsíční teploty jsou zobrazeny v Tab. 2.2. Postup výpočtu byl převzat z normy ČSN EN 12 831-1, s výjimkou výpočtu měrného tepelného toku z vytápěného prostoru do zeminy, který je proveden dle ČSN EN ISO 13 370. Je uvažováno nepřetržité vytápění budovy.

Celková návrhová tepelná ztráta  $\phi_{HL,i}$  [W] se vypočte dle následujícího vztahu

$$\phi_{HL,i} = \phi_{T,i} + \phi_{V,i} - \phi_{gain,i} \quad (2.2)$$

kde:

$\phi_{T,i}$  je tepelná ztráta prostupem vytápěného prostoru [W];

$\phi_{V,i}$  je tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru [W];

$\phi_{gain,i}$  jsou trvalé tepelné zisky vytápěného prostoru [W].

Tab. 2.2 Seznam středních měsíčních teplot pro lokalitu Tábor

Měsíc	Střední teplota $t_{ep}$ [ $^\circ\text{C}$ ]
Leden	-1
Únor	1
Březen	4
Duben	9
Květen	14,6
Červen	17
Červenec	18,2
Srpen	18,8
Září	13,8
Říjen	9,4
Listopad	4
Prosinec	-0,5

Tepelná ztráta prostupem je dána vztahem

$$\phi_{T,i} = (H_{T,ie} + \sum H_{T,ia} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (2.3)$$

kde:

$H_{T,ie}$  je měrný tepelný tok z vytápěného prostoru do venkovního prostředí [W/K];

$\sum H_{T,ia}$  je měrný tepelný tok z vytápěného prostoru do sousedních prostor [W/K];

$H_{T,ig}$  je měrný tepelný tok z vytápěného prostoru do zeminy [W/K];

$\theta_{int,i}$  je vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru [°C];

$\theta_e$  je venkovní výpočtová teplota [°C].

Měrný tepelný tok z vytápěného prostoru do venkovního prostředí je dán vztahem

$$H_{T,ie} = \sum_k [A_k \cdot (U_k + \Delta U) \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k}] \quad (2.4)$$

kde:

$A_k$  je plocha dané stavební konstrukce [m<sup>2</sup>];

$U_k$  je součinitel prostupu tepla dané stavební konstrukce [W/m<sup>2</sup>K];

$f_{U,k}$  je opravný činitel zohledňující vliv vlastností stavebních částí a povětrnostní vlivy, které nebyly uvažovány při stanovování příslušných U-hodnot [-];

$f_{ie,k}$  opravný teplotní součinitel [-].

Pro oblast České republiky je součinitel  $f_{U,k}$  roven 1.

Měrný tepelný tok z vytápěného prostoru do sousedních prostor se spočte následovně

$$H_{T,ia} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}) \quad (2.5)$$

$A_k$  je plocha dané stavební konstrukce [m<sup>2</sup>];

$U_k$  je součinitel prostupu tepla dané stavební konstrukce [W/m<sup>2</sup>K];

$f_{ia,k}$  je teplotní opravný činitel zahrnující rozdíl teplot mezi teplotou nevytápěného prostoru nebo vytápěného na jinou teplotu a venkovní výpočtovou teplotou [-].

$$f_{ia,k} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{ia}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad (2.6)$$

Výpočet měrného tepelného toku z vytápěného prostoru do zeminy je dle použité normy dán následujícím postupem. Nejprve se vypočte charakteristický parametr  $B'$  [m].

$$B' = \frac{S_{podlahy}}{0,5 \cdot O_{podlahy}} \quad (2.7)$$

kde:

$S_{podlahy}$  je plocha podlahy [m<sup>2</sup>];

$O_{podlahy}$  je obvod podlahy oddělující vytápěný prostor uvažované části podlahy od venkovního prostředí [m].

Dále vypočteme celkovou ekvivalentní tloušťku podlahy  $d_t$  [m].

$$d_t = w + \lambda_{zem} \cdot (R_{si} + R_f + R_{se}) \quad (2.8)$$

kde:

$w$  je celková tloušťka obvodových stěn [m];

$\lambda_{zem}$  je tepelná vodivost zeminy [W/mK];

$R_{si}$  je tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně [m<sup>2</sup>K/W];

$R_f$  je tepelný odpor podlahy [m<sup>2</sup>K/W];

$R_{se}$  je tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně [m<sup>2</sup>K/W].

Pro případ podlahy na zemině se součinitel prostupu tepla podlahy  $U_{podlahy}$  [W/m<sup>2</sup>K] určí následovně

$$d_t < B' \rightarrow U_{podlahy} = \frac{2 \cdot \lambda_{zem}}{\pi \cdot B' + d_t} \cdot \ln \left( \frac{\pi \cdot B'}{d_t} + 1 \right) \quad (2.8)$$

$$d_t \geq B' \rightarrow U_{podlahy} = \frac{\lambda_{zem}}{0,457 \cdot B' + d_t} \quad (2.9)$$

V případě vytápěného suterénu se součinitel prostupu tepla podlahy vypočte takto

$$(d_t + 0,5 \cdot z) < B' \rightarrow U_{podlahy} = \frac{2 \cdot \lambda_{zem}}{\pi \cdot B' + d_t + 0,5 \cdot z} \cdot \ln \left( \frac{\pi \cdot B'}{d_t + 0,5 \cdot z} + 1 \right) \quad (2.10)$$

$$(d_t + 0,5 \cdot z) \geq B' \rightarrow U_{podlahy} = \frac{\lambda_{zem}}{0,457 \cdot B' + d_t + 0,5 \cdot z} \quad (2.11)$$

kde:

$z$  je hloubka podlahy suterénu pod úroveň okolního terénu [m].

U vytápěného suterénu musíme následně určit i součinitel prostupu tepla stěn  $U_{stěny}$  [W/m<sup>2</sup>K], které jsou v kontaktu s okolním terénem. Pro tento výpočet je potřeba také vypočítat ekvivalentní tloušťku stěny  $d_w$  [m] dle vztahu (2.12).

$$d_w = \lambda_{zem} \cdot (R_{si} + R_f + R_{se}) \quad (2.12)$$

Následně vypočteme i součinitel prostupu tepla stěny.

$$d_t \geq d_w \rightarrow U_{stěny} = \frac{2 \cdot \lambda_{zem}}{\pi \cdot z} \cdot \left(1 + \frac{0,5 \cdot d_t}{d_t + z}\right) \ln\left(\frac{z}{d_w} + 1\right) \quad (2.13)$$

$$d_t < d_w \rightarrow U_{stěny} = \frac{2 \cdot \lambda_{zem}}{\pi \cdot z} \cdot \left(1 + \frac{0,5 \cdot d_t}{d_t + z}\right) \ln\left(\frac{z}{d_t} + 1\right) \quad (2.14)$$

Výpočet měrného tepelného toku z vytápěného prostoru do zeminy pak vypadá takto.

$$H_{T,ig} = S_{podlahy} \cdot U_{podlahy} + S_{stěny} \cdot U_{stěny} \quad (2.15)$$

Tepelná ztráta větráním  $\phi_{V,i}$  [W] je dána vztahem (2.16).

$$\phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = V_i \cdot n_{min,i} \cdot \rho \cdot c \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (2.16)$$

kde:

$H_{V,i}$  je měrný tepelný tok větráním [W/K];

$V_i$  je vnitřní objem větrané místnosti [m<sup>3</sup>];

$n_{min,i}$  je minimální intenzita větrání [h<sup>-1</sup>].

Objemový průtok vzduchu na větrání lze spočítat dvěma způsoby, infiltrací a podle intenzity výměny vzduchu. Z těchto dvou hodnot se následně do výpočtu použije ten větší. Z důvodu nízké hodnoty objemového průtoku infiltrací je dále uvažováno pouze s hodnotou průtoku danou intenzitou výměny.

Pro nucený způsob větrání byla vybrána decentrální jednotka Recuair DC40 P. Tato jednotka je schopna dodat do instalovaného prostoru až 40 m<sup>3</sup>/h čerstvého vzduchu. Tento typ jednotky je vybaven křížovým protiproudým výměníkem. Při otočení tohoto výměníku a prohození cest přívodu a odvodu vzduchu je realizován současně i zpětné získávání vlhkosti, což je vhodné v zimním období, kdy je venkovní vzduch suchý a je potřeba pro zajištění ideálního komfortu ho zvlhčovat. Z důvodu vyšších pořizovacích nákladů byla intenzita větrání uvažována 0,3 h<sup>-1</sup>. [2]

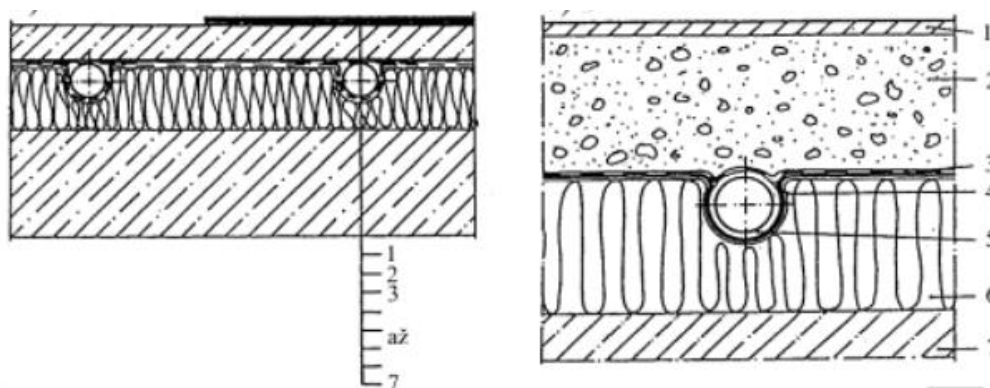
## 2.3 Podlahové vytápění

Podlahové vytápění je typ velkoplošného nízkoteplotního sálavého vytápění. Tento typ má větší podíl sálavé složky sdílení tepla do okolí oproti složce konvektivní. Konvektivní složka tvoří cca 45 %. Sdílením tepla sáláním dochází k ohřívání okolních stěn a zvyšování střední radiační teploty, čímž dochází k větší tepelné pohodě člověka. Charakteristické pro tento způsob nízkoteplotního vytápění je teplota povrchu podlahy od 22 do 25°C. Teplota povrchu podlahy ovšem nesmí překročit při návrhu limitní hodnotu, a to z důvodu negativního vlivu na lidské tělo. Pro obytné místnosti je to 28 °C, pro koupelny 34 °C a pro místnosti s dočasným místem pobytu 32°C. Podlahové vytápění můžeme rozdělit podle způsobu provedení otopné plochy na mokrý způsob a suchý způsob, a podle tvarování otopného hada na meandr a spirálu. Další možností, která je méně používaná, jsou např. modulové klima desky. [3]

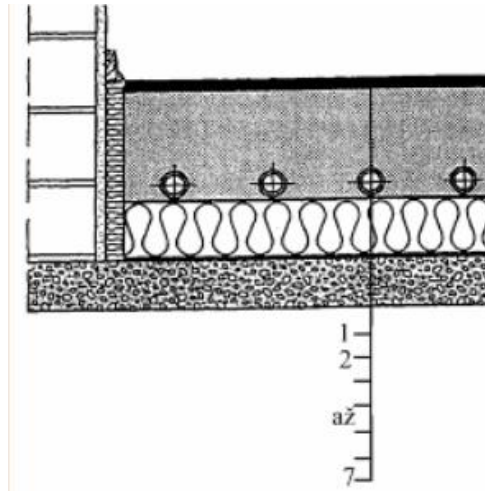
### 2.3.1 Způsob pokládky

Při suchém provedení pokládky je potrubí otopného hada uloženo do izolační vrstvy pod betonovou deskou. Potrubí je od vrstvy cementového potěru odděleno hydroizolační fólií. Při suché způsobu pracuje podlaha s vyšší teplotou otopné vody v rozsahu od 40 °C do 70°C. Tento způsob se používá v situacích, kde stačí nižší měrné tepelné výkony do 50 W/m<sup>2</sup>. [3]

Při mokrém provedení pokládky se otopný had zalije přímo betonovou mazaninou. Pod otopným hadem je umístěna tepelně-zvuková izolace. Při mokré způsobu pracuje systém s teplotami otopné vody od 35 °C do 55°C. Tento způsob produkuje měrný tepelný výkon nad 50 W/m<sup>2</sup>. [3]



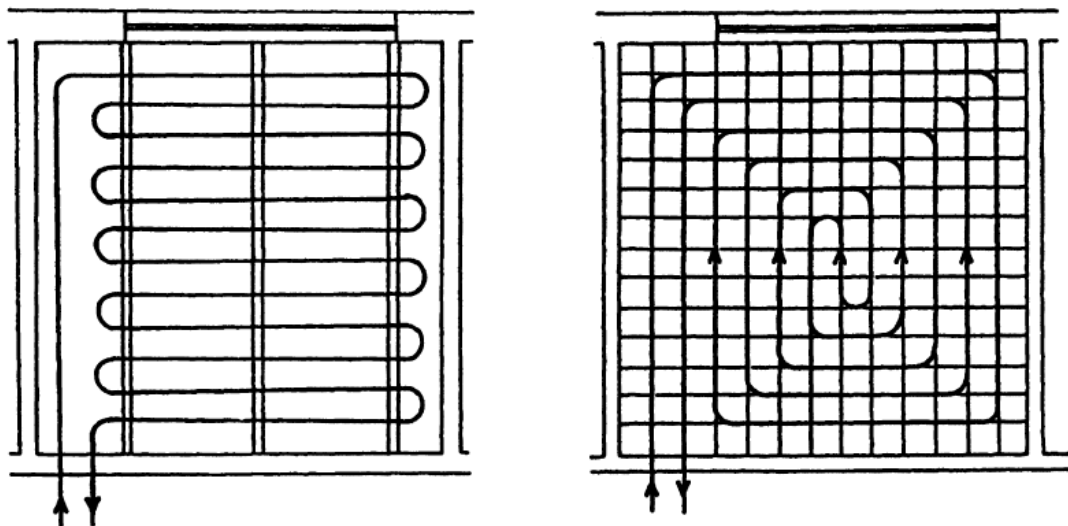
Obr. 2.4 Suchý způsob pokládky (1 - podlahová krytina, 2 - betonová vrstva, 3 - hydroizolace, 4 - fólie, 5 - otopný had, 6 - tepelná izolace, 7 - nosná podlaha) [3]



Obr. 2.5 Mokrý způsob pokládky (1 - podlahová krytina, 2 - betonová vrstva, 3 - otopný had, 4 - hydroizolace, 5 - tepelně zvuková izolace, 6 - hydroizolace, 7 - nosná podlaha) [3]

### 2.3.2 Tvar otopného hada

Tvar otopného hada má u podlahového vytápění vliv na rozložení teploty ve vytápěné místnosti. Při použití pokládky otopného hada ve tvaru meandru dochází k poklesu teploty od obvodové konstrukce k vnitřní stěně. Tento způsob je vhodné použít, pokud má místnost jednu a více ochlazovaných konstrukcí. Při pokládce ve tvaru plošné spirály je teplota po celé její ploše rovnoměrná. Vhodné použití je pro vnitřní místnosti bez ochlazované konstrukce. [3]



Obr. 2.6 Tvar otopného hada-meandr a spirála [3]

### 2.3.3 Tepelně-technický výpočet

Při výpočtu podlahové otopné plochy provedeme návrh tak, aby tepelný výkon pokryl tepelnou ztrátu prostoru, přičemž střední povrchová teplota podlahy nesmí překročit dané hygienické hodnoty. Tyto teploty, jak bylo uvedeno, se liší podle typu místnosti, tedy podle typu činnosti člověka v dané místnosti. V objektu byly tedy voleny takové teploty, aby byla pokryta tepelné ztráta a zároveň nebyla překročena fyziologicky přípustná teplota. Výpočet střední povrchové teploty lze vyjádřit vztahem

$$t_p = \frac{\Lambda_a}{\alpha_p} (t_m - t_i) \frac{\operatorname{tgh}\left(m \cdot \frac{l}{2}\right)}{m \cdot \frac{l}{2}} + t_i \quad (2.17)$$

kde:

$t_p$  je střední povrchová teplota podlahy [°C];

$t_m$  je střední teplota otopné vody [°C];

$t_i$  je vnitřní výpočtová teplota [°C];

$m$  je charakteristické číslo podlahy [m<sup>-1</sup>];

$\Lambda_a$  je tepelná propustnost vrstev podlahy nad trubkami [W/m<sup>2</sup>K];

$\alpha_p$  je celkový součinitel přestupu tepla na povrchu otopné plochy [W/m<sup>2</sup>K];

$l$  je rozteč trubek [m].

Z těchto veličin má na velikost střední teploty otopné největší vliv rozteč trubek. Charakteristické číslo podlahy při uvažování válcového tvaru zdrojů je dáno vztahem

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot (\Lambda_a - \Lambda_b)}{\pi \cdot \lambda_d \cdot d}} \quad (2.18)$$

kde:

$\Lambda_b$  je tepelná propustnost vrstev podlahy pod trubkami [W/m<sup>2</sup>K];

$\lambda_d$  je součinitel tepelné vodivosti materiálu ve kterém jsou zalaty trubky [W/mK];

$d$  je vnější průměr trubek [m].

Tepelná propustnost vrstev nad trubkami se vypočítá takto

$$\Lambda_a = \frac{1}{\sum \frac{a}{\lambda_a} + \frac{1}{\alpha_p}} \quad (2.19)$$

kde:

$a$  je tloušťka jednotlivých vrstev nad trubkami [m];

$\lambda_a$  je součinitel tepelné vodivosti jednotlivých vrstev nad trubkami [W/mK].

Tepelná propustnost vrstev pod trubkami se vypočítá následovně

$$\Lambda_b = \frac{1}{\sum \frac{b}{\lambda_b} + \frac{1}{\alpha'_p}} \quad (2.20)$$

kde:

$\alpha'_p$  je celkový součinitel přestupu tepla na spodní straně otopné plochy [W/m<sup>2</sup>K];

$\lambda_b$  je součinitel tepelné vodivosti jednotlivých vrstev pod trubkami [W/mK].

Měrný tepelný výkon podlahové otopné plochy vypočteme  $q$  [W/m<sup>2</sup>] ze vztahu (2.21).

$$q = \alpha_p (t_p - t_i) \quad (2.21)$$

Měrný tepelný tok podlahové otopné plochy směrem dolů  $q'$  [W/m<sup>2</sup>] při stejných vnitřních teplotách nad otopnou plochou i pod ní lze stanovit ze vztahu (2.22).

$$q' = \alpha'_p \frac{\Lambda_b}{\Lambda_a} (t_p - t_i) \quad (2.22)$$

Pokud jsou teploty na obou stranách podlahy rozdílné, vypočte se měrný tepelný výkon dle následujícího vztahu

$$q' = \alpha'_p \frac{\Lambda_b}{\Lambda_a} (t_p - t_i) + \Lambda_b (t_p - t'_i) \quad (2.23)$$

kde:

$t'_i$  je vnitřní výpočtová teplota prostoru na opačné straně podlahy [°C].

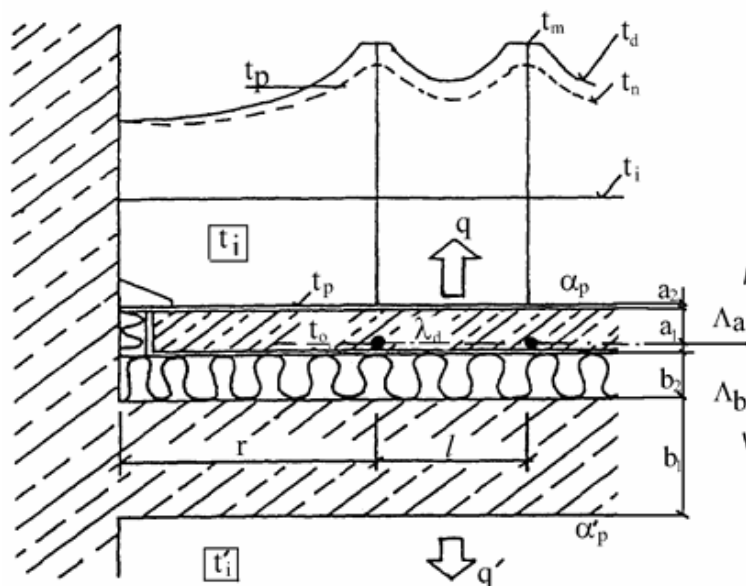
Tento tepelný tok by měl být co nejmenší a jeho hodnota by měla maximálně dosahovat 10-15 % hodnoty měrného toku směrem nahoru. Oba tyto toky jsou zobrazeny na Obr. 2.7. Tepelný výkon podlahové plochy  $Q$  [W] je dán vztahem

$$Q = S_p (q + q') \quad (2.24)$$

kde:

$S_p$  je skutečná plocha otopného hada [m<sup>2</sup>].





Obr. 2.7 Schéma otopné podlahové plochy [3]

Vzdálenost krajní trubky od okrajové stěny  $r$  [m] závisí na charakteristickém čísle podlahy a je dána vztahem (2.25).

$$r = \frac{2,3}{m} \quad (2.25)$$

Pro výpočet podlahového vytápění byl použit program od pana Ing. Romana Vavříčky, Ph.D. Software je dostupný na jeho osobních internetových stránkách a je součástí přílohy. [PE18] [27]

### 2.3.4 Hydraulický výpočet

Hydraulický výpočet podlahového vytápění zahrnuje výpočet tlakových ztrát  $\Delta p$  [Pa]. Tlakové ztráty můžeme rozdělit do dvou skupin, a to na tlakové ztráty třecí a místní. Výpočet provedeme podle následujícího vzorce (2.26).

$$\Delta p = \Delta p_{\lambda} + \Delta p_{\xi} \quad (2.26)$$

kde:

$\Delta p_{\lambda}$  jsou tlakové ztráty způsobené třením [Pa];

$\Delta p_{\xi}$  jsou tlakové ztráty způsobené místními odpory [Pa].

Třecí ztráty jsou způsobeny třením mezi kapalinou a stěnou potrubí. Tato ztráta je dána vztahem

$$\Delta p_{\lambda} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \rho \cdot \frac{w^2}{2} \quad (2.27)$$

kde:

$\lambda$  je součinitel tření [-];

$l$  je délka potrubí daného úseku [m];

$d$  je průměr potrubí daného úseku [m];

$\rho$  je hustota kapaliny v potrubí daného úseku [kg/m<sup>3</sup>];

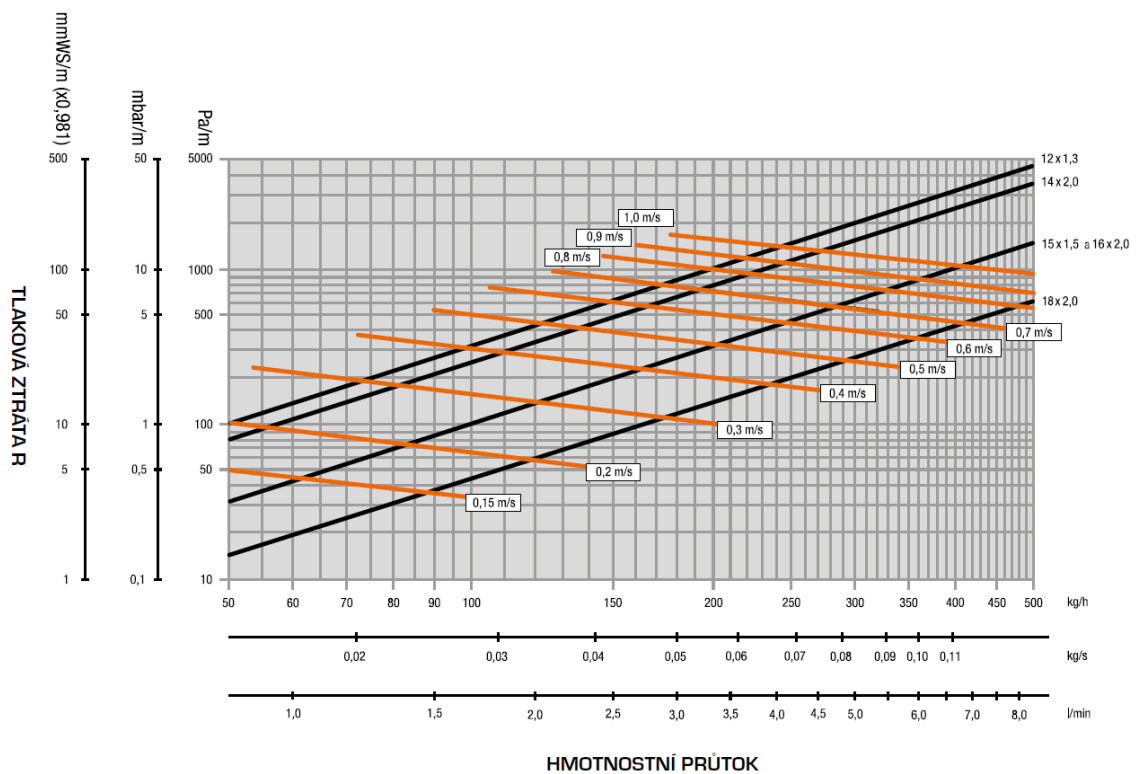
$w$  je rychlost proudění kapaliny v potrubí daného úseku [m/s].

V tomto případě výrobce ve svých podkladech [PE7] udává měrnou tlakovou ztrátu potrubí určitých dimenzí. Daná závislost měrné tlakové ztráty je zobrazena na Obr. 2.8. Měrná tlaková ztráta je vztažena na 1 m délky potrubí. Výpočet třecích ztrát provedeme následovně

$$\Delta p_{\lambda} = R \cdot l \quad (2.28)$$

kde:

$R$  je měrná tlaková ztráta potrubí daného úseku [Pa/m].



Obr. 2.8 Diagram měrné tlakové ztráty potrubí otopného hada z polybutenu [PE7]

Místní ztráty jsou způsobeny vířením tekutiny v důsledku změny směru nebo dimenze potrubí. Tato změna je reprezentována takzvaným součinitelem místního odporu  $\xi$ , který se zjišťuje experimentálně. Velikost tlakové ztráty místními odpory je dána vztahem

$$\Delta p_{\xi} = \sum \xi \cdot \rho \cdot \frac{w^2}{2} \quad (2.29)$$

kde:

$\xi$  je součinitel místního odporu [-].

Hydraulický výpočet je proveden metodou ekonomických rychlostí. Za ekonomickou rychlost lze u podlahového vytápění považovat rychlosti mezi 0,1 a 0,5 m/s. S ohledem na velikost tlakových ztrát byla volena ekonomická rychlost cca 0,15 m/s. Nejprve se vyjádří hmotnostní průtok potrubí  $\dot{m}$  [kg/h]. Ten je dán z tepelné ztráty místnosti.

$$\dot{m} = \frac{Q_z}{c \cdot \Delta T} \quad (2.30)$$

kde:

$Q_z$  je tepelná ztráta prostoru [W];

$c$  je měrná tepelná kapacita [kJ/kgK];

$\Delta T$  je teplotní spád daného úseku [K].

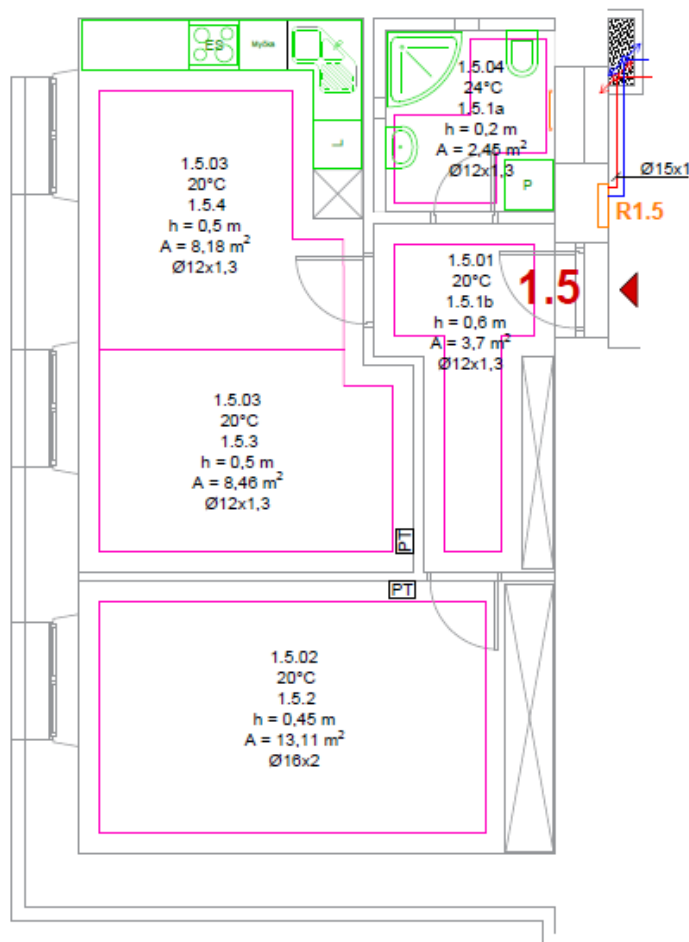
Poté byla zvolena dimenze potrubí s ohledem na velikost tlakové ztráty a rychlost proudění vody. Rychlost proudění vody  $w$  [m/s] pro zvolenou dimenzi se vypočte následovně

$$\dot{m} = \dot{V} \cdot \rho = S \cdot w \cdot \rho = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot w \cdot \rho \Rightarrow w = \frac{4 \cdot \dot{m}}{\rho \cdot \pi \cdot d^2} \quad (2.31)$$

kde:

$\rho$  je hustota kapaliny v potrubí [kg/m<sup>3</sup>];

$d$  je dimenze daného úseku potrubí [m].



Obr. 2.9 Řešení podlahového vytápění v bytě 1.5

### 2.3.5 Hydraulické vyvážení bytů

Okruhy podlahového vytápění jsou napojeny na sestavu rozdělovač/sběrač IVAR.CS 553VP [PE5]. Tato sestava je osazena uzavíracími ventily na sběrači, na který je napojeno potrubí otopné vody, a regulačním šroubením a rozdělovači, na který je napojeno potrubí vratné vody. Po vypočtení tlakových ztrát jednotlivých okruhů je potřeba přičíst tlakovou ztrátu uzavíracího ventilu. Jeho ztráta se vypočte podle  $kv$  hodnoty, kterou udává výrobce, v tomto případě je  $kv$  hodnota 2,5. Jedná se o jmenovitý průtok armaturou při tlakové ztrátě 100 kPa a plném zdvihu kuželky. Vztah pro výpočet tlakové ztráty uzavíracího ventilu  $\Delta p_{UV}$  [Pa] vypadá následovně

$$\Delta p_{UV} = \frac{100 \cdot 10^3}{\left(\frac{kv}{\dot{V}}\right)^2} \quad (2.32)$$

kde:

$\dot{V}$  je objemový průtok uzavíracím ventilem daného okruhu [ $\text{m}^3/\text{h}$ ].

Po vypočtení všech okruhů na sestavě rozdělovač/sběrač určíme okruh s největší tlakovou ztrátou. K tomuto okruhu následně připočteme tlakovou ztrátu plně otevřeného regulačního šroubení. Při plném otevření je  $k_v$  hodnota regulačního šroubení 1,16.

Tlakovou ztrátu armatury  $\Delta p_{R\check{s}}$  [Pa] vypočteme dle vztahu (2.33).

$$\Delta p_{R\check{s}} = \frac{100 \cdot 10^3}{\left(\frac{k_v}{\sqrt{V}}\right)^2} \quad (2.33)$$

Nyní známe okruh s největší tlakovou ztrátou. Následně je potřeba na tuto hodnotu vyregulovat i tlakové ztráty ostatních okruhů na dané sestavě. To provedeme pomocí nastavení pozice na regulačním šroubení. Pro jednotlivé pozice je uvedený počet otáček šroubení a  $k_v$  hodnota, viz Tab. 2.3. Regulační šroubení nastavíme na takovou pozici, aby tlaková ztráta okruhu byla téměř stejná, jako u okruhu s největší tlakovou ztrátou.

Tab. 2.3  $k_v$  hodnoty pro dané nastavení regulačního šroubení [5]

#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
☺	1	1.125	1.25	1.375	1.5	1.75	1.875	2	2.25	2.5	Max
Kv	0.05	0.15	0.22	0.32	0.41	0.51	0.61	0.71	0.87	1.02	1.16

### 2.3.6 Hydraulické vyvážení objektu

Pro vyvážení objektu je potřeba znát třecí ztráty celého otopného systému. Výpočet je proveden dle již uvedeného vztahu (2.18). Součinitel tření  $\lambda$  [-] je závislý na Reynoldsově čísle  $Re$  [-] a relativní drsnosti  $k/d$  [-]. Tuto závislost zobrazuje Moodyho diagram. Ten může být rozdělen do tří oblastí. První je oblast laminárního proudění. Hodnoty Reynoldsova čísla jsou zde menší než hodnota 2320. Pro tuto oblast platí následující vzorec.

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (2.34)$$

Další je přechodová oblast. Nachází se v intervalu hodnot Reynoldsova čísla od 2320 do 4000. Výpočet je proveden interpolací vypočtených krajních hodnot dle vzorce (2.26). [5]

$$\lambda = \lambda_{2320} + \frac{\lambda_{4000} - \lambda_{2320}}{4000 - 2320} \cdot (Re - 2320) \quad (2.35)$$

Třetí oblastí je oblast turbulentního proudění. Zde je pro výpočet použit Colebrookův-Whiteův vztah (2.27), který vede na iterativní výpočet. [6]

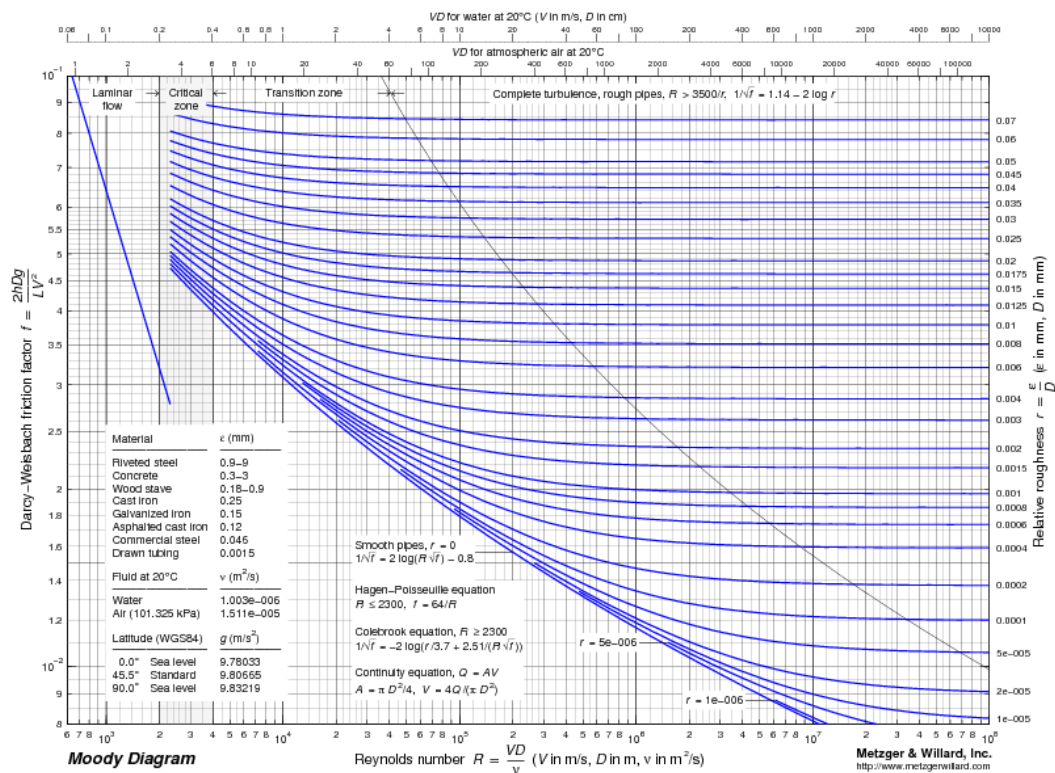
$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left( \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3,71 \cdot d} \right) \quad (2.36)$$

kde

$k$  je drsnost materiálu potrubí [mm];

$d$  je průměr potrubí [m].

Pro použité měděné potrubí je udávána drsnost 0,0063 mm.



Obr. 2.10 Moodyho diagram [7]

Místní tlakové ztráty vypočteme ze vztahu (2.37).

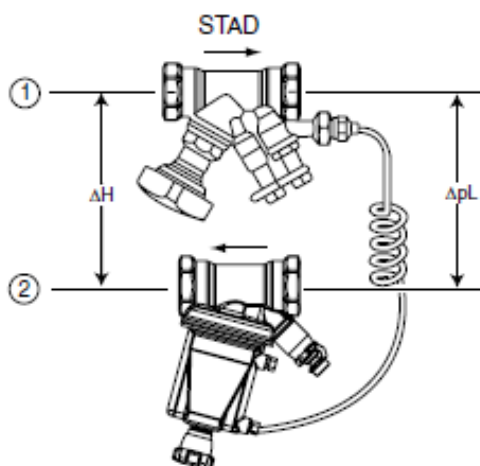
$$\Delta p_{\xi} = \sum \xi \cdot \rho \cdot \frac{w^2}{2} \quad (2.37)$$

Hydraulický výpočet byl opět proveden metodou ekonomických rychlostí. Za ekonomickou rychlost lze u hlavních rozvodů této budovy s ohledem na velikost tlakových ztrát považovat rychlost od 0,3 do 0,6 m/s. Hmotnostní průtok potrubím je dán součtem všech průtoků, které proudí k rozdělovačům pro dané stoupační potrubí. Poté byla zvolena dimenze potrubí s ohledem na velikost tlakové ztráty a na rychlost proudění. Rychlost proudění pro zvolenou dimenzi se vypočte následovně.

$$\dot{m} = \dot{V} \cdot \rho = S \cdot w \cdot \rho = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot w \cdot \rho \Rightarrow w = \frac{4 \cdot \dot{m}}{\rho \cdot \pi \cdot d^2} \quad (2.38)$$

Výpočet místních a třecích tlakových ztrát je takto proveden pro všechny okruhy. Následně se sečtou tlakové ztráty úseků vedoucích k danému rozdělovači a tlaková ztráta rozdělovače. Takto určíme okruh s největší tlakovou ztrátou na daném stoupacím potrubí. K této hodnotě poté musíme škrtit ostatní okruhy na dané stoupačce. Vyvážení je provedeno pomocí regulačního šroubení IMI Hydronic STK [PE6] s přímým nastavením  $k_v$  hodnoty, který je umístěn na zpátečce.

Po vyvážení bytových okruhů je třeba vyvážit i stoupací potrubí mezi sebou. To je provedeno pomocí dvojice ventilů STAP – STAD. Tyto dva ventily jsou mezi sebou propojeny kapilárou.



Obr. 2.11 dvojice ventilů STAP a STAD [PE3]

STAP je regulátor tlakové diference, který udržuje konstantní tlakovou diferenci pro chráněný okruh a tím poskytuje stabilní tlakové podmínky pro regulační ventily. Umisťuje se na zpátečku. Při jeho návrhu je důležité, aby průtok armaturou byl mezi hodnotami  $k_{v_{min}}$  a  $k_{v_{max}}$ , které jsou uvedené v Tab. 2.4.

Tab. 2.4 Tabulka  $k_v$  hodnot ventilu STAP[PE3]

	$k_{v_{min}}$	$k_{v_{nom}}$	$k_{v_m}$	$q_{max}$ [m <sup>3</sup> /h]
DN 15	0,07	1,0	1,4	1,0
DN 20	0,16	2,2	3,1	2,2
DN 25	0,28	3,8	5,5	3,9
DN 32	0,42	6,0	8,5	6,0
DN 40	0,64	9,0	12,8	9,1
DN 50	1,2	17,0	24,4	17,3

STAD je vyvažovací ventil, který v tomto případě slouží k měření průtoku okruhem a k uzavření okruhu.

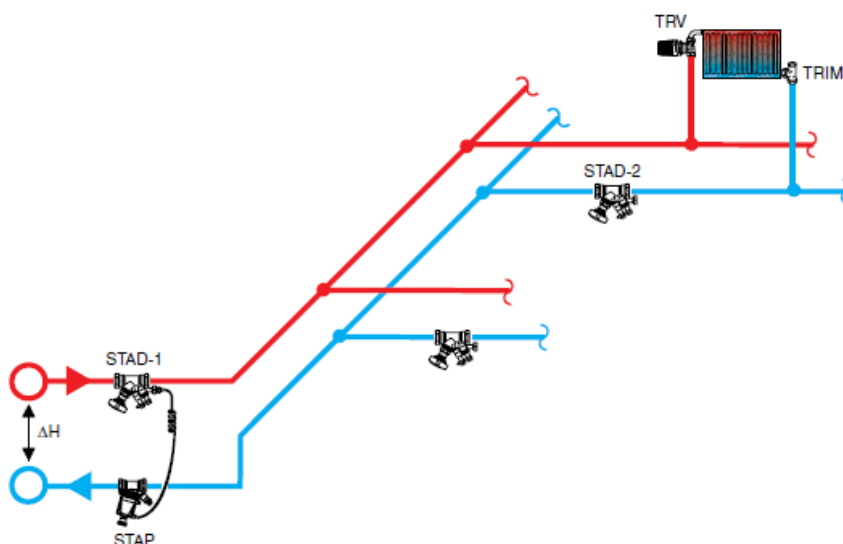
Pro stoupačku s větší tlakovou ztrátou započteme tlakovou ztrátu plně otevřeného STAPu a STADu. K této hodnotě následně doškrtníme ostatní stoupací potrubí pomocí nastavení pozice na STADu, čemuž odpovídá určitá tlaková ztráta ventilu. Ta se spočte dle následujícího vztahu (2.39), kdy pro vybranou dimenzi určíme potřebné nastavení ventilu, které nám dá určitou  $kv$  hodnotu, která spolu s celkovým průtokem na stoupačce nám dá potřebnou tlakovou ztrátu. Příklad  $kv$  hodnot pro dané dimenze a nastavení je uveden v Tab. 2.5.

$$\Delta p_{STAD} = \frac{100 \cdot 10^3}{\left(\frac{kv}{\dot{V}}\right)^2} \quad (2.39)$$

Tab. 2.5  $kv$  hodnoty pro dané dimenze a nastavení ventilu STAD [PE2]

### Kv hodnoty

Otáčky	DN 10	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50
0.5	-	0.136	0.533	0.599	1.19	1.89	2.62
1	0.091	0.226	0.781	1.03	2.09	3.40	4.10
1.5	0.134	0.347	1.22	2.13	3.36	4.74	6.76
2	0.264	0.618	1.95	3.64	5.22	6.25	11.4
2.5	0.461	0.931	2.71	5.26	7.77	9.16	15.8
3	0.799	1.46	3.71	6.65	9.82	12.8	21.5
3.5	1.22	2.07	4.51	7.79	11.9	16.2	27.0
4	1.36	2.56	5.39	8.59	14.2	19.3	32.3

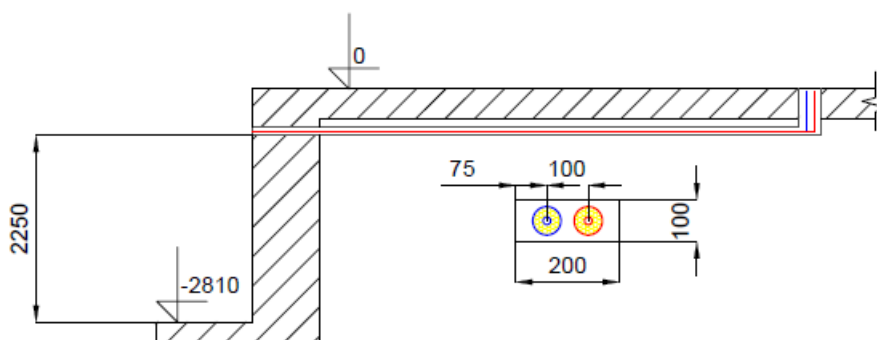


Obr. 2.12 Stabilizace tlakové diference v okruhu s vyvažovacími ventily na patách větví [PE3]



### 2.3.7 Rozvody otopné vody v objektu

V rámci rozvodů otopné vody v objektu byla při dopravě do východní části budovy použita chránička. Důvodem bylo mít rozvod otopné vody co nejjednodušší a vyhnout se také možným majetkoprávním problémům, které by mohly nastat v případě defektu potrubí v části bytu jiného majitele. Chránička je dlouhá 6,94 m a vede v ní potrubí otopné vody, které je izolováno tepelnou izolací Mirelon tloušťky 25 mm. Vyústění potrubí je v podlaze a přímo se napojuje na příslušný bytový rozdělovač. Schématický náčrt chráničky je uveden na Obr. 2.13.



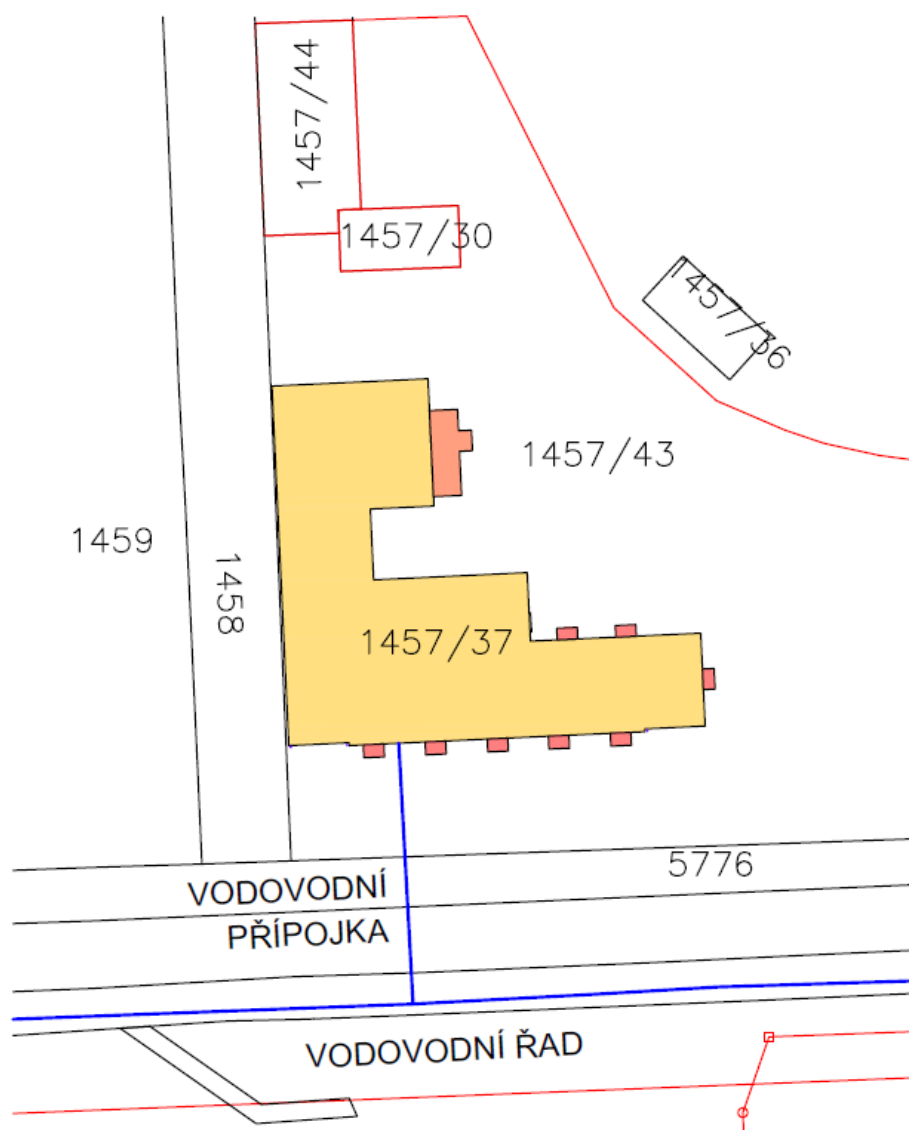
Obr. 2.13 Schématický náčrt chráničky pro rozvod otopné vody

### 2.3.8 Regulace podlahového vytápění

V bytovém domě je navržena regulace podle vnitřní teploty, kterou monitoruje prostorový termostat umístěný v daných místnostech ve výšce cca 1,2 m. Obecně by se neměl umísťovat na pozice, kde hrozí ovlivnění nežádoucími vlivy jako jsou studené proudy a sluneční záření. Pokud termostat znamená odchylku od požadované teploty v prostoru, vyšle signál a ventil na rozdělovači se buď začne zavírat nebo otevírat.

### 3 VNITŘNÍ VODOVOD

Vnitřní vodovod je definován jako systém zajišťující dopravu pitné vody k jednotlivým zařizovacím předmětům a technologickým zařízením. Budova je napojena vodovodní přípojkou na centrální vodovodní řad, který se nachází jižně od budovy, viz Obr. 3.1. V objektu je realizován rozvod studené a teplé vody, včetně přípravy teplé vody a cirkulačního potrubí s dezinfekční funkcí. Návrh rozvodů je proveden dle normy ČSN EN 75 5455, která je určena pro výpočet vnitřního vodovodu rodinných a bytových domů, administrativních budov a cirkulačního potrubí.



Obr. 3.1 Situace-vodovod

### 3.1 Výpočet vnitřního vodovodu

Při návrhu potrubí vnitřního vodovodu vycházíme z jmenovitého objemového průtoku  $Q_A$  [l/s], což je průtok plně otevřenou armaturou, který předpokládáme pro účely výpočtu. Hodnoty těchto průtoků pro jednotlivé zařizovací předměty jsou uvedeny v normě ČSN EN 74 5455 a jsou zobrazeny v Tab. 3.1.

Tab. 3.1 Hodnoty jmenovitých objemových průtoků zařizovacích předmětů [8]

Odběrná místa	Jmenovité výtoky $Q_A$ [l/s]
Výtokový ventil	0,2
Výtokový ventil	0,4
Výtokový ventil	1
Elektrický beztlaký ohřívač vody pro jedno odběrné místo	0,15
Nádržkový splachovač u vnitřních vodovodů užitkové, popř. provozní vody pro splachování záchodových mís	0,2
Nádržkový splachovač u jednotlivých vnitřních vodovodů v ostatních budovách	0,1
Bytová automatická pračka	0,2
Bytová myčka nádobí	0,1
Směšovací baterie u umyvadla nebo	0,2
Směšovací baterie u dřezu	0,2
Směšovací baterie sprchová	0,2
Směšovací baterie u výlevky	0,2
Směšovací baterie vanová	0,3
Bidetová souprava nebo směšovací baterie	0,1
Tlakový splachovač pisoárové mísy ostatních typů	0,3
Tlakový splachovač záchodové mísy	1,3

Dimenze vnitřního vodovodu se ovšem navrhuje podle výpočtového průtoku  $Q_D$  [l/s], který zohledňuje současnost odběrů v objektu. Pro jeho výpočet použijeme následující vztah.

$$Q_D = 0,55 \cdot \left( \sum Q_A \right)^{0,38} \quad (3.1)$$

Pokud nastane situace, že součet jednotlivých průtoků je větší jak hodnota 0,3 l/s, použijeme rovnici (3.2).

$$Q_D = \sum Q_A \quad (3.2)$$

Návrh dimenze je proveden pro jednotlivé úseky potrubí, kde daný úsek je charakteristický stejným materiálem potrubí, stejnou dimenzí a stejným průtokem. Dimenze se stanoví dle (3.3) takto

$$d = 35,7 \cdot \sqrt{\frac{Q_D}{v}} \quad (3.3)$$

kde:

$v$  je návrhová rychlost vody v potrubí [m/s].

Materiál potrubí vnitřního vodovodu je PP-R S2,5 PN 20 [P1] [P2]. Rychlost proudění vody v potrubí by se měla pohybovat mezi hodnotami 0,5 až 3 m/s. Při návrhu byla rychlost volena s ohledem na velikost tlakové ztráty.

Pro výpočet místní tlakové ztráty byl zvolen vztah (2.29) a třecí tlakové ztráty vztah (2.28), jelikož výrobce ve svých podkladech udává měrnou tlakovou ztrátu pro určitou dimenzi a průtok. Je potřeba vypočítat tlakové ztráty pro všechny úseky teplé a studené vody a následně určit hydraulicky nejvzdálenější odběrné místo.

Dimenzování vnitřního vodovodu musí být provedeno tak, aby byla splněna následující rovnice

$$p_{disp} = p_{min,fl} + p_g + p_{WM} + p_{další} + p_{přípojka} + p_{budova} \quad (3.4)$$

kde:

$p_{disp}$  je dispoziční přetlak v místě napojení vodovodní přípojky na vodovodní řad pro veřejnou potřebu [kPa];

$p_{min,fl}$  je minimální požadovaný hydrodynamický přetlak u nejdříve položené výtokové armatury [kPa];

$p_g$  je tlaková ztráta způsobená rozdílem mezi výškovou úrovní nejvyšší výtokové armatury a místa napojení vodovodní přípojky na vodovodní řad [kPa];

$p_{WM}$  je tlaková ztráta vodoměru [kPa];

$p_{další}$  je tlaková ztráta napojených zařízení, např. průtokových ohříváčů vody nebo zařízení pro úpravu vody [kPa];

$p_{přípojka}$  je tlaková ztráta ve vodovodní přípojce a případném přívodním potrubí vnitřního vodovodu vně budovy [kPa];

$p_{budova}$  je tlaková ztráta k hydraulicky nejvzdálenějšímu odběrnému místu. [kPa].

Dispoziční přetlak v místě napojení  $p_{disp}$  je v tomto případě 450 kPa.

U nejvýše položené armatury je potřeba zajistit velikost  $p_{min,fl} = 100 \text{ kPa}$ .

Hodnota  $p_g$  je rovna 176,6 kPa a vypočte se z následujícího vztahu

$$p_g = h \cdot \rho \cdot g \quad (3.5)$$

kde:

$h$  je výška nejvýše položeného odběrného místa [m];

$\rho$  je hustota vody [kg/m<sup>3</sup>];

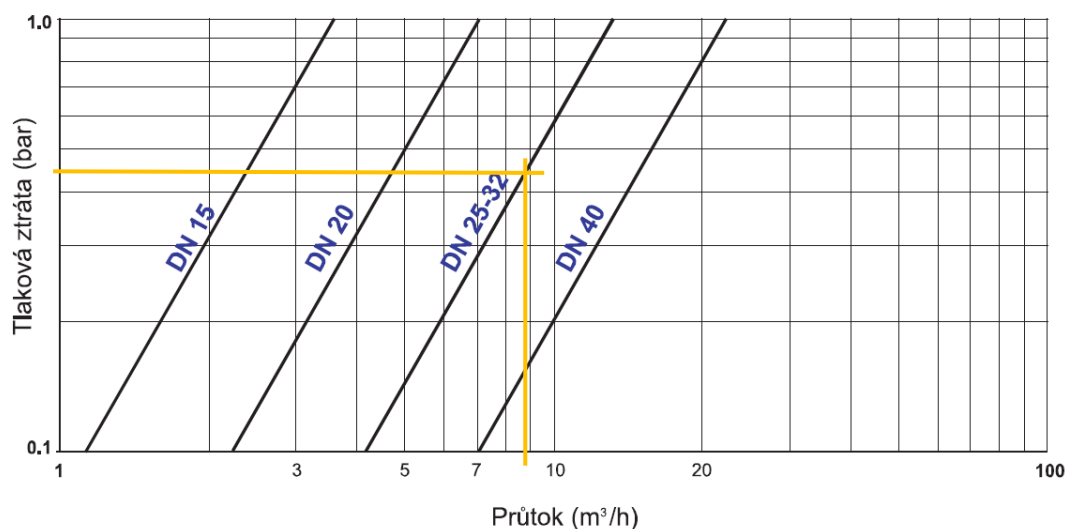
$g$  je tíhové zrychlení [m/s<sup>2</sup>].

Tlaková ztráta vodoměru  $p_{WM}$  se odečte z diagramu, který je dán výrobcem. Byl vybrán vodoměr Sensus 620 DN32. Odečet velikosti tlakové ztráty je proveden pro průtok 8,9 m<sup>3</sup>/h je zobrazen na Obr. 3.2. Tlaková ztráta je tedy rovna 45 kPa. [PE14]

Tlaková ztráta přípojky  $p_{přípojka}$  je 22,9 kPa.

Tlaková ztráta dalších zařízení  $p_{další}$  je rovna nule.

## Typická křivka tlakových ztrát

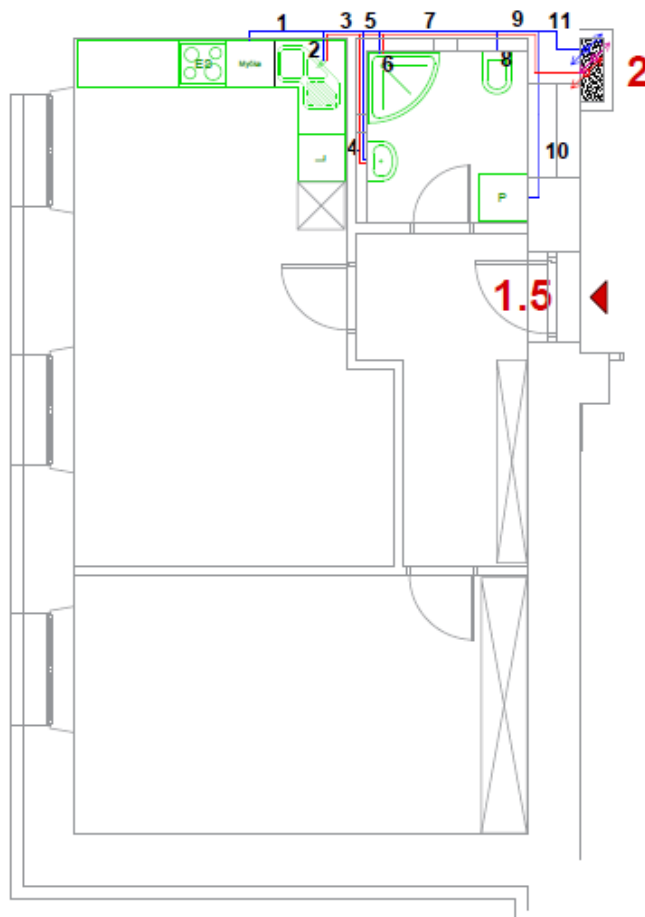


Obr. 3.2 Odečet tlakové ztráty vodoměru [PE14]

Tlaková ztráta hydraulicky nejvzdálenějšího odběrného místa  $p_{budova}$ , které se nachází v bytě č.8 ve čtvrtém nadzemním podlaží, je rovna 136,1 kPa.

Rovnice pak vypadá následovně a je splněna.

$$450 \geq 100 + 176,6 + 45 + 0 + 22,9 + 136,1 = 435,6 \text{ kPa}$$



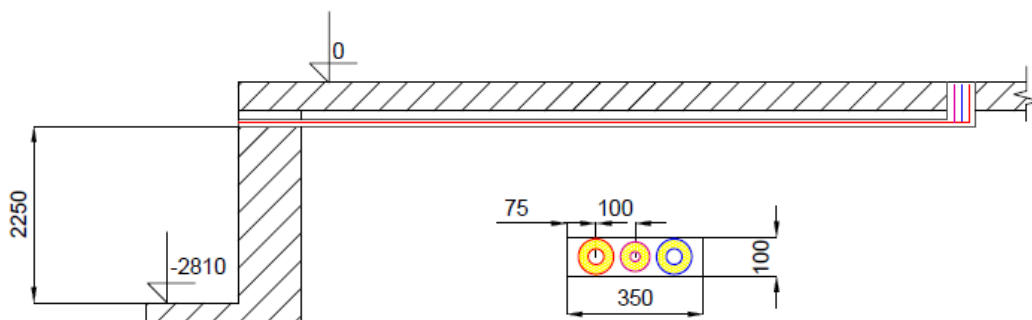
Obr. 3.3 Řešení vnitřního vodovodu v bytě 1.5 (2 –stoupací potrubí č.2)

Na Obr. 3.3 je zobrazeno řešení vnitřního vodovodu v bytě 1.5. Černá čísla na obrázku představují jednotlivé úseky. Ukázkový výpočet je uveden v příloze [P7].

### 3.2 Vodovodní rozvody v objektu

V rámci vodovodních rozvodů a cirkulace v objektu byla při dopravě do východní části budovy použita chránička (podobně jako pro systém vytápění). Důvodem bylo opět mít rozvod co nejjednodušší a vyhnout se také možným majetkoprávním problémům. Chránička je dlouhá 11,23 m a vede v ní potrubí studené vody, teplé vody a cirkulace, které je izolováno tepelnou izolací Mirelon tloušťky 25 mm. Vyústění potrubí je

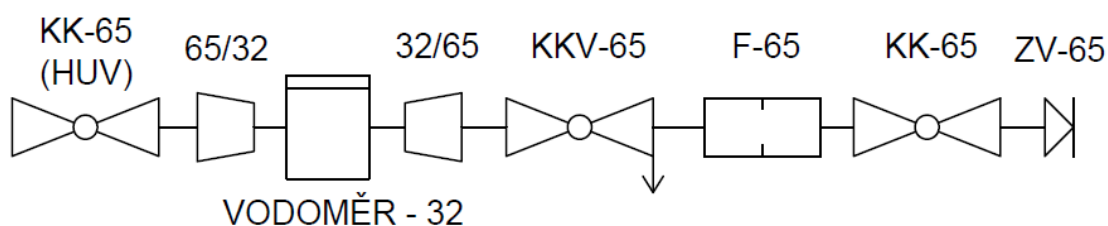
v podlaze a následně se napojuje na stoupačku č.5 umístěnou v šachtě. Schématický náčrt chráničky je uveden na Obr. 3.4.



Obr. 3.4 Schématický náčrt chráničky pro rozvod pitné vody

### 3.3 Vodoměrná sestava

Vodoměrná sestava je umístěna v podzemním podlaží v místnosti 0.4 ve výšce 0,5 m nad podlahou a ihned za vstupem potrubí stěnou. Umístění musí být v dostatečné vzdálenosti od ostatních zdí, tak aby byla možná manipulace s ventily a vodoměrem při jejich případné výměně. Detail vodoměrné sestavy je zobrazen na Obr. 3.5.



Obr. 3.5 Vodoměrná sestava (F – filtr, HUV – hlavní uzávěr vody, KK – kulový kohout, KKV – kulový kohout vypouštěcí, ZV – zpětný ventil)

### 3.4 Vodovodní přípojka

Vodovodní přípojka je úsek jdoucí od vodovodního řadu k domovnímu vodoměru či k hlavnímu uzávěru vody. Navrhuje se z jednoho materiálu v jedné dimenzi, v tomto případě je přípojka navržena v dimenzi DN70 a je z tvárné litiny. Umisťuje se do nezamrzé hloubky, která je dána lokalitou budovy a je vedena ve sklonu 3 ‰. Velikost ochranného pásma je na obě strany od vnější stěny potrubí 1,5 m.

### 3.5 Příprava teplé vody

Příprava teplé vody je ohřev studené vody na takovou teplotu, aby do 30 sekund při úplném otevření výtokové armatury vytékala voda o teplotě 50 až 55 °C. Lze ji rozdělit do skupin podle místa ohřevu na lokální, centrální a ústřední, podle konstrukce zařízení na průtokový a zásobníkový a podle způsobu předávání tepla na přímý a nepřímý.

Lokální příprava znamená, že každé zařízení má svůj vlastní ohřívač a není tedy třeba domovních rozvodů teplé vody. U centrálního ohřevu je jeden zdroj tepla v budově, který ohřívá vodu pro celý objekt. Při ústřední přípravě je voda ohřívána ve výměňkové stanici mimo objekt.

U zásobníkového ohřívače je voda ohřívána a akumulována v zásobníku. Při průtočném ohřevu je voda okamžitě ohřívána a spotřebována. Tento způsob většinou slouží k místnímu nárazovému ohřevu.

Při přímém způsobu předávání tepla dochází ke směšování studené vody s horkou vodou. Dochází při tom ke snížení kvality vody vlivem nečistot ze zdroje teplejšího média a proto není vhodné tento způsob používat v zásobování domácností. U nepřímého způsobu je využit výměník tepla a nedochází tak ke snížení kvality vody. [9] [10]

V této práci je použit akumulací způsob se zásobníkem teplé vody, který je nepřímo ohříván z centrálního zdroje tepla.

### 3.6 Návrh zásobníku TV

Návrh zásobníku je proveden podle normy ČSN EN 06 0320. Začátek výpočtu spočívá v určení celkové potřeby teplé vody na osobu za den  $V_{2P}$ . Ta zahrnuje potřebu teplé vody na mytí osob, mytí nádobí a na úklid. Problém je právě v určení této hodnoty, neboť chování jednotlivých uživatelů je různé a výsledná hodnota je značně nadhodnocená, jak bylo zjištěno při měření spotřeby teplé vody u bytových domů. Reálná hodnota potřeby teplé vody se pohybuje okolo 40 l na osobu za den, což byla i uvažovaná návrhová hodnota. Dále je potřeba spočítat množství tepla odebraného ze zásobníku TV. Při návrhu je třeba uvažovat poměrnou ztrátu tepla při ohřevu a v rozvodech  $z$  [-]. Ta se odvíjí od kvality tepelné izolace rozvodů, zásobníku a cirkulačního potrubí. Pro standardně navržené tloušťky tepelné izolace dle vyhlášky č. 193/2007 Sb., lze uvažovat  $z = 0,3$ . Množství tepla dodané ohřívačem  $Q_{2P}$  [kWh/den] se následně spočítá následovně



$$Q_{2P} = Q_{2t} + Q_{2z} = \frac{(1+z) \cdot V_{2P} \cdot n \cdot \rho \cdot c \cdot (t_2 - t_1)}{1000 \cdot 3600 \cdot 1000} \quad (3.6)$$

kde:

$Q_{2t}$  je teplo pro ohřev vody [kWh/den];

$Q_{2z}$  je teplo ztracené při ohřevu a distribuci TV [kWh/den];

$n$  je počet osob v budově [-];

$\rho$  je hustota vody při střední teplotě zásobníku [kg/m<sup>3</sup>];

$c$  je měrná tepelná kapacita vody při střední teplotě zásobníku [J/kg·K];

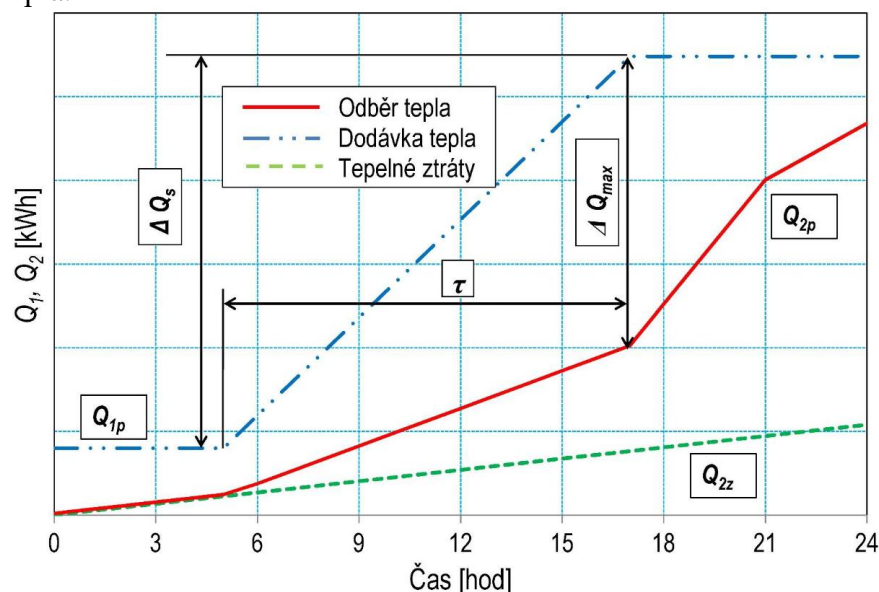
$t_1$  je teplota studené vody [°C];

$t_2$  je teplota teplé vody [°C].

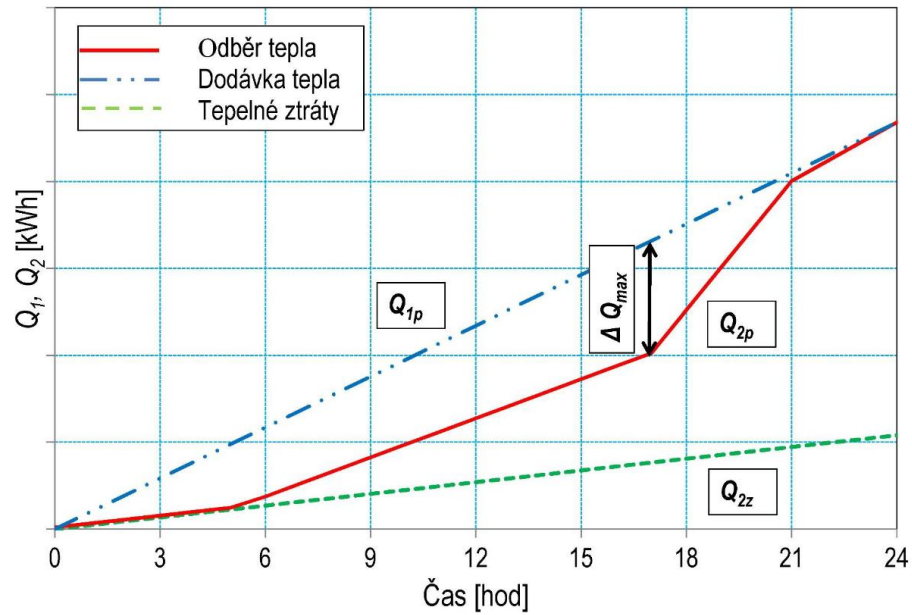
Dále můžeme sestavit křivky odběru a dodávky tepla. Bylo uvažováno následné časové rozložení odběru.

od 0:00 do 5:00	0 % z celkového množství tepla
od 5:00 do 10:00	30 % z celkového množství tepla
od 10:00 do 14:00	15 % z celkového množství tepla
od 14:00 do 18:00	5 % z celkového množství tepla
od 18:00 do 22:00	40 % z celkového množství tepla
od 22:00 do 24:00	10 % z celkového množství tepla

Křivka dodávky tepla se musí vždy nacházet nad křivkou odběru. Může být nepřetržitá, nebo s přerušovanou dodávkou, kdy čas dodávky tepla je menší než perioda odběru dodávky tepla.



Obr. 3.6 Křivky dodávky a odběru s přerušovanou dodávkou tepla [11]

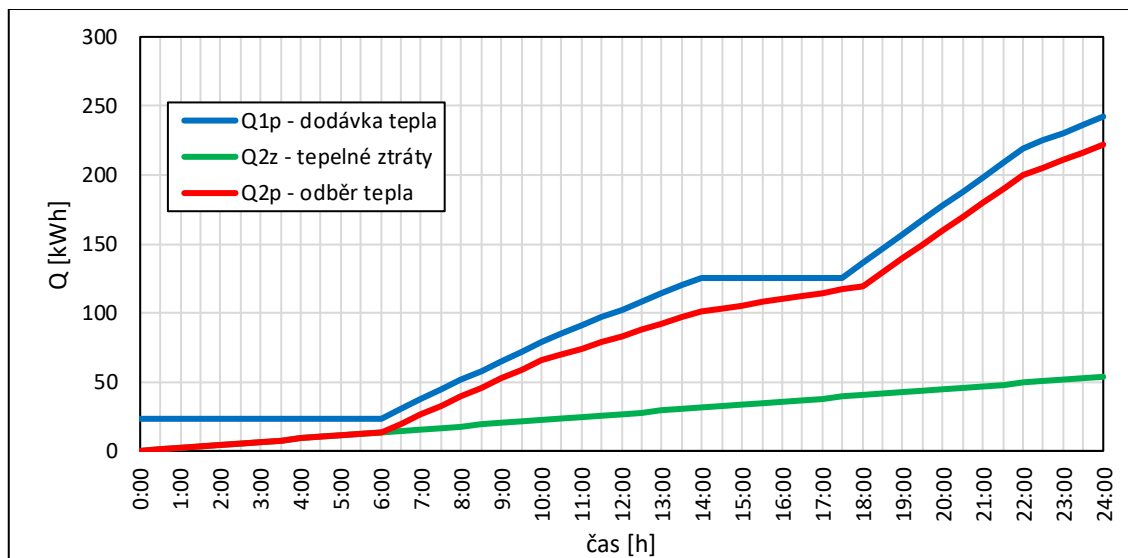


Obr. 3.7 Křivky dodávky a odběru s nepřerušovanou dodávkou tepla [11]

Při návrhu bylo uvažováno následné časové rozložení dodávky.

od 0:00 do 5:00	0 % z celkového množství tepla
od 5:00 do 10:00	30 % z celkového množství tepla
od 10:00 do 14:00	20 % z celkového množství tepla
od 14:00 do 18:00	0 % z celkového množství tepla
od 18:00 do 22:00	40 % z celkového množství tepla
od 22:00 do 24:00	10 % z celkového množství tepla

Navržené křivky jsou zobrazeny na Obr. 3.8.



Obr. 3.8 Navržené křivky dodávky a odběru tepla

Z maximálního rozdílu mezi křivkou dodávky a odběru můžeme určit velikost zásobníku  $V_z$  [m<sup>3</sup>] podle vztahu (3.7).

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{c^* \cdot (t_2 - t_1)} \quad (3.7)$$

kde:

$\Delta Q_{max}$  je maximální rozdíl hodnot mezi křivkou dodávky a odběru [kWh/den];

$c^*$  je měrná tepelná kapacita vody [kWh/m<sup>3</sup>·K].

Tepelný výkon zdroje tepla  $P_z$  [kW] je dán množstvím dodaného tepla  $Q_1$  [kWh] a dobou provozu zdroje tepla  $\tau$  [h] a vypočte se následovně:

$$P_z = \left( \frac{Q_1}{\tau} \right)_{max} \quad (3.8)$$

Vypočtený tepelný výkon zdroje tepla na přípravu teplé vody je 30,5 kW. Na základě výpočtů byl zvolen zásobník TV Buderus Logalux SU500.5 o objemu 500 l. [P6]

### 3.7 Cirkulace

Cirkulace je stálý oběh teplé vody v potrubí s cirkulačním čerpadlem. Čerpadlo zde zajišťuje návrat teplé vody z nejvyšších částí stoupaček zpět do ohřívače vody. Cirkulace se navrhuje v rozlehlých objektech, ke nemůžeme zajistit u odběrného místa výtok teplé vody do 30 sekund. Průtok cirkulační potrubím  $Q_c$  [l/s] se navrhuje podle tepelných ztrát rozvodů teplé vody s podmínkou, aby neklesla teplota na konci rozvodů pod 50 °C. Průtok je pak možné spočítat následovně

$$Q_c = \frac{\sum q_i}{\rho \cdot c \cdot \Delta t} \quad (3.9)$$

kde:

$\sum q_i$  je součet tepelných ztrát úseků přívodního potrubí [W];

$\rho$  je hustota vody v přívodním potrubí [kg/m<sup>3</sup>];

$c$  je měrná tepelná kapacita vody v přívodním potrubí [kWh/m<sup>3</sup>·K];

$\Delta t$  je rozdíl teplot mezi výstupem přívodního potrubí z ohřívače a jeho spojením s cirkulačním potrubím – nejvýše 3 K [K].

Z důvodů omezení tepelných ztrát je třeba přívodní a cirkulační potrubí izolovat. Minimální tloušťka je stanovena podle výsledného součinitele prostupu tepla vztaženého

na délkovou jednotku. Ten nesmí být menší než hodnota uvedená v Tab. 3.2. Délková tepelná ztráta  $q_i$  [W/m] se vypočte pro všechny úseky podle následujícího vztahu

$$q_i = U \cdot (t_{wm} - t_i) = \frac{(t_{wm} - t_i)}{\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln\left(\frac{D_{tr} + 2h}{D_{tr}}\right) + \frac{1}{\pi \cdot (D_{tr} + 2h)} \cdot \frac{1}{\alpha_e}} \quad (3.10)$$

kde:

$U$  je součinitel prostupu tepla vztažený na jednotku délky [W/mK];

$t_{wm}$  je střední teplota vody v úseku přívodního potrubí [°C];

$t_i$  je teplota vzduchu v okolí přívodního potrubí [°C];

$\lambda_{iz}$  je tepelná vodivost izolace potrubí [W/mK];

$D_{tr}$  je vnitřní průměr přívodního potrubí [m];

$h$  je tloušťka tepelné izolace [m];

$\alpha_e$  je součinitel přestupu tepla na vnější povrchu přívodního potrubí [W/m<sup>2</sup>K].

Tab. 3.2 Součinitele prostupu tepla pro rozvody cirkulace dle dimenze [13]

DN	10 až 15	20 až 32	40 až 65	80 až 125	150 až 200
U [W/mK]	0,15	0,18	0,27	0,34	0,4

Rozdělení cirkulačních průtoků v přívodním a cirkulačním potrubí je zobrazeno na Obr. 3.9 a můžeme jej stanovit následovně

$$Q_a = Q \cdot \frac{q_a}{q_a + q_b} \quad (3.11)$$

$$Q_b = Q - Q_a \quad (3.12)$$

kde:

$Q$  je průtok v přívodním nebo cirkulačním potrubí do nebo z dvou úseků [l/s];

$Q_a$  a  $Q_b$  jsou průtoky v přívodním nebo cirkulačním potrubí jednotlivých úseků [l/s];

$q_a$  a  $q_b$  jsou tepelná ztráty jednotlivých úseků přívodního potrubí [W].

Správně navržená cirkulace musí zajistit, aby voda cirkulovala ve všech částech rozvodů. Toho docílíme umístěním regulačních armatur na paty stoupaček. Pro návrh byl použit termoregulační ventil Danfoss MTCV-B. Tyto armatury snímají teplotu v cirkulačním potrubí. Pokud je teplota nad nastavenou teplotou, ventil uzavírá průtok. Naopak pokud teplota klesne pod nastavenou hodnotu, termočlánek otevře ventil a umožní větší průtok potrubím. Tímto způsobem je voda nucena cirkulovat v delších okruzích. [12]

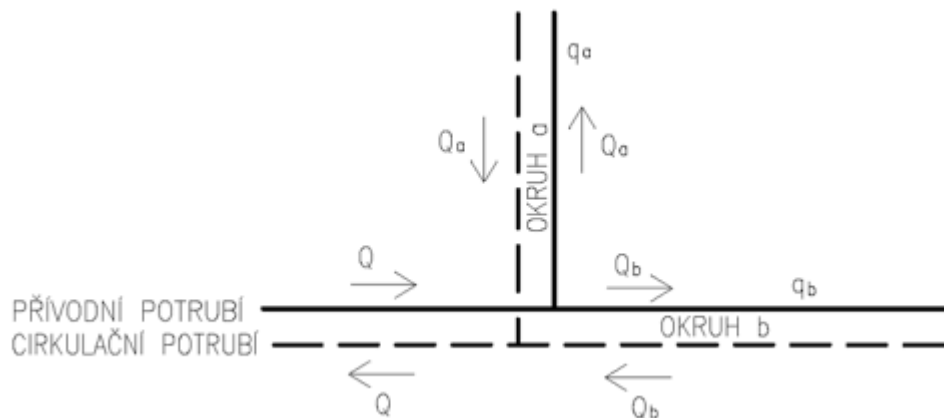
Místní tlaková ztráta tohoto ventilu  $\Delta p_{MTCV}$  [Pa] se vypočte podle (3.13).

$$\Delta p_{MTCV} = \frac{100 \cdot 10^3}{\left(\frac{kv}{\dot{V}_0}\right)^2} \quad (3.13)$$

kde:

$kv$  je  $kv$  hodnota ventilu [ $\text{m}^3/\text{h}$ ];

$\dot{V}_0$  je průtok ventilem [ $\text{m}^3/\text{h}$ ].



Obr. 3.9 Rozdělení cirkulačních průtoků při návrhu cirkulace teplé vody [14]

Uvažovaná teplota nastavení nosného média je uvažována  $50^\circ\text{C}$ . Zvolená dimenze je DN20. Pro tuto teplotu a dimenzi se odečte z tabulek výrobce  $kv$  hodnota. Odečet  $kv$  hodnoty je zobrazen přímo v Tab. 3.3. Její hodnota je  $0,427 \text{ m}^3/\text{h}$ . Takto se vypočte místní tlaková ztráta u každého okruhu, přičte se k třecí tlakové ztrátě a určí se okruh s největší celkovou tlakovou ztrátou.

Tab. 3.3  $kv$  hodnoty termostatického ventilu Danfoss MTCV-B [PE4]

	nastavení 60 °C	nastavení 55 °C	nastavení 50 °C	nastavení 45 °C	nastavení 40 °C	nastavení 35 °C	kv ( $\text{m}^3/\text{h}$ )
Teplota nosného média °C	65	60	55	50	45	40	0
	62,5	57,5	52,5	47,5	42,5	37,5	0,238
	60	55	50	45	40	35	0,427
	57,5	52,5	47,5	42,5	37,5	32,5	0,632
	55	50	45	40	35	30	0,795
	52,5	47,5	42,5	37,5	32,5		0,963
	50	45	40	35	30		1,087
	47,5	42,5	37,5	32,5			1,202
	45	40	35	30			1,283
	42,5	37,5	32,5				1,351
	40	35	30				1,394
	37,5	32,5					1,437
	35	30					1,469
	32,5						1,500
30						1,500	

### 3.7.1 Dezinfekční proces

Dezinfekční proces se v cirkulačním potrubí provádí z důvodu výskytu bakterie Legionella. Příznivé podmínky pro množení této bakterie je rozsah teplot od 35 °C do 45°C. Pro její likvidaci je nutné zvýšit teplotu vody, ve které se vyskytuje, na alespoň 60 °C. Danfoss MTCV-B je vybaven touto funkcí dezinfekce. Tento proces trvá, dokud není dosaženo teploty 70 °C a provádí se jednotlivě po stoupačkách. Vzhledem k postupnému dezinfekčnímu procesu můžeme návrh spočítat pouze pro kritický okruh s největším průtokem. Návrh je proveden dle podkladů výrobce [PE4].

Při návrhu cirkulačního čerpadla musíme uvažovat nové návrhové podmínky a podle nich přepočítat tepelné ztráty rozvodů a jejich tlakovou ztrátu. Přepočet měrné tepelné ztráty provedeme takto

$$q_2 = q_1 \frac{t_{dez} - t_i}{t_{cir} - t_i} \quad (3.14)$$

kde:

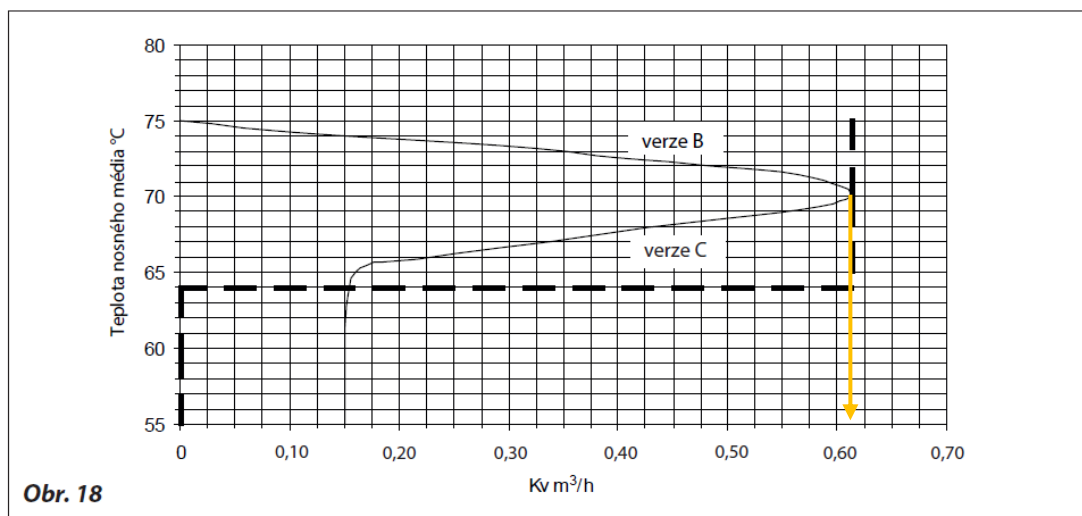
$q_1$  je původní měrná tepelná ztráta daného úseku [W/m];

$t_i$  je teplota vzduchu v okolí přívodního potrubí [°C];

$t_{dez}$  je teplota přívodní vody při dezinfekci [°C];

$t_{cir}$  je teplota přívodní vody při cirkulaci [°C].

Podle nové tepelné ztráty rozvodů spočteme, podle již uvedeného postupu, požadovaný dezinfekční průtok, odečteme  $k_v$  hodnotu z grafu, jak zobrazuje Obr. 3.10, a vypočteme místní tlakovou ztrátu ventilu. Odečtená  $k_v$  hodnota je 0,61 m<sup>3</sup>/h.



Obr. 3.10 Odečet  $k_v$  hodnoty pro dezinfekční proces termostatického ventilu Danfoss MTCV-B [PE4]

Pro přepočítání měrné tlakové ztráty můžeme využít tento postup

$$R_{dez} = R_{cir} \cdot \frac{\dot{V}_{dez}}{\dot{V}_{cir}} \quad (3.15)$$

kde:

$R_{dez}$  je měrná tlaková ztráta daného úseku při dezinfekci [Pa/m];

$R_{cir}$  je měrná tlaková ztráta daného úseku při cirkulaci [Pa/m];

$\dot{V}_{dez}$  je průtok daným úsekem při dezinfekci [l/h];

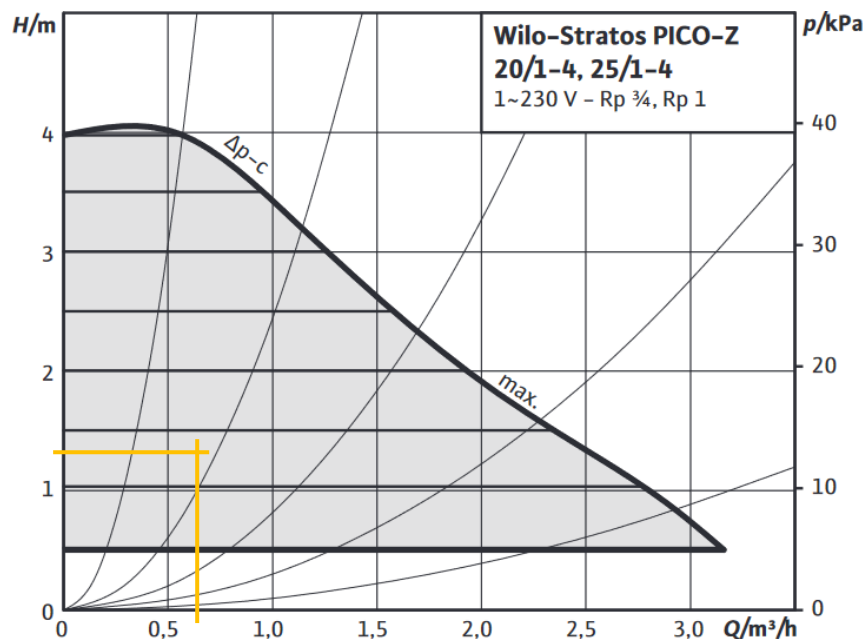
$\dot{V}_{cir}$  je průtok daným úsekem při cirkulaci [l/h].

Následně vypočteme třecí tlakovou ztrátu kritického okruhu, přičteme místní ztrátu ventilu a hodnotu celkové tlakové ztráty a celkového průtoku porovnáme s běžným režimem cirkulace. Návrh cirkulačního čerpadla bude proveden pro větší z obou celkových hodnot. Srovnání je zobrazeno v Tab. 3.4. V tomto případě je cirkulační čerpadlo navrženo na průtok  $Q = 0,61 \text{ m}^3/\text{h}$  s dopravní výškou 1,29 m.

Tab. 3.4 Porovnání vypočtených hodnot pro základní a dezinfekční provoz

základní provoz		dezinfekční provoz	
$Q_c$ [m <sup>3</sup> /h]	H [m]	$Q_c$ [m <sup>3</sup> /h]	H [m]
0,61	1,17	0,18	1,29

Bylo vybráno cirkulační čerpadlo Wilo Stratos PICO-Z 25/1-4. Odečet pracovního bodu z charakteristiky čerpadla zobrazuje Obr. 3.11. [PE12]



Obr. 3.11 Charakteristika cirkulačního čerpadla Wilo Stratos PICO-Z 25/1-4 [PE12]

## 4 KANALIZACE

Kanalizace je soubor zařízení, které zachycují, odvádějí, zneškodňují a čistí odpadní vody tak, aby nedošlo k znehodnocení vodního hospodářství. Dělí se podle typu správy na veřejnou kanalizaci a vnitřní kanalizaci a podle způsobu odvodu odpadních vod na gravitační, tlakovou a podtlakovou.

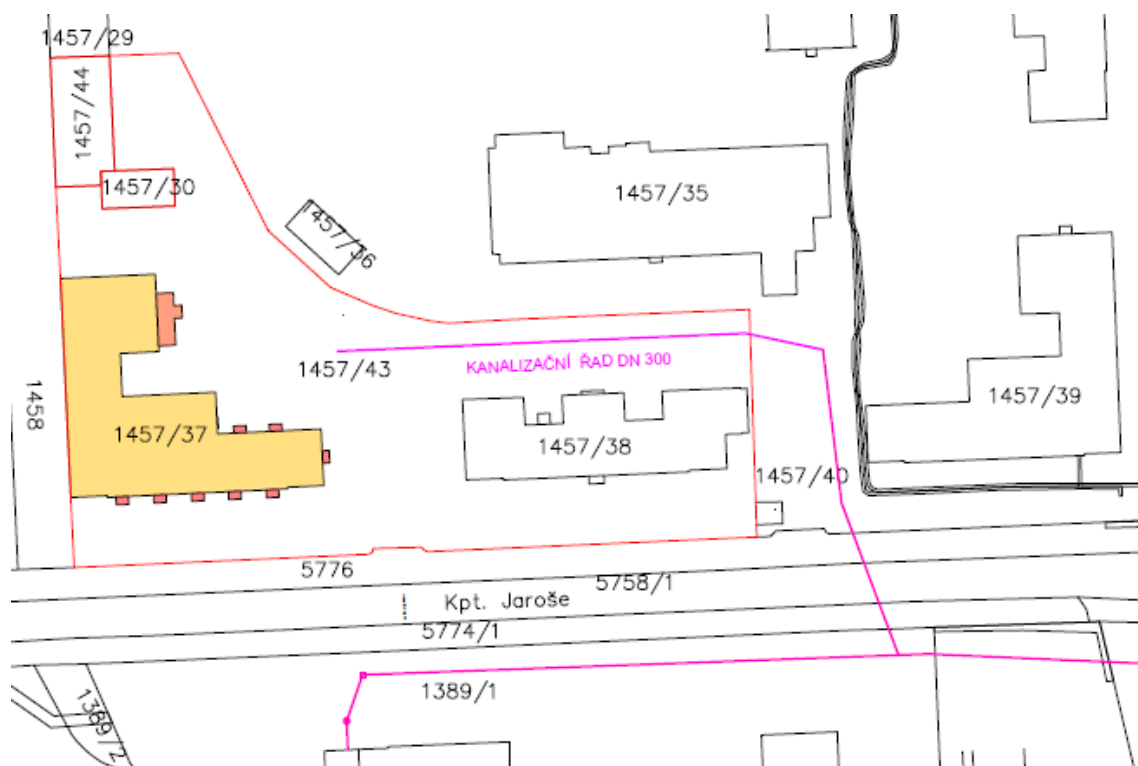
Veřejná kanalizace zahrnuje kanalizační přípojky, čistírny, stokové sítě a objekty na stokové síti.

Vnitřní kanalizace je v majetku vlastníka nemovitosti a zajišťuje veškerý odvod a odpadní vody z objektu do kanalizační přípojky.

V gravitační kanalizaci je veškeré potrubí vedeno ve směru odvodu ve sklonu.

Typ podtlakové provedení kanalizace je charakteristický přečerpáváním odpadních vod do přečerpávací stanice.

System podtlakové kanalizace je zase vybaven podtlakovými armaturami, které odsávají odpadní vody a vzduch od zařizovacích předmětů. [15]



Obr. 4.1 Situace-kanalizace



Kanalizační přípojka je u řešeného objektu napojena na kanalizační stoku dimenze DN300. Ta je vedena v hloubce 2,1 m. Situace je zobrazena na Obr. 4.1. Řešení přípojky dle Obr. 4.1 předpokládá možné dodatečné napojení okolních objektů na pozemku č. 1457/43.

#### 4.1 Vnitřní kanalizace

Návrh vnitřní kanalizace je proveden dle normy ČSN 75 6760. Části potrubí vnitřní kanalizace můžeme rozdělit podle použití na odtokové potrubí, připojovací potrubí, odpadní potrubí, větrací potrubí a svodné potrubí.

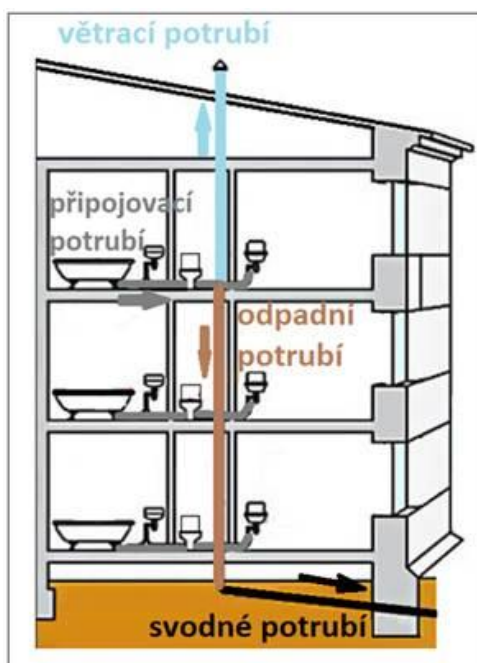
Odtokové potrubí je vedeno od zařizovacího předmětu nebo jiného zařízení volně nad vpust. Příkladem je vpust' pro odvod kondenzátu u kondenzačního kotle.

Připojovací potrubí je úsek potrubí mezi zařizovacím předmětem a odpadním nebo svodným potrubím.

Odpadní potrubí je svislé potrubí, které odvádí odpadní vody z připojovacího potrubí do svodného potrubí. Další členění je na splaškové, dešťové a ostatní.

Větrací potrubí slouží k větrání kanalizace. Hlavní větrací potrubí je pokračováním splaškového odpadního potrubí, které je vyvedeno nad střechu.

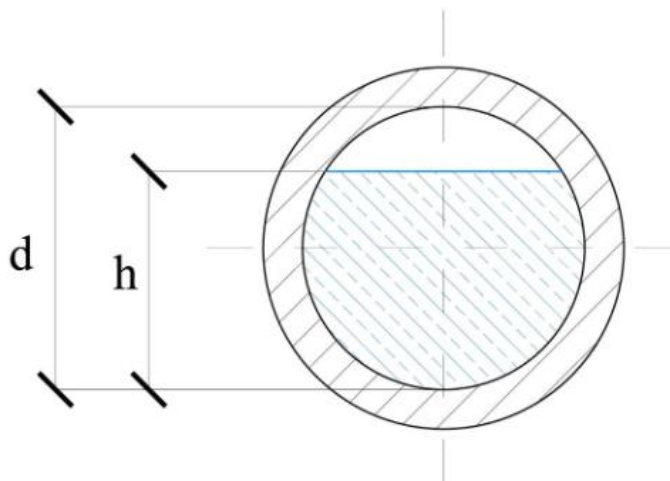
Svodné potrubí může být vedeno podlahou, v zemi nebo pod stropem. Je určeno pro odvod odpadních vod od svodného nebo připojovacího potrubí v nejnižším podlaží.



Obr. 4.2 Části potrubí vnitřní kanalizace [16]

## 4.2 Systémy přípojovacího a odpadního potrubí

Systémy přípojovacího potrubí je možno rozdělit do čtyř skupin podle způsobu napojení přípojovacího potrubí na odpadní potrubí a podle stupně plnění  $h/d$  [-]. Použití určitého systému je dáno rozdílnými typy kanalizací v různých zemích a místními technickými zvyklostmi.



Obr. 4.3 Stupeň plnění [17]

### 4.2.1 Systém I

V tomto systému jsou všechna přípojovací potrubí od zařizovacích předmětů napojena na splaškové odpadní potrubí. Stupeň plnění je 0,5. Tento systém se používá v ČR.

### 4.2.2 Systém II

Stejně jako v předešlém systému jsou i zde všechna přípojovací potrubí od zařizovacích předmětů napojena na splaškové odpadní potrubí. Stupeň plnění je větší, a to 0,7. Díky tomu vycházejí oproti stupni I menší průměry potrubí.

### 4.2.3 Systém III

V tomto systému je každý zařizovací předmět napojen samostatně na odpadní splaškové potrubí. Stupeň plnění je 1.

### 4.2.4 Systém IV

V systému IV jsou potrubí rozdělena do dvou skupin. První odvádí šedou vodu od van, sprch, umyvadel, myček a dřezů. Druhá odvádí černou vodu od záchodových mís, bidetů a pisoárů. Každá skupina je napojena na odpadní potrubí samostatně. Díky oddělení odpadní vody z toalet je možné v tomto systému využít zpětného získávání tepla z odpadní vody.

### 4.3 Návrh vnitřní kanalizace

Výpočet vnitřní kanalizace je proveden dle ČSN 75 6760 a dle ČSN EN 12 056 pro systém I. Jako první je potřeba určit průtok splaškových odpadních vod  $Q_{ww}$  [l/s], který vypočteme následovně

$$Q_{ww} = K \cdot \sqrt{\sum DU} \quad (4.1)$$

kde:

$K$  je součinitel odtoku [ $l^{0,5}/s^{0,5}$ ];

$DU$  je výpočtový odtok zařizovacího předmětu [l/s].

Výpočtové odtoky pro jednotlivé zařizovací předměty jsou uvedeny v Tab. 4.1.

Pokud je  $Q_{ww} < DU$ , uvažuje se průtok splaškových odpadních vod roven největší hodnotě výpočtového odtoku, tedy  $Q_{ww} < DU_{max}$ . Součinitel odtoku  $K$  je dán typem budovy. Jeho hodnoty jsou uvedeny v Tab. 4.2.

Tab. 4.1 Výpočtové odtoky zařizovacích předmětů [18]

Výpočtové odtoky (DU) pro systém I	
Zařizovací předmět	Výpočtový odtok DU [l/s]
umyvadlo, bidet	0,5
sprchová mísa bez zátky	0,6
sprchová mísa se zátkou	0,8
koupací vana	0,8
kuchyňský dřez	0,8
automatická bytová myčka	0,8
automatická pračka s kapacitou do 6 kg	0,8
záchodová mísa s nádržkovým splachovačem o objemu 4,5 l	1,8
záchodová mísa s nádržkovým splachovačem o objemu 6 l	2,0
záchodová mísa s nádržkovým splachovačem o objemu 9 l	2,5
podlahová vpust' DN50	0,8
podlahová vpust' DN70	1,5
podlahová vpust' DN100	2,0

Tab. 4.2 Hodnoty součinitele odtoku podle typu budovy [18]

Součinitelé odtoku (K)	
Rovnoměrný odběr vody (bytové domy, rodinné domy, penziony, administrativní budovy)	0,5
Rovnoměrný odběr vody (budovy občanského vybavení sídlišť), např. nemocnice, školy, restaurace, hotely	0,7
Skupiny zařizovacích předmětů s nárazovým odběrem vody, např. hromadné umývárny nebo sprchy	1
Skupiny zařizovacích předmětů se zvláštním odběrem vody (laboratoře v průmyslu)	1,2

Dále stanovíme celkový průtok splaškových odpadních vod  $Q_{tot}$  [l/s] podle následujícího vzorce (4.2).

$$Q_{tot} = Q_{ww} + Q_c + Q_p \quad (4.2)$$

kde:

$Q_c$  je trvalý průtok, který trvá déle než 5 minut (odvod kondenzátu od kotle) [l/s];

$Q_p$  je čerpací průtok od čerpacích stanic odpadních vod trvajících déle než 5 minut [l/s].

Pokud  $Q_p$  a  $Q_c$  trvá méně než 5 minut, započítává se jako výpočtový odtok hodnot DU.

Následná dimenze připojovacího potrubí se určí podle průtoku daným úsekem. Pro dané světlosti potrubí jsou předepsané maximální průtoky neboli hydraulické kapacity  $Q_{max}$ . V Tab. 4.4. jsou tyto hodnoty přiřazené daným dimenzím.

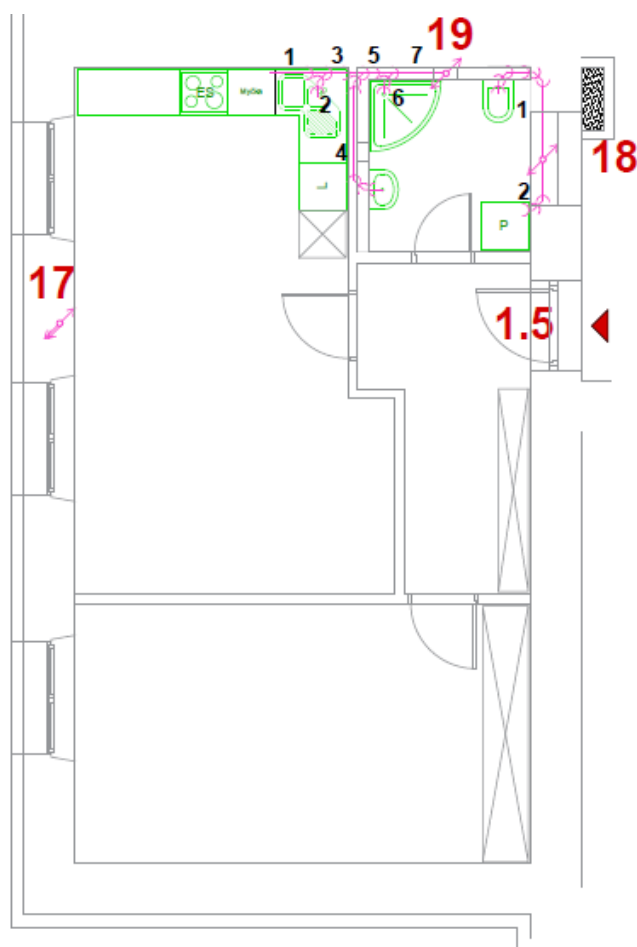
U některých zařizovacích předmětů je dána minimální světlost potrubí bez ohledu na výpočet průtoku. Jejich seznam je v Tab. 4.3.

Tab. 4.3 Minimální světlost připojovacího potrubí od zařizovacích předmětů [18]

Splaškové odpadní potrubí, které odvádí odpadní vody	Minimální jmenovitá světlost DN
Od pisoárů	70
Od van	70
Od dřezů z bytových kuchyní	70
Od záchodových mís	100
S obsahem tuků od velkokuchyňských dřezů	100

Tab. 4.4 Hydraulická kapacita připojovacího potrubí dle dimenze [18]

Hydraulická kapacita $Q_{\max}$ [l/s]	Největší spádová výška [m]	Jmenovitá světlost připojovacího potrubí DN	Jmenovitá světlost větracího potrubí DN
0,80	3,0	50	40
1,50	3,0	60	40
2,25	3,0	70	50
3,40	1,5	90	60
3,75	2,0	100	60



Obr. 4.4 Řešení vnitřní kanalizace v bytě 1.5

Na Obr. 4.4 je zobrazeno řešení vnitřní kanalizace v bytě 1.5. Černá čísla na obrázku představují jednotlivé úseky připojovacího potrubí, červená velká naopak stoupací potrubí. Ukázkový výpočet je uveden v příloze [P8].

#### 4.4 Návrh dešťové kanalizace

Nejprve je třeba určit průtok dešťových vod  $Q_r$  [l/s] z odvodňované plochy.

$$Q_r = i \cdot S_{od} \cdot C \quad (4.3)$$

kde:

$i$  je intenzita deště [l/s.m<sup>2</sup>];

$S_{od}$  je půdorysný průmět odvodňované plochy [m<sup>2</sup>];

$C$  je součinitel odtoku dešťových vod [-].

U odvodu dešťových vod střech a ploch, které hrozí zaplavením budovy je intenzita deště  $i = 0,03$  l/s.m<sup>2</sup>, plochy, které nehrozí zaplavením budovy 0,02 a plochy pod úrovní okolního terénu, podzemní dopravní zařízení a podjezdy 0,05.

Při výběru dimenze dešťového odpadního potrubí je opět třeba uvažovat hydraulickou kapacitu dané dimenze, jak zobrazuje Tab. 4.5.

Tab. 4.5 Hydraulická kapacita dešťového odpadního potrubí dle dimenze [18]

Hydraulická kapacita [l/s]	Minimální jmenovitá světlost DN
2,0	70
3,0	100
6,0	125
9,0	150

#### 4.5 Svodné potrubí

Celkový průtok odpadních vod ve svodném potrubí  $Q_{r,v}$  [l/s] je dán vztahem

$$Q_{r,v} = 0,33 \cdot Q_{ww} + Q_c + Q_p + Q_r \quad (4.4)$$

Pokud je  $Q_{r,v} < Q_{ww}$  uvažuje se pro dimenzování celkový průtok odpadních vod

$$Q_{r,v} = Q_{ww} + Q_c + Q_p + Q_r \quad (4.5)$$

V projektu je návrh svodného potrubí uvažován pouze pro odvod průtoků z vnitřní kanalizace. Dešťová voda je ze 100 % odvedena do vsakovacího zařízení.

Při výběru dimenze svodného odpadního potrubí je opět třeba uvažovat hydraulickou kapacitu dané dimenze potrubí.

Tab. 4.6 Hydraulická kapacita svodného potrubí dle dimenze

Sklon $J$ [%]	DN 70		DN 90		DN 100		DN 125		DN 150		DN 200	
	$Q_{max}$ [l/s]	$v$ [m/s]	$Q_{max}$ [l/s]	$v$ [m/s]	$Q_{max}$ [l/s]	$v$ [m/s]	$Q_{max}$ [l/s]	$v$ [m/s]	$Q_{max}$ [l/s]	$v$ [m/s]	$Q_{max}$ [l/s]	$v$ [m/s]
1,0	1,7	0,6	2,5	0,7	4,2	0,8	6,8	0,9	12,8	1,0	23,7	1,2
1,5	2,0	0,7	3,0	0,8	5,1	1,0	8,3	1,1	15,7	1,3	29,1	1,5
2,0	2,4	0,9	3,5	1,0	5,9	1,1	9,6	1,2	18,2	1,5	33,6	1,7
2,5	2,6	1,0	3,9	1,1	6,7	1,2	10,8	1,4	20,3	1,6	37,6	1,9
3,0	2,9	1,1	4,3	1,2	7,3	1,3	11,8	1,5	22,3	1,8	41,2	2,1
3,5	3,1	1,1	4,7	1,3	7,9	1,5	12,8	1,6	24,1	1,9	44,5	2,2
4,0	3,3	1,2	5,0	1,4	8,4	1,6	13,7	1,8	25,8	2,1	47,6	2,4
4,5	3,5	1,3	5,3	1,4	8,9	1,7	14,5	1,9	27,3	2,2	50,5	2,5
5,0	3,7	1,4	5,6	1,5	9,4	1,7	15,3	2,0	28,8	2,3	53,3	2,7

#### 4.6 Návrh vsakovacího zařízení

Návrh byl proveden dle ČSN 75 9010. Výpočet referenčního objemu vsakovacího zařízení  $V_{vz}$  [m<sup>3</sup>] byl proveden dle vztahu (4.6).

$$V_{vz} = \frac{h_d}{1000} \cdot (A_{red} + A_{vz}) - \frac{1}{f} \cdot k_{vs} \cdot A_{vsak} \cdot \tau_c \cdot 60 \quad (4.6)$$

kde:

$h_d$  je navrhovaný úhrn srážek [mm];

$A_{red}$  je redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy [m<sup>2</sup>];

$A_{vz}$  je plocha hladiny vsakovacího zařízení (jen u povrchových zařízení) [m<sup>2</sup>];

$f$  je součinitel bezpečnosti vsaku [-];

$k_{vs}$  je koeficient vsaku [m/s];

$A_{vsak}$  je vsakovací plocha vsakovacího zařízení (uvažuje se 0,1-0,3  $A_{red}$ ) [m<sup>2</sup>];

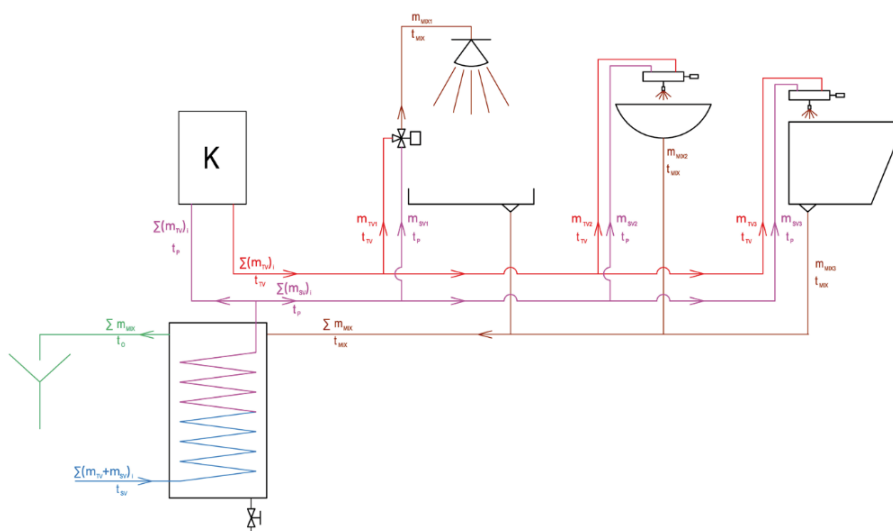
$\tau_c$  je doba trvání srážek určité periody [min].

Úhrn srážek pro lokalitu Tábor je při periodě trvání 360 min 40,4 mm. Součinitel bezpečnosti vsaku je 2,5. Koeficient vsaku je dán dle typu podloží. V tomto případě byl zvolen 0,000003 m/s. Pro realizaci byly vybrány vsakovací tunely Nicoll Garantia.

## 4.7 Zpětné získávání tepla v oblasti přípravy teplé vody

V dnešní době je celosvětově snaha o snížení energetické náročnosti budov. Obálky objektů mají menší součinitele prostupu tepla, čímž se zmenšuje podíl potřeby energie na vytápění z celkové oddané energie do budovy. S tím souvisí i využití zpětného získávání tepla z odpadní vody, jelikož podíl potřeby energie pro přípravu teplé vody tím pádem roste. V budoucnu při dokonaleji zateplených budovách a vyšších cenách energie bude tento systém stále běžnější. Systémy zpětného získávání tepla můžeme rozdělit na dvě skupiny, a to na centrální rekuperaci a lokální rekuperaci.

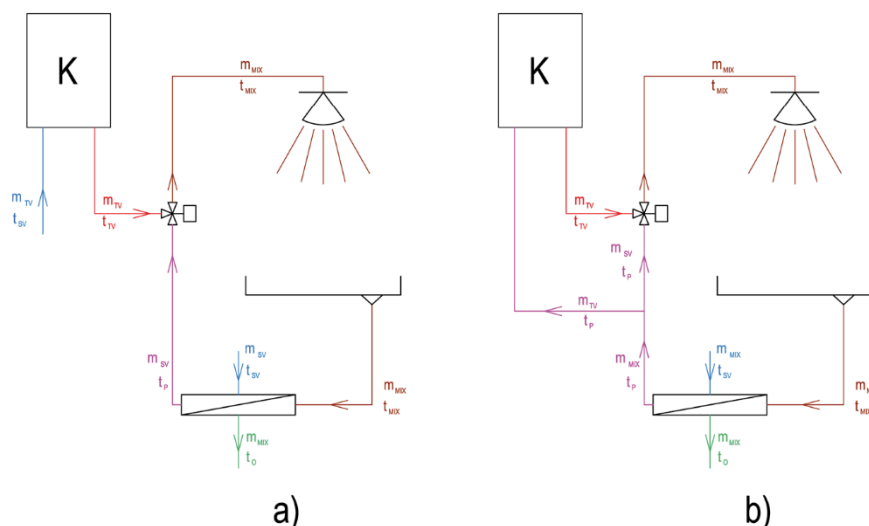
Centrální rekuperace zajišťuje zpětné získávání tepla pro více zařizovacích předmětů v budově. Zároveň zde nedochází k nesoučasnosti zpětného získávání tepla neboli k oddělení dobu odtoku odpadní vody od doby přítoku přehřáté vody. Nevýhoda tohoto systému je nutnost rozdělení kanalizace na šedou a černou vodu. [19]



Obr. 4.5 Centrální rekuperace z odpadní vody [19]

Lokální rekuperace zajišťuje zpětné získávání tepla u jednotlivých zařizovacích předmětů. Momentální průtok odcházející odpadní vody může být využit pro přehřev studené vody přicházející do směšovací baterie. Spolu s tím lze přehřívát i studenou vodu v okruhu zdroje tepla. Nevýhodou tohoto systému je nesoučasnost zpětného získávání tepla. [19]





Obr. 4.6 Lokální rekuperace z odpadní vody a) předehřev studené vody na vstupu do sprchové baterie b) předehřev studené vody na vstupu do sprchové baterie spolu s předehřevem studené vody v okruhu zdroje tepla [19]

Pro hodnocení účinnosti zpětného získávání tepla potřebujeme znát účinnost sdílení tepla výměníku  $\eta$  [-]. U vybraného výměníku SAKAL NELA je to 45 %. Cena tohoto výměníku je 11 700 Kč. Postup výpočtu byl proveden dle [19]. Jako první krok provedeme přepočítání účinnosti na provozní podmínky a to následovně

$$\eta^* = \eta \cdot \left[ 1 - \frac{\Delta t_o}{(t_{MIX} - t_{SV})} \right] \quad (4.7)$$

kde:

$\eta^*$  je korigovaná účinnost výměníku [-];

$\Delta t_o$  je ochlazení vody mezi sprchovou hlavici a vstupem do výměníku ZZT [K];

$t_{MIX}$  je teplota vody na výstupu ze sprchové baterie [°C];

$t_{SV}$  je teplota studené vody přivedené do výměníku [°C].

Při známé účinnosti si můžeme spočítat teplotu předehřáté studené vody  $t_p$  [°C] podle vztahu (4.8). Ta ovlivňuje množství teplé vody  $\dot{V}_{TV(\eta)}$  [m<sup>3</sup>/s], spočtené dle vztahu (4.9), které je potřeba pro dosažení požadované teploty na výstupu ze sprchové baterie. Postup vypadá tedy takto:

$$t_p = \eta^* \cdot (t_{MIX} - t_{SV}) + t_{SV} \quad (4.8)$$

$$\dot{V}_{TV(\eta)} = \dot{V}_{MIX} \cdot \frac{[t_{MIX} - t_{SV} - \eta \cdot (t_{MIX} - t_{SV})]}{[t_{TV} - t_{SV} - \eta \cdot (t_{MIX} - t_{SV})]} \quad (4.9)$$

kde:

$\dot{V}_{MIX}$  je požadovaný průtok na výstupu ze sprchové baterie [ $m^3/s$ ].

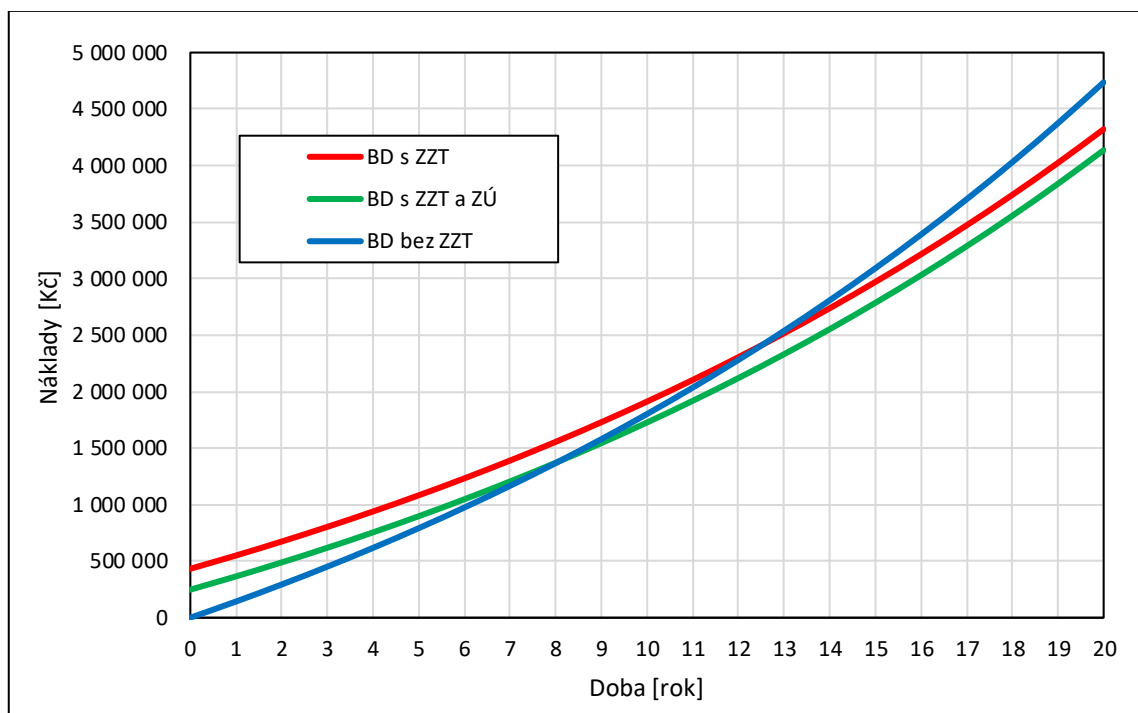
Výpočet poměrné úspory tepla  $\theta_{ZZT}$  [-] se stanoví z množství tepla dodaného v teplé vodě pro dosažení požadované teploty  $t_{MIX}$  s instalovaným rekuperačním výměníkem  $Q_S$  [W] a bez rekuperačního výměníku  $Q_{bez}$  [W].

$$\theta_{ZZT} = 1 - \frac{Q_S}{Q_{bez}} = 1 - \frac{\dot{V}_{TV(\eta)}}{\dot{V}_{TV(\eta=0)}} \quad (4.10)$$

Spotřeba energie sprchy  $Q$  [W] za daný časový interval  $\tau$  se vypočítá ze vztahu (4.11).

$$Q = \dot{V}_{TV} \cdot \tau \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{TV} - t_{SV}) \quad (4.11)$$

V časovém horizontu 20 let byly následně stanoveny ekonomické provozní náklady pro sprchy bez výměníku ZZT, s výměníkem a s výměníkem za využití dotace zelená úsporám, která činí 5000 Kč na bytovou jednotku. Uvažovaná inflace je 5 %. Výsledek je zobrazen na Obr. 4.7.

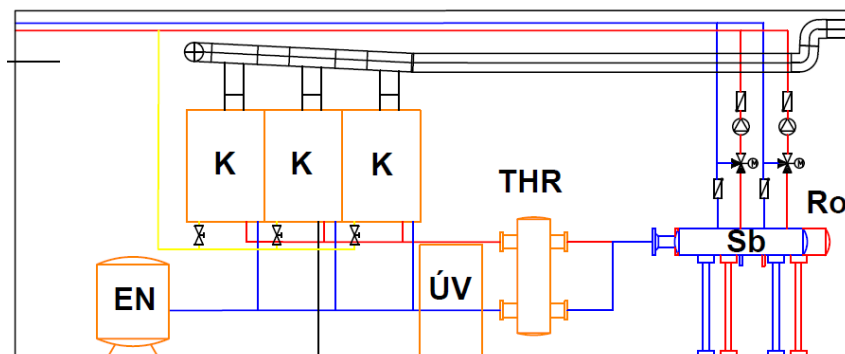


Obr. 4.7 Porovnání provozních ekonomických nákladů bytového domu

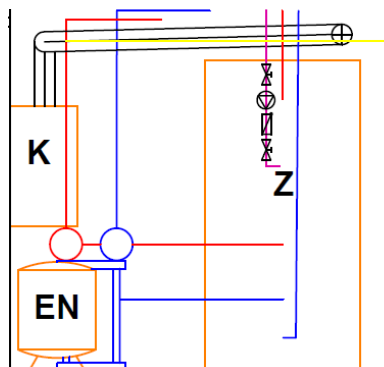
Lze vidět, že při využití dotace zelená úsporám činí návratnost cca 8,5 let, Bez dotace je to téměř 13 let. Můžeme tedy říct, že instalovat výměník ZZT je v tomto případě výhodné.

## 5 TECHNICKÁ MÍSTNOST

Technická místnost se nachází v 1. podzemním podlaží v místnosti 08. Je zde umístěn zdroj tepla pro přípravu TV a vytápění, termohydraulický rozdělovač, centrální rozdělovač a sběrač, expanzní nádoba, úpravna vody a zásobník TV. Z této místnosti také vedou potrubní rozvody pro vytápění a vodovod. Dveře místnosti by měli být otevíratelné směrem z místnosti a podlaha bude nehořlavá. Prostorová dispozice technické místnosti vypadá takto



Obr. 5.1 Prostorová dispozice technické místnosti – pohled č.1 (EN – expanzní nádoba, K – kondenzační kotel, Ro – rozdělovač, Sb – sběrač, THR – termohydraulický rozdělovač, ÚV – úpravna vody)



Obr. 5.2 Prostorová dispozice technické místnosti – pohled č.2 (EN – expanzní nádoba, K – kondenzační kotel, Z - akumulací zásobník na teplou vodu)

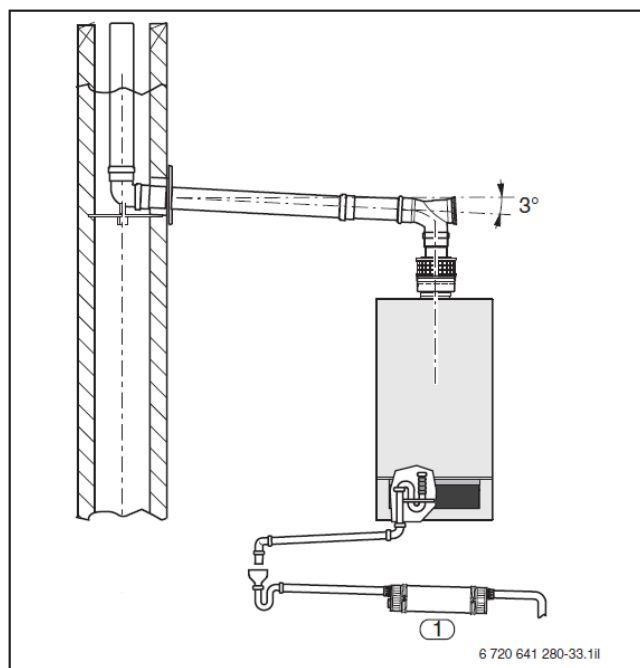
### 5.1 Zdroj tepla na ohřev TV a vytápění

Jako zdroj tepla na ohřev TV a vytápění byla zvolena kaskáda tří stacionárních nástěnných kotlů Buderus Logamax Plus 192i [P3] s rozsahem jmenovitých výkonů od 15 kW do 50 kW. Jmenovitý výkon prvního a druhého kotle je 35 kW. Třetí kotel má menší jmenovitý výkon a to 25 kW. Celkový výkon kaskády kotlů je tedy 95 kW. Při potřebě tepla na vytápění 57,8 kW a přípravu teplé vody 30 kW je tento výkon dostačující. Jelikož je jmenovitý výkon jednotlivých kotlů menší než 50 kW a součet

jmenovitých výkonů je menší než 100 kW, nejedná se dle normy ČSN 07 0703 o kotelnu III. kategorie. Dle TPG 908 02 je pro větrání prostorů se spotřebiči na plynná paliva nad 50 kW doporučena alespoň půlnásobná výměna vzduchu, v tomto případě není realizováno. Prostor bude ovšem vybaven následujícím vybavením pro kotelnu III. kategorie, a to čidlem úniku plynu s vazbou na kulový kohout, přenosným hasícím přístrojem CO<sub>2</sub> s hasicí schopností 55B, lékárníčkou a bateriovou svítilnou.

### 5.1.1 Odvod kondenzátu a přečerpávací stanice

Při provozu kondenzačního kotle dochází ke vzniku kondenzátu, který má kyselý charakter. Výrobce ve svých podkladech [PE8] udává hodnotu pH kondenzátu v rozmezí hodnot 4,5 až 8. Ten je třeba odvádět do veřejné sítě odpadních vod. Potrubí pro odvod kondenzátu by mělo volně ústít do odtokového sifonu, aby nedošlo při ucpání kanalizačního potrubí k hromadění kondenzátu v kotli. Za sifonem se nachází zápachový uzávěr. Schéma odvodu kondenzátu je na Obr. 5.3.



Obr. 5.3 Schéma odvodu kondenzátu [PE8]

Rozhodující je také skutečnost, jestli je potřeba kondenzát neutralizovat, či nikoliv. Toto rozhodnutí se odvíjí od jmenovitého výkonu kondenzačního kotle. Kondenzát bez neutralizace je možno odvádět za určitých podmínek, které jsou uvedeny v Tab. 5.1. Všechny vybrané kondenzační kotle spadají do kategorie jmenovitých výkonů do 50 kW, kdy je nutné zajistit dostatečné smíšení kondenzátu s odpadní vodou. Z Tab. 5.1. můžeme vidět, že dostatečné mísení kondenzátu z jednoho kotle je zajištěno, pokud se v bytovém domě nacházejí alespoň 2 bytové jednotky. V budově se nachází 37 bytových jednotek

a podmínka je splněna. Kondenzát je tedy odváděn volně do odtokového sifonu se zápachovým uzávěrem. Dále vede potrubí do přečerpávací stanice se záchytnou nádobou o objemu 12 l, odkud je automaticky při naplnění obsah přečerpán. Jako přečerpávací stanice byl vybrán produkt firmy Wilo Drainlift TMP – 40/11 HD [PE10], jehož použití je vhodné i pro kyslejší média.

Tab. 5.1 Podmínky pro dostatečné smíšení kondenzátu s odpadní vodou [PE8]

Výkon kotle [kW]	Množství kondenzátu <sup>1)</sup> [m <sup>3</sup> /a]	Kancelářské budovy Počet pracovníků <sup>1)</sup>	Obytné budovy Počet bytů <sup>1)</sup>
25	7	≥ 10	≥ 1
50	14	≥ 20	≥ 2
100	28	≥ 40	≥ 4
150	42	≥ 60	≥ 6
200	56	≥ 80	≥ 8

Pro přečerpávání odpadní vody ze sprchového koutu vyla vybrána přečerpávací stanice Wilo-HiDrainlift 3 [PE11].

### 5.1.2 Termohydraulický rozdělovač

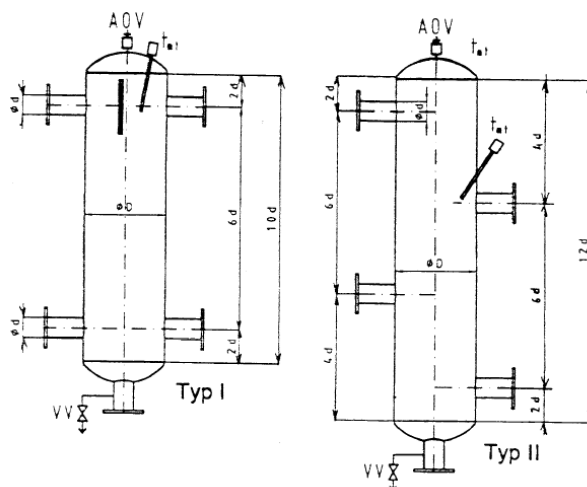
Při návrhu je nutné dodržet pravidla. Vnitřní průměr válce by měl být navržen tak, aby rychlost proudění byla mezi 0,1 a 0,25 m/s při středním rozdílu teplot 15 K. Průtok kotlovým okruhem musí být asi 1,2 až 1,5krát větší než průtok sekundárním okruhem. Rychlost v hrdlech by se měla pohybovat mezi 0,6 až 1 m/s. [23]

Navržený termohydraulický rozdělovač typu I vypadá následovně

Průměr válce  $D = 219$  mm;

průměr hrdel na straně kotlového okruhu  $d = 89$  mm;

průměr hrdel na straně sekundárního okruhu  $d = 76$  mm.



Obr. 5.4 Typy a popis termohydraulického rozdělovače

### 5.1.3 Rozdělovač a sběrač

Návrh světlosti rozdělovače spočívá ve volbě rychlosti proudění při daném objemovém průtoku. Rychlost by se měla pohybovat v intervalu od 0,1 do 0,15 m/s. [23]

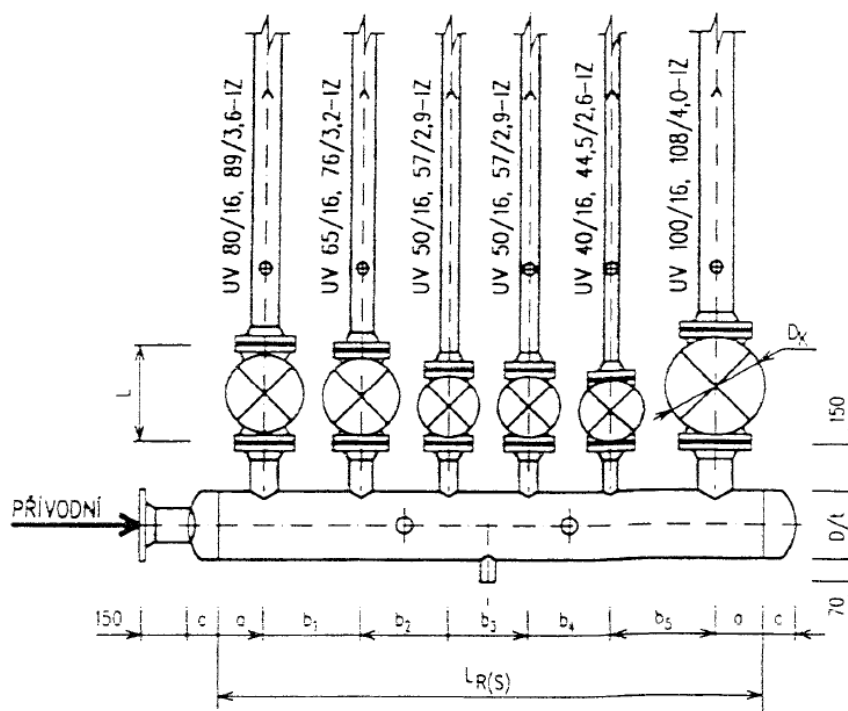
Navržený rozdělovač a sběrač má tyto rozměry

Osová vzdálenost  $b = 460$  mm;

celková délka  $L_R = 1687$  mm;

vzdálenost  $a = 230$  mm;

vzdálenost  $c = 153$  mm.



Obr. 5.5 Schéma rozdělovače

### 5.1.4 Třicestné směšovací ventily

Třicestné směšovací ventily jsou umístěné za rozdělovačem a je jimi realizována kvalitativní regulace, kdy se přívodní voda smísí v určitém poměru s vodou na zpátečce tak, abychom dostali námi požadovanou teplotu vody. Teplota přívodní vody je 55°C. Teplotní spád podlahového vytápění je 34/26 °C. Návrh armatury se provádí následujícím způsobem. Ze známého průtoku  $\dot{V}_0$  [m<sup>3</sup>/h] a tlakové ztráty úseku potrubní sítě s proměnným průtokem  $\Delta p_{var}$  [Pa] spočteme požadovanou tlakovou ztrátu směšovacího ventilu  $\Delta p_{v,100}$  [Pa] podle vzorce (5.1) takto

$$\Delta p_{v,100} = \frac{P_v}{1 - P_v} \cdot \Delta p_{var} \quad (5.1)$$

kde:

$P_v$  je autorita ventilu [-].

Pro jednu armaturu se autorita volí 0,5, pro více armatur je to 0,7. Dále se stanoví  $k_{vs}$  hodnota podle následujícího vztahu (5.2)

$$k_{vs} = \dot{V}_o \cdot \sqrt{\frac{100}{\Delta p_{v,100}}} \quad (5.2)$$

Pokud známe  $k_{vs}$  hodnotu ventilu, pak můžeme z katalogu vybrat ventil s nejbližší  $k_{vs,sk}$  hodnotou a dopočítat skutečnou tlakovou ztrátu ventilu  $\Delta p_{v,100,sk}$  podle vztahu (5.3) a skutečnou autoritu ventilu  $P_{v,sk}$  podle vztahu (5.4). V praxi by se tato hodnota měla pohybovat od 0,65 do 0,75. [24]

$$\Delta p_{v,100,sk} = \left( \frac{\dot{V}_o}{k_{vs,sk}} \right)^2 \quad (5.3)$$

$$P_{v,sk} = \frac{\Delta p_{v,100,sk}}{\Delta p_{v,100,sk} + \Delta p_{var}} \quad (5.4)$$

Pro realizaci byly vybrány třicetné směšovací ventily firmy LDM RV 102 DN40 s  $k_{vs,sk} = 10 \text{ m}^3/\text{h}$  [P5].

### 5.1.5 Zabezpečovací zařízení

Zabezpečovacím zařízením je tlaková expanzní nádoba. Ta zabezpečuje otopnou soustavu proti náhlým změnám teplot a tlaků. Návrh vypadá následovně, kdy nejprve určíme dolní dovolený přetlak  $p_{d,dov,a}$  [kPa].

$$p_{d,dov,a} = 1,1 \cdot h \cdot \rho \cdot g + 100 \text{ kPa} \quad (5.5)$$

Dále určíme stupeň využití expanzní nádoby  $\eta$  [-] při daném otevíracím přetlaku pojistného ventilu  $p_{h,dov,a}$  [kPa]. Od výrobce je stacionární kondenzační kotel vybaven pojistným ventilem s otevíracím přetlakem  $p_{h,dov,a} = 300 \text{ kPa}$ .

$$\eta = \frac{p_{h,dov,a} - p_{d,dov,a}}{p_{h,dov,a}} \quad (5.6)$$

Pro maximální rozdíl teplot  $\Delta t_{max}$  se odečte z Tab. 5.2 součinitel zvětšení objemu  $n$  [-]. Dále je potřeba znát objem vody v okruhu na vytápění a objem akumulární nádrže, jejichž součet dává objem vody v soustavě. Objem vody v okruhu na vytápění je 1180 l. Objem

akumulační nádrže je 500 l. Velikost expanzní nádoby  $V_{EN}$  [l] se poté vypočte podle vztahu (5.7). [23]

$$V_{EN} = \frac{1,3 \cdot V_S \cdot n}{\eta} \quad (5.7)$$

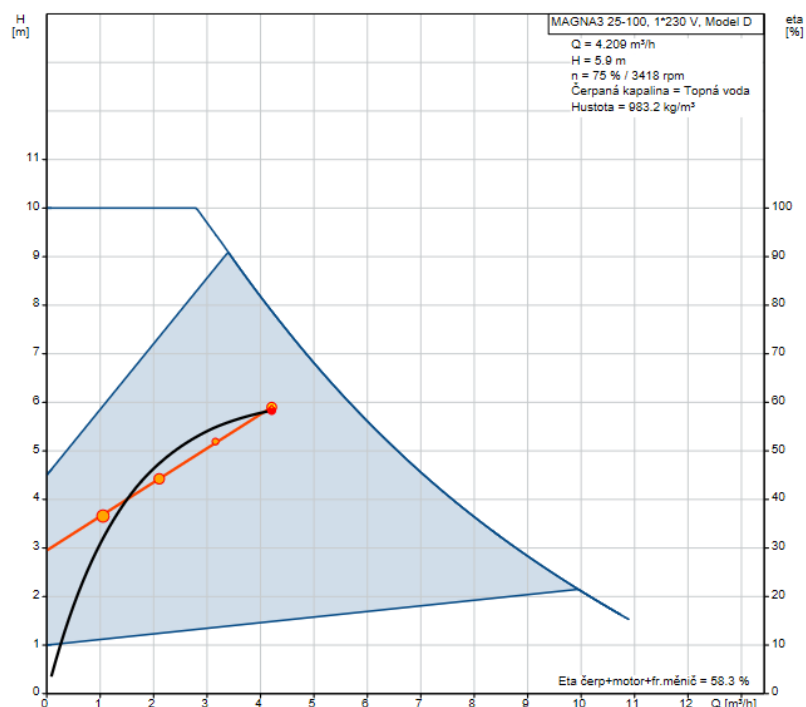
Zvolená expanzní nádoba je Reflex S 80/10 s objemem 80 l. [PE13]

Tab. 5.2 Součinitel zvětšení objemu pole maximálního rozdílu teplot v soustavě [23]

$\Delta t_{\max}$ [K]	20	30	40	45	50	55	60	65	70
n [-]	0,0040	0,0075	0,0117	0,0141	0,0167	0,0195	0,0224	0,0254	0,0286
$\Delta t_{\max}$ [K]	75	80	85	90	100	120	140	160	180
n [-]	0,0320	0,0355	0,0392	0,0431	0,0511	0,0693	0,0902	0,1140	0,1411

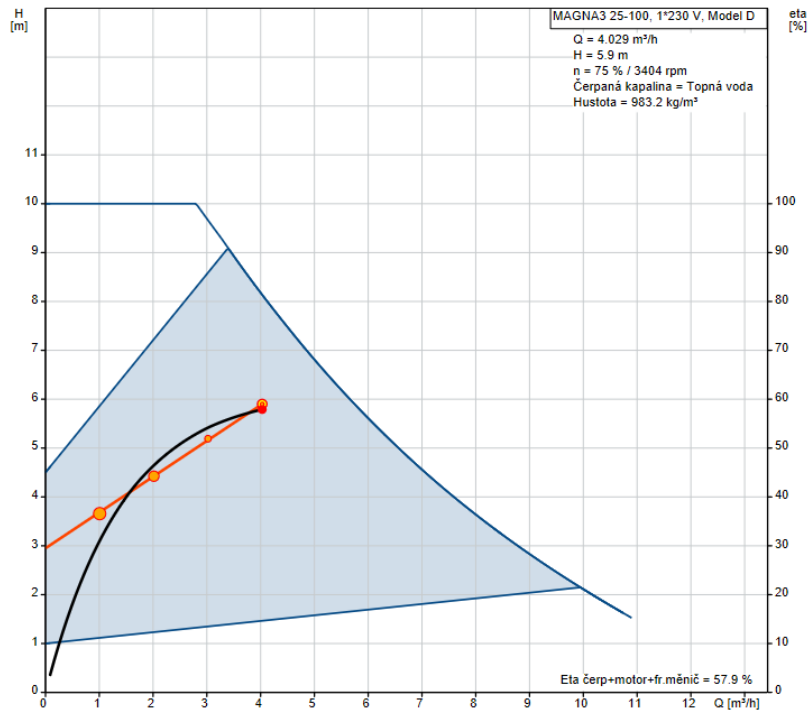
### 5.1.6 Oběhová čerpadla

Návrh oběhových čerpadel byl proveden pomocí programu od firmy Grundfoss. První oběhové čerpadlo pro okruhy napojené na stoupačce č.1 je navrženo na průtok 4,21 m<sup>3</sup>/h a dopravní výšku 5,9 m. Druhé oběhové čerpadlo pro okruhy na stoupačce č.2 je navrženo na průtok 4,03 m<sup>3</sup>/h a dopravní výšku taktéž 5,9 m. Pro obě aplikace bylo vybráno čerpadlo Grundfoss MAGNA 25-100. Na Obr. 5.6 je zobrazen pracovní bod prvního čerpadla a na Obr. 5.7 druhého čerpadla.



Obr. 5.6 Oběhové čerpadlo Grundfoss MAGNA 25-100 pro bytové okruhy na stoupacím potrubí č.1 [PE15]

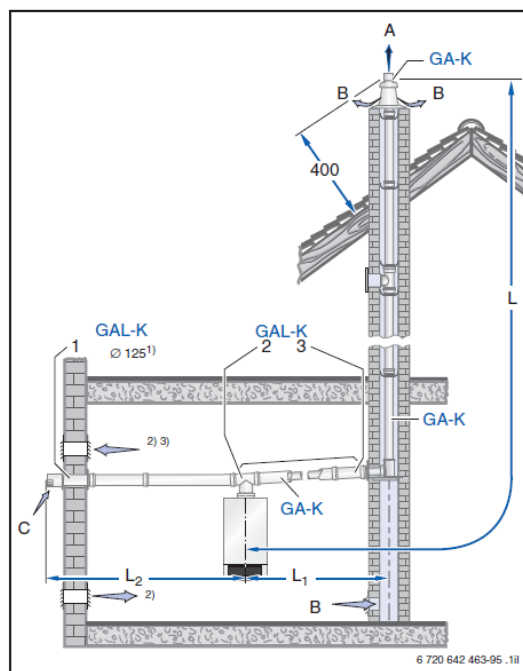




Obr. 5.7 Oběhové čerpadlo Grundfoss MAGNA 25-100 pro bytové okruhy na stoupacím potrubí č.2 [PE16]

### 5.1.7 Přívod spalovacího vzduchu a odvod spalin

Plynové spotřebiče umístěné v kotelně jsou kategorie C. Spalovací vzduch je přiváděn přímo z venkovního prostředí. Napojení je provedeno z kotelny přes obvodovou zeď. Sání je umístěno 300 mm nad úrovní terénu. Spaliny jsou odváděny kouřovodem nad střechu. Horizontální potrubí odvodu spalin je vedeno ve sklonu 3 %. Z důvodu dlouhé

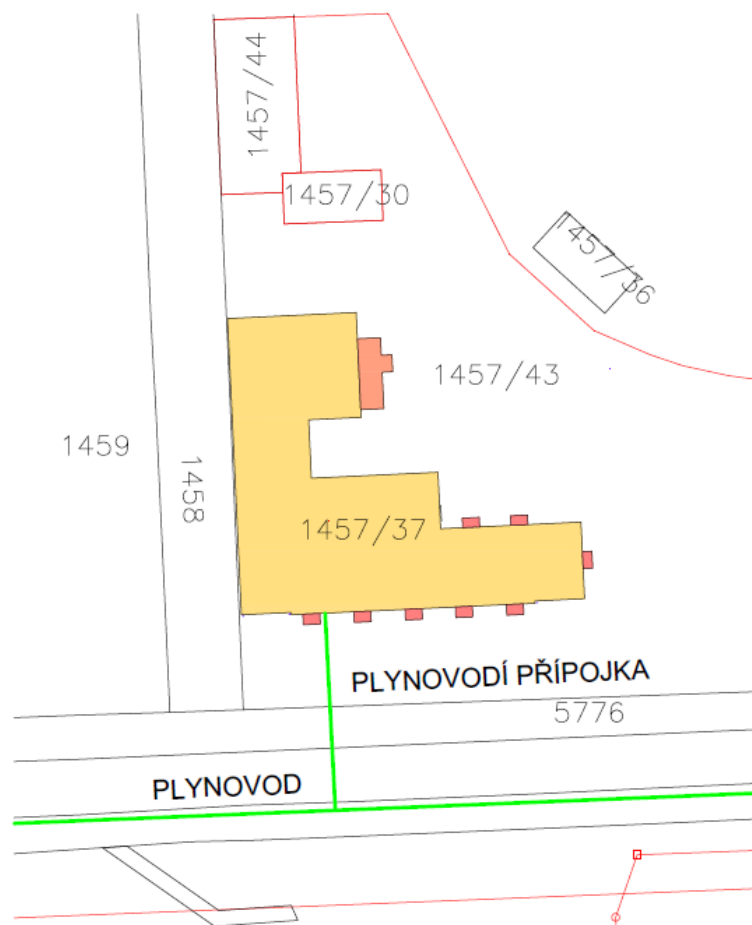


Obr. 5.8 Schéma stavební sady Buderus GAL-K

trasy vedení nebylo možné využít koncentrického vedení spalin a přívodu vzduchu, kdy je přívod a odvod zajištěn soustřednou trubkou, a realizace je tak provedena samostatně pomocí stavební sady Buderus GAL-K [P4]. Dimenze použitého potrubí je DN125/80. Schéma montáže je zobrazeno na Obr. 5.8.

## 5.2 Plynovod

Objekt je napojen na středotlaký městský plynovod s přetlakem 100 kPa ve vzdálenosti 25,8 m od obvodové stěny technické místnosti. Dimenze plynové přípojky je DN25. Hlavní uzávěr plynu se nachází na jižní straně budovy u obvodové stěny. Plynovod vstupuje do domu dvěma prostupy, které jsou opatřeny chráničkou a pojistkou proti vytržení. V technické místnosti se napojuje na kaskádu kondenzačních kotlů. Rozvody plynovodního potrubí jsou z materiálu ocel. Před vstupem do technické místnosti je na plynovodu umístěn kulový kohout. Stejně je tomu po vstupu plynovodu do budovy, a to z důvodů uzavření potřebných úseků v případě poruchy. V úvahu byl brán plyn z Tranzitního plynovodu s výhřevností  $H = 35870 \text{ kJ/m}^3$ . Pro výpočet jsou použity normy ČSN EN 1775 A TPG 704 01.



Obr. 5.9 Situace-plynovod

Při návrhu plynovodní přípojky je nejprve potřeba stanovit množství přiváděného plynu pro spotřebiče  $V_{p,h}$  [m<sup>3</sup>/h] následovně

$$V_{p,h} = \frac{\sum Q}{H} \quad (5.8)$$

kde:

$\sum Q$  je součet výkonů plynových spotřebičů [kW].

Dále se provede výpočet dimenze přípojky  $d$  [mm] dle vztahu (5.9).

$$d = 0,097486 \cdot \left( z_1 \cdot T_1 \cdot \frac{\left( \frac{V_{p,h}}{3600} \right)^2}{p_1^2 - p_2^2} \cdot L \right)^{0,1875} \quad (5.9)$$

kde:

$z_1$  je kompresibilní faktor zemního plynu při tlaku  $p_1$  a teplotě  $T_1$  [-];

$T_1$  je teplota zemního plynu na vstupu do plynovodu [K];

$p_1$  je tlak zemního plynu na vstupu do plynovodu [Pa];

$p_2$  je tlak zemního plynu na výstupu do plynovodu [Pa];

$L$  je délka plynovodu [m].

Při výpočtu byl uvažovaný kompresibilní faktor uvažován  $z_1 = 0,9977$  při teplotě  $T_1 = 283,15$  K a tlaku  $p_1 = 201,325$  kPa. Dovolená tlaková ztráta plynovodu je 200 Pa. Výsledná jmenovitá světlost plynovodní přípojky je DN 25.

Dimenze domovního plynovodu  $D$  [mm] se vypočítá takto

$$D = 10 \cdot \sqrt{\frac{19,4 \cdot V_r^2 \cdot L_e \cdot d}{\Delta p_c}} \quad (5.10)$$

kde:

$V_r^2$  je redukovaný odběr plynu [m<sup>3</sup>/h];

$L_e$  je ekvivalentní délka plynovodu [m];

$d$  je relativní hustota plynu (pro tranzitní plynovod  $d = 0,5646$ ) [-];

$\Delta p_c$  je tlaková ztráta v počítaném úseku plynovodu [Pa];

$D$  je vnitřní průměr plynovodu [mm].

Redukovaný odběr plynu vypočteme dle vzorce (5.11)

$$V_r = K_1 \cdot V_1 + K_2 \cdot V_2 + K_3 \cdot V_3 \quad (5.11)$$

kde:

$V_1$  je součet objemových průtoků všech spotřebičů pro přípravu pokrmů [ $\text{m}^3/\text{h}$ ];

$V_2$  je součet objemových průtoků spotřebičů pro lokální vytápění a pro přípravu teplé vody [ $\text{m}^3/\text{h}$ ];

$V_3$  je součet objemových průtoků při příkonech všech kotlů, včetně kotlů kombinovaných pro přípravu teplé vody [ $\text{m}^3/\text{h}$ ].

Koeficienty současnosti provozu  $K_1$  [-],  $K_2$  [-] a  $K_3$  [-] se stanoví podle následujících vztahů

$$K_1 = n_p^{-0,5} \quad (5.12)$$





















$$K_2 = n_p^{-0,15} \quad (5.13)$$

$$K_3 = n_p^{-0,1} \quad (5.14)$$

kde:

$n_p$  je počet plynových zařízení [-].

Tab. 5.3 Ekvivalentní délky tvarovek [26]

Tvarovka		Přirážka* [m]	Tvarovka		Přirážka* [m]
kulový kohout kuželový kohout		0,5 2,0	čističí T-kus (90°)		1,3
rohový kohout kulový nebo kuželový		1,3 5,0	T-kus (90°)		1,5
šoupě		0,5	odbočka		0,9
kříž (90°)		1,3	T-kus, oblouk		0,3
kříž (90°)		2,0	rozdělení		1,3
kříž čističí (90°)		0,3	čističí koleno		0,9
kříž čističí (90°)		1,3	redukce **		0,4
T-kus (90°)		0,5	etážka		0,5
T-kus (90°)		1,3	změna směru (např. koleno)		0,7

Velikost tlakové ztráty vertikálních rozvodů vychází z přirozeného vztlaku přibližně 5 Pa/m. U tlakový ztrát místními odpory se hodnota součinitele odporu nahradí ekvivalentní délkou. Tyto délky jsou zobrazeny v Tab. 5.3. Nakonec se spočte minimální akumulační objem potrubí  $O$  [m<sup>3</sup>] dle (5.15) a porovná se se skutečnou hodnotou, která je dopočtena z délek a dimenzí příslušných okruhů.

$$O = \frac{V_{p,h}}{575 \cdot \left(1 + \frac{p_2}{10000}\right)} \quad (5.15)$$

### 5.3 Alternativní systém dodávky energie

Nízkoteplotní otopná soustava byla navržena tak, aby bylo možné v budoucnu zdroj dodávky energie nahradit za jiný systém, v tomto případě nahradit kaskádu kondenzačních kotlů za kaskádu tepelných čerpadel. Důvodem může být v budoucnu zdražení plynu z různých, ať už geopolitických, ekonomických nebo ekologických příčin. V rámci této práce bude provedeno technické a ekonomické porovnání těchto dvou zdrojů. Byla vybrána kaskáda tří tepelných čerpadel CONVERT AW28-3P o výkonovém rozsahu čerpadla 7,6 až 30,5 kW [25].

Technické porovnání zahrnuje například potřebu plynovodu a kouřovodu v případě kondenzačních kotlů. To se promítne do technické místnosti, kterou je potřeba zabezpečit tak, aby v případě úniku plynu nedošlo k havárii. Výhodou kondenzační kotle je možnost ohřívat vodu na vyšší teplotu. Naopak u tepelných čerpadel může být výhodou možné propojení systému se solárním systémem, o který může být objekt doplněn v budoucnu.

Ekonomické porovnání zahrnuje investiční pořizovací náklady a ekonomiku provozu. U tepelných čerpadel jsou pořizovací náklady vyšší než u kondenzačních kotlů, ale provozní náklady jsou naopak menší. Ceny provozních nákladů byly přibližně odhadnuty. Do provozních nákladů kondenzačních kotlů můžeme zahrnout revizi kotle, kontrolu komínu a elektřinu na provoz kotle. U tepelného čerpadla je to platba za servis a jistič. Přehled hodnot je uveden v Tab. 5.4.

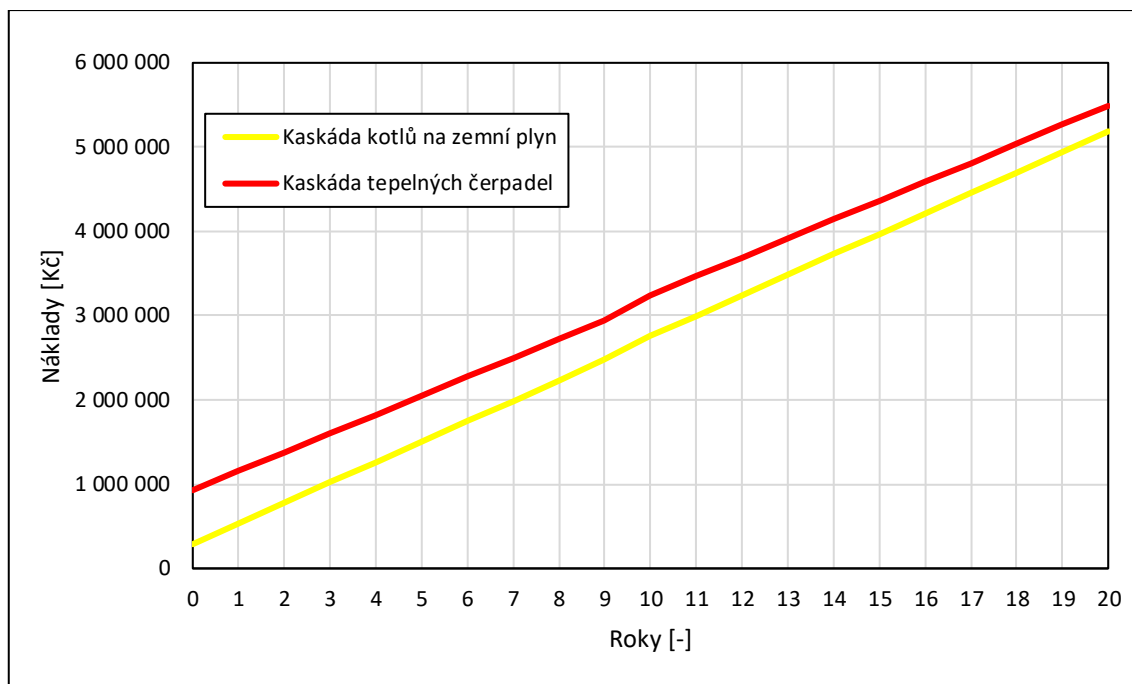
Tab. 5.4 Investiční náklady pro systémy dodávky energie

INVESTICE	kondenzační kotle	tepelná čerpadla
cena zdroje [Kč]	187 602	878 400
komín [Kč]	20 000	
montáž [Kč]	30 000	50 000
ZÚ [Kč]		
plynová přípojka [Kč]	50 000	
<b>CELKOVÉ INVESTIČNÍ NÁKLADY náklady [Kč]</b>	<b>287 602</b>	<b>928 400</b>

Pro stavení provozní účinnosti tepelných čerpadel byl použit sezónní topný faktor SCOP. Hodnota SCOP je definována pro zjednodušené provozní podmínky a mnohem více postihuje reálnou provozní efektivitu daného tepelného čerpadla. Hodnota SCOP u vybraného tepelného čerpadla je pro maximální výkon a výstupní teplotě otopné vody 55 °C 2,29. Sezónní energetická účinnost kondenzačního kotle Buderus Logamax Plus 192i je 0,94. Pro cenu elektrické energie byla použita sazba D56d. Vybraný dodavatel byl ČEZ. Jako dodavatel plynu byl vybrán E-ON s cenou 1932 Kč za MWh. Provozní náklady jsou zobrazeny v Tab. 5.5. Porovnání ekonomických nákladů můžeme vidět na Obr. 5.10. [20] [21] [22]

Tab. 5.5 Provozní náklady pro systémy dodávky energie

NÁKLADY	kondenzační kotle	tepelná čerpadla
roční POTŘEBA tepelné energie na vytápění [kWh/rok]	156 815	156 815
roční SPOTŘEBA tepelné energie na vytápění [kWh/rok]	185 360	76 087
náklady na údržbu [Kč/10 let]	30 000	70 000
servisní náklady [Kč]	9 900	3 000
jistič [Kč]	0	7 784
provozní náklady za rok [Kč/rok]	233 554	213 701
<b>CELKOVÉ roční provozní náklady [Kč/rok]</b>	<b>243 454</b>	<b>224 485</b>



Obr. 5.10 Porovnání provozních nákladů v horizontu 20 let

Je vidět, že v horizontu 20 let vychází lépe provoz kaskády kondenzačních kotlů. V dnešní době jde vývoj tepelných čerpadel hodně dopředu a bude se tedy zvyšovat efektivita jejich provozu, proto by výměna zdroje v budoucnosti mohla být výhodnější.

## 6 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo vypracovat studii nízkoteplotní otopné soustavy, vnitřního vodovodu a vnitřní a vnější kanalizace bytového domu.

V První části byla navržena obálka budovy v souladu s vyhláškou č. 264/2020 Sb. o energetické náročnosti budov. Poté byl proveden výpočet tepelného výkonu pro vytápění dle ČSN EN 12 831-1. Celková tepelná ztráta budovy činí 57,8 kW. Jako otopná soustava bylo vybráno podlahové vytápění s teplotním spádem 34,5/27,5 °C. Tato nízkoteplotní otopná soustava umožňuje v budoucnu náhradu systému dodávky tepelné energie za kaskádu tepelných čerpadel. Následně byly popsány teoretické základy a provedeny výpočty a vyvážení soustavy podlahového vytápění. V koupelnách budou z výkonových, ale i z důvodů požadavku uživatelů instalována trubková otopná tělesa Korado Koralux Linear Comfort, která nejsou napojena na otopnou soustavu. V obytných místnostech je navržena zónová regulace podle vnitřní teploty.

V druhé části byly navrženy rozvody vnitřního vodovodu dle ČSN 75 5455, systém přípravy teplé vody a cirkulační potrubí. Rozvody vodovodu jsou z polypropylenového potrubí. Cirkulace má funkci dezinfekce pro omezení výskytu bakterií Legionella. Tento proces umožňuje termostatický ventil Danfoss MTCV – B. Akumulační zásobník na teplou vodu s nepřímým ohřevem byl navržen metodou křivek dodávky a odběru.

Ve třetí části byl proveden a popsán návrh vnitřní a vnější kanalizace. Byl zvolen systém I. U všech zařizovacích předmětů bude instalován zápachový uzávěr. Návrh byl proveden tak, aby bylo možné aplikovat lokální zpětné získávání tepla z odpadní vody ze sprchových koutů. Spolu s tím je uvedena i ekonomická návratnost při použití sprchového výměníku Sakal Nela s účinností 45 %. Dešťová voda je svedena vnějším potrubím do vsakovacích tunelů Nicoll Garantia.

V poslední části je popsán návrh komponent umístěných v technické místnosti a návrh plynovodu. Je proveden návrh zdroje tepla pro vytápění a přípravu teplé vody, termohydrulického rozdělovače, rozdělovače a sběrače, zabezpečovacího zařízení a třícestných ventilů. Navrženým zdrojem tepla je kaskáda tří kondenzačních kotlů. Dále je uvedeno ekonomické porovnání dvou systémů dodávky tepelné energie, kdy je navržený systém porovnán se systémem kaskády tří tepelných čerpadel.



## Literatura

- [1] VAVŘIČKA, Roman.: Vytápění – Výpočet tepelných ztrát. (přednáška) Praha: ČVUT, říjen až prosinec 2019
- [2] *Recuair: Decentrální jednotky* [online]. [cit. 2021-6-27]. Dostupné z: <https://www.recuair.com/decentralni-jednotky/>
- [3] BAŠTA, Jiří. *Velkoplošné sálavé vytápění*. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-3524-5
- [4] SESTAVA ROZDĚLOVAČ/SBĚRAČ IVAR 553 VP [online]. [cit. 2021-6-27]. Dostupné z: <https://www.ivarcs.cz/katalog/vytapeni-ivartrio/sestava-rozdelovac-sberac-pro-podlahove-vytapeni-vcetne-skrine-p140064/>
- [5] REINBERK, Zdeněk. *Přibližný výpočet tlakové ztráty třením v potrubí* [online]. Tzb info, 2002 [cit. 2021-6-20]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/potrubni-trasy-vodovod/1002-priblizny-vypocet-tlakove-ztraty-trenim-v-potrubí>
- [6] ŠTEFAN, David. *Hydraulické ztráty v potrubí*. Brno, 2009. VUT.[https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=15930](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=15930)
- [7] *Moodyho diagram* [online]. [cit. 2021-6-20]. Dostupné z: <https://www.mathworks.com/matlabcentral/mlc-downloads/downloads/e54ceea7-4a80-11e4-9553-005056977bd0/98ad6e96-527f-4c39-a9c6-588a798baa7e/images/screenshot.png>
- [8] ČSN 75 5455: *Výpočet vnitřních vodovodů*. 2014.
- [9] VAVŘIČKA, Roman.: ZTI – Příprava teplé vody. (přednáška) Praha: ČVUT, únor až květen 2020
- [10] DUFKA, Jaroslav. *Ohřev vody, aneb příprava teplé vody, III. díl* [online]. Tzb info [cit. 2021-6-20]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/17781-ohrev-vody-aneb-priprava-teple-vody-iii-dil>
- [11] VAVŘIČKA, Roman. *Metody návrhu zásobníku teplé vody* [online]. Tzb info [cit. 2021-6-20]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/7885-metody-navrhu-zasobniku-teple-vody>

- [12] VRÁNA, Jakub. *Rozvody teplé vody - I* [online]. Tzb info [cit. 2021-6-20]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/5775-rozvody-teple-vody-i>
- [13] VRÁNA, Jakub. *Rozvody teplé vody - II* [online]. Tzb info [cit. 2021-6-20]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/5786-rozvody-teple-vody-ii>
- [14] VRÁNA, Jakub. *Rozvody teplé vody - III* [online]. Tzb info [cit. 2021-6-20]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/5799-rozvody-teple-vody-iii>
- [15] VRÁNA, Jakub. *Základní informace k problematice vnitřní kanalizace* [online]. Tzb info [cit. 2021-6-20]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/kanalizace-splaskova/5118-zakladni-informace-k-problematice-vnitri-kanalizace>
- [16] DUFKA, Jaroslav. *Vnitřní kanalizace: druhy a charakteristika potrubí* [online]. Estav [cit. 2021-6-20]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/8042.vnitri-kanalizace-druhy-a-charakteristika-potrubí>
- [17] Ing. Roman Vavříčka, Ph.D. - ČVUT Fakulta strojní: ZTI 08 – Vnitřní kanalizace – 1. díl [online]. [cit. 2021-6-27]. Dostupné z: [http://users.fs.cvut.cz/~vavrirom/ZTI/NEW/008\\_OD\\_1.pdf](http://users.fs.cvut.cz/~vavrirom/ZTI/NEW/008_OD_1.pdf)
- [18] ČSN 75 6760: *Vnitřní kanalizace*. 2014.
- [19] VAVŘIČKA, Roman; MATUŠKA, Tomáš. *Zpětné získávání tepla v oblasti přípravy teplé vody* [online]. Tzb info [cit. 2021-6-20]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/14974-zpetne-ziskavani-tepla-v-oblasti-pripravy-teple-vody>
- [20] SEDLÁŘ, Jan. *Hodnocení SCOP tepelných čerpadel pro vytápění* [online]. Tzb info [cit. 2021-6-20]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13507-hodnoceni-scop-tepelnych-cerpadel-pro-vytapani>
- [21] *Ceny zemního plynu 2021* [online]. Tzb info [cit. 2021-6-20]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energi/13-prehled-cen-zemniho-plynu>
- [22] *Ceny elektrické energie 2021: Sazba D 56d* [online]. Tzb info [cit. 2021-6-20]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energi/14-prehled-cen-elektricke-energie#d56>
- [23] LABOUTKA, Karel; SUCHÁNEK, Tomáš. *Výpočtové tabulky pro vytápění: vztahy a pomůcky*. 9. Společnost pro techniku prostředí, 2001. ISBN 80-02-01466-9.

[24] BOHÁČ, Jindřich.: Regulace v technice prostředí staveb – Návrh trojcestných směšovacích armatur, RTD a přepouštěcích ventilů. (přednáška) Praha: ČVUT, únor až květen 2020

[25] *AC heating: Tepelné čerpadlo Convert AW28-3P* [online]. [cit. 2021-6-27]. Dostupné z: <https://www.ac-heating.cz/produkty/tepelne-cerpadlo-convert-aw28-3p/>

[26] *Ing. Roman Vavříčka, Ph.D. - ČVUT Fakulta strojní: ZTI 012 –Odběrná plynová zařízení* [online]. [cit. 2021-6-27]. Dostupné z: [http://users.fs.cvut.cz/roman.vavricka/ZTI/NEW/012\\_PL\\_2.pdf](http://users.fs.cvut.cz/roman.vavricka/ZTI/NEW/012_PL_2.pdf)

[27] *Model návrhu podlahové otopné plochy* [online]. Ing. Roman Vavříčka, Ph.D. - ČVUT Fakulta strojní [cit. 2021-6-26]. Dostupné z: <http://users.fs.cvut.cz/~vavrirom/PV11.html>

## Seznam příloh

### Tištěné přílohy

- [P1] Tlakové ztráty potrubí PP-R PN20 studená voda
- [P2] Tlakové ztráty potrubí PP-R PN20 teplá voda
- [P3] Technické údaje kondenzačního kotle Buderus Logamax Plus 192i
- [P4] Stavební sada Buderus GAL-K
- [P5] Technické parametry třicestního ventilu LDM RV 102 E
- [P6] Technická data zásobníku teplé vody Buderus Logalux SU500.5
- [P7] Ukázkový výpočet vnitřního vodovodu pro byt 1.5
- [P8] Ukázkový výpočet vnitřní kanalizace pro byt 1.5

### Elektronické přílohy

- [PE1] Vekra Prima (.pdf)
- [PE2] Vyvažovací ventil STAD (.pdf)
- [PE3] Regulátor tlakové difference STAP (.pdf)
- [PE4] Termostatický regulační ventil Danfoss MTCV (.pdf)
- [PE5] Sestava rozdělovač a sběrač IVAR.CS 553 VP (.pdf)
- [PE6] Regulační šroubení STK (.pdf)
- [PE7] Podklady podlahového vytápění Gabotherm (.pdf)
- [PE8] Projekční podklady Buderus Logamax plus 192i (.pdf)
- [PE9] Vodovodní potrubí PP-R Instaplast (.pdf)
- [PE10] Wilo Drainlift TMP – 4011 HD (.pdf)
- [PE11] Wilo-HiDrainlift 3 (.pdf)
- [PE12] Wilo Stratos PICO-Z 25-1-4 (.pdf)
- [PE13] Reflex expanzní nádoby (.pdf)
- [PE14] Sensus vodoměr 620 (.pdf)
- [PE15] Grundfoss Magna 25-100 č.1 (.pdf)
- [PE16] Grundfoss Magna 25-100 č.2 (.pdf)
- [PE17] Výpočetní nástroj (.xlsx)
- [PE18] Program pro výpočet podlahového vytápění (.xlsx)
- [PE19] Výkresová dokumentace (.dwg)

## **Seznam výkresové dokumentace**

1.0 SITUACE

1.1 VYT 1PP

1.2 VYT 1NP

1.3 VYT 2NP

1.4 VYT 3NP

1.5 VYT 4NP

1.6 VYT SCHÉMA ZAPOJENÍ

1.7 VYT ROZVINUTÉ SCHÉMA

1.8 VYT AXONOMETRIE

2.1 VOD 1PP

2.2 VOD 1NP

2.3 VOD 2NP

2.4 VOD 3NP

2.5 VOD 4NP

2.6 VOD AXONOMETRIE

3.1 PLYN 1PP

4.1 KAN 1PP

4.2 KAN 1NP

4.3 KAN 2NP

4.4 KAN 3NP

4.5 KAN 4 NP

4.6 KAN ROZVINUTÉ SCHÉMA 1

4.7 KAN ROZVINUTÉ SCHÉMA 2

4.8 KAN SVODNÉ POTRUBÍ ŘEZ

4.9 KAN DEŠŤOVÁ KANALIZACE

## [P1] – Tlakové ztráty potrubí PP-R PN20 studená voda

## TRUBKY PP-R S2.5 (PN20) a PP-R GFR

teplota vody = 10 °C																				
Q	16 × 2,7 mm		20 × 3,4 mm		25 × 4,2 mm		32 × 5,4 mm		40 × 6,7 mm		50 × 8,3 mm		63 × 10,5 mm		75 × 12,5 mm		90 × 15,0 mm		110 × 18,3 mm	
	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v
l/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s
0,01	0,035	0,1	0,012	0,1																
0,02	0,118	0,2	0,041	0,1	0,014	0,1	0,004	0,1												
0,03	0,240	0,3	0,084	0,2	0,028	0,1	0,009	0,1	0,003	0,1										
0,04	0,399	0,5	0,140	0,3	0,047	0,2	0,015	0,1	0,005	0,1										
0,05	0,591	0,6	0,207	0,4	0,070	0,2	0,022	0,1	0,007	0,1	0,003	0,1								
0,06	0,816	0,7	0,286	0,4	0,096	0,3	0,030	0,2	0,010	0,1	0,004	0,1								
0,07	1,071	0,8	0,375	0,5	0,126	0,3	0,039	0,2	0,013	0,1	0,005	0,1	0,002	0,1						
0,08	1,357	0,9	0,475	0,6	0,159	0,4	0,050	0,2	0,017	0,1	0,006	0,1	0,002	0,1						
0,09	1,673	1,0	0,585	0,7	0,196	0,4	0,061	0,3	0,021	0,2	0,007	0,1	0,002	0,1						
0,10	2,017	1,1	0,704	0,7	0,236	0,5	0,073	0,3	0,025	0,2	0,009	0,1	0,003	0,1	0,001	0,1				
0,12	2,791	1,4	0,973	0,9	0,325	0,6	0,101	0,3	0,034	0,2	0,012	0,1	0,004	0,1	0,002	0,1				
0,14	3,676	1,6	1,279	1,0	0,427	0,6	0,133	0,4	0,045	0,3	0,016	0,2	0,005	0,1	0,002	0,1	0,001	0,1		
0,16	4,669	1,8	1,622	1,2	0,540	0,7	0,168	0,5	0,057	0,3	0,020	0,2	0,006	0,1	0,003	0,1	0,001	0,1		
0,18	5,768	2,0	2,000	1,3	0,665	0,8	0,206	0,5	0,070	0,3	0,024	0,2	0,008	0,1	0,003	0,1	0,001	0,1		
0,20	6,971	2,3	2,414	1,5	0,802	0,9	0,249	0,6	0,084	0,4	0,029	0,2	0,010	0,1	0,004	0,1	0,002	0,1		
0,30	14,522	3,4	4,994	2,2	1,650	1,4	0,510	0,8	0,172	0,5	0,060	0,3	0,019	0,2	0,008	0,2	0,004	0,1	0,001	0,1
0,40			8,397	2,9	2,761	1,8	0,849	1,1	0,286	0,7	0,099	0,5	0,032	0,3	0,014	0,2	0,006	0,1	0,002	0,1
0,50					4,125	2,3	1,264	1,4	0,425	0,9	0,147	0,6	0,048	0,4	0,021	0,3	0,009	0,2	0,003	0,1
0,60					5,735	2,8	1,752	1,7	0,587	1,1	0,203	0,7	0,066	0,4	0,029	0,3	0,012	0,2	0,005	0,1
0,70					7,585	3,2	2,311	2,0	0,773	1,3	0,267	0,8	0,087	0,5	0,038	0,4	0,016	0,2	0,006	0,2
0,80							2,939	2,3	0,981	1,4	0,338	0,9	0,110	0,6	0,048	0,4	0,020	0,3	0,008	0,2
0,90							3,635	2,5	1,211	1,6	0,417	1,0	0,135	0,6	0,059	0,5	0,025	0,3	0,010	0,2
1,00							4,399	2,8	1,463	1,8	0,503	1,2	0,163	0,7	0,071	0,5	0,030	0,4	0,011	0,2
1,20							6,127	3,4	2,031	2,2	0,696	1,4	0,225	0,9	0,097	0,6	0,041	0,4	0,016	0,3
1,40									2,683	2,5	0,917	1,6	0,296	1,0	0,128	0,7	0,054	0,5	0,021	0,3
1,60									3,417	2,9	1,165	1,8	0,375	1,2	0,162	0,8	0,068	0,6	0,026	0,4
1,80									4,233	3,2	1,441	2,1	0,463	1,3	0,200	0,9	0,083	0,6	0,032	0,4
2,00											1,742	2,3	0,559	1,4	0,241	1,0	0,101	0,7	0,039	0,5
2,20											2,070	2,5	0,663	1,6	0,286	1,1	0,119	0,8	0,046	0,5
2,40											2,423	2,8	0,775	1,7	0,334	1,2	0,139	0,8	0,054	0,6
2,60											2,803	3,0	0,894	1,9	0,385	1,3	0,160	0,9	0,062	0,6
2,80											3,208	3,2	1,022	2,0	0,440	1,4	0,183	1,0	0,070	0,7
3,00											3,638	3,5	1,158	2,2	0,498	1,5	0,207	1,1	0,080	0,7
3,20													1,301	2,3	0,559	1,6	0,232	1,1	0,089	0,8
3,40													1,452	2,5	0,623	1,7	0,259	1,2	0,099	0,8
3,60													1,610	2,6	0,691	1,8	0,286	1,3	0,110	0,9
3,80													1,776	2,7	0,761	1,9	0,316	1,3	0,121	0,9
4,00													1,949	2,9	0,835	2,0	0,346	1,4	0,133	1,0
4,20													2,131	3,0	0,912	2,1	0,377	1,5	0,145	1,0
4,40													2,319	3,2	0,992	2,2	0,410	1,6	0,157	1,0
4,60													2,515	3,3	1,075	2,3	0,444	1,6	0,170	1,1
4,80													2,718	3,5	1,161	2,4	0,480	1,7	0,184	1,1
5,00															1,251	2,5	0,516	1,8	0,198	1,2

## [P2] – Tlakové ztráty potrubí PP-R PN20 teplá voda

## TRUBKY PP-R S2.5 (PN20) a PP-R GFR

teplota vody = 50 °C																													
16 × 2,7 mm			20 × 3,4 mm			25 × 4,2 mm			32 × 5,4 mm			40 × 6,7 mm			50 × 8,3 mm			63 × 10,5 mm			75 × 12,5 mm			90 × 15,0 mm			110 × 18,3 mm		
Q	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	
l/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	
0,01	0,028	0,1	0,010	0,1																									
0,02	0,096	0,2	0,034	0,1	0,011	0,1	0,004	0,1																					
0,03	0,196	0,3	0,069	0,2	0,023	0,1	0,007	0,1	0,002	0,1																			
0,04	0,326	0,5	0,114	0,3	0,038	0,2	0,012	0,1	0,004	0,1																			
0,05	0,485	0,6	0,169	0,4	0,057	0,2	0,018	0,1	0,006	0,1	0,002	0,1																	
0,06	0,672	0,7	0,234	0,4	0,078	0,3	0,024	0,2	0,008	0,1	0,003	0,1																	
0,07	0,886	0,8	0,308	0,5	0,102	0,3	0,032	0,2	0,011	0,1	0,004	0,1	0,001	0,1															
0,08	1,126	0,9	0,390	0,6	0,130	0,4	0,040	0,2	0,014	0,1	0,005	0,1	0,002	0,1															
0,09	1,392	1,0	0,482	0,7	0,160	0,4	0,050	0,3	0,017	0,2	0,006	0,1	0,002	0,1															
0,10	1,684	1,1	0,582	0,7	0,193	0,5	0,060	0,3	0,020	0,2	0,007	0,1	0,002	0,1	0,001	0,1													
0,12	2,344	1,4	0,807	0,9	0,267	0,6	0,082	0,3	0,028	0,2	0,010	0,1	0,003	0,1	0,001	0,1													
0,14	3,104	1,6	1,065	1,0	0,351	0,6	0,108	0,4	0,037	0,3	0,013	0,2	0,004	0,1	0,002	0,1	0,001	0,1											
0,16	3,962	1,8	1,356	1,2	0,446	0,7	0,137	0,5	0,046	0,3	0,016	0,2	0,005	0,1	0,002	0,1	0,001	0,1											
0,18	4,918	2,0	1,679	1,3	0,551	0,8	0,169	0,5	0,057	0,3	0,020	0,2	0,006	0,1	0,003	0,1	0,001	0,1											
0,20	5,972	2,3	2,033	1,5	0,666	0,9	0,204	0,6	0,069	0,4	0,024	0,2	0,008	0,1	0,003	0,1	0,001	0,1											
0,30	12,680	3,4	4,273	2,2	1,388	1,4	0,423	0,8	0,141	0,5	0,049	0,3	0,016	0,2	0,007	0,2	0,003	0,1	0,001	0,1					0,001	0,1			
0,40			7,281	2,9	2,348	1,8	0,710	1,1	0,236	0,7	0,081	0,5	0,026	0,3	0,011	0,2	0,005	0,1	0,002	0,1					0,002	0,1			
0,50					3,541	2,3	1,065	1,4	0,353	0,9	0,121	0,6	0,039	0,4	0,017	0,3	0,007	0,2	0,003	0,1					0,003	0,1			
0,60					4,964	2,8	1,486	1,7	0,491	1,1	0,168	0,7	0,054	0,4	0,023	0,3	0,010	0,2	0,004	0,1					0,004	0,1			
0,70					6,616	3,2	1,972	2,0	0,649	1,3	0,221	0,8	0,071	0,5	0,031	0,4	0,013	0,2	0,005	0,1					0,005	0,2			
0,80							2,523	2,3	0,828	1,4	0,281	0,9	0,090	0,6	0,039	0,4	0,016	0,3	0,006	0,2					0,006	0,2			
0,90							3,138	2,5	1,027	1,6	0,348	1,0	0,111	0,6	0,048	0,5	0,020	0,3	0,008	0,2					0,008	0,2			
1,00							3,816	2,8	1,245	1,8	0,421	1,2	0,135	0,7	0,058	0,5	0,024	0,4	0,009	0,2					0,009	0,2			
1,20							5,364	3,4	1,742	2,2	0,587	1,4	0,187	0,9	0,080	0,6	0,033	0,4	0,013	0,3					0,013	0,3			
1,40									2,317	2,5	0,778	1,6	0,247	1,0	0,106	0,7	0,044	0,5	0,017	0,3					0,017	0,3			
1,60									2,971	2,9	0,994	1,8	0,315	1,2	0,135	0,8	0,056	0,6	0,021	0,4					0,021	0,4			
1,80									3,702	3,2	1,235	2,1	0,390	1,3	0,167	0,9	0,069	0,6	0,026	0,4					0,026	0,4			
2,00											1,501	2,3	0,473	1,4	0,202	1,0	0,083	0,7	0,032	0,5					0,032	0,5			
2,20											1,791	2,5	0,563	1,6	0,240	1,1	0,099	0,8	0,038	0,5					0,038	0,5			
2,40											2,106	2,8	0,660	1,7	0,281	1,2	0,116	0,8	0,044	0,6					0,044	0,6			
2,60											2,445	3,0	0,765	1,9	0,325	1,3	0,134	0,9	0,051	0,6					0,051	0,6			
2,80											2,809	3,2	0,877	2,0	0,373	1,4	0,153	1,0	0,058	0,7					0,058	0,7			
3,00											3,197	3,5	0,996	2,2	0,423	1,5	0,174	1,1	0,066	0,7					0,066	0,7			
3,20															1,123	2,3	0,476	1,6	0,195	1,1	0,074	0,8							
3,40															1,256	2,5	0,532	1,7	0,218	1,2	0,083	0,8							
3,60															1,397	2,6	0,591	1,8	0,242	1,3	0,092	0,9							
3,80															1,545	2,7	0,653	1,9	0,267	1,3	0,101	0,9							
4,00															1,701	2,9	0,718	2,0	0,293	1,4	0,111	1,0							
4,20															1,863	3,0	0,786	2,1	0,321	1,5	0,121	1,0							
4,40															2,033	3,2	0,856	2,2	0,349	1,6	0,132	1,0							
4,60															2,210	3,3	0,930	2,3	0,379	1,6	0,143	1,1							
4,80															2,394	3,5	1,006	2,4	0,410	1,7	0,155	1,1							
5,00																	1,086	2,5	0,442	1,8	0,167	1,2							

## [P3] – Technické údaje kondenzačního kotle Buderus Logamax Plus 192i

Logamax plus GB192					
	jedn.	15 l	25 l	35 l	50 l
Maximální příkon	kW	17,0	24,1	34,4	48,9
Minimální příkon	kW	2,5	2,5	5,1	6,3
Jmenovitý výkon při 80/60 °C	kW	16,7	23,8	33,7	47,9
Minimální výkon při 80/60 °C	kW	2,5	2,6	4,9	6,0
Jmenovitý výkon při 50/30 °C	kW	18	25	35	49,9
Minimální výkon při 50/30 °C	kW	2,8	2,8	5,4	6,6
Max. výkon pro ohřev TV	kW	19,3	24,1	33,7	48,9
Účinnost při max. výkonu při 80/60 °C	%	98,3	98,6	96,5	97,4
Účinnost při max. výkonu při 50/30 °C	%	106,2	103,7	101,8	102
<b>Jmenovitá spotřeba plynu</b>					
Zemní plyn E, H, E <sub>s</sub>	m <sup>3</sup> /h	2,04	2,54	3,63	5,15
Zemní plyn LL, L, E <sub>i</sub>	m <sup>3</sup> /h	2,39	2,98	4,25	6,04
Propan 3P	kg/h	1,50	1,88	2,68	3,80
<b>Připojovací tlak plynu</b>					
Připojovací tlak pro zemní plyn	mbar	20 (15 - 25)			
Připojovací tlak pro propan 3P	mbar	50 (42,5 - 57,5)			
<b>Topná voda</b>					
Max. výstupní teplota	°C	88			
Zbytková dopravní výška při ΔT = 20 K	mbar	250	266	263	225
Max. provozní tlak	bar	3 (4)	3 (4)	3 (4)	3 (4)
Objem topné vody	l	1,37	1,37	1,37	1,51
<b>Přípojky</b>					
Plyn	palec	R ½	R ½	R ½	R ¾
Topná voda - vytápění	mm	Ø 28, připojení svěřým šroubením 28			
Kondenzát	mm	Ø 30			
Topná voda - zásobník TV	mm	rychlospojka G ¾			
<b>Odvod spalin dle EN 13384</b>					
Max. množství kondenzátu při spádu 40/30 °C	l/h	2,0	2,5	3,5	5
Teplota spalin 80/60 °C, max./min. výkon	°C	59/55	62/58	69/58	71/59
Teplota spalin 50/30 °C, max./min. výkon	°C	42 / 31	46 / 30	48 / 30	50 / 30
Dispoziční tlak ventilátoru	Pa	59/80 <sup>1)</sup>	97/122 <sup>2)</sup>	101	147
Hmotnostní tok spalin při max. výkonu	g/s	8,6	10,7	15,3	21,8
Emise NO <sub>x</sub> (dle Ecodesignu)	mg/kWh	15	40	56	46
Průměr odkouření při sání z prostoru	mm	80			
Průměr odkouření při sání z venku	mm	80/125 koncentrické			
Připojení odvodu spalin	-	B <sub>23p</sub> , B <sub>33</sub> , C <sub>13(x)</sub> , C <sub>33(x)</sub> , C <sub>43(x)</sub> , C <sub>53(x)</sub> , C <sub>63(x)</sub> , C <sub>83(x)</sub> , C <sub>93(x)</sub>			
<b>Elektrické připojení</b>					
Síťové napětí, frekvence	V	230/50 Hz			
Stupeň krytí		IP X4D (X0D; B <sub>23</sub> ; B <sub>33</sub> )			
Elektrický příkon max.	W	46	73	97	156
Elektrický příkon min.	W	18	18	18	20
<b>Rozměry a hmotnost</b>					
Šířka x výška x hloubka	mm	520x735x425			
Hmotnost	kg	48	48	48	51
<b>Kondenzát</b>					
Max. množství kondenzátu (T <sub>R</sub> = 30 °C)	l/h	2,0	2,5	3,5	5
Hodnota pH kondenzátu	pH	4,5 - 8,5			

Tab. 4 Technické údaje

- 1) S přestavbovou sadou pro odkouření DN60/100
- 2) S přestavbovou sadou pro odkouření DN60/100

**Buderus**



## [P4] - Stavební sada Buderus GAL-K

## Systémy odvodu spalin pro provoz nezávislý na vzduchu v místnosti 10

## 10.7 Koncentrické vedení vzduch/spaliny samostatným potrubím spalovacího vzduchu v prostoru umístění a větraným spalinovým potrubím v šachtě se stavební sadou GAL-K

Pro kotle Logamax plus GB192i (T) lze stavební sadu GAL-K použít pouze ve spojení se stavební sadou GA-K (→ obr. 140).

Spotřebič typu C<sub>53x</sub>

Logamax plus	Maximálně přípustná celková délka L <sup>1)</sup>	Zkrácení celkové stavební délky pro každou dodatečnou změnu směru trubky <sup>2)</sup>	
	[m]	87°	45°
<b>Průměr spalinové trubky DN80/125</b>			
GB192-15i	28	2,0 m	1,0 m
GB192-25i	28	2,0 m	1,0 m
GB192-30 iT40S	29	2,0 m	1,0 m
GB192-35i	37	2,0 m	1,0 m
GB192-50i	24	2,0 m	1,0 m

Tab. 60 Maximálně přípustná celková stavební délka spalinového potrubí (→ obr. 140)

- 1) Stavební délky platí včetně ohybů obsažených v základní stavební sadě; vodorovná délka L<sub>1</sub> = 2 m, L<sub>2</sub> = 5 m
- 2) Zohlednit lze maximálně tři zkrácení pro dodatečná kolena nebo revizní kolena; více než tři změny směru trubky je nutné v jednotlivém případě prověřit.

Logamax plus	Maximálně přípustná celková délka L <sup>1)</sup>	Zkrácení celkové stavební délky pro každou dodatečnou změnu směru trubky <sup>2)</sup>	
	[m]	87°	45°
<b>Zkrácení celkové stavební délky pro každou dodatečnou změnu směru trubky</b>			
GB192-15iT	28	2,0 m	1,0 m
GB192-25iT	28	2,0 m	1,0 m

Tab. 61 Maximálně přípustná celková stavební délka spalinového potrubí (→ obr. 140)

- 1) Stavební délky platí včetně ohybů obsažených v základní stavební sadě; vodorovná délka L<sub>1</sub> = 2 m, L<sub>2</sub> = 5 m
- 2) Zohlednit lze maximálně tři zkrácení pro dodatečná kolena nebo revizní kolena; více než tři změny směru trubky je nutné v jednotlivém případě prověřit.

## Dostatečný přívod spalovacího vzduchu

Stavební sada GAL-K je vhodná k rekonstrukci starších budov, nemůže-li být spalovací vzduch nasáván stávající komínovou šachtou (→ str. 124). Dostatečné zásobování spalovacím vzduchem z venkovního prostoru je zajištěno samostatným přívodem vzduchu v prostoru umístění.

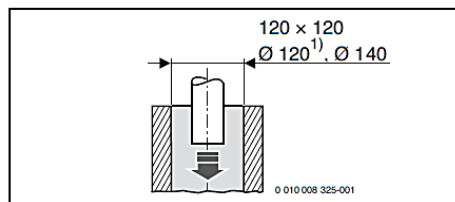


Otvor pro přívod vzduchu a vyústění spalinové šachty musejí být umístěné na téže straně budovy (stejná tlaková oblast).

Minimální rozměry průřezu šachty je třeba dodržet, aby zbývající volný průřez postačoval pro odvětrávání spalinového potrubí (→ obr. 139).

## Minimální rozměry a revizní otvory

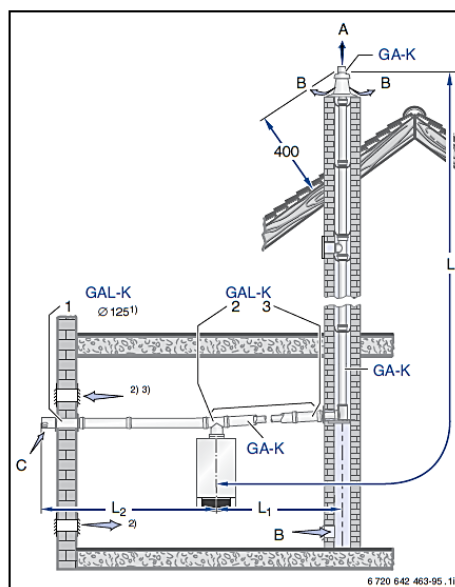
Revizní otvory je třeba naprojektovat podle předpisů.



Obr. 139 Minimální rozměry průřezu šachty pro montáž odvodu spalin (rozměry v mm)

- 1) Potřebný průřez šachty podle systémové certifikace při její drsnosti ≤ 1,5 mm

## Stavební sada GAL-K ve spojení se stavební sadou GA-K



Obr. 140 Montážní varianta (rozměry v mm)

- A Spaliny
- B Zadní odvětrání
- C Přívod vzduchu
- 1) Trubka přívodu vzduchu
- 2) Pro kotel > 35 kW otvor nebo otvory do venkovního prostoru
- 3) Pro kotel ≤ 35 kW je pro přívod větracího vzduchu pro odvětrávání podle DVGW-TRGI 2008 možné propojení místností

## [P5] – Technické parametry třicestného ventilu LDM RV 102 E



Další technické parametry ventilů s pohony

**Ekorex+  
ZPA Nová Paka  
Regada**

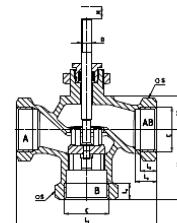
### Průtokové součinitele Kvs a diferenční tlaky

Hodnota  $\Delta p_{max}$  je maximální tlakový spád na ventilu, při kterém je zaručeno spolehlivé otevření a zavření. Z důvodu životnosti sedla a kuželky se doporučuje, aby trvalý tlakový spád u ventilů RV 102 nepřekročil hodnotu 0.6 MPa a u ventilů RV 103 hodnotu 0.4 MPa.

Další informace o ovládání viz. katalogové listy pohonů		Ovládání (pohon)					Ruční kolo	PIKO 524 65	PTN1 MIKRO 655	ST MINI	PTN1 MIKRO 655	STR 0	PTN2.20
		Označení v typovém čísle					R	END	ERA, ENA	EPR	ERA, ENA	EPK	ERB
		Osová síla						250 N	600 N	1100 N	1200 N	1800 N	2000 N
DN	H	Kvs [m <sup>3</sup> /hod]					$\Delta p_{max}$ MPa	$\Delta p_{max}$ MPa	$\Delta p_{max}$ MPa	$\Delta p_{max}$ MPa	$\Delta p_{max}$ MPa	$\Delta p_{max}$ MPa	$\Delta p_{max}$ MPa
		1	2	3	4	5							
15	10	4.0	2.5	1.6	1.0	0.63	1.60	0.81	1.60	1.60	1.60	1.60	
20		6.3	4.0	2.5	---	---	1.10	0.45	1.32	1.60	1.60	1.60	
25	16	10.0	6.3	4.0	---	---	0.70	0.28	0.85	1.60	1.60	1.60	
32		16.0	10.0	6.3	---	---	0.45	0.16	0.52	1.04	1.14	1.60	
40		25.0	16.0	10.0	---	---	0.28	0.10	0.33	0.67	0.74	1.15	
50		40.0	25.0	16.0	---	---	0.16	0.05	0.19	0.40	0.44	0.69	

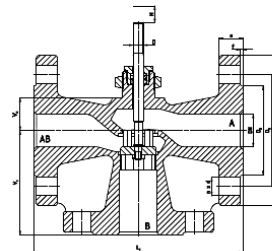
### Rozměry a hmotnosti ventilů RV 102 E

DN	C	L <sub>1</sub> mm	L <sub>2</sub> mm	L <sub>3</sub> mm	V <sub>1</sub> mm	V <sub>2</sub> mm	S mm	H mm	D mm	MIX m	2-cest m
15	G 1/2	85	9	12	43	25	27	10	M8x1	0.55	0.6
20	G 3/4	95	11	14	48	25	32			0.65	0.75
25	G 1	105	12	16	53	25	41	0.80		0.95	
32	G 1 1/4	120	14	18	66	35	50	1.40		1.65	
40	G 1 1/2	130	16	20	70	35	58	2.00		2.3	
50	G 2	150	18	22	80	42	70	2.95	3.5		

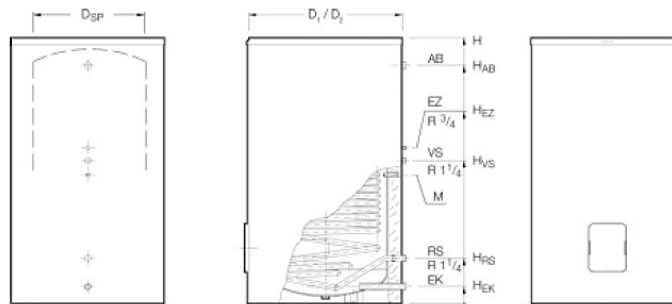


### Rozměry a hmotnosti ventilů RV 103 E

DN	D <sub>1</sub> mm	D <sub>2</sub> mm	D <sub>3</sub> mm	n x d mm	a mm	f mm	L <sub>1</sub> mm	V <sub>1</sub> mm	V <sub>2</sub> mm	H mm	D mm	MIX m	2-cest m
15	95	65	45	4x14	16	2	130	65	25	10	M8x1	3.2	4.0
20	105	75	58				150	75	25			4.3	5.4
25	115	85	68	18	3	160	80	25	5.5	6.8			
32	140	100	78			180	90	35	7.7	9.7			
40	150	110	88	4x18	20	200	100	35	8.5	10.9			
50	165	125	102			230	115	42	11.9	15.6			



## [P6] – Technická data zásobníku teplé vody Buderus Logalux SU500.5

**I - Technická data Logalux SU500.5 -SU1000.5**

M : jímka Ø 19,5 mm pro tepl. čidlo

Typ zásobníku			SU500.5	SU750.5	SU1000.5
Objem zásobníku		l	500	740	960
Průměr zásobníku třídy ErP C	D <sub>1</sub>	mm	780 <sup>1)</sup>	960 <sup>3)</sup>	1070 <sup>3)</sup>
Průměr zásobníku třídy ErP B	D <sub>2</sub>	mm	850 <sup>2)</sup>	1020 <sup>4)</sup>	1130 <sup>4)</sup>
Průměr bez tepelné izolace	D <sub>SP</sub>	mm	770	790	900
Výška	H	mm	1870	1920	1920
Klopná míra		mm	1941	1851	1883
Výška místnosti <sup>5)</sup>		mm	2300	2450	2500
Vstup otopné vody	H <sub>VS</sub>	mm	928	1004	1037
Zpátečka	H <sub>RS</sub>	mm	292	314	330
Vstup studené vody	Ø EK	DN	R 1 1/4	R 1 1/2	R 1 1/2
	H <sub>EK</sub>	mm	131	144	152
Cirkulace	H <sub>EZ</sub>	mm	1128	1114	1147
Výstup teplé vody	Ø AB	DN	R 1 1/4	R 1 1/4	R 1 1/2
	H <sub>AB</sub>	mm	1731	1698	1665
Teplosměnná plocha výměníku		m <sup>2</sup>	2,2	3,0	3,7
Objem otopné vody		l	17	23,8	29,6
Pohotovostní tepelná ztráta <sup>5)</sup>		kWh/24h	2,59 <sup>1)</sup> / 1,87 <sup>2)</sup>	2,76 <sup>3)</sup> / 2,11 <sup>4)</sup>	3,34 <sup>3)</sup> / 2,33 <sup>4)</sup>
Hmotnost netto <sup>6)</sup>		kg	174 <sup>1)</sup> / 179 <sup>2)</sup>	241 <sup>3)</sup> / 250 <sup>4)</sup>	292 <sup>3)</sup> / 302 <sup>4)</sup>
Maximální provozní tlak otopné vody		bar	16 otopná voda / 10 teplá voda		
Maximální provozní teplota		°C	160 otopná voda / 95 teplá voda		

Typ zásobníku		SU500.5-B(C)	SU750.5-B(C)	SU1000.5-B(C)
Směrnice EU o energetické účinnosti s izolací 65 mm <sup>1)</sup>				
Energetická třída		B (C)	B (C)	B (C)
Stálá ztráta	W	78 (108)	88 (115)	97 (139)
Užitný objem	l	500	740	960

**- Výkonová data teplé vody**

Velkost	Teplota otopné vody	Výkonové číslo NL <sup>1)</sup> při teplotě 60°C	Trvalý výkon teplé vody při výstupní teplotě vody <sup>2)</sup>				Průtok otopné vody m <sup>3</sup> /h	Tlaková ztráta mbar
			45 °C		60 °C			
			l/h	kW	l/h	kW		
SU500.5	80°C	18,2	1620	66,4	968	56,3	5,9	350
SU500.5		17,5	1390	56,6	801	46,6	2,0	49
SU750.5	80°C	22,5	2546	103,6	1438	83,6	5,53	350
SU750.5		19	2002	81,5	1123	65,3	2,6	90
SU1000.5	80°C	30,4	2747	111,8	1687	98,1	5,15	350
SU1000.5		27,3	2081	84,8	1206	70,2	2,4	90

## [P7] - Ukázkový výpočet vnitřního vodovodu pro byt 1.5

úsek SV		jmenovitý výtok QA [l/s]		ΣLU	ΣQA [l/s]	OD [l/s]	da x s [mm]	POMOC v	POMOC R	v [m/s]	l [m]	R [kPa/m]	I*R [kPa]	Σζ			ΔpF [kPa]	i*R+ΔpF [kPa]
		0,1	0,2											0,3	T-kus (odbočka)	T-kus (přímo)		
BYT 1.5		(myčka, WC, umyvadlo) (pračka, dřez, sprcha)																
		přibývá	celkem	přibývá	celkem													
1	1	1	1	1	0,1	0,10	16 x 2,7	3	2	1,12	1,03	2,01	2,07	1	1	3,15	1,96	4,04
2		1	1	2	0,2	0,20	20 x 3,2	5	4	1,46	0,35	2,42	0,85	1	1	2,05	2,18	3,03
3		1	1	3	0,3	0,30	25 x 4,2	7	6	1,38	0,46	1,65	0,76	1	1	1,10	1,05	1,81
4	1	1	1	1	0,1	0,10	16 x 2,7	3	2	1,12	0,72	2,01	1,45	1	1	3,55	2,21	3,66
5		2	1	4	0,4	0,39	25 x 4,2	7	6	1,79	0,26	2,64	0,69	1	1	1,65	2,65	3,34
6		1	1	2	0,2	0,20	20 x 3,2	5	4	1,46	0,24	2,42	0,58	1	1	2,05	2,18	2,77
7		2	2	6	0,6	0,45	32 x 5,4	9	8	1,28	1,49	1,06	1,58	1	1	1,10	0,90	2,48
8	1	1	1	1	0,1	0,10	16 x 2,7	3	2	1,12	0,24	2,01	1,48	1	1	2,05	1,28	1,76
9		3	2	7	0,7	0,48	32 x 5,4	9	8	1,36	0,79	1,19	0,94	1	1	1,10	1,02	1,96
10		1	1	2	0,2	0,20	25 x 4,2	7	6	0,93	2,54	0,80	2,03	1	1	3,55	1,54	3,57
11		3	3	9	0,9	0,53	32 x 5,4	9	8	1,51	0,31	1,42	0,44	2	1	4,50	5,10	5,54
úsek TV		jmenovitý výtok QA [l/s]		ΣLU	ΣQA [l/s]	OD [l/s]	da x s [mm]	POMOC v	POMOC R	v [m/s]	l [m]	R [kPa/m]	I*R [kPa]	Σζ			ΔpF [kPa]	i*R+ΔpF [kPa]
		0,1	0,2											0,3	T-kus (odbočka)	T-kus (přímo)		
		(umyvadlo)	(dřez, sprcha)															
		přibývá	celkem	přibývá	celkem													
1				0	0	0,00		###	###	#####			#####			0,00	#####	0,00
2		1	1	2	0,2	0,20	20 x 3,2	5	4	1,46	0,35	2,05	0,72	1	1	1,50	1,60	2,32
3		1	1	2	0,2	0,20	20 x 3,2	5	4	1,46	0,46	2,05	0,94	1	1	1,10	1,17	2,11
4	1	1	1	1	0,1	0,10	16 x 2,7	3	2	1,12	0,72	1,68	1,21	1	1	3,55	2,21	3,42
5		1	1	3	0,3	0,30	20 x 3,2	5	4	2,19	0,26	4,29	1,11	1	1	1,10	2,64	3,75
6		1	1	2	0,2	0,20	20 x 3,2	5	4	1,46	0,24	2,05	0,49	1	1	2,05	2,18	2,68
7		1	2	5	0,5	0,42	25 x 4,2	7	6	1,93	1,49	2,59	3,86			0,00	0,00	3,86
8		1	2	0	0	0,00		###	###	#####			#####			#####	#####	0,00
9		1	2	5	0,5	0,42	25 x 4,2	7	6	1,93	0,79	2,59	2,05			0,00	0,00	2,05
10		1	2	0	0	0,00		###	###	#####			#####			#####	#####	0,00
11		1	2	5	0,5	0,42	25 x 4,2	7	6	1,93	0,31	2,59	0,80	2	1	4,50	8,36	9,17

## [P8] - Ukázkový výpočet vnitřní kanalizace pro byt 1.5

ST. č.18	zařizovací předmět		DU [l/s]		ΣDU	Q <sub>ww</sub> [l/s]	Q <sub>ww</sub> [l/s]	Q <sub>c</sub> [l/s]	Q <sub>p</sub> [l/s]	Q <sub>tot</sub> [l/s]	DN <sub>vypočteno</sub>	pomoc		DN <sub>min</sub>	DN <sub>návrh</sub>
1	WC	-	1,8	0	1,8	0,67	1,8			1,80	90	0	100	100	
2	pračka	-	0,8	0	0,8	0,45	0,8			0,80	60	0	0	60	
3	-	-	0	0	0	0,00	0			0,00	0	0	0	0	
4	-	-	0	0	0	0,00	0			0,00	0	0	0	0	
5	-	-	0	0	0	0,00	0			0,00	0	0	0	0	
6	-	-	0	0	0	0,00	0			0,00	0	0	0	0	
7	-	-	0	0	0	0,00	0			0,00	0	0	0	0	
8	-	-	0	0	0	0,00	0			0,00	0	0	0	0	
9	-	-	0	0	0	0,00	0			0,00	0	0	0	0	
10	-	-	0	0	0	0,00	0			0,00	0	0	0	0	
11	-	-	0	0	0	0,00	0			0,00	0	0	0	0	
ST. č.19	zařizovací předmět		DU [l/s]		ΣDU	Q <sub>ww</sub> [l/s]	Q <sub>ww</sub> [l/s]	Q <sub>c</sub> [l/s]	Q <sub>p</sub> [l/s]	Q <sub>tot</sub> [l/s]	DN <sub>vypočteno</sub>	pomoc		DN <sub>min</sub>	DN <sub>návrh</sub>
1	myčka	-	0,8	0	0,8	0,45	0,8			0,80	60	0	0	60	
2	dřez	-	0,8	0	0,8	0,45	0,8			0,80	60	70	0	70	
3	myčka	dřez	0,8	0	1,6	0,63	0,8			0,80	60	70	0	70	
4	umyvadlo	-	0,5	0	0,5	0,35	0,5			0,50	50	0	0	50	
5	myčka	dřez	0,8	0,5	2,1	0,72	0,8			0,80	60	70	0	70	
6	sprcha	-	0,6	0	0,6	0,39	0,6			0,60	50	0	0	50	
7	myčka	dřez	0,8	0,5	2,7	0,82	0,822			0,82	60	70	0	70	
8	-	-	0	0	0	0,00	0			0,00	0	0	0	0	
9	-	-	0	0	0	0,00	0			0,00	0	0	0	0	
10	-	-	0	0	0	0,00	0			0,00	0	0	0	0	
11	-	-	0	0	0	0,00	0			0,00	0	0	0	0	