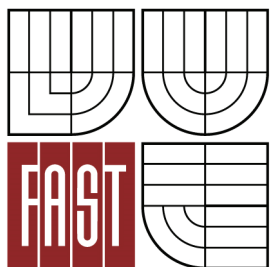




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

NÁVRH VYTÁPĚNÍ BYTOVÉHO DOMU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JIŘÍ MACEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. LENKA MAUREROVÁ

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608R001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Jiří Macek
Název	Návrh vytápění bytového domu
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Lenka Maurerová
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2012
Datum odevzdání bakalářské práce	24. 5. 2013
V Brně dne 30. 11. 2012	

.....
doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

Zásady pro vypracování

- práce bude zpracována v souladu s platnými předpisy (zákony, vyhláškami, normami) pro navrhování zařízení techniky staveb

- obsah a uspořádání práce dle směrnice FAST:

- a) titulní list
- b) zadání VŠKP
- c) abstrakt v českém a anglickém jazyce, klíčová slova v českém a anglickém jazyce,
- d) bibliografická citace VŠKP dle ČSN ISO 690
- e) prohlášení autora o původnosti práce, podpis autora,
- f) poděkování (nepovinné)
- g) obsah
- h) úvod
- i) vlastní text práce s touto osnovou:
 - A. Teoretická část – literární rešerše ze zadaného tématu, rozsah 15 až 20 stran
 - B. Výpočtová část
 - analýza objektu – koncepční řešení vytápění objektu, volba zdroje tepla,
 - výpočet tepelného výkonu,
 - energetický štítek obálky budovy,
 - návrh otopných ploch,
 - návrh zdroje tepla,
 - návrh přípravy teplé vody, event. dalších spotřebičů tepla,
 - dimenzování a hydraulické posouzení potrubí, návrh oběhových čerpadel
 - návrh zabezpečovacího zařízení,
 - návrh výše nespecifikovaných zařízení, jsou – li součástí soustavy
 - roční potřeba tepla a paliva
 - C. Projekt – úroveň prováděcího projektu: půdorysy + legenda, 1:50 (1:100), schéma zapojení otopných těles - / 1:50 (1:100), půdorys (1:25, 1: 20) a schéma zapojení zdroje tepla, technická zpráva.
- j) závěr
- k) seznam použitých zdrojů
- l) seznam použitých zkratk a symbolů
- m) seznam příloh
- n) přílohy – výkresy

Vše bude svázáno pevnou vazbou. Volné dokumenty (metadata, prohlášení o shodě, posudky, výsledky obhajoby) budou vloženy do kapsy na přední straně desek, výkresy budou poskládány a uloženy jako příloha v kapse na zadní straně desek.

Předepsané přílohy

.....
Ing. Lenka Maurerová
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Projekt bakalářské práce se zabývá návrhem systému vytápění bytového domu.

Objekt má suterén a tři nadzemní podlaží. V každém nadzemním podlaží jsou dvě bytové jednotky.

Objekt je vytápěn deskovými a trubkovými otopnými tělesy.

Zdroj tepla (plynový kondenzační kotel) je umístěn v technické místnosti.

Klíčová slova

desková tělesa, trubková tělesa plynový kondenzační kotel, zabezpečovací zařízení, příprava teplé vody, tepelná ztráta

Abstract

This bachelor works deals concerned with design of heating in the residential house.

The object has basement and three floors. In each floor there are two residentail units.

The object is heated by means of panel and tubular heaters.

The heat source (gas condensing boiler) is located in a technical room

Keywords

panel heaters, tubular heaters, gas condensing boiler, alarm system, hot service water system, heat loss

Bibliografická citace VŠKP

MACEK, Jiří. *Návrh vytápění bytového domu*. Brno, 2013. 58 stran, 12 výkresů a 39 listů příloh Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Lenka Maurerová.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24.5.2013

.....
podpis autora
Jiří Macek

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval všem, kteří mi při vypracování bakalářské práce pomáhali. Zejména chci poděkovat vedoucí práce Ing. Lence Maurerové za její ochotu, pomoc při vypracování a užitečné rady.

OBSAH

ÚVOD.....	9
A. TEORETICKÁ ČÁST	10
1 KULOVÉ KOHOUTY.....	11
1.1 POPIS KULOVÉHO KOHOUTU	11
1.2 POUŽITÍ KULOVÉHO KOHOUTU	11
1.3 ROZMĚRY KULOVÝCH KOHOUTŮ	12
1.4 TLAKOVÁ ZTRÁTA	12
2 ZPĚTNÁ KLAPKA	14
2.1 POPIS ZPĚTNÉ KLAPKY	14
2.2 POUŽITÍ ZPĚTNÉ KLAPKY	14
2.3 ROZMĚRY ZPĚTNÉ KLAPKY	14
2.4 TLAKOVÁ ZTRÁTA ZPĚTNÉ KLAPKY	15
3 FILTR.....	15
3.1 POPIS FILTRU	15
3.2 POUŽITÍ FILTRU	16
3.3 ROZMĚRY FILTRU.....	16
3.4 TLAKOVÉ ZTRÁTY FILTRU	16
4 POJISTNÝ VENTIL.....	17
4.1 POPIS POJISTNÉHO VENTILU	17
4.2 POUŽITÍ POJISTNÉHO VENTILU	17
4.3 ROZMĚRY POJISTNÉHO VENTILU	18
5 AUTOMATICKÝ ODVZDUŠŇOVACÍ VENTIL	18
5.1 POPIS AUTOMATICKÉHO ODVZDUŠŇOVACÍHO VENTILU	18
5.2 ROZMĚRY A VÝKON AUTOMATICKÉHO ODVZDUŠŇOVACÍHO VENTILU	19
6 VYPOUŠTĚCÍ KULOVÝ KOHOUT, S HADICOVOU VÝVODKOU A ZÁTKOU ..	20
6.1 POPIS A POUŽITÍ VYPOUŠTĚCÍHO VENTILU.....	20
6.2 ROZMĚRY VYPOUŠTĚCÍHO VENTILU	20
7 TROJCESTNÝ VENTIL	20
7.1 POPIS TROJCESTNÉHO VENTILU	20
7.2 MOTORIZACE TROJCESTNÉHO VENTILU.....	21
7.3 TLAKOVÉ ZTRÁTY TROJCESTNÉHO VENTILU	22

B. VÝPOČTOVÁ ČÁST	23
8 ANALÝZA OBJEKTU	24
9 VÝPOČET SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA.....	24
9.1 VÝPOČET SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA U STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ.....	24
9.2 VÝPOČET SOUČiniteLE PROSTUPU STAVEBNÍCH VÝPLNÍ.....	25
9.3 SHRnutí VYPOČítANÝCH HODNOT SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA	26
10 VÝPOČET TEPELNÉHO VÝKONU	26
10.1 POSTUP VÝPOČTU TEPELNÉ ZTRÁTY MÍSTNOSTI.....	28
10.1.1 TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM	28
10.1.1.1 MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA DO VENKOVNÍHO PROSTŘEDÍ	28
10.1.1.2 MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PŘES NEVYTÁPĚNÝ PROSTOR	28
10.1.1.3 MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA ZEMINOU	29
10.1.1.4 MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA Z/DO PROSTOR S ODLÍŠNOU TEPLOTOU	29
10.1.2 TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM	30
11 ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY	31
12 NÁVRH OTOPNÝCH PLOCH	35
13 NÁVRH ZDROJE TEPLA	37
14 NÁVRH PŘÍPRAVY TEPLÉ VODY.....	37
14.1 POSTUP VÝPOČTU ZÁSOBNÍKOVÉHO OHŘEVU TEPLÉ VODY.....	38
14.2 NÁVRH OHŘÍVAČE A ZÁSOBNÍKŮ TEPLÉ VODY	40
15 DIMENZOVÁNÍ A HYDRAULICKÉ POSOUZENÍ POTRUBÍ, NÁVRH OBĚHOVÝCH ČERPADEL	40
15.1 POSTUP DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ.....	40
15.2 NÁVRH OBĚHOVÝCH ČERPADEL	41
16 NÁVRH ZABEZPEČOVACÍHO ZAŘÍZENÍ.....	44
16.1 NÁVRH EXPANZNÍ NÁDOBY	44
16.1.1 VÝPOČET EXPANZNÍ NÁDOBY	44
16.1.2 VÝPOČET PRŮMĚRU POTRUBÍ EXPANZNÍ NÁDOBY	44
16.2 NÁVRH POJISTNÉHO ZAŘÍZENÍ	45
16.2.1 VÝPOČET PRŮŘEZU SEDLA POJISTNÉHO VENTILU	45
17 POTŘEBA TEPLA PRO VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TEPLÉ VODY.....	46
C. PROJEKT	47
18 TECHNICKÁ ZPRÁVA.....	48
18.1 ÚVOD	48
18.1.1 OZNAČENÍ STAVBY A POZEMKU	48

18.1.2	UMÍSTĚNÍ A POPIS OBJEKTU.....	48
18.2	TEPELNĚ TECHNICKÉ PARAMETRY KONSTRUKCÍ.....	48
18.3	ZDROJ TEPLA.....	48
18.4	ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ	49
18.5	OTOPNÁ SOUSTAVA	49
18.6	OTOPNÁ TĚLESA.....	50
18.7	OBĚHOVÉ ČERPADLA	50
18.8	REGULACE	50
18.9	PLNĚNÍ A VYPOUŠTĚNÍ OTOPNÉ SOUSTAVY	50
18.10	MONTÁŽ, UVEDENÍ DO PROVOZU	51
18.10.1	ZDROJ	51
18.10.2	OTOPNÁ SOUSTAVA	51
18.10.3	OTOPNÁ ZKOUŠKA	51
18.10.4	ZPŮSOB OBSLUHY A OVLÁDÁNÍ.....	51
18.11	BEZPEČNOST PŘI PROVOZU A POUŽÍVÁNÍ ZAŘÍZENÍ	51
18.12	NÁVRH TEPELNÝCH IZOLACÍ ROZVODŮ	52
19	ZÁVĚR.....	53
20	POUŽITÉ ZDROJE	54
21	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ	57
	PŘÍLOHY	58
A.	VÝPOČTOVÁ ČÁST	58
B.	VÝKRESOVÁ ČÁST	58

ÚVOD

Náplní této bakalářské práce je návrh vytápění a přípravy teplé vody v novostavbě bytového domu. Práce je rozdělena do tří částí.

První část je teoretická. Řeším zde armatury použité v praktické části bakalářské práce. Hlavním cílem je popis funkce armatur, jejich vlastnosti a použití v otopné soustavě.

Druhá část je výpočtová. Po celkové analýze objektu pokračuje výpočtem součinitelů prostupu tepla, energetickým štítkem budovy, výpočtem tepelných ztrát, návrhem otopných ploch, zdroje tepla a přípravy teplé vody. Dále se zabývá dimenzováním otopné soustavy, návrhem zabezpečovacího zařízení a roční potřebou tepla.

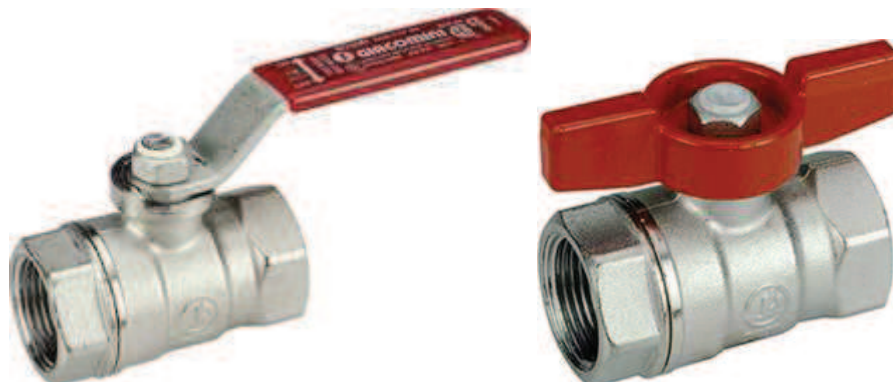
Třetí část obsahuje výkresovou dokumentaci a technickou zprávu.

A. TEORETICKÁ ČÁST

Armatury použité v bakalářské práci

1 KULOVÉ KOHOUTY

Kulový kohout nátrubkový TYP: R250D, R251D (obr. 1.1)



Obr. 1.1 [1]

1.1 Popis kulového kohoutu

Kohouty se skládají z těla kohoutu, otáčivé části a ovládacího zařízení. Uzavírají a otevírají se pootočením ovládacího zařízení o 90°. Otevírání je velmi rychlé, což způsobuje hlavní nevýhodu tohoto kohoutu - rázy v potrubí. Výhodou je velice malá tlaková ztráta, protože v kohoutu nedochází ke změně směru průtoku vody či k zúžení proudu.

Kulový kohout slouží jako armatura k uzavírání průtoku látek kapalných či plyných. Kohout nevyžaduje žádnou zvláštní údržbu. Vlastní tělo kohoutu je sešroubováno a slepeno, tento spoj nesmí být demontován. Pro zaručení těsnosti jsou zakázány veškeré činnosti působící ve směru povolování spoje těla kohoutu. Kohout nesmí být rozebrán, smontován a znovu použit. Při jakémkoliv poškození (mimo výměny vrtulky, nebo páčky), musí být kohout vyměněn za nový. Rozvod potrubí musí být proveden tak, aby byla zaručena souosost bez ohybového pnutí na kohout. Na kohout nesmí být působeno rázy.

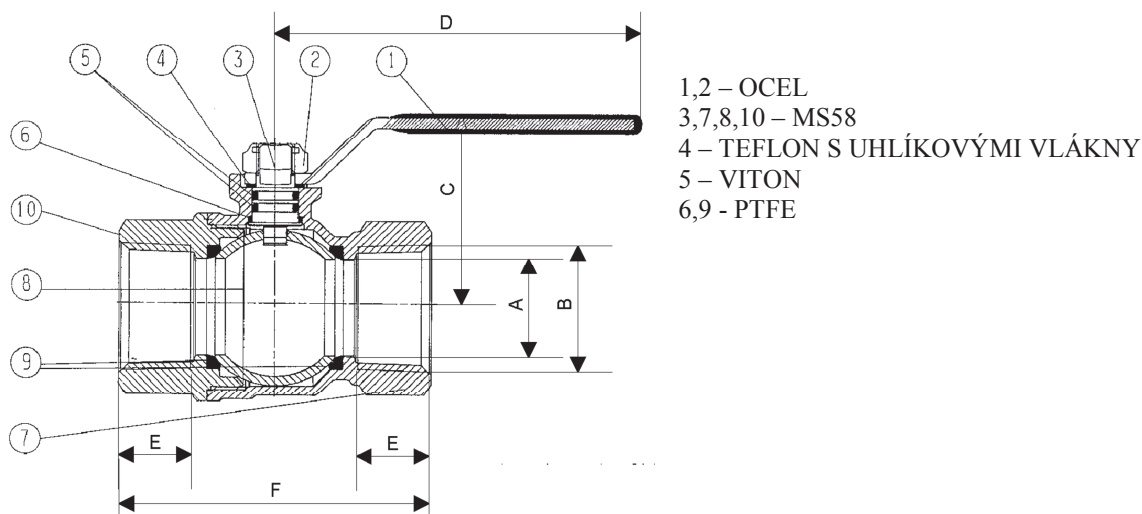
1.2 Použití kulového kohoutu

V otopných soustavách se užívají ve všech úrovních, od otopného tělesa, přes stoupačku, větev až po zdroj tepla.

- základní provozní tekutiny: voda (pitná ČSN 75 7111:1989, teplá užitková voda, topná voda), vzduch, pára do 150°C, benzín, nafta, olej (minerální, hydraulický, syntetický), argon, parafin, freon, kerosin, methanol, glykol.
- teplota okolí: -40 až +100°C,
- provozní teplota média: - 40°C až +185°C,
- voda bez nemrznoucích přísad – minimální teplota 0°C
- pára -max. teplota 150°C
- průtok: obousměrný
- maximální podtlak: -50 kPa [2]

1.3 Rozměry kulových kohoutů

Rozměry kulových kohoutů dle obr 1.2

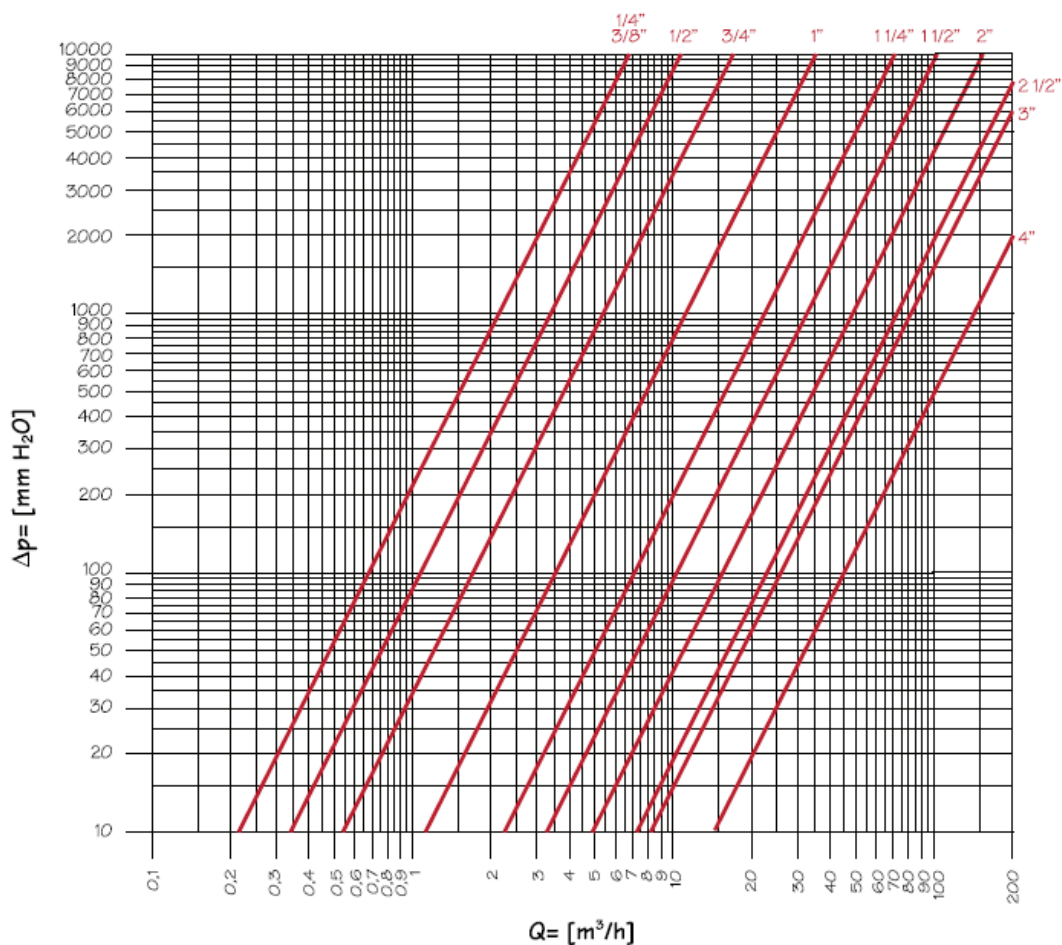


Provedení	A	B	C	D	E	F	PN
1/4"	8	1/4"	26.1	42	11.5	42.5	42
3/8"	10	3/8"	32.5	78	10.5	45	42
1/2"	12.7	1/2"	33.7	78	14	54	42
3/4"	17.5	3/4"	45.5	96	14	62	42
1"	22.5	1"	49.6	96	17.5	71	35
1" 1/4	28	1" 1/4	53.7	96	18	84	35
1" 1/2	35	1" 1/2	68	138	18.5	93	35
2"	45	2"	73.5	138	19.5	107	35
2" 1/2	58	2" 1/2	101	172	30.2	143	28
3"	68	3"	109	172	33.3	160	28
4"	90	4"	131	185	39.3	203	28

Obr. 1.2 [2]

1.4 Tlaková ztráta

Tlaková ztráta kulových kohoutů je dána geometrií těla kohoutu a výrobce ji zjišťuje laboratorním měřením. Znalost závislosti tlakové ztráty na provozních podmínkách je důležitá pro správnou regulaci systému. Obrázek 2.3 znázorňuje závislost tlakové ztráty na průtoku kapaliny.



Obr. 1.3 [3]

Pro proudící vodu se tlaková ztráta s použitím koeficientu K_v určí z následujícího vztahu:

$$\Delta p = (Q/K_v)^2$$

Kde: Δp = tlaková ztráta v [bar]

Q = průtok v [m^3/h]

K_v = koeficient pro daný kulový kohout

Pokud je potřeba vyjádřit tlakovou ztrátu v mm vodního sloupce a průtok v l/h, použijeme následující vzorec:

$$\Delta p = (Q/K_v)^2 \cdot (1/100)^2$$

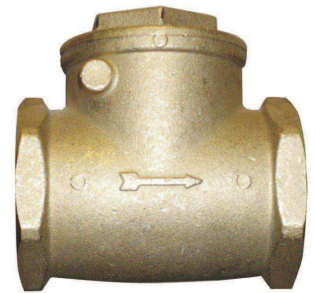
Kde: Δp = tlaková ztráta v [mm H₂O]

Q = průtok v [l/h]

K_v = koeficient pro daný kulový kohout

2 ZPĚTNÁ KLAPKA

Zpětná klapka typ N6



Obr. 2.1 [4]

2.1 Popis zpětné klapky

Zpětná klapka (obr. 2.1) zajišťuje průtok média jedním směrem. Tělo se skládá ze sedla a klapky. Na sedlo dosedá klapka, která je otočně ukotvena. Často neobsahuje žádnou pružinu a díky malému tření v uložení a velké vlastní ploše reaguje na směr průtoku média. Vyznačuje se menší těsností, ale také menší tlakovou ztrátou než zpětný ventil. [5]

2.2 Použití zpětné klapky

Zpětnou klapku umisťuje tam, kde nechceme, aby se kapalina vracela zpět. Používáme ji jak ve vodoměrné sestavě, tak (jako v mém případě) v otopné soustavě. Směr proudění vody v rozvodu musí odpovídat šípce na těle ventilu.

2.3 Rozměry zpětné klapky

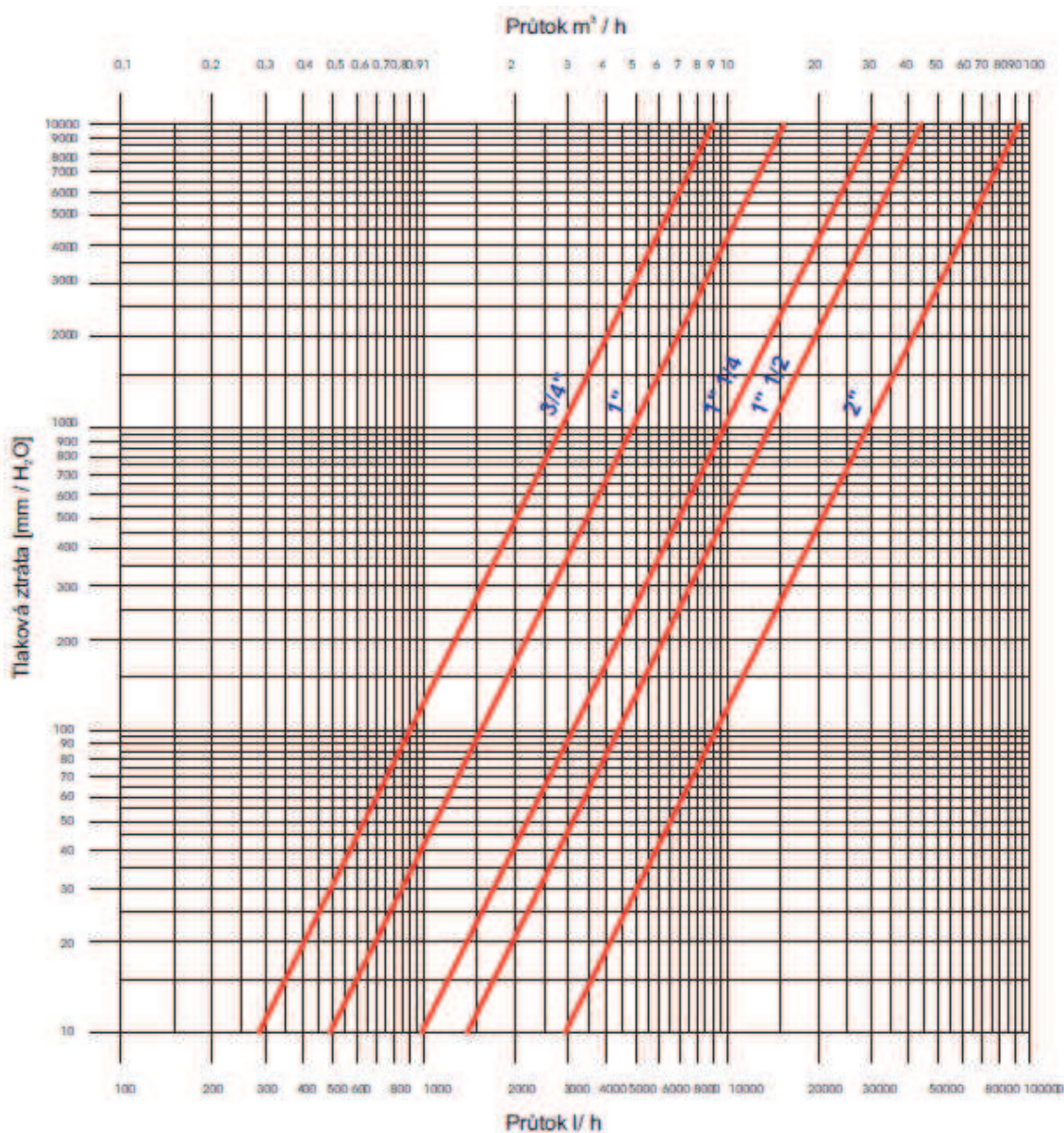
Rozměry zpětné klapky jsou znázorněny na obrázku 2.2



Obr 2.2 [6]

2.4 Tlaková ztráta zpětné klapky

Tlaková ztráta zpětné klapky je dána průtokem vody v m^3/h (obr. 2.3)



Obr. 2.3 [6]

3 FILTR

TYP: R74A (obr. 3.1)

3.1 Popis filtru

Během provozu topného systému a oběhu topné vody se postupně systém zanáší nečistotami např. inkrustacemi, rzí, vodním kamenem apod.



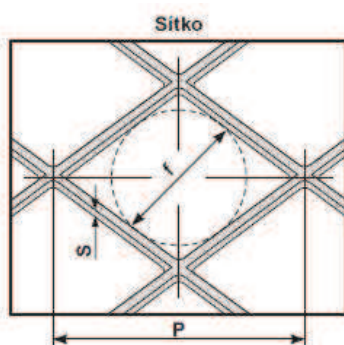
Obr. 3.1 [7]

Některé tyto nečistoty se uvolňují a způsobují chybnou funkci některých armatur (pojistňovacích ventilů, termostatických ventilů atd.). Z těchto důvodů se do systému přidává filtr, který zachytí tyto nečistoty. [8]

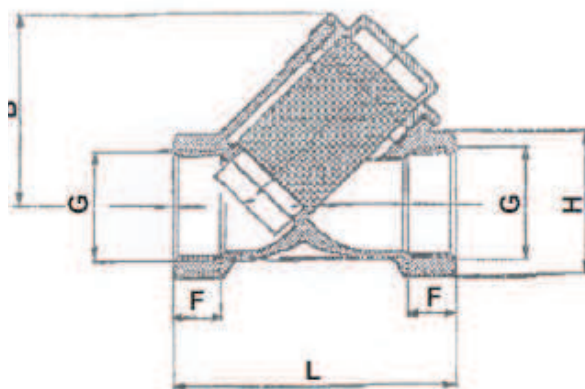
3.2 Použití filtru

Filtr R74A se používá v rozvodech topné vody, kde pomocí nerezového síta zachycuje nečistoty v systému. Filtr se montuje do rozvodů prostřednictvím vnitřních závitů. Závitů na trubkách nebo šroubeních těsníme teflonovou páskou nebo tekutými prostředky. Směr proudění vody v rozvodu musí odpovídat šipce na těle filtru. Před i za filtr je třeba umístit uzavírací armaturu (kulový kohout) pro případ demontáže nebo čištění filtru. Filtr je opatřen víčkem se závitem. Po uzavření obou kulových kohoutů a povolení víčka je možné vyjmout a vyčistit nerezové sítko. Čištění sítko filtru by se mělo provádět pravidelně. [8]

3.3 Rozměry filtru



G	L	B	P	S	f
3/8"	29,5	18	1,5	0,15	0,40
1/2"	32	19	1,5	0,15	0,40
3/4"	39	25	1,5	0,15	0,40
1"	46	30	1,5	0,15	0,40
1"1/4	55	38	2	0,20	0,47
1"1/2	61,5	43	2	0,20	0,47
2"	76,5	58	2	0,20	0,53
2"1/2	90	68	2,5	0,25	0,53
3"	105	77	2,5	0,25	0,53
4"	139	100	2,5	0,25	0,53



G	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1"1/4	1"1/2	2"	2"1/2	3"	4"
L mm	55	59	69	82	98,5	109	131	151	172	219
B mm	40	44	50,5	60	73	80	88	114	130	170
F mm	10	11	12	14	17	17	19	21	21	24
H mm	22	26	32	38	48	52	66	82	96	124
Kv	3,4	4,6	7,3	12,5	17	24,5	36,4	60	80	100

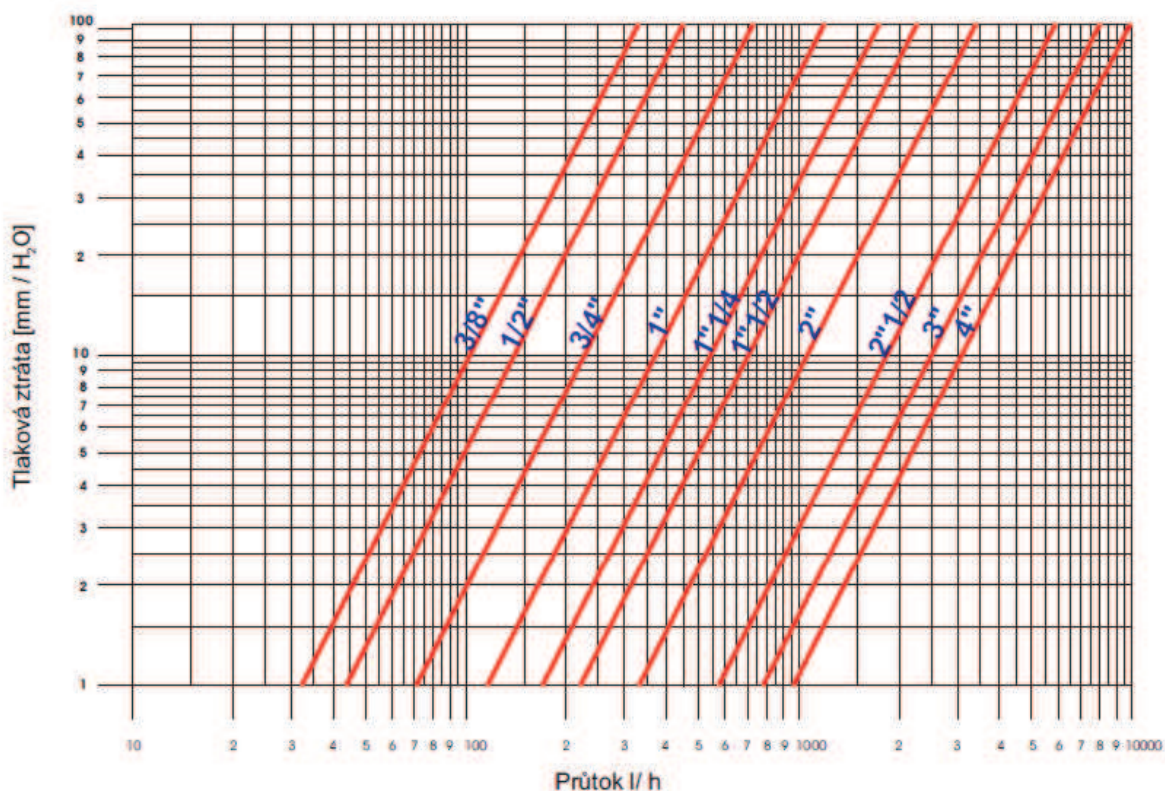
Obr. 3.2 [8]

3.4 Tlakové ztráty filtru

Tlaková ztráta filtru je dána průtokem vody v l/h (obr. 3.3).

Max. povolený tlak (MPa)

G	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1"1/4	1"1/2	2"	2"1/2	3"	4"
80°C	2	2	2	2	2	2	2	1,6	1,6	1,6
100°C	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1	1	1
130°C	1	1	1	1	1	1	1	0,6	0,6	0,6



Obr. 3.3 [8]

4 POJISTNÝ VENTIL

TYP: R140

4.1 Popis pojistného ventilu

Pojistné ventily (obr 4.1) slouží jako bezpečnostní zařízení bránící překročení přetlaku tlakových nádob v topných systémech, v sanitárních systémech teplé i studené vody. [10]

4.2 Použití pojistného ventilu

Pojistné ventily se používají v uzavřených topných systémech s expanzní nádobou, aby bylo zajištěno, že přetlak kapaliny uvnitř topného systému nepřekročí limity požadované projektem. Pokud síla vyvolaná přetlakem bude větší, než síla pružiny působící na membránu, zvedne se membrána a začne se odpouštět přebytečná kapalina až do doby než se síly opět vyrovnají a dojde k uzavření membrány v rámci povolené tolerance. Pojistné ventily mohou být rovněž použity pro přívod studené vody sanitárních systémů. Pojistné ventily jsou dodávány kalibrované a není možné měnit hodnotu nastavení.

Pojistné ventily musí být nainstalovány nahoře na kotli nebo na přívodním potrubí v maximální vzdálenosti 1 metr od kotle a to na místě, které je snadno dostupné

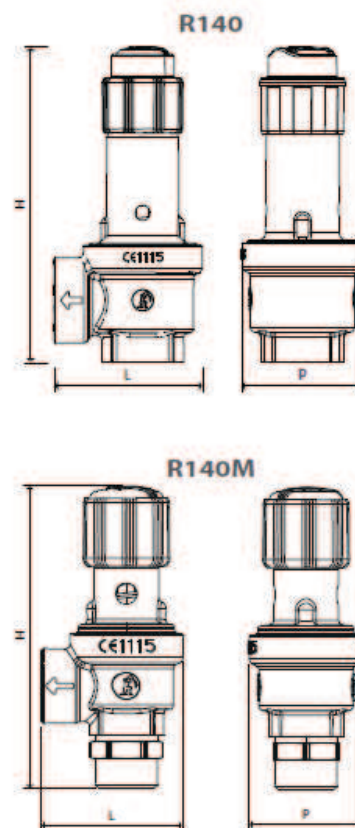


Obr. 4.1 [9]

a dobře viditelné. Připojovací potrubí mezi pojistným ventilem a kotlem nesmí být přerušeno a musí mít stejný nebo větší průměr, než průměr ventilu samotného. Vypouštění pojistného ventilu musí být viditelné, pokud se použije potrubí pro odvod vody, jeho průměr nesmí být menší, než průměr samotného ventilu. [10]

4.3 Rozměry pojistného ventilu

Typ	Kód	Připojení	Rozměry	Kód odváděcího trychty
R140	R140Y002	1/2"F x 1/2"F	48 x 84 x 38	R141Y003
R140	R140Y003			
R140	R140Y005			
R140	R140Y006			
R140	R140Y009			
R140	R140Y020	3/4"F x 3/4"F	58 x 94 x 47	R141Y014
R140	R140Y022			
R140	R140Y023			
R140	R140Y025			
R140	R140Y026			
R140	R140Y029	1"F x 1"F	69 x 146 x 55	R141Y015
R140	R140Y040			
R140	R140Y042			
R140	R140Y043			
R140	R140Y045			
R140	R140Y046	1 1/4"F x 1 1/4"F	86 x 151 x 69	R141Y016
R140	R140Y049			
R140	R140Y062			
R140	R140Y063			
R140	R140Y065			
R140	R140Y066	1 1/2"M x 1 1/2"F	48 x 102 x 38	R141Y003
R140M	R140MY003			



Obr. 4.2 [10]

5 AUTOMATICKÝ ODVZDUŠŇOVACÍ VENTIL

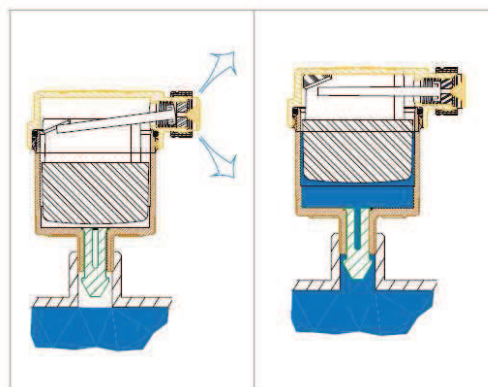
TYP: R88

5.1 Popis automatického odvzdušňovacího ventilu

Automatické odvzdušňovací ventily jsou zařízení schopné odvést vzduch obsažený v systémech vytápění/chlazení nebo rozvodech sanitární vody. Zabrání se tím vzniku negativních jevů, které mohou mít vliv na životnost a výkon topného systému. Jsou schopné zvládnout velké objemy vzduchu při napouštění systémů, zároveň

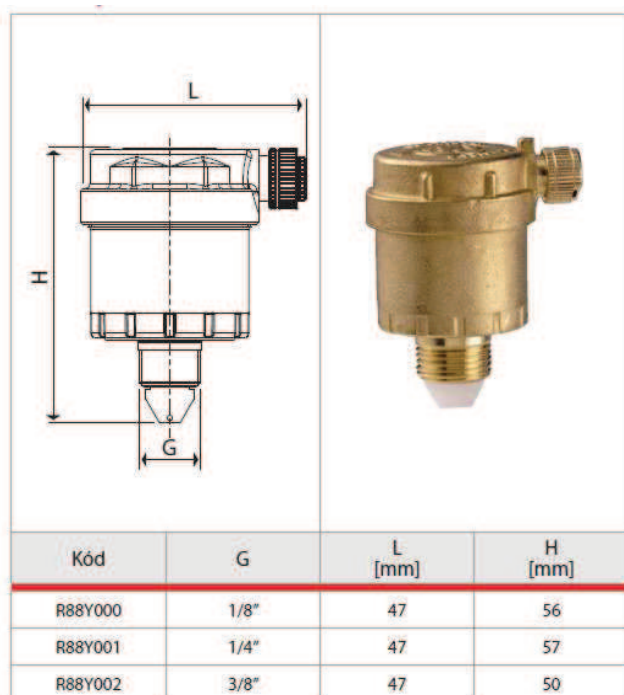
následně udržují systém bez vzduchu při běžném provozu. Při případném vypouštění systému zajistí přísávání vzduchu, aby nevznikal podtlak a voda mohla vytéct.

Princip funkce automatického odvzdušňovacího ventilu je velmi jednoduchý a je založen na principu vznášení tělesa ponořeného do kapaliny (obr 5.1). Pokud se v těle ventilu nenachází vzduch, je plovák ve zvednuté poloze a vypouštěcí ventil je zavřený. Snížení hladiny způsobené nahromaděním vzduchu v těle ventilu způsobí pokles plováku a tím i otevření vypouštěcího ventilu. V okamžiku, kdy se plovák vrátí do horní polohy, dojde k zavření vypouštěcího ventilu. Při napouštění systému, když ve ventilu není žádná voda, je plovák zcela dole a vypouštěcí ventil je otevřen naplno. Ruční čepičkou lze v případě potřeby ventil uzavřít. Za normálních provozních podmínek se však čepička nechá povolena.[11]

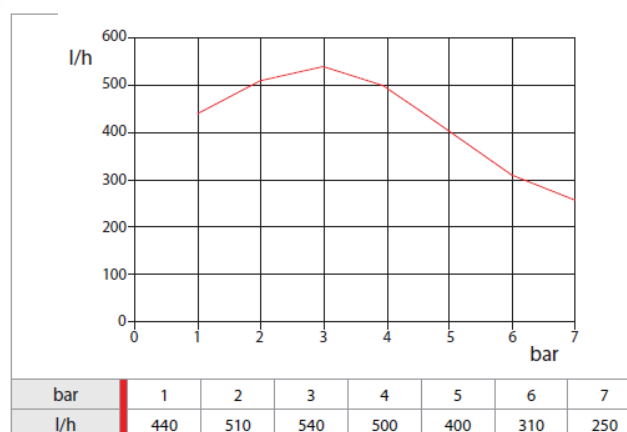


Obr. 5.1 [11]

5.2 Rozměry a výkon automatického odvzdušňovacího ventilu



Výkon odvzdušňovacího ventilu



Obr. 5.2[11]

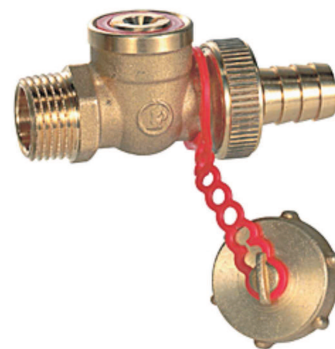
6 VYPOUŠTĚCÍ KULOVÝ KOHOUT, S HADICOVOU VÝVODKOU A ZÁTKOU

TYP: R608

6.1 Popis a použití vypouštěcího ventilu

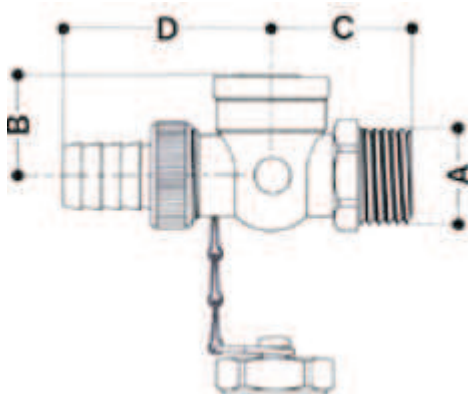
Na rozdíl od standardních kulových kohoutů jsou tyto armatury vyrobené z jednoho kusu. Těsnění na dřívku je zajištěno O-kroužkem. Ruční kolečko je nahrazeno štěrbinou pro šroubovák, což usnadňuje instalaci a přístup i uvnitř omezeného prostoru. Speciální těsnění umožňuje snadný pohyb koule. [13]

Vypouštěcí kohouty (obr. 6.1) jsou určeny pro vypouštění a napouštění otopných či chladicích systémů nebo zařízení pro tyto systémy. Montují se na nátrubek na potrubí nebo na tělese spotřebiče opatřeného 1/2" vnitřním závitem. [14]



Obr. 6.1 [12]

6.2 Rozměry vypouštěcího ventilu



A	B	C	D
3/8"	22	29	46
1/2"	22	30	46
3/4"	26	36	58

Obr. 6.2 [13]

7 TROJCESTNÝ VENTIL

TYP: R298

7.1 Popis trojcestného ventilu

Trojcestný směšovací ventil R298 (Obr. 7.1) nachází uplatnění v projektování a výstavbě obytných domů při realizaci rozvodů střední velikosti, u kterých je požadována přesná kontrola teploty vstupní vody pomocí elektronických regulátorů. Konstrukce ventilu umožňuje udržovat s extrémní velmi vysokou přesností teplotu

vstupní vody v rozvodu bez výkyvů a opětovného vyrovnávání, za které mohou změny průtoku v okruzích.

Součástí ventilu je kuželka, typu normálně zavřeno, na straně primárního napájení, která při otevírání posune dřík maximálně o 5mm. Progresivní

otevírání přívodu, během posunu dříku současně přiškrcuje by-pass. Na základě elektrických signálů,

které vysílá ekvitermní regulátor k motoru, který je namontován na R298, je v několika vteřinách dosažena vyvážená pozice, která zajistí takový poměr přívodní a vratné vody, při kterém se dosáhne požadované vstupní teploty. [16]



Obr. 7.1 [15]

7.2 Motorizace trojcestného ventilu

Trojcestný směšovací ventil R298 je vybaven ovládacím kolečkem, které umožňuje ruční ovládání, které se provádí jednoduchým otáčením po směru hodinových ručiček pro otevření ventilu a proti směru hodinových ručiček pro uzavření ventilu. Úplného otevření šroubu a tudíž i cesty napájení primárního okruhu se dosáhne zašroubováním ovládacího kolečka na doraz. Po odšroubování ručního kolečka lze připojit motor. Montáž motoru K281 (Obr. 7.2) se provádí ručním přišroubováním, bez pomoci náradí. Převlečná mosazná matka se zašroubuje ve směru hodinových ručiček až na doraz. Pro ulehčení montáže se motor dodává s ovládacím kolíkem v horní poloze. Při elektrickém propojení motoru se systémem Giacoklima je třeba postupovat podle dokumentace ekvitermní regulace. [16]



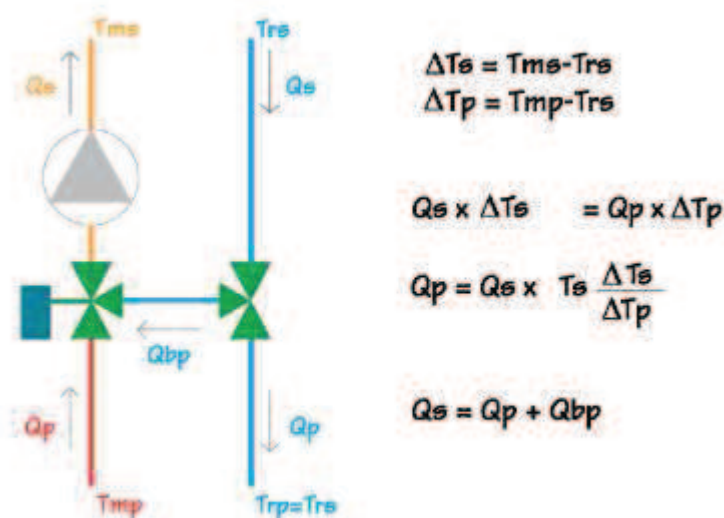
Obr. 7.2 [17]

7.3 Tlakové ztráty trojcestného ventilu

Při konstrukci směšovacího ventilu bylo důležité dosáhnout takového koeficientu tlakové ztráty K_v , který bude minimálně ovlivňován pozicí otevření kuželky a následných změn vztahů směšování. Tyto vlastnosti směšovacího ventilu jsou výhodné pro činnost čerpadla, které tak nebude vystaveno značným změnám tlaku, jež jsou typické v případě montáží směšovacích ventilů jiných typů. Pro umožnění přesného výpočtu tlakových ztrát ventilu jsou v tabulce (tab. 7.1) uvedeny pro různé polohy otevření kuželky odpovídající hodnoty K_v a směšovací průtoky přicházející z oblasti by-passu a z primárního obvodu. [16]

		K_v	Q_p	Q_{bp}
A	T.C.	3,46	0	100
B	0,5	3,91	11	89
C	1	4,06	15	85
D	2	4,52	29	71
E	3	4,74	35	65
F	4	4,82	38	62
G	T.A.	5,16	40	60

Tab. 7.1 [16]



Obr. 7.3 – způsob zapojení trojcestného ventilu [15]

B. VÝPOČTOVÁ ČÁST

8 ANALÝZA OBJEKTU

Pro tuto práci jsem si vybral projekt bytového domu, který jsme z části zpracovávali v rámci předmětu BH03 /Pozemní stavitelství 2/ ve třetím ročníku.

Jedná se o bytový dům se suterénem a třemi nadzemními podlažími. V každém nadzemním podlaží se nachází dvě bytové jednotky. Dispozice bytu je 3+1. Bytová jednotka číslo 1 je bezbariérová, toaleta a koupelna je ve společné místnosti. Ostatní bytové jednotky mají toaletu a koupelnu oddělenou. Technická místnost se zdrojem tepla a přípravou teplé vody se nachází v suterénu.

Objekt je vyžděn z tvárnic od firmy Liapor, tloušťka obvodových zdí je 375mm + 100mm zateplovacího systému z minerální vaty. Vnitřní nosné zdi jsou tloušťky 300mm, příčky 125mm.

Projekt řeší vytápění pomocí kondenzačního kotle. Z tohoto důvodu je navržen nízkoteplotní spád otopné soustavy 55/45°C. Při tomto teplotním spádu je zaručena vysoká účinnost kondenzačního kotle přesahující 100%.

V objektu jsou navrženy desková otopná tělesa od firmy Korado, rozvody topné vody jsou vedeny v podlaze.

Bytový dům je větrán přirozeně kromě koupelny a toalety. Tyto místnosti jsou větrány podtlakovým systémem pomocí ventilátorů ústících do instalační šachty a dále nad střechu objektu.

9 VÝPOČET SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA

Součinitel prostupu tepla a tepelný odpor konstrukce jsou základní veličiny charakterizující tepelně izolační vlastnosti stavebních konstrukcí. Výpočet součinitelů prostupů tepla jsem prováděl v souladu s platnými normami ČSN 730540–1-4.

9.1 Výpočet součinitele prostupu tepla u stavebních konstrukcí

U stavebních konstrukcí jsem postupoval následovně:

- Vyhledal jsem hodnoty součinitele tepelné vodivosti λ . Tyto hodnoty jsem čerpal buď z normy ČSN 730540 – 3, příloha B, C, D nebo přímo od výrobců materiálu. Pokud jsem bral v potaz hodnoty od výrobců, ověřoval jsem si, jestli

byly provedeny zkoušky součinitele tepelné vodivosti (tepelného odporu) v souladu s metodikou výpočtu uvedenou v ČSN EN1745 (ČSN 722636) čl. 5.2.2 výpočtovým programem dvourozměrného stacionárního teplotního pole metodou konečných prvků. Výpočtové hodnoty tepelné vodivosti liaporbetonů byly stanoveny podle ustanovení ČSN 730540-3:2005. Hodnoty součinitele prostupu tepla jsem uvažoval vždy návrhové (výpočtové).

- Vypočítal jsem hodnotu tepelného odporu R pro každou vrstvu podle následujícího vzorce:

$$R_j = \frac{d_j}{\lambda_j} \left[\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \right]$$

kde d_j = tloušťka dané vrstvy

λ_j = součinitel tepelné vodivosti dané vrstvy

- Podle normy ČSN 730540-3:2005 jsem si určil hodnoty tepelného odporu na straně interiéru R_{si} a na straně exteriéru R_{se} .
- Vypočítal jsem hodnotu odporu při přestupu tepla R dle následujícího vzorce:

$$R = R_{si} + R_j + R_{se} \quad [\text{m}^2 \text{K/W}]$$

- Jako poslední jsem určil hodnotu součinitele prostupu tepla U podle vzorce:

$$U = \frac{1}{R} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]$$

9.2 Výpočet součinitele prostupu stavebních výplní

U výpočtu součinitele prostupu tepla výplňových konstrukcí (oken, dveří) jsem postupoval následovně:

- Určil jsem si šířku b a výšku výplně h .
- Následuje výpočet součinitel prostupu tepla pro každou stavební výplň podle vzorce:

$$U_w = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + l_g \cdot \psi_g}{A_g + A_f} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]$$

kde	A_g	plocha zasklení	(m^2)
	U_g	součinitel prostupu tepla zasklení	($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)
	A_f	plocha rámu	(m^2)
	U_f	součinitel prostupu tepla rámu	($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)
	l_g	obvod zasklení	(m)

Ψ_g lineární součinitel prostupu tepla dle ČSN 730540-3:2005, tab. D7 (-)

- tloušťku rámu výplně jsem uvažoval 100mm

9.3 Shrnutí vypočítaných hodnot součinitele prostupu tepla

označení konstrukce	popis konstrukce	U [W.m ⁻² .K ⁻¹]	U _{N,20} [W.m ⁻² .K ⁻¹]
SO1	obvodová zeď nad suterénem (1NP, 2NP, 3NP)	0,166	0,3
SO2	obvodová zeď v suterénu	0,175	0,3
SO3	obvodová zeď v suterénu ve styku se zeminou	0,177	0,3
SN1	stěna vnitřní tloušťky 300mm	0,677	2,7
SN2	stěna vnitřní tloušťky 125mm	1,685	2,7
SN3	stěna vnitřní tloušťky 240mm	0,712	1,3
PDL1	podlaha laminátová nad suterénem	0,223	1,05
PDL2	podlaha keramická nad suterénem	0,244	1,05
PDL3	podlaha stěrková v suterénu	0,303	0,45
PDL4	podlaha keramická mezi 2NP a 3NP	0,719	2,2
SCH	strop nad 3NP	0,145	1,3
okno O1	1000x500	0,976	1,5
okno O2	1500x1500	0,861	1,5
okno O3	1500x1250	0,874	1,5
okno O4	1000x1250	0,948	1,5
okno O5	1250x1250	0,904	1,5
DV1	vnitřní bytové	1,21	1,5
DV2	vnitřní interiérové	2,174	3,5
DV3	domovní vchodové	1,472	1,5

Podrobné výpočty součinitele prostupu tepla jsou v příloze číslo 1.

10 VÝPOČET TEPELNÉHO VÝKONU

Výpočet tepelného výkonu jsem prováděl dle platné normy ČSN EN 12 831 Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu. Tepelné ztráty jsem počítal ručně pro každou místnost zvlášť. Přesná tepelná ztráta místnosti nám slouží k návrhu otopné plochy dané místnosti. Jejich součtem jsem zjistil přesnou tepelnou ztrátu objektu, na kterou jsem navrhl zdroj tepla – plynový kondenzační kotel.

Nyní vysvětlím, jak jsem postupoval při výpočtu. Pro názornost přikládám tabulku výpočtu místnosti 1NP08. Ostatní místnosti jsou spočítané v příloze číslo 2.

Ozn místn.	Název místnosti				Výpočtová vnitřní teplota θint,i [°C]			
1NP08	Dětský pokoj				20			
Tepelná ztráta prostupem								
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí								
Stavební konstrukce								
č.k.	Popis	Ak	Uk	ΔU	Ukc	ek	Ak*Ukc*ek	
SO1	obvodová zeď	6,728	0,166	0,020	0,186	1,000	1,251	
O2	okno O2	2,250	0,861	0,020	0,881	1,000	1,982	
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí HT,ie = Σk Ak.Ukc.ek (W/K)							3,234	
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem								
Stavební konstrukce								
č.k.	Popis	Ak	Uk	ΔU	Ukc	bu	Ak*Ukc*bu	
PDL1	podlaha laminátová	12,656	0,223	0,020	0,243	0,429	1,318	
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor HT,iue = Σk Ak.Ukc.bu (W/K)							1,318	
bu= (θint,i - θu) / (θint,i - θe)= (20-5))/(20-(-15)) = 0,429								
Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty								
Stavební konstrukce								
č.k.	Popis	Ak	Uk	fij	Ak*Uk*fij			
SN1	vnitřní nosná k 10°C	9,975	0,677	0,286	1,929			
Celk. měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl.tepl. HT,ij = Σk Ak.Uk.fij (W/K)							1,929	
fij, 10=(θint,i - θj)/(θint,i - θe)= (20-10)/(20-(-15))=0,286								
Tepelné ztráty zeminou								
č.k.	Popis	Ak	Uequiv,k	Ak*Uequiv,k	fg1	fg2	Gw	fg1. fg2.Gw
(Σk Ak.Uequiv,k)								
Celková měrná tepelná ztráta zeminou HT,ig= (Σk Ak.Uequiv,k). fg1. fg2.Gw (W/K)							0,000	
Celková měrná tepelná ztráta prostupem HT,i = HT,ie + HT,iue+ HT,ij+ HT,ig							6,481	
θint,i	θe	θint,i- θe	HT,i		Návrhová ztráta prostupem ΦT,i (W)			
20	-15	35	6,481		226.837			

Tepelná ztráta větráním				
			Hygienické požadavky	
Objem míst. V_i (m3)	Výpočtová venkovní teplota θ_e	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$	n (h ⁻¹)	$V_{min,i}$ (m3/h)
33,665	-15	20	0,5	16,8327
Počet nechráněn. otvorů	n50	Činitel zclonění e	Výškový korekční činitel ϵ	Množství vzduchu Infiltrací $V_{inf,i}$ [m ³ /h]
1	4,5	0,02	1	6,060
max z $V_{min,i}$, $V_{inf,i}$	HV _i	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,i}$ (W)	
16,83	5,72	35	200	
Tepelná ztráta celkem: $\Phi_c = \Phi_{T,i} + \Phi_{v,i}$ (W)			427	

Tab. 10.1

10.1 Postup výpočtu tepelné ztráty místnosti

Celková tepelná ztráta vytápěného prostoru $\Phi_{T,i}$ se skládá ze ztráty prostupem $\Phi_{T,i}$ a ztráty větráním $\Phi_{V,i}$ a zjistí se jejich součtem:

$$\Phi_{s,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \quad [W]$$

10.1.1 Tepelná ztráta prostupem

Tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ se stanoví z následujícího vztahu:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [W],$$

kde	$H_{T,ie}$	měrná tepelná ztráta do venkovního prostředí	(W . K-1)
	$H_{T,iue}$	měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor	(W . K-1)
	$H_{T,ig}$	měrná tepelná ztráta zeminou	(W . K-1)
	$H_{T,ij}$	měrná tepelná ztráta z/do prostor s odlišnou teplotou	(W . K-1)
	$\theta_{int,i}$	vnitřní výpočtová teplota ve vytápěném prostoru	(°C)
	θ_e	venkovní výpočtová teplota	(°C)

10.1.1.1 Měrná tepelná ztráta do venkovního prostředí

Měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,ie}$ je tepelná ztráta konstrukcí, která odděluje interiér od exteriéru. Nejprve jsem si vypočetl jednotlivé plochy konstrukcí, poté si určil součinitele prostupu tepla U a korekční činitel e zahrnující klimatické podmínky. Postupoval jsem podle vztahu:

$$H_{T,ie} = \Sigma(A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k) \quad [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$$

$$U_{kc} = U_k + \Delta_u \quad [W \cdot K^{-1}]$$

kde	A_k	plocha ochlazované konstrukce	(m ²)
	U_{kc}	opravný součinitel prostupu tepla zahrnující lineární tepelné mosty	(W . m ⁻² . K ⁻¹)
	e_k	korekční činitel zahrnující exponování, klimatické podmínky	(-)
	U_k	součinitel prostupu tepla konstrukce	(W . m ⁻² . K ⁻¹)
	Δ_u	korekční součinitel	(W . m ⁻² . K ⁻¹)

10.1.1.2 Měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor

Měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue}$ je, jak název napovídá, ztráta do podružných místností v objektu, které netřeba vytápět. V mém případě se jedná o některé suterénní prostory a podstřešní prostor. Výpočet je obdobný jako u měrné tepelné ztráty do nevytápěného prostoru. Rozdíl je ten, že na druhé straně konstrukce od interiéru neuvažujeme výpočtovou venkovní teplotu. Toto zohledníme součinitelem redukce teploty b_u .

$$H_{T,iue} = \Sigma(A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u) \quad [W \cdot K^{-1}]$$

$$b_u = \frac{\theta_{int,i} - \theta_u}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-]$$

kde	A_k	plocha ochlazované konstrukce	(m ²)
	U_{kc}	opravný součinitel prostupu tepla zahrnující lineární tepelné mosty	(W . m ⁻² . K ⁻¹)
	b_u	součinitel redukce teploty	(-)
	$\theta_{int,i}$	výpočtová teplota interiéru	(°C)
	θ_u	výpočtová teplota v nevytápěném prostoru	(°C)
	θ_e	výpočtová teplota exteriéru	(°C)

10.1.1.3 Měrná tepelná ztráta zeminou

Počítá se pro konstrukce v kontaktu se zeminou. Hodnota může být stanovena přesně podle EN ISO 131370 nebo zjednodušeným způsobem dle vztahu níže:

$$H_{t,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \Sigma(A_k \cdot U_{equie,k}) \cdot G_w \quad [W \cdot K^{-1}]$$

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-]$$

kde	f_{g1}	opravný teplotní součinitel, uvažující s vlivem roční změny průběhu venkovní teploty	(-)
	f_{g2}	opravný teplotní součinitel, uvažující s rozdílem mezi roční průměrnou teplotou venkovního vzduchu a venkovní výpočtovou teplotou	(-)
	A_k	plocha ochlazované konstrukce	(m ²)
	$U_{equie,k}$	ekvivalentní součinitel prostupu tepla části budovy	(W . m ⁻² . K ⁻¹)
	G_w	opravný součinitel, uvažující vliv spodní vody. Při předpokládané vzdálenosti hladiny spodní vody, od úrovně podlahy suterénu, menší než 1 m se musí s tímto vlivem ve výpočtu uvažovat.	(-)
	$\theta_{int,i}$	výpočtová teplota interiéru	(°C)
	$\theta_{m,e}$	výpočtová teplota zeminy	(°C)
	θ_e	výpočtová teplota exteriéru	(°C)

10.1.1.4 Měrná tepelná ztráta z/do prostor s odlišnou teplotou

Tepelná ztráta z/do prostor s odlišnou teplotou $H_{T,ij}$ se počítá pro konstrukce, které oddělují místnosti s různými teplotami.

$$H_{T,ij} = \Sigma(f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k) \quad [W \cdot K^{-1}]$$

$$f_{ij} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_j}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-]$$

kde	f_{ij}	opravný teplotní součinitel, uvažující s vlivem roční změn	(-)
	A_k	plocha ochlazované konstrukce	(m ²)
	U_k	součinitel prostupu tepla konstrukce	(W . m ⁻² . K ⁻¹)

10.1.2 Tepelná ztráta větráním

Dále jsem spočítal tepelnou ztrátu větráním. Každá místnost musí mít zajištěnou minimální výměnu vzduchu za hodinu. Abychom vypočítali tepelnou ztrátu větráním, musíme znát objem místnosti a její účel. Účel místnosti rozhoduje o minimální hygienické výměně vzduchu. Tepelnou ztrátu větráním vypočteme z následujícího vztahu:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [K]$$

$$H_{V,i} = V_i \cdot \rho \cdot c \quad [W \cdot K^{-1}]$$

$$V_{min,i} = n_{min} \cdot V_i \quad [m^3 \cdot h^{-1}]$$

$$V_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i \quad [-]$$

kde	$H_{V,i}$	měrná tepelná ztráta větráním	(W . K ⁻¹)
	$\theta_{int,i}$	výpočtová teplota interiéru	(°C)
	θ_e	výpočtová teplota exteriéru	(°C)
	V_i	objem místnosti	(m ³)
	ρ	hustota vzduchu při teplotě $\theta_{int,i}$	(kg . m ⁻³)
	C	měrná tepelná kapacita vzduchu při teplotě $\theta_{int,i}$	(kJ . kg ⁻¹ . K ⁻¹)
	$V_{min,i}$	minimální objem vyměněného vzduchu	(m ³ . h ⁻¹)
	n_{min}	nejmenší intenzita výměny venkovního vzduchu	(h ⁻¹)
	$V_{inf,i}$	infiltrace pláštěm budovy	(m ³ . h ⁻¹)
	n_{50}	intenzita výměny vzduchu (h ⁻¹), jako výsledek z tlakového rozdílu 50 Pa mezi vnitřním a venkovním prostředím budovy, včetně účinku přívodu vzduchu do budovy	(-)
	e_i	stínící součinitel	(-)
	ε_i	korekční součinitel na výšku, který zahrnuje zvýšení rychlosti větru ve vyšších polohách budovy od úrovně terénu	(-)

[18]

11 ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY

Energetický štítek obálky budovy je dokument, který slouží k jednoduchému zhodnocení budovy z hlediska energetické náročnosti. Budovy ohodnocené písmenem A jsou nejúspornější. Současná norma připouští stavět budovy nejhůře s hodnocením C.

PROTOKOL K ENERGETICKÉMU ŠTÍTKU OBÁLKY BUDOVY (zpracovaný podle ČSN 73 0540-2/2011)

Identifikační údaje

Druh stavby Adresa (místo, ulice, číslo, PSČ) Katastrální území a katastrální číslo Provozovatel, popř. budoucí provozovatel	Bytový dům Cheb, Wolkerova 30, 350 02 K.Ú. Cheb, 1382/1 Jiří Macek
Vlastník nebo společenství vlastníků, popř. stavebník Adresa (místo, ulice, číslo, PSČ) Telefon / E-mail	Jiří Macek Pivovarská 34, Cheb, 350 02 J_Macek@seznam.cz

Charakteristika budovy

Objem budovy V - vnější objem vytápěné zóny budovy, nezahrnuje lodžie, římsy, atiky a základy	2380 m ³
Celková plocha A - součet vnějších ploch ochlazovaných konstrukcí ohraničujících objem budovy	1094 m ²
Geometrická charakteristika budovy A / V	0,46 m ² /m ³
Převažující vnitřní teplota v otopném období θ_{in} Vnější návrhová teplota v zimním období θ_{e}	20 °C -15,0 °C

	Referenční budova (stanovení požadavku)				Hodnocená budova			
Konstrukce	Plocha	Součinitel prostupu tepla	Redukční činitel	Měrná ztráta prostupem tepla	Plocha	Součinitel prostupu tepla	Redukční činitel	Měrná ztráta prostupem tepla
	A	U	b	H _T	A	U	b	H _T
		(požadovaná hodnota podle 5.2)						
	[m ²]	[W/(m ² .K)]	[-]		[m ²]	[W/(m ² .K)]	[-]	
SO1	481,051	0,30	1	144,315	481,051	0,17	1	79,854
SO2	25,841	0,30	1	7,752	25,841	0,18	1	4,522
SO3	34,388	0,45	0,66	10,213	34,388	0,18	0,66	4,017
O1	1,500	1,50	1	2,250	1,500	1,0	1	1,464
O2	40,500	1,50	1	60,750	40,500	0,9	1	34,871
O3	11,250	1,50	1	16,875	11,250	0,9	1	9,833
O4	7,500	1,50	1	11,250	7,500	0,9	1	7,110
O5	3,125	1,50	1	4,688	3,125	0,9	1	2,825
DV3	3,990	1,50	1	5,985	3,990	1,5	1	5,873
SCH	232,798	0,24	0,74	41,345	232,798	0,15	0,74	24,979
PDL1	75,369	0,60	0,43	19,445	75,369	0,22	0,43	7,227
PDL2	23,369	0,60	0,43	6,029	23,369	0,24	0,43	2,452
PDL3	81,795	0,45	0,33	12,147	81,795	0,30	0,33	8,179
SN1	35,965	1,3	0,33	15,429	35,965	0,67	0,33	7,916
SN2	11,495	2,7	0,33	10,242	11,495	1,6	0,33	6,392
SN3	24,174	1,3	0,33	10,371	24,174	0,71	0,33	5,680
Celkem	1094			379,086	1094			213,194
Tepelné vazby		1094*0,02		21,880	1094*0,02			21,880
Celková měrná ztráta prostupem tepla				400,966				235,074
Průměrný součinitel prostupu tepla podle 5.3.4 a tabulky 5		max. U _{em} pro A/V 0,46		požadovaná hodnota:	235,074/1094			
		379,086/1094+0,02=		0,367				0,215
		75% z požadované hodnoty 0,367*0,75=		doporučená hodnota:				B
				0,275				
Klasifikační třída obálky budovy podle přílohy C				0,215/0,367=	0,59	ÚSPORNÁ		

Stanovení prostupu tepla obálkou budovy

Měrná ztráta prostupem tepla H_T	W/K	235,07
Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em} = H_T / A$	W/(m ² ·K)	0,22
Doporučený součinitel prostupu tepla $U_{em, Nrc}$	W/(m ² ·K)	0,28
Požadovaný součinitel prostupu tepla $U_{em, Nrq}$	W/(m ² ·K)	0,37

Klasifikační třídy prostupu tepla obálkou hodnocené budovy

Hranice klasifikačních tříd	Klasifikační ukazatel CI pro hranice klasifikačních tříd	U_{em} [W/(m ² ·K)] pro hranice klasifikačních tříd	
		Obecně	Pro hodnocenou budovu
A	0,50	0,5. $U_{em,N}$	0,18
B	0,75	0,75. $U_{em,N}$	0,28
C	1,0	1. $U_{em,N}$	0,37
D	1,5	1.5. $U_{em,N}$	0,55
E	2,0	2. $U_{em,N}$	0,73
F	2,5	2,5. $U_{em,N}$	0,92
G	> 2,5	> 2,5. $U_{em,N}$	-

Klasifikace: B – Úsporná

Datum vystavení energetického štítku obálky budovy: 20.5.2013

Zpracovatel energetického štítku obálky budovy:

IČO:

Zpracoval:

Jiří Macek

Podpis:

.....

Tento protokol a energetický štítek obálky budovy odpovídá směrnici evropského parlamentu a rady č. 2002/91/ES a prEN 15217. Byl vypracován v souladu s ČSN 73 0540-2/2011 a podle projektové dokumentace stavby dodané objednatelem.

Energetický štítek budovy

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY						
Bytový dům Cheb				Hodnocení obálky budovy		
Celková podlahová plocha $A_c = 761,77 \text{ m}^2$				stávající	doporučení	
CI Velmi úsporná 0,5 0,75 1,0 1,5 2,0 2,5 Mimořádně ne hospodárná A B C D E F G 0,59						
klasifikace				B		
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{em} ve $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ $U_{em} = H_T/A$				0,22	-	
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 730540-2 $U_{em,N}$ ve $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$				0,37	-	
Klasifikační ukazatele CI a jim odpovídající hodnoty U_{em}						
CI	0,50	0,75	1,00	1,50	2,0	2,50
U_{em}	0,18	0,28	0,37	0,55	0,73	0,92
Platnost štítku do				20.5.2023		
Štítek vypracoval				Jiří Macek		

12 NÁVRH OTOPNÝCH PLOCH

Do objektu bytového domu jsem navrhl otopné plochy od firmy KORADO. Do obytných místností jsem umístil typ RADIK PLAN VKM (obr. 8.1) se spodním středovým připojením. Jsou to moderní designové radiátory s hladkou čelní plochou. Do koupelen jsem navrhl trubková tělesa KORALUX LINEAR KLASIK - M (KLCM) (obr. 8.2) rovněž se spodním středovým připojením. Na společnou chodbu a do vytápěných místností v suterénu jsem zvolil RADIK KLASIK 10 a RADIK KLASIK R 20 (obr. 8.3) bez vnitřní plechové lamely. V těchto místnostech hrozí větší prašnost. Z hlediska údržby jsou tyto tělesa vhodná, protože se v nich neudrží prachové částice. Tělesa v obytné části objektu jsou v provedení VENTIL KOMPAKT.



Obrázek obr. 8.1 [19]



Obrázek obr. 8.2 [20]



Obrázek obr. 8.3 [21]

Tělesa jsou napojená na otopnou soustavu s teplotním spádem 55/45°C. Tělesa jsou osazeny termostatickou hlavicí HEIMEIER.

Tabulka (12.1) výkonu otopných těles, teplotní spád 55/45°C

Číslo místnosti i	Účel místnosti	t _i [°C]	Tepelná ztráta místnosti i [W]	Typ otopného tělesa (šířka/výška)	Skutečný výkon tělesa [W]
1S06	Úklidová místnost	10	118	RADIK KLASIK 10 500/300	122
1S09	Pingpongová místnost	15	684	RADIK KLASIK 20 R 1200/554	686
1S11	Toaleta	10	63	RADIK KLASIK 10 400/300	98
1S12	Dílna	15	685	RADIK KLASIK 20 R 1200/554	686
1S13	Technická místnost	15	626	RADIK KLASIK 20 R 1200/554	686
1S15	Chodba	10	389	RADIK KLASIK 20 R 700/554 *	477*
1NP01	Chodba	10	23	_____*	____*
1NP02	Předsíň	20	237	RADIK PLAN VKM 11 600/500	242
1NP03	Ložnice	20	379	RADIK PLAN VKM 11 1000/500	403
1NP04	Koupelna	24	297	KORADO KLCM 1820.450	321
1NP05	Toaleta	20	68	RADIK VKM 10 400/300	77
1NP06	Kuchyně s jídelnou	20	912	RADIK PLAN VKM 33 900/500	919
1NP07	Obývací pokoj	20	714	RADIK PLAN VKM 21 1400/500	756
1NP08	Dětský pokoj	20	427	RADIK PLAN VKM 21 800/500	432
1NP09	Předsíň	20	186	RADIK PLAN VKM 11 500/500	201
1NP10	Dětský pokoj	20	395	RADIK PLAN VKM 11 1000/500	403
1NP11	Obývací pokoj	20	664	RADIK PLAN VKM 22 1000/500	711
1NP12	Kuchyně s jídelnou	20	889	RADIK PLAN VKM 33 900/500	919
1NP13	Koupelna s toaletou	24	329	KORADO KLCM 1500.600	333
1NP14	Ložnice	20	321	RADIK PLAN VKM 11 800/500	322
2NP01	Chodba	10	-15	_____*	____*
2NP02	Předsíň	20	193	RADIK PLAN VKM 11 500/500	201
2NP03	Ložnice	20	329	RADIK PLAN VKM 11 900/500	363
2NP04	Koupelna	24	277	KORADO KLCM 1820.450	321
2NP05	Toaleta	20	62	RADIK VKM 10 400/300	77
2NP06	Kuchyně s jídelnou	20	858	RADIK PLAN VKM 33 900/500	919
2NP07	Obývací pokoj	20	624	RADIK PLAN VKM 22 900/500	640
2NP08	Dětský pokoj	20	381	RADIK PLAN VKM 11 1000/500	403
2NP09	Předsíň	20	189	RADIK PLAN VKM 11 500/500	201
2NP10	Dětský pokoj	20	381	RADIK PLAN VKM 11 1000/500	403
2NP11	Obývací pokoj	20	624	RADIK PLAN VKM 22 900/500	640
2NP12	Kuchyně s jídelnou	20	858	RADIK PLAN VKM 33 900/500	919
2NP13	Koupelna	24	277	KORADO KLCM 1820.450	321
2NP14	Toaleta	20	57	RADIK VKM 10 400/300	77
2NP15	Ložnice	20	329	RADIK PLAN VKM 11 900/500	363
3NP01	Chodba	10	40	_____*	____*
3NP02	Předsíň	20	241	RADIK PLAN VKM 11 600/500	242
3NP03	Ložnice	20	388	RADIK PLAN VKM 11 1000/500	403
3NP04	Koupelna	24	299	KORADO KLCM 1820.450	321
3NP05	Toaleta	20	69	RADIK VKM 10 400/300	77
3NP06	Kuchyně s jídelnou	20	918	RADIK PLAN VKM 33 900/500	919
3NP07	Obývací pokoj	20	734	RADIK PLAN VKM 21 1400/500	756
3NP08	Dětský pokoj	20	476	RADIK PLAN VKM 21 900/500	486
3NP09	Předsíň	20	241	RADIK PLAN VKM 11 600/500	242
3NP10	Dětský pokoj	20	476	RADIK PLAN VKM 21 900/500	486
3NP11	Obývací pokoj	20	734	RADIK PLAN VKM 21 1400/500	756

3NP12	Kuchyně s jídelnou	20	918	RADIK PLAN VKM 33 900/500	919
3NP13	Koupelna	24	299	KORADO KLCM 1820.450	321
3NP14	Toaleta	20	69	RADIK VKM 10 400/300	77
3NP15	Ložnice	20	388	RADIK PLAN VKM 11 1000/500	403
Instalovaný výkon těles					20573 W

*Tepelnou ztrátu celého schodišťového prostoru (chodby) zajišťuje jedno otopné těleso u domovních vchodových dveří v místnosti 1S15. Je navrženo na celkovou ztrátu chodby ve všech podlažích.

13 NÁVRH ZDROJE TEPLA

Zdroj tepla pro objekt jsem navrhl podle celkového instalovaného výkonu otopných těles. Navrhl jsem závěsný kondenzační kotel Vaillant ecoTECH exclusiv VU 206/4-7 s výkonem 23 kW. Kotel má plynulou regulaci od 17 do 100%. Plynový kotel je typu C, vzduch pro spalování přiváděn z exteriéru, spaliny odváděny do exteriéru.

Kondenzační kotle se vyznačují vysokou účinností přesahující 100%, výrobce tohoto kotle udává až 109% při teplotním spádu 40/30°C. Můj navržený teplotní spád je 55/45°C, účinnost bude tedy nižší. Vysoká účinnost kondenzačních kotlů je zajištěna díky získávání tepla z kondenzátu, který vzniká při spalování paliva. Tento zdroj tepla se dá využít do teploty otopné vody zhruba 56°C. Pokud bych měl zvolen vyšší teplotní spád otopné vody, účinnost kotle by se snižovala a použití kondenzačního kotle by ztratilo smysl. I z tohoto důvodu nezajišťuje tento kotel přípravu teplé vody. Kondenzační kotle jsou účinné zdroje tepla, ale na druhou stranu se musí počítat s vyššími pořizovacími náklady.

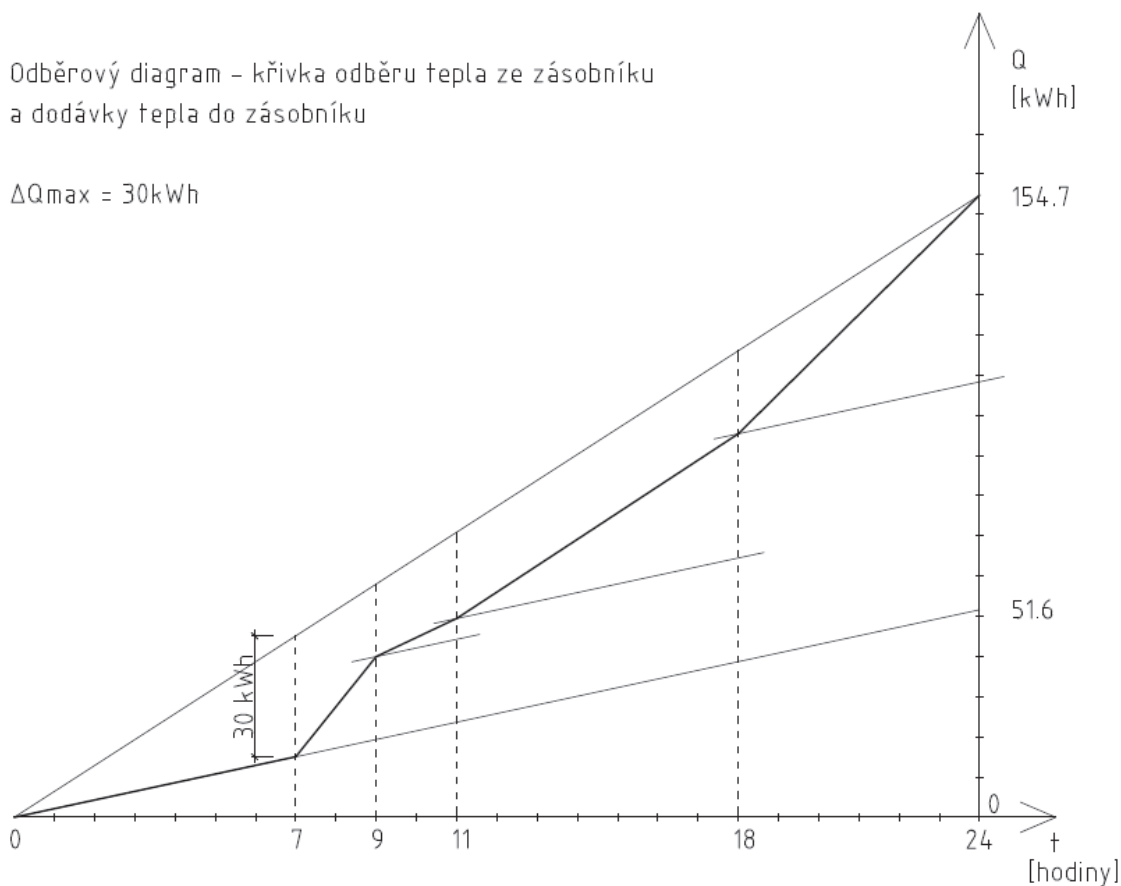
Podrobnější specifikace kotle je v technické zprávě.

14 NÁVRH PŘÍPRAVY TEPLÉ VODY

Ohřev teplé vody jsem navrhl jako nepřímý zásobníkový. Topná voda je ohřívána v plynovém kotli, ta pak předává svou tepelnou energii do zásobníku teplé vody. Výhoda tohoto systému je ta, že nemusíme mít kotel s vysokým výkonem a teplá

Odběrový diagram – křivka odběru tepla ze zásobníku
a dodávky tepla do zásobníku

$\Delta Q_{\max} = 30 \text{ kWh}$



Graf 14.1 – odběrový diagram

$\Delta Q_{\max}$ = maximální rozdíl mezi dodávkou a odběrem tepla

velikost zásobníku: $V_z = \Delta Q_{\max} / (1,163 \cdot (t_2 - t_1))$

$$V_z = 30 / (1,163 \cdot (55 - 10)) = 0,6 \text{ m}^3$$

Jmenovitý výkon ohřevu:

$$Q_{\text{ln}} = Q_{2p} / t_{\text{max}}$$

$$Q_{\text{ln}} = 154,7 / 24 = 6,4 \text{ kW}$$

potřebná teplosměnná plocha (80/60) (55/10):

$$\Delta t = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}}$$

$$\Delta t = 24,6 \text{ K}$$

kde	T_1	prívod teplé vody z plynového kotle	80°C
	T_2	vratná voda	60°C
	t_1	ohřátá voda	55°C
	t_2	studená voda z vodovodního řadu	10°C

$$A = \frac{Q_{ln} \cdot 10^{-3}}{U \cdot \Delta t}$$

$$A = 0,62 \text{ m}^2$$

14.2 Návrh ohřívače a zásobníků teplé vody

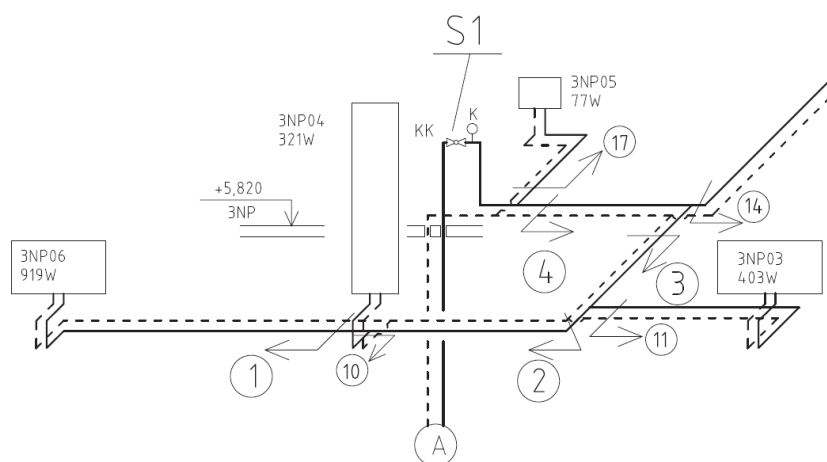
Navrhnul jsem závěsný plynový kotel Vaillant atmoTEC plus VU 120 – 5 o výkonu 12kW. Ten bude napojený na 2 zásobníky teplé vody o celkové kapacitě 600 litrů. Zásobníky jsou od firmy Vaillant, typ VIH uniSTOR R 300.

15 DIMENZOVÁNÍ A HYDRAULICKÉ POSOUZENÍ POTRUBÍ, NÁVRH OBĚHOVÝCH ČEPRADEL

Materiál pro rozvodné potrubí otopné vody jsem zvolil měď. Tento materiál má dlouhou životnost, nízký součinitel vnitřního tření a především je jednoduché a rychlé na montáž. Přímé úseky delší než 5 metrů se musí kompenzovat změnou trasy v potrubí. Horizontální rozvody v obytných místnostech jsem umístil do podlah. K otopnému tělesu vede potrubí přes zeď, aby byly trubky schovány v celém svém úseku. Připojení k otopnému tělesu je provedeno přes rohové šroubení. Stoupací potrubí je vedeno v instalačních šachtách. Rozvody v suterénu jsou zavěšeny pod stropem.

15.1 Postup dimenzování potrubí

Nejprve jsem si určil základní okruh pro dimenzování. Ten se určí podle tělesa, kde dochází k největším tlakovým ztrátám. Obvykle to bývá nejvýše položené těleso s nejvyšším výkonem. Dále jsem očísloval úseky pro dimenzování (obr. 11.1). Každý další úsek je ten, kde se mění tlaková ztráta (např. připojení dalšího tělesa).



obrázek. 11.1

Dále jsem si spočítal hmotnostní průtoky, které protékají jednotlivým potrubím dle vztahu:

$$m = Q / (c \cdot \Delta t) \quad [\text{kg/h}]$$

Následně jsem si změřil délky potrubí v jednotlivých úsecích. Po zjištění všech těchto hodnot jsem přistoupil k vlastnímu dimenzování. To spočívá v tom, že v tabulkách pro zvolený materiál a teplotní spád hledáme svůj hmotnostní průtok a odečítáme hodnoty – průměr potrubí, tlakovou ztrátu a rychlost proudění otopné vody. (Můj teplotní spád vratné vody je 45°C, pro výpočet jsem použil tabulky s teplotou vratné vody 40°C. Tudíž je má soustava lehce naddimenzována.) Rychlost v dalších úsecích narůstá, ale nesmí přesáhnout 0,6 m/s. Tlaková ztráta třením nesmí přesáhnout 110 Pa/m. Dále jsem sečetl součinitele vřazených odporů ξ (kolena, T-kusy, otopné tělesa, rozšíření a zúžení potrubí, rozbočky, armatury). Po tomto kroku jsem spočítal tlakovou ztrátu vřazenými odpory Z podle následujícího vztahu:

$$Z = \sum \xi \cdot (w^2/2) \cdot \rho \quad [\text{Pa}]$$

Z tabulky tlakových ztrát regulačního ventilu jsem podle hmotnostního průtoku a přednastavení ventilu odečetl hodnotu tlakové ztráty Δp_v (Pa).

Součtem tlakových ztrát třením, vřazenými odpory a tlakové ztráty regulačního ventilu jsem získal celkovou tlakovou ztrátu v prvním úseku. Takto jsem postupoval až k oběhovému čerpadlu. Obdobně jsem postupoval i u dalších větví otopné soustavy. Na tlakovou ztrátu hlavní větve jsem navrhl oběhové čerpadlo.

Podrobné výpočty jsou v příloze číslo 3.

15.2 Návrh oběhových čerpadel

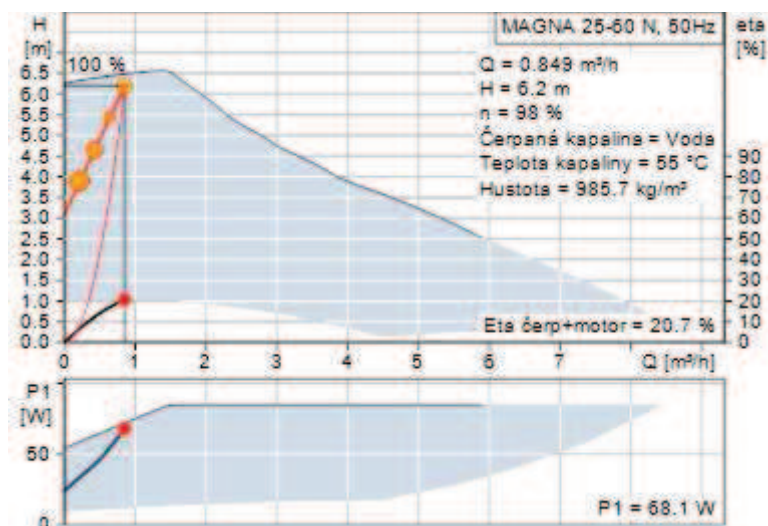
Oběhová čerpadla jsem navrhl ve výpočetním programu firmy Grundfos Webcaps [22]. Obě čerpadla jsou elektronicky regulována.

Na stoupačku S1 jsem navrhl oběhové čerpadlo Magna 25-60 N (graf 11.1). [23]

- tlaková ztráta – 6,202 kPa
- hmotnostní průtok 849 kg/h

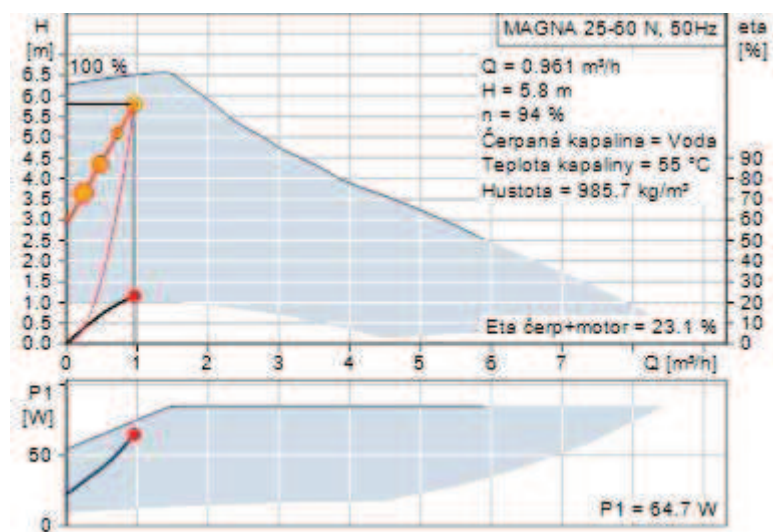
Na stoupačku S2 jsem navrhl oběhové čerpadlo Magna 25-60 H (graf 11.2). [23]

- tlaková ztráta – 7,769 kPa
- hmotnostní průtok 961 kg/h



(graf 11.1.)

Popis	Hodnota
Název výrobku:	MAGNA 25-60 N
Číslo výrobku:	96943223
EAN kód:	5700314285326
Techn.:	
Skutečná vypočítaná hodnota průtoku:	0.849 m³/h
Výsledná dopravní výška čerpadla:	6.2 m
Max. dopravní výška:	60 dm
Teplotní třída TF:	110
Schval. značky na typovém štítku:	CE,TSE,GOST2
Materiály:	
Těleso čerpadla:	Korozivzdorná ocel DIN W.-Nr. 1.4408 AISI 316
Oběžné kolo:	Kompozit, PES
Instalace:	
Rozsah okolní teploty:	0 .. 40 °C
Max. provozní tlak:	10 bar
Potrubní přípojka:	G 1 1/2
Vzdálenost mezi sacím a výtlačným hrdlem:	180 mm
Kapalina:	
Čerpaná kapalina:	Voda
Rozsah teploty kapaliny:	2 .. 95 °C
Teplota kapaliny:	55 °C
Hustota:	985.7 kg/m³
Kinematická viskozita:	1 mm²/s
Elektrické údaje:	
Příkon - P1:	10 .. 85 W
Max. spotřeba el. proudu:	0.09 .. 0.6 A
Frekvence el. sítě:	50 Hz
Jmenovité napětí:	1 x 230-240 V
Krytí (IEC 34-5):	X4D
Třída izolace (IEC 85):	F
Řídící jednotky:	
Poloha svorkovnice:	3H
Jiné:	
Energet. účinnost (EEI):	0.22
Čistá hmotnost:	4.22 kg
Hrubá hmotnost:	5.4 kg



(graf 11.1.)

Popis	Hodnota
Název výrobku:	MAGNA 25-60 N
Číslo výrobku:	96943223
EAN kód:	5700314285326
Techn.:	
Skutečná vypočítaná hodnota průtoku:	0.961 m³/h
Výsledná dopravní výška čerpadla:	5.8 m
Max. dopravní výška:	60 dm
Teplotní třída TF:	110
Schval. značky na typovém štítku:	CE,TSE,GOST2
Materiály:	
Těleso čerpadla:	Korozivzdorná ocel DIN W.-Nr. 1.4408 AISI 316
Oběžné kolo:	Kompozit, PES
Instalace:	
Rozsah okolní teploty:	0 .. 40 °C
Max. provozní tlak:	10 bar
Potrubní přípojka:	G 1 1/2
Vzdálenost mezi sacím a výtlačným hrdlem:	180 mm
Kapalina:	
Čerpaná kapalina:	Voda
Rozsah teploty kapaliny:	2 .. 95 °C
Teplota kapaliny:	55 °C
Hustota:	985.7 kg/m³
Kinematická viskozita:	1 mm²/s
Elektrické údaje:	
Příkon - P1:	10 .. 85 W
Max. spotřeba el. proudu:	0.09 .. 0.6 A
Frekvence el. sítě:	50 Hz
Jmenovité napětí:	1 x 230-240 V
Krytí (IEC 34-5):	X4D
Třída izolace (IEC 85):	F
Řídící jednotky:	
Poloha svorkovnice:	3H
Jiné:	
Energet. účinnost (EEI):	0.22
Čistá hmotnost:	4.22 kg
Hrubá hmotnost:	5.4 kg

16 NÁVRH ZABEZPEČOVACÍHO ZAŘÍZENÍ

16.1 Návrh expanzní nádoby

Expanzní nádoba je zařízení, které slouží pro zachycení změn objemu vody v otopné soustavě a udržují soustavu v předepsaném přetlaku. Jejich návrh vychází z objemu vody v soustavě, maximální teploty a z výšky otopné soustavy.

16.1.1 Výpočet expanzní nádoby

- nejprve jsem si určil objem soustavy V_o .
objem otopných těles: $0,198 \text{ m}^3$
objem vody v rozvodech: $0,136 \text{ m}^3$ } $V_o = 0,334 \text{ m}^3$
- dále jsem spočítal expanzní objem V_e podle vztahu:
 $V_e = 1,3 \cdot V_o \cdot n$
 $V_e = 1,3 \cdot 0,334 \cdot 0,01413 = 0,006135 \text{ m}^3$
 $n = \text{koeficient tepelné roztažnosti pro teplotu teplé vody minus } 10 \text{ K} \quad (-)$
- poté jsem určil předběžný objem expanzní nádoby:

$$V_{ep} = \frac{V_e \cdot (P_{hp} + 100)}{(P_{hp} - P_d)}$$

$$P_{d,dov} \geq 1,1 \cdot (h \cdot \rho \cdot q \cdot 10^{-3} + \Delta_{pz})$$

$$P_{d,dov} \geq 1,1 \cdot (10,8 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3} + (6,2 + 5,8)) = 129,98 \text{ kPa}$$

$$P_{d,dov} \text{ volím } 130 \text{ kPa}$$

$$P_{h,dov} \leq P_k - (h_{mr} \cdot \rho \cdot q \cdot 10^{-3})$$

$$P_{h,dov} \leq 400 - (1 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3}) = 390 \text{ kPa}$$

$$P_{h,dov} \text{ volím } 350 \text{ kPa}$$

$$V_{ep} = \frac{0,006135 \cdot (350 + 100)}{(350 - 130)} = 0,01 \text{ m}^3$$

kde	Δ_{pz}	ztráta tlaku rozvodu mezi neutrálním a nejvyšším bodem	(kPa)
	P_{hp}	předběžný nejvyšší provozní přetlak	(kPa)
	P_d	nejnižší provozní přetlak	(kPa)

Návrh: tlakové expanzní nádoba VR12, objem 12 litrů.

16.1.2 Výpočet průměru potrubí expanzní nádoby

$$d_p = 10 + 0,6 \cdot Q_p^{0,5} \quad Q_p = \text{výkon zdroje} \quad (\text{kW})$$

$$d_p = 10 + 0,6 \cdot 23^{0,5} = 12,88 \text{ mm}$$

návrh potrubí DN 15x1 – Cu

16.2 Návrh pojistného zařízení

Pojistné zařízení zabezpečuje soustavu proti překročení nejvyššího dovoleného přetlaku. Z hlediska návrhu expanzního a pojistného zařízení se jedná o kotel skupiny B a dimenzují se dle zásad pro páru.

16.2.1 Výpočet průřezu sedla pojistného ventilu

průřez pojistného sedla A_o spočítám dle následujícího vztahu

$$A_o = \frac{Q_p}{\alpha_v \cdot k}$$

$$A_o = \frac{23}{0,8 \cdot 1,41} = 20,4 \text{ mm}^2$$

kde	Q_p	výkon zdroje tepla	(kW)
	α_v	výtokový součinitel pojistného ventilu	(-)
	k	konstanta závislá na stavu syté vodní páry při přetlaku p_{ot}	(kW/mm ²)

ideální průměr sedla pojistného ventilu d_i podle vztahu

$$d_i = 2 \cdot \left(\frac{A_o}{\pi}\right)^{0,5}$$

$$d_i = 2 \cdot \left(\frac{20,4}{\pi}\right)^{0,5} = 5,1 \text{ mm}$$

průměr sedla skutečné velikosti d_o zjistíme podle vztahu

$$d_o = a \cdot d_i$$

$$d_o = 1,12 \cdot 5,1 = 5,7 \text{ mm}$$

kde	a	součinitel zvětšení sedla	(-)
-----	-----	---------------------------	-----

profil (vnitřní průměr) pojistného potrubí podle vztahu

$$d_p = 15 + 1,4 \cdot Q_p^{0,5}$$

$$d_p = 15 + 1,4 \cdot 23^{0,5} = 21,71 \text{ mm}$$

Návrh dle podkladů výrobce PV DN 20 (průřez sedla 15 mm), 3,4“ x 1“, otevírací přetlak 350 kPa.

17 POTŘEBA TEPLA PRO VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TEPLÉ VODY

Potřebu tepla pro vytápění a ohřev teplé vody jsem vypočítal pomocí výpočetní pomůcky (Obr. 17.1) na internetových stránkách tzb-info.cz. Tento výpočetní program vychází z denostupňové metody dle ČSN ISO 17390. [24]

Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody

Lokalita (Zastřešeno) ☐ $t_{em} = 12\text{ °C}$ ☒ $t_{em} = 13\text{ °C}$ ☐ $t_{em} = 15\text{ °C}$???

Město Cheb Délka topného období $d =$ 262 [dny]

Venkovní výpočtová teplota $t_e =$ -15 °C Prům. teplota během otopného období $t_{es} =$ 3.6 °C

☒ **Vytápění**

Tepelná ztráta objektu $Q_c =$ 20,6 kW

Průměrná vnitřní výpočtová teplota $t_{is} =$ 20 °C ???

Vytápěcí denostupně
 $D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 4297\text{ K.dny}$

Opravné součinitele a účinnosti systému

$e_i =$ 0.85 ??? $\eta_o =$ 0.95 ???

$e_t =$ 0.90 ??? $\eta_r =$ 0.95 ???

$e_d =$ 1.00 ???

Opravný součinitel ϵ ???

☒ $\epsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0.765$

☐ $\epsilon =$ 0.765

$Q_{VYT,r} = \frac{\epsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$

$Q_{VYT,r} = \left\langle \begin{array}{l} 185,2\text{ GJ/rok} \\ 51,4\text{ MWh/rok} \end{array} \right\rangle$ Náklady

☒ **Ohřev teplé vody**

$t_1 =$ 10 °C ??? $\rho =$ 1000 kg/m³ ???

$t_2 =$ 55 °C ??? $c =$ 4186 J/kgK ???

$V_{2p} =$ 1,97 m³/den ???

Koeficient energetických ztrát systému $z =$ 0.5 ???

Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody

$Q_{TUV,d} = (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 154,6\text{ kWh}$

Teplota studené vody v létě $t_{svl} =$ 15 °C

Teplota studené vody v zimě $t_{svz} =$ 5 °C

Počet pracovních dní soustavy v roce $N =$ 365 [dny]

$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$

$Q_{TUV,r} = \left\langle \begin{array}{l} 182,5\text{ GJ/rok} \\ 50,7\text{ MWh/rok} \end{array} \right\rangle$ Náklady

Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody

$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} = \left\langle \begin{array}{l} 367,7\text{ GJ/rok} \\ 102,2\text{ MWh/rok} \end{array} \right\rangle$ Náklady

Obr. 17.1

C. PROJEKT

18 TECHNICKÁ ZPRÁVA

18.1 Úvod

Tento projekt řeší návrh vytápění bytového domu.

18.1.1 Označení stavby a pozemku

Název stavby:	Bytový dům Wolkerova
Místo stavby:	Wolkerova 19
Obec:	Cheb, 350 02
Katastrální území:	Cheb
Katastrální číslo:	1382/4
Kraj:	Karlovarský

18.1.2 Umístění a popis objektu

Řešený objekt se nachází v katastrálním území Cheb v nadmořské výšce 460 m n. m. Jedná se o novostavbu zděného bytového domu. Objekt má 3 nadzemní podlaží a suterén. Objekt je zateplen minerální vatou o tloušťce 100mm.

Otopná soustava je navržena teplovodní s teplotním spádem 55/45°C, je dvoutrubková, uzavřená s ležatým potrubím vedeným v podlaze (v obytných místnostech) a zavěšené pod stropem (suterénu). Stoupací potrubí vede v instalačních šachtách.

Vnější návrhová teplota:	-15°C
Vnitřní teplota vzduchu v otopném období:	
10°C	– hygienické místnosti v suterénu, společné prostory
15°C	– ostatní místnosti v suterénu
20°C	– obytné místnosti
24°C	– koupelny

18.2 Tepelné technické parametry konstrukcí

Byl proveden výpočet součinitelů prostupu tepla všech konstrukcí podle platné normy ČSN 730540. Všechny konstrukce této normě vyhověly.

Dále byl proveden výpočet tepelného výkonu podle normy ČSN EN 12831. Výpočet byl proveden ručně pro každou místnost zvlášť. Celkový tepelný výkon (tepelná ztráta) objektu činí 20,6 kW. Potřeba tepla pro vytápění činí 185,2 GJ/rok.

18.3 Zdroj tepla

Jako zdroj tepla je navržený plynový kondenzační kotel Vaillant ecoTECH exclusiv VU 206/4-7 s výkonem 23 kW. Kotel bude umístěn v technické místnosti

1S13. Kotel se osadí na stěnu, připojí se na kouřovod, přívod plynu, rozvod ÚT a elektrickou energii. Kotel je spotřebič typu C, čili neřešíme větrání kotelný.

Technické údaje			
Označení	jednotka	ecoTEC exclusiv	
		VU 146/4-7	VU 206/4-7
Rozsah nastavení tepelného výkonu při teplotním spádu 40/30 °C 60/40 °C 80/60 °C	kW kW kW	2,6 - 15,2 2,4 - 14,4 2,4 - 14,0	4,0 - 22,8 3,8 - 21,6 3,7 - 21,0
Tepelný výkon pro ohřev zásobníku	kW	16	23
Nejmenší tepelný výkon	kW	2,4	3,8
Připojovací tlak zemního plynu	mbar	20	20
Spotřeba zemního plynu při ohřevu zásobníku	m³/h	1,7	2,5
Hmotnostní průtok spalín (min./max.)	g/s	1,1/7,6	1,8/11,0
Teplota spalín (min./max.)	°C	40/70	40/70
Třída NO _x	-	5	5
Účinnost při teplotním spádu 40/30 °C 75/60 °C	%	109 96,4	109 96,4
Množství kondenzátu (pH = 3,7) při teplotním spádu 40/30 °C	l/h	1,3	2,0
Jmenovité množství oběhové vody (ΔT = 20 K)	l/h	600	900
Zbytková dopravní výška čerpadla	mbar	250	250
Nastavitelná teplota topné vody	°C	40 - 85	40 - 85
Objem expanzní nádoby (topení)	l	10	10
Vstupní tlak expanzní nádrže (topení)	bar	0,75	0,75
Max. pracovní přetlak v topném systému	bar	3,0	3,0
Nastavitelný rozsah teploty teplé vody v zásobníku	°C	40 - 70	40 - 70
Celková hmotnost	kg	35	35
Výška	mm	800	800
Šířka	mm	480	480
Hloubka	mm	385	385
Elektrické připojení	V/Hz	230/50	230/50
Příkon, max.	W	70	90
Stupeň krytí	-	IP X4 D	IP X4 D

Obr. 18.1

18.4 Zabezpečovací zařízení

Otopná soustava je napojena na expanzní nádobu VR12 o objemu 12 litrů.

Pojistný ventil PV DN 20 (průřez sedla 15 mm), 3,4" x 1", otevírací přetlak 350 kPa.

18.5 Otopná soustava

Otopná soustava je navržena s teplotním spádem 55/45°C. Potrubí je vedeno z kotle do HVDT, kombinovaného R+S a přes soustavu armatur do jednotlivých

topných větví (stoupačky S1 a S2). V suterénu jsou rozvody vedeny pod stropem, dále přecházejí do instalačních šachet a ze šachet přes rozvody v podlaze k jednotlivým otopným tělesům. Připojení otopných těles v obytné části objektu je řešeno rohovým H šroubením vedoucím do zdi a dále do podlahy. Trubky jsou měděné opatřené tepelnou izolací. Každý byt má v instalační šachtě umístěn vlastní kalorimetr na měření spotřebovaného tepla.

18.6 Otopná tělesa

Otopná tělesa jsou navržena od firmy Korado. V obytných místnostech jsou umístěna desková otopná tělesa RADIK PLAN VKM se středovým spodním rohovým H šroubením. V koupelnách jsou navržena trubková tělesa KORALUX LINEAR KLASIK - M (KLCM) též se středovým spodním rohovým H šroubením. V suterénu jsou navržena desková tělesa RADIK KLASIK 10 a RADIK KLASIK R 20.

Všechna tělesa jsou opatřena termostatickým ventilem s termostatickou hlavicí od firmy Heimeier s předepsaným přednastavením. Dále je na každém tělese odvzdušňovací ventil.

Celkový instalovaný výkon otopných těles je 20,6 kW.

18.7 Oběhové čerpadla

Na každé větvi (stoupačce S1, S2) je osazeno čerpadlo Magna 25-60 H

18.8 Regulace

Kotel bude řízen dle venkovní teploty s maximální výstupní teplotou 55°C při výpočtové venkovní teplotě -15°C. Venkovní čidlo se umístí na severní stranu. Do referenční místnosti bude osazen prostorový termostat. Referenční místnost bude upřesněna při realizaci s investorem. Regulace kotle bude dle venkovní teploty s vazbou na teplotu prostoru (případně s časovým řízením). Provozovatel ve spolupráci se servisním technikem nastaví vhodnou ekvitermní křivku a časové nastavení, případě bude upraveno při provozu dle potřeby.

Otopná tělesa budou opatřena ventilem s termostatickou hlavicí s vestavěným čidlem.

18.9 Plnění a vypouštění otopné soustavy

Plnění otopné soustavy bude prováděno pitnou vodou z vodovodního řádu plnicím zařízením, které je součástí topné soustavy v technické místnosti. Vypouštění soustavy bude prováděno vypouštěcími kohouty v technické místnosti.

18.10 Montáž, uvedení do provozu

18.10.1 Zdroj

Instalaci a uvedení zařízení do provozu musí provést osoba s odpovídající kvalifikací vlastnící osvědčení o kvalifikaci a oprávnění k činnosti odpovídající rozsahu. Před uvedením zařízení do provozu je nutno zajistit revizi elektroinstalace. Postup uvedení zařízení do provozu je uveden v dodavatelské dokumentaci zařízení.

18.10.2 Topná soustava

Montáž a uvedení topné soustavy do provozu se řídí dle platných norem a zákonů. Montážní práce musí provádět osoba s osvědčením o zácviku vystaveným gestorem použitého systému. Po dokončení montáže zajistí zhotovitel provedení zkoušky těsnosti instalovaného zařízení.

Zkoušku provede přetlakem vody minimálně 6 bar. Kontrolu těsnosti provede jednak prohlídkou zařízení a jednak poklesem zkušební přetlaku. Zkouška vyhoví, pokud není zjištěn únik a neklesne zkušební přetlak.

18.10.3 Topná zkouška

Uvedení topné teplovodní soustavy do provozu spočívá zejména v provedení zkoušky těsnosti a v provedení dilatační a topné zkoušky. Dilatační zkouška se provede dvojnásobným ohřátím soustavy na nejvyšší pracovní teplotu a jejím ochlazením. Při zkoušce nesmí být zjištěny netěsnosti ani jiné závady.

Součástí topné zkoušky bude i dvojnásobný proplach soustavy ohřátou topnou vodou.

Topná zkouška systému ústředního vytápění bude provedena v rozsahu 24 hod.

Součástí topné zkoušky bude nastavení regulačních ventilů topných těles tak, aby nedocházelo k jejich nerovnoměrnému ohřívání. Před zahájením topné zkoušky musí být provedeno autorizované uvedení kotlů do provozu.

Zkouškou bude prokázána:

- správná funkce armatur
- rovnoměrné ohřívání topných těles
- dosažení technických předpokladů projektu
- správná funkce měřících a regulačních zařízení
- správná funkce zabezpečovacích zařízení
- dostatečný výkon zařízení

18.10.4 Způsob obsluhy a ovládání

Zařízení je určeno pro občasnou obsluhu jednou osobou, spočívající v kontrole funkce zařízení a korekci nastavených uživatelských parametrů. Osoba obsluhující zařízení musí být prokazatelně seznámena s bezpečnostními a provozními podmínkami zařízení a v obsluze zacvičena a musí mít k dispozici návody k obsluze zařízení.

18.11 Bezpečnost při provozu a používání zařízení

Při provozu zařízení smí zařízení obsluhovat zaškolená osoba. Při obsluze zařízení je nutno dodržovat postupy uvedené v návodech k obsluze zařízení a pokynech

pro obsluhu zařízení. Předání návodů a pokynů pro obsluhu zařízení a zaškolení obsluhy je povinností zhotovitele zařízení.

18.12 Návrh tepelných izolací rozvodů

Rozvody vedené v podlaze:

- v bytových jednotkách TI Mirelon tloušťky 13 mm

Rozvody vedené ve stoupačkách:

- TI PAROC – section aluCoat T tloušťky 30mm

Rozvody vedené v suterénu zavěšené pod stropem:

- TI PAROC – section aluCoat T tloušťky 50mm

19 ZÁVĚR

Úkolem této bakalářské práce bylo aplikovat vhodné řešení vytápění na objekt bytového domu. Výpočet tepelného výkonu, návrh otopných těles, dimenzování potrubí, hydraulické posouzení, návrh zabezpečovacího zařízení a přípravu teplé vody.

Teplotní spád otopné vody jsem zvolil 55/45°C. Díky tomuto teplotnímu spádu jsem mohl využít výhody kondenzačního kotle. Potrubní rozvody jsou z mědi a jsou izolovány tepelnou izolací. Rozvody otopné vody jsou v bytech vedeny v podlaze, v suterénu jsou zavěšeny pod stropní konstrukcí. Stoupací potrubí vede v instalačních šachtách.

Přípravu teplé vody jsem vyřešil zásobníkovým ohřevem, kdy je ohřev vody prováděn nepřímo. Plynový kotel ohřívá topnou vodu, která předává svou tepelnou energii studené vodě přes teplosměnnou plochu v zásobníku TV.

Cílem bakalářské práce je aplikovat získané zkušenosti během čtyřletého studia. Myslím, že tento cíl tato práce splnila. Mohl jsem si pod odborným vedením pedagogů nanečisto vyzkoušet návrh vytápění objektu většího rozsahu.

20 POUŽITÉ ZDROJE

1. Obrázek kulového kohoutu, dostupný z <http://im9.cz/iR/importprodukt-orig/8e6/8e687d0c1933bb2068e0df944f3333a3--mmf250x250.jpg> [online]. [cit. 2013-05-19]
2. Katalogový list, kulový kohout, dostupný z www.giacomini.cz/dokumenty_download.php?id=1256 [online]. [cit. 2013-05-19]
3. Tlakové ztráty kulového kohoutu, dostupné z http://www.giacomini.cz/dokumenty_download.php?id=1258 [online]. [cit. 2013-05-19]
4. Obrázek zpětné klapky, dostupný z <http://www.ryhos.cz/img/27/prislusenstvi-zpetna-klapka-napojeni-2-1.jpg> [online]. [cit. 2013-05-22]
5. Zpětná klapka, dostupný z http://cs.wikipedia.org/wiki/Zp%C4%9Btn%C3%A1_klapka [online]. [cit. 2013-05-22]
6. Technický list, zpětná klapka, dostupný z http://www.giacomini.cz/dokumenty_download.php?id=840 [online]. [cit. 2013-05-22]
7. Obrázek filtru, dostupný z <http://www.dohaco.com/product/hinh%20xuat/R74A.jpg> [online]. [cit. 2013-05-22]
8. Katalogový list, filtr s vnitřním závitem, dostupný z http://www.giacomini.cz/dokumenty_download.php?id=836 [online]. [cit. 2013-05-22]
9. Obrázek pojistného ventilu, dostupný z http://www.votopl.cz/_voda-topeni-plyn--IMG/articleIMG/53472.jpg [online]. [cit. 2013-05-22]
10. Technické listy, pojistný membránový ventil dostupný z http://www.giacomini.cz/dokumenty_download.php?id=1598 [online]. [cit. 2013-05-22]
11. Katalogové listy, automatický odvzdušňovací ventil, dostupný z http://www.giacomini.cz/dokumenty_download.php?id=1528 1598 [online]. [cit. 2013-05-23]
12. Obrázek vypouštěcího kohoutu, dostupný z <https://encrypted-tbn3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRyKoj95v5dRYFkkbx7oB11w2iELu7N-XWXEPUm7-0mGT9mtt4YQ> [online].

[cit. 2013-05-23]

13. Katalogový list vypouštěcího kohoutu, dostupný z http://www.giacomini.cz/dokumenty_download.php?id=1189 [online].
[cit. 2013-05-23]
14. Ventily pro topení a vodu, dostupný z http://www.regulus.cz/cz/ventily-pro-topeni-a-vodu?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_content=Ventily&utm_campaign=K1-KlicovaSlova&gclid=CPL_kc7vqrcCFYdd3godSE8AEg [online].
[cit. 2013-05-23]
15. Obrázek trojcestného ventilu, dostupný z <http://www.giacomini.com/static/en/catalog/istruzioni/R298.pdf> [online].
[cit. 2013-05-23]
16. Technické listy trojcestného ventilu, dostupný z http://www.giacomini.cz/dokumenty_download.php?id=766 [online].
[cit. 2013-05-23]
17. Obrázek motorizace trojcestného ventilu, dostupný z <http://www.giacomini.cz/k281-796> [online].
[cit. 2013-05-23]
18. JELÍNEK, Vladimír, Výpočet tepelné ztráty budov, dostupný z http://www.hydronic.cz/download_clanky.php?id=6 [online].
[cit. 2013-05-20]
19. Obrázek Radik Plan VKM, dostupný z http://www.korado.cz/cs/vyrobky/radik/prehled_modelu/radik_plan_vkm/index.shtml [online].
[cit. 2013-05-20]
20. Obrázek Koralux Linear Classic M, dostupný z http://www.korado.cz/cs/vyrobky/koralux/prehled_modelu/produktova_rada_classic/koralux_linear_classic_m.shtml [online].
[cit. 2013-05-20]
21. Obrázek Korado klasik R, dostupný z http://www.korado.cz/cs/vyrobky/radik/prehled_modelu/radik_klasik_r/index.shtml [online].
[cit. 2013-05-20]
22. Oběhová čerpadla, dostupný z <http://net.grundfos.com/Appl/WebCAPS/InitCtrl?mode=1> [online].
[cit. 2013-05-22]

23. Návrh oběhového čerpadla Magna 25-60 N, dostupný z <http://net.grundfos.com/Apl/WebCAPS/ProductDetailCtrl?cmd=com.grundfos.webcaps.productdetail.commands.ProductDetailCommand&productnumber=96943223&freq=50&page=0&selectedRow=0&detailid=1369222860182> [online].
[cit. 2013-05-22]
24. Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody, dostupný z <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody> [online].
[cit. 2013-05-21]

Normy, zákony, vyhlášky

- Vyhl. MMRČR č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb
- Vyhl. MMRČR č. 193/2007 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie
- ČSN EN 12 831 – Tepelné soustavy v budovách – výpočet tepelného výkonu
- ČSN 06 0310 – Tepelné soustavy v budovách – Projektování a montáž
- ČSN 06 0820 - Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody
- ČSN 06 0830 - Tepelné soustavy v budovách – Zabezpečovací zařízení
- ČSN 73 0540 – (1, 2, 3, 4) - Tepelná ochrana budov
- TNI 73 0330 – Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – bytové domy

21 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ

t	teplota	[K]
Q	tepelný výkon	[W]
m	hmotnostní průtok	[kg/h]
Δ_p	střední hodnota pro tlak	[Pa]
n	násobná výměna vzduchu za hodinu	[m ³ /h]
A	plocha	[m ²]
U	součinitel prostupu tepla konstrukcí	[W/m ² .K]
U _{em}	střední hodnota prostupu tepla	[W/m ² .K]
e	korekční součinitel	[-]
H	měrná tepelná ztráta	[W/K]
f	součinitel redukce teploty	[-]
G	opravný součinitel na vliv spodní vody	[-]
θ	teplota	[°C]
Φ	návrhová tepelná ztráta	[W]
ε	výškový korekční činitel	[-]
V	objem místnosti	[m ³]
n ₅₀	stupeň těsnosti obvodového pláště budovy	[-]
l	délka	[m]
R	tlaková ztráta	[Pa]
w	rychlost	[m/s]
$\Sigma \xi$	suma vřazených odporů	[-]
Z	tlaková ztráta vřazených oporů	[Pa]
ρ	hustota	[kg/m ³]
c	měrná tepelná kapacita	[J/kg.K]
t	střední hodnota tepla	[K]
h	výška	[m]
g	tíhové zrychlení	[m/s ²]
d	průměr	[mm]

PŘÍLOHY

A. Výpočtová část

- příloha číslo 1 – součinitel prostupu tepla
- příloha číslo 2 – přesný výpočet tepelných ztrát
- příloha číslo 3 – výpočet dimenze potrubí

B. Výkresová část

- Výkres číslo 1 – Půdorys 1S, M 1:50
- Výkres číslo 2 – Půdorys 1NP, M 1:50
- Výkres číslo 3 – Půdorys 2NP, M 1:50
- Výkres číslo 4 – Půdorys 3NP, M 1:50
- Výkres číslo 5 – Řez A - A, M 1:50
- Výkres číslo 6 – Půdorys zapojení otopných těles 1S, M 1:50
- Výkres číslo 7 – Půdorys zapojení otopných těles 1NP, M 1:50
- Výkres číslo 8 – Půdorys zapojení otopných těles 2NP, M 1:50
- Výkres číslo 9 – Půdorys zapojení otopných těles 3NP, M 1:50
- Výkres číslo 10 – Schéma zapojení otopných těles, M 1:50
- Výkres číslo 11 – Půdorys zapojení zdroje tepla, M 1:25
- Výkres číslo 12 – Schéma zapojení zdroje tepla, M 1:25