



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

VYTÁPĚNÍ BYTOVÝCH DOMŮ

HEATING OF APARTMENT BUILDINGS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jakub Diatel

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARCELA POČINKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Jakub Diatel
Název	Vytápění bytových domů
Vedoucí práce	Ing. Marcela Počinková, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2018
Datum odevzdání	11. 1. 2019

V Brně dne 31. 3. 2018

prof. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, 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 a vyhláškami, normami) pro navrhování zařízení techniky staveb.

A. Analýza tématu, cíle a metody řešení

Analýza zadaného tématu, normové a legislativní podklady

Cíl práce, zvolené metody řešení

Aktuální technická řešení v praxi

Teoretické řešení (s využitím fyzikální podstaty dějů)

Experimentální řešení (popis metody a přístrojové techniky)

Řešení využívající výpočetní techniku.

B. Aplikace tématu na zadané budově - koncepční řešení

Návrh technického řešení ve 2 až 3 variantách v zadané specializaci (včetně doložených výpočtů) v rozpracovanosti rozšířeného projektu pro stavební povolení: půdorysy v měřítku 1:100, stručná technická zpráva

Ideové řešení navazujících profesí TZB (ZTI, UT, VZT) v zadané budově

Hodnocení navržených variant řešení z hlediska vnitřního prostředí, uživatelského komfortu, prostorových nároků, ekonomiky provozu, dopadu na životní prostředí apod.;

C1. Experimentální řešení a zpracování výsledků

Experiment realizovaný v laboratoři nebo reálné budově postihující dílčí část zadané problematiky.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Marcela Počinková, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Tématem této diplomové práce je vytápění bytových domů, kde byla zaměřena pozornost na tepelný komfort ve vytápěných místnostech. První část se tomuto tématu věnuje v teoretické rovině, kde jsou prezentovány i výsledky CFD simulací týkající se přímého srovnání otopných těles a podlahového vytápění. Druhá část je věnována praktické části na zadané budově. Projekt je řešen ve dvou variantách – vytápění pomocí otopných těles nebo pomocí podlahového vytápění. Ve třetí části je pozornost věnována dvěma experimentům – měření vnitřního prostředí ve dvou místnostech a měření spotřeby plynu bytových domů s různou koncepcí vytápění. Poslední část je věnována modelování střední radiační teploty, kde jsou porovnávány různé způsoby vytápění, které mají vliv na rozložení střední radiační teploty v prostoru. Pro svobodnější vyšetření střední radiační teploty v prostoru byl vyvinut vlastní software.

PREFACE

The topic of this diploma thesis is heating of apartment buildings, where an attention was focused on thermal comfort in heated rooms. The first theoretical part brings results of CFD simulations which compare radiators with floor heating. The second part consists of practical application of the given building. There are two options in this project - heating by radiators or floor heating. The third part describes two experiments - measurement of indoor environment in two rooms and measurement of gas consumption in apartment buildings with different heating concepts. In the last part the mean radiant temperature is simulated. There are compared different kind of heating, which have impact to distribution of mean radiant temperature in the room. The personal software was created for deeper understanding of mean radiant temperature.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vytápění bytového domu, tepelná pohoda, tepelný komfort, předpověď středního tepelného pocitu, PMV, PPD, stupeň obtěžování průvanem, DR, CFD, chladné padající proudy, prosklené fasády, okna, otopná tělesa, podlahové vytápění, rychlosti proudění, okrajová zóna, bilanční metoda, klasický návrh, rozložení teplot, střední radiační teplota.

KEY WORDS

Heating of apartment building, thermal comfort, predicted mean vote, PMV, PPD, draught risk, DR, CFD, cold down draft, glass curtain wall, windows, radiators, floor heating, flow velocity, intensive perimeter zone, balance method, classical design, temperature profile, mean radiant temperature.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Jakub Diatel *Vytápění bytových domů*. Brno, 2019. 222 s., 48 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Marcela Počinková, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Vytápění bytových domů* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 11. 1. 2019

.....
podpis autora

PODĚKOVÁNÍ:

Rád bych poděkoval své vedoucí diplomové práce, paní Ing. Marcele Počinkové, Ph.D., za její ohromnou ochotu, odborné vedení, cenné rady a čas, který mi věnovala při konzultacích.

Velké poděkování patří mé přítelkyni a celé mé rodině, za jejich podporu během celého mého studia, které si nesmírně vážím.

OBSAH

ÚVOD	19
A. TEORETICKÁ ČÁST – TEPELNÁ POHODA.....	21
1 ÚVOD	23
2 TEPELNÁ POHODA.....	24
2.1 TEORIE VÝMĚNY TEPLA LIDSKÉHO TĚLA.....	24
2.2 HODNOCENÍ TEPELNÉ POHODY	25
2.2.1 PŘEDPOVĚĎ STŘEDNÍHO TEPELNÉHO POCITU (PMV)	26
2.2.1.1 METABOLISMUS M	27
2.2.1.2 UŽITEČNÝ MECHANICKÝ VÝKON W	29
2.2.1.3 TEPELNÝ ODPOR ODĚVU I_{cl}	29
2.2.1.4 TEPLOTA VZDUCHU t_a A VÝSLEDNÁ TEPLOTA t_g	32
2.2.1.5 STŘEDNÍ RADIAČNÍ TEPLOTA t_r	32
2.2.1.6 OPERATIVNÍ TEPLOTA t_o	35
2.2.2 PŘEDPOVĚĎ PROCENTUÁLNÍHO PODÍLU NESPOKOJENÝCH (PPD).....	36
2.2.3 MÍSTNÍ TEPELNÝ DISKOMFORT.....	37
2.2.3.1 STUPEŇ OBTĚŽOVÁNÍ PRŮVANEM DR	37
2.2.3.2 VERTIKÁLNÍ ROZDÍLY TEPLoty VZDUCHU MEZI HLAVOU A KOTNÍKY.....	38
2.2.3.3 TEPLÉ A CHLADNÉ PODLAHY	39
2.2.3.4 ASYMETRICKÁ RADIACE	40
2.3 TEPELNÁ POHODA VE VYTÁPĚNÉ MÍSTNOSTI.....	41
2.3.1 POVRCHOVÁ TEPLOTA OKOLNÍCH PLOCH	41
2.3.1.1 CHLADNÉ PADAJÍCÍ PROUDY	42
2.3.1.2 ELIMINACE NÍZKÉ POVRCHOVÉ TEPLoty OKNA.....	45
2.3.2 RYCHLOST A SMĚR PROUDĚNÍ VZDUCHU VE VYTÁPĚNÉM PROSTORU	46
2.3.2.1 VYTÁPĚNÍ OTOPNÝMI TĚLESY	47
2.3.2.2 VYTÁPĚNÍ PODLAHOVÝM VYTÁPĚNÍM.....	50
2.3.2.3 OTOPNÉ TĚLESO VS. PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ	51
2.3.3 VYTÁPĚNÍ V BUDOVÁCH S TĚMĚŘ NULOVOU SPOTŘEBOU ENERGIE.....	53
2.4 ZÁVĚR.....	57
B. PRAKTICKÁ ČÁST – VYTÁPĚNÍ BYTOVÉHO DOMU	59
1 ANALÝZA OBJEKTU	61
2 VÝPOČET TEPELNÉHO VÝKONU.....	63
2.1 VÝPOČET SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA	63
2.1.1 SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA STĚNAMI OBJEKTU	64
2.1.2 SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA VODOROVNÝMI KONSTRUKCEMI.....	66
2.1.3 POSOUZENÍ NAVRŽENÝCH KONSTRUKCÍ	69
2.2 PODROBNÝ VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT OBJEKTU	71
2.2.1 CELKOVÁ NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA VYTÁPĚNÉHO PROSTORU	71

2.2.2	VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT OBJEKTU	75
2.2.2.1	SPOLEČNÉ PROSTORY	76
2.2.2.2	BYTY 1. NP A 2. NP	77
2.2.2.3	BYTY 3. NP A 4. NP	78
2.2.2.4	CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA OBJEKTU	78
2.3	STANOVENÍ TEPELNÉHO VÝKONU PRO OHŘEV VZDUCHU PRO VZDUCHOTECHNIKU ...	79
2.3.1.1	OHŘEV VENKOVNÍHO VZDUCHU PRO VĚTRÁNÍ DLE NA.4.1 ČSN EN 15665/Z1 79	
2.3.1.2	OHŘEV VENKOVNÍHO VZDUCHU PRO VĚTRÁNÍ DLE ČSN 127010/Z1	79
2.4	DÍLČÍ ZÁVĚR	79
3	NÁVRH OTOPNÝCH PLOCH A OHŘÍVAČE VZT	80
3.1	NÁVRH OTOPNÝCH TĚLES	80
3.1.1	PŘEPOČET VÝKONU OTOPNÝCH TĚLES	80
3.1.1.1	SKUTEČNÝ VÝKON OTOPNÉHO TĚLESA	81
3.1.2	PŘEPOČET VÝKONŮ OTOPNÝCH TĚLES V OBJEKTU	91
3.2	NÁVRH PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ	93
3.2.1	VÝPOČET TEPELNÉHO VÝKONU PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ	93
3.2.1.1	VLIV OKRAJE NA ZVĚTŠENÍ SPECIFICKÉHO TEPELNÉHO VÝKONU	95
3.2.1.2	VLIV ZAKRYTÍ NÁBYTKEM	96
3.2.1.3	STANOVENÍ HYDRAULICKÝCH POMĚRŮ	97
3.2.2	VÝPOČET VÝKONU PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ V OBJEKTU	98
3.3	NÁVRH OHŘÍVAČE VZDUCHU	103
3.4	DÍLČÍ ZÁVĚR	103
4	NÁVRH OHŘEVU TV	104
4.1	NÁVRH PODLE KŘIVEK DODÁVKY A ODBĚRU TEPLA	104
4.2	NÁVRH OHŘEVU TV	106
4.3	KONTROLNÍ NÁVRH DLE DIN 4708	107
4.4	DÍLČÍ ZÁVĚR	110
5	NÁVRH ZDROJE TEPLA	111
5.1	PŘIPOJOVACÍ TEPELNÝ VÝKON ZDROJE TEPLA	111
5.2	NÁVRH ZDROJE TEPLA	111
6	DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ A NÁVRH ČERPADEL	115
6.1	DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ	115
6.1.1	TLAKOVÉ ZTRÁTY	115
6.1.1.1	TLAKOVÁ ZTRÁTA TŘENÍM	115
6.1.1.2	TLAKOVÁ ZTRÁTA ARMATUR	115
6.1.2	DIMENZOVÁNÍ POTRUBNÍCH ROZVODŮ V OBJEKTU	116
6.1.2.1	UVAŽOVANÉ ARMATURY	116
6.1.2.2	VÝPOČET DIMENZOVÁNÍ	117
6.2	NÁVRH ČERPADEL	122

7	NÁVRH ZABEZPEČOVACÍCH PRVKŮ	127
7.1	NÁVRH POJISTNÉHO VENTILU.....	127
7.2	NÁVRH EXPANZNÍ NÁDOBY	128
7.3	DÍLČÍ ZÁVĚR.....	129
8	NÁVRH DALŠÍCH ZAŘÍZENÍ SOUSTAVY.....	130
8.1	MĚŘIČ TEPLA.....	130
8.2	NÁVRH VYVAŽOVACÍ ARMATURY	132
8.3	NÁVRH ZPĚTNÉ KLAPKY	135
8.4	NÁVRH TROJCESTNÉHO SMĚŠOVACÍHO VENTILU S POHONEM	136
8.5	NÁVRH FILTRU.....	138
8.6	DOPLŇOVÁNÍ A ZMĚKČOVÁNÍ VODY	139
8.7	NÁVRH ROZDĚLOVAČE A SBĚRAČE	140
8.8	NÁVRH HVDT.....	141
9	NÁVRH VĚTRÁNÍ TECHNICKÉ MÍSTNOSTI	143
9.1	TEPELNÁ BILANCE TECHNICKÉ MÍSTNOSTI V ZIMĚ	143
9.2	TEPELNÁ BILANCE KOTELNY V LÉTĚ	143
9.2.1	STANOVENÍ RYCHLOSTI PROUDĚNÍ V PROTIDEŠTOVÉ ŽALUZII	144
9.3	DÍLČÍ ZÁVĚR.....	145
10	POTŘEBA TEPLA	146
10.1	MĚSÍČNÍ METODA – ROČNÍ POTŘEBA TEPLA	146
10.1.1	ROČNÍ POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ	146
10.1.1.1	MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA.....	146
10.1.1.2	ZISKY	146
10.1.1.3	STUPEŇ VYUŽITÍ ZISKŮ	147
10.1.1.4	BILANCE POTŘEB	148
10.1.1.5	VZOROVÝ VÝPOČET PRO MĚSÍC BŘEZEN	148
10.1.2	ROČNÍ POTŘEBA TEPLA NA OHŘEV TEPLÉ VODY.....	150
10.1.2.1	VÝPOČET PRO MĚSÍC BŘEZEN	150
10.1.3	POTŘEBA TEPLA PRO OHŘEV VZDUCHU	150
10.1.3.1	VÝPOČET PRO MĚSÍC BŘEZEN	150
10.2	CELKOVÁ ROČNÍ POTŘEBA TEPLA	151
10.3	DÍLČÍ ZÁVĚR.....	153
11	TECHNICKÁ ZPRÁVA	154
11.1	ÚVOD	154
11.1.1	UMÍSTĚNÍ A POPIS OBJEKTU	154
11.1.2	POPIS OBJEKTU	154
11.1.3	KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ OBJEKTU	154
11.1.4	PODKLADY PRO ZPRACOVÁNÍ PROJEKTU	154
11.1.5	ROZSAH PROJEKTU	154

11.2	TEPELNÉ ZTRÁTY A SPOTŘEBA TEPLA	155
11.2.1	KLIMATICKÉ PODMÍNKY MÍSTA STAVBY A PROVOZNÍ PODMÍNKY	155
11.2.2	VNITŘNÍ TEPLoty	155
11.2.3	PŘEHLED TEPELNĚ TECHNICKÝCH VLASTNOSTÍ KONSTUKCÍ	156
11.2.4	TEPELNÉ ZTRÁTY BUDOVY	156
11.2.5	POTŘEBA TEPLA PRO VYTÁPĚNÍ, VZT A OHŘEV TV	157
11.3	ZDROJ TEPLA	157
11.3.1	VÝKON ZDROJE TEPLA	157
11.3.2	PRIMÁRNÍ ENERGIE	157
11.3.3	PLYNOVÝ KONDENZAČNÍ KOTEL	157
11.3.3.1	PROVOZ KOTLE	157
11.3.3.2	SÁNÍ SPALOVACÍHO VZDUCHU A ODVOD SPALIN	157
11.3.3.3	PALIVO	157
11.3.3.4	VĚTRÁNÍ TECHNICKÉ MÍSTNOSTI	158
11.3.3.5	DOPLŇOVÁNÍ VODY	158
11.3.3.6	ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ	158
11.3.4	OTOPNÁ SOUSTAVA	158
11.3.4.1	VARIANTA A – OTOPNÁ TĚLESA	159
11.3.4.2	VARIANTA B – PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ	159
11.3.4.3	OBEČNĚ PLATNÉ PRO OBĚ VARIANTY	159
11.3.4.4	OBĚHOVÁ ČERPADLA	160
11.3.4.5	ARMATURY A ZAŘÍZENÍ	160
11.3.5	OTOPNÉ PLOCHY	161
11.3.5.1	OTOPNÁ TĚLESA	161
11.3.5.2	PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ	161
11.3.6	PLNĚNÍ A VYPOUŠTĚNÍ SOUSTAVY	162
11.3.7	TEPELNÉ IZOLACE	162
11.3.8	REGULACE OTOPNÉ SOUSTAVY	162
11.4	POŽADAVKY NA DALŠÍ PROFESE	162
11.4.1	STAVEBNÍ PRÁCE	162
11.4.2	ELEKTROINSTALACE	162
11.4.3	ZDRAVOTECHNIKA	162
11.4.4	PLYN	163
11.4.5	VZDUCHOTECHNIKA	163
11.4.6	MĚŘENÍ A REGULACE	163
11.5	ZKOUŠKY ZAŘÍZENÍ	163
11.6	BEZPEČNOST A OCHRANA PŘI PRÁCI	163
11.7	POUŽITÉ NORMY A PŘEDPISY	164
11.8	ZÁVĚR	164
C.	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	165
1	ÚVOD DO EXPERIMENTU	167
2	MĚŘENÍ VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ DVOU BYTŮ	167
2.1	PRŮBĚH MĚŘENÍ	169
2.1.1	BYT A – OTOPNÁ TĚLESA	169

2.1.2	BYT B – PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ	171
2.2	VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ.....	173
2.2.1	BYT A – OTOPNÁ TĚLESA.....	173
2.2.2	BYT B – PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ	176
2.2.3	POROVNÁNÍ BYTŮ	180
2.2.4	DÍLČÍ ZÁVĚR	182
3	VLIV KONCEPCIE VYTÁPĚNÍ NA SPOTŘEBU ENERGIE	183
3.1.1	DÍLČÍ ZÁVĚR	187
4	ZÁVĚR EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI	188
D.	MODELOVÁNÍ ROZLOŽENÍ STŘEDNÍ RADIAČNÍ TEPLoty V MÍSTNOSTI	189
1	ÚVOD	191
2	VÝSLEDKY	196
3	VYHODNOCENÍ.....	200
4	ZÁVĚR MODELOVACÍ ČÁSTI	202
	ZÁVĚR	204
	POUŽITÉ ZDROJE.....	208
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ.....	214
	SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ	218
	PŘÍLOHY	222

ÚVOD

Tématem diplomové práce je vytápění bytových domů, kde je pozornost věnována tepelnému komfortu ve vytápěné místnosti. V první části se práce zabývá hodnocením tepelné pohody pomocí mezinárodních norem. Jsou prezentovány výpočty kritérií tepelného komfortu, jako je PMV, PPD, DR, PD apod. Velká část teorie je věnována provedeným CFD simulacím v oblasti srovnání vytápění pomocí otopných těles nebo podlahového vytápění. Prezentované CFD simulace pocházejí z České republiky, ale také ze zahraničí – Švédsko, Korea. Dále je pozornost věnována experimentálnímu zjišťování rychlosti proudění chladných padajících proudů v místnosti. Je prezentován experimentální výzkum na budově s téměř nulovou spotřebou energie, kde byla rychlost proudění vzduchu zjišťována pomocí PIV technologie. V teoretické části jsou prezentovány vztahy na výpočet rychlosti proudění nad podlahou v různé vzdálenosti od celoprosklené fasády.

Druhá část se zaměřuje na vytápění čtyřpodlažního bytového domu v Boskovicích. V této části jsou prezentovány výpočty, které vedly k finálnímu navrženému řešení objektu. Je zde uveden výpočet součinitelů prostupu tepla, podrobný výpočet tepelných ztrát objektu, návrh otopných těles, návrh podlahového vytápění, návrh ohřívače vzduchu, návrh ohřevu teplé vody, návrh zdroje tepla, návrh pojistného ventilu a expanzní nádoby, návrh dalších zařízení soustavy, návrh větrání technické místnosti, výpočet potřeby tepla pomocí měsíční metody a v poslední části je uvedena zjednodušená technická zpráva.

Projekt byl zpracován jako dokumentace pro stavební povolení. Řešení je aplikováno ve dvou variantách – otopná tělesa nebo podlahové vytápění. Bytový dům je větrán pomocí centrální rekuperační jednotky umístěné na střeše snížené části objektu. V každém bytě jsou umístěné tzv. smart boxy, které umožňují individuální ovládání intenzity větrání v bytě. Byla vypracována studie větrání objektu.

Vytápění bytového domu je řešeno ve dvou variantách se stejným zdrojem tepla, kterým je nástěnný plynový kondenzační kotel. Ohřev vody je řešen jako smíšený se zásobníkovým ohřívačem o objemu 400 l. Pro ohřev vody a pro ohřev vzduchu v ohřívači vzduchu jsou vyčleněny samostatné větve.

Třetí část je věnována dvěma experimentům. První experiment se zabývá měřením vnitřního prostředí dvou místností ve dvou různých bytech, které mají různou koncepci vytápění. První byt je vytápěn pomocí otopných těles, druhý pomocí podlahového vytápění. Obě místnosti mají stejný účel a stejnou orientaci ke světovým stranám. Z naměřených hodnot jsou dopočítány operativní teploty a střední radiační teploty. V bytě s podlahovým vytápěním je vyhodnocován tepelný komfort pomocí kritéria PPD. Druhý experiment se věnuje analýze měření spotřeby plynu na čtyřech bytových domech s různou koncepcí vytápění, které jsou umístěny ve stejné lokalitě.

Čtvrtá a poslední část diplomové práce je věnována počítačovému modelování rozložení střední radiační teploty v prostoru. Byl porovnáván vliv požadavků na kvalitu konstrukcí a vnitřních povrchových teplo těchto konstrukcí. Byly uvažovány konstrukce od roku

1962 až do současnosti. Je porovnáván vliv způsobu vytápění pomocí kritéria PPD ve zvoleném bodě. Modelování probíhalo v softwaru Radiace, který byl naprogramován pro určité uskupení ploch, které ovlivňují střední radiační teplotu. Pro svobodnější přístup k vyšetřování střední radiační teploty byl vytvořen vlastní program, jehož výsledky jsou srovnávány s již zmiňovaným softwarem Radiace, a nebo se softwarem MRT Analysis.

A. TEORETICKÁ ČÁST – TEPELNÁ POHODA

1 ÚVOD

Už od samotného počátku si lidé vytvářeli prostředí, které plnilo základní potřeby - bezpečí, úkryt a pohodlí. S postupnými novými znalostmi v technické a technologické oblasti se obydlí stávaly čím dál víc sofistikovanější. Stále větší pozornost se věnuje posledně zmíněné potřebě a to pohodlí. Pohodlí můžeme chápat buď jako tepelné, světelné nebo akustické. V následující části se budeme zabývat pouze tepelnou pohodou. [L1]

Důvody, proč bychom měli porozumět důležitosti tepelné pohody, jsou tři. První je poskytnutí uspokojivých podmínek pro lidi. Druhým důvodem je, ovlivnění spotřeby energií a posledním důvodem je návrh a určení norem. [L2]

Pro pochopení tepelné pohody v budovách je nezbytné proniknout do několika oblastí jako je fyziologie, stavební fyzika, strojírenství a psychologie. První koncept tepelné pohody započal britský fyzik v roce 1774. Od té doby na poli vědy došlo k řadě objevů, které formovaly současné přístupy k tepelné pohodě. Výzkumy ukázaly, že vnímání pohody nezávisí jen na fyziologii a mechanismu přenosu tepla, ale taky na sociálních faktorech a také na psychologické odezvě na prostředí. [L1, L2]

Značný pokrok byl zaznamenán během druhé světové války, kdy byla prováděna řada výzkumů na posádkách ponorek, které musely trávit pod vodou dlouhou dobu. Většina následných výzkumů tepelné pohody v budovách má jeden ze dvou přístupů - studie prováděné v laboratoři nebo studie prováděné v terénu. [L1, L2]

Snahou studií prováděných v laboratořích je určení ustáleného modelu tepelné pohody. Výzkumy jsou prováděny ve speciálních laboratořích nebo klima komorách, které mohou měnit klimatické podmínky. V prostředí je možné měnit podmínky jako je teplota, relativní vlhkost, rychlost proudění vzduchu, zatímco hodnoty metabolické aktivity a izolace oděvu jsou neměnné v závislosti na prováděném úkolu. Výstupem je pravděpodobná úroveň tepelné pohody. Největším průkopníkem tohoto přístupu byl dánský profesor Povl Ole Fanger, který uskutečnil velké množství výzkumů a definoval veličiny PMV a PPD, aby předpověděl přijatelné podmínky tepelné pohody. [L1, L2]

Studie prováděné v terénu monitorují tepelnou pohodu ve skutečném světě, kde nedochází ke snaze kontrolovat prostředí, které se může měnit například od teploty vzduchu po všechny faktory. Tyto výzkumy jsou ovlivněny ostatními nepřímými faktory jako například kultura nebo psychologie. Základním předpokladem studií v terénu je, že lidé mají čas a možnost udělat různá opatření, aby se přizpůsobili prostředí, ve kterém pobývají, a to tak, aby mohli dosáhnout tepelného komfortu. Opatření mohou být nedobrovolná – třes nebo pocení, nebo dobrovolná – změnou aktivity, oblečení, zatažením žaluzií, otevření okna apod. V některých situacích, jako například v práci, není vždy možné učinit všechny možné opatření vedoucí ke zlepšení tepelné pohody. Tyto výzkumy vedly k adaptivnímu přístupu k tepelné pohodě. [L1, L2]

Adaptivní přístup k tepelné pohodě je ve srovnání s druhým deterministickým přístupem nový a začíná se objevovat v amerických nebo evropských normách a to hlavně z důvodu snížení emisí oxidu uhličitého. [L1]

V následujících kapitolách se budeme zabývat prvně zmiňovaným deterministickým přístupem.

2 TEPELNÁ POHODA

Definice tepelné pohody vznikla celá řada. Cihelka definoval tepelnou pohodu jako stav, kdy je dosaženo takových tepelných poměrů, kdy člověku není chladno, ani příliš teplo – cítí se příjemně. [L3] Podle Názvoslovného výkladového slovníku z oboru techniky prostředí je tepelná pohoda „stav tepelné rovnováhy mezi člověkem a prostředím bez zatěžování termoregulačních mechanismů a změny tělesné teploty (dosažený bez nadměrného pocení; také: tepelná neutralita)“ [L4]. Podle ASHRAE Standard 55 je tepelná pohoda definována jako „stav mysli, která vyjadřuje uspokojení s prostředím a je hodnoceno subjektivně“ [L5]. Co je „stav mysli“ nebo „uspokojení“ nechává tato definice otevřené, ale obecně lze říct, že komfort nastane, když vlhkost pokožky je nízká, teploty těla jsou udržovány v úzkém rozsahu a fyziologická snaha o regulaci je minimalizována. [L5]

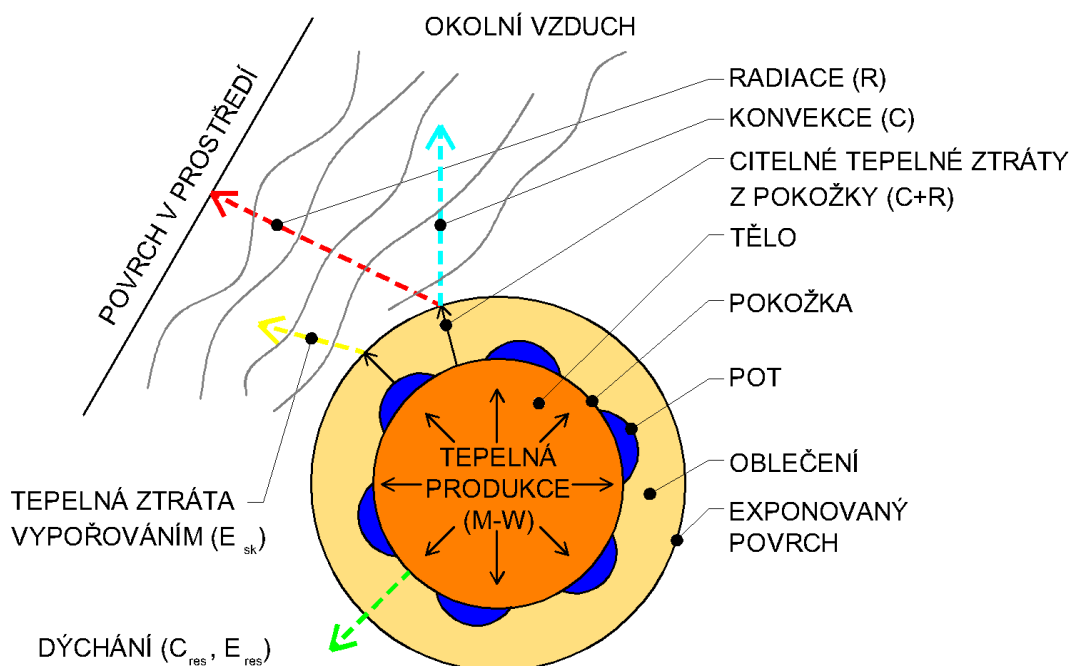
Ačkoliv životní podmínky, klima a kultury jsou po celém světě rozdílné, teploty, které si lidé volí pro pocit komfortu při stejných podmínkách vlhkosti, rychlosti proudění vzduchu, aktivity a oblečení jsou velice podobné. [L5]

Za regulaci tělesné teploty je zodpovědný hypotalamus, do kterého proudí arteriální krev, která je indikátorem průměrné vnitřní teploty těla. Do hypotalamu také proudí informace o teplotě pokožky. Komfortní teplota pokožky při sedavé aktivitě je od 33 do 34 °C a snižuje se se vzrůstající aktivitou. Pokud teplota pokožky klesne pod 18 °C nebo stoupne nad 45 °C, tak je vnímána jako bolest. [L5]

Za klidu je komfortní teplota regulačního centra v mozku kolem 36,8 °C a při chůzi stoupá na teplotu kolem 37,4 °C. Aby byla udržena požadovaná teplota, tělo si pomáhá průtokem krve do pokožky, pocením, zvyšováním svalového napětí k produkci tepla apod. Pokud vnitřní teplota stoupne nad určitou mez, zvýší se průtok krve do pokožky a naopak, pokud klesne pod určitou mez, sníží se průtok krve do pokožky, aby se uchovalo teplo. Význam pocení stoupá se zvyšující se aktivitou a je to ochranný mechanismus, který umožňuje ochladit pokožku a zvyšuje tepelné ztráty z jádra. [L5]

2.1 TEORIE VÝMĚNY TEPLA LIDSKÉHO TĚLA

Dánský profesor se v sedmdesátých letech dvacátého století intenzivně věnoval tepelné pohodě a rozvinul teorii výměny tepla lidského těla. Tvrdil, že lidské tělo usiluje o tepelnou rovnováhu. Jeho rovnice tepelné rovnováhy (A.1) se později stala základem norem ISO 7730-1984 a ASHRAE 55-1992. [L2]



Obrázek A-1 Tepelná interakce lidského těla a prostředí [L5]

Interakce lidského těla s jeho okolím je zjednodušeně ukázána na obrázku A-1. Prostřednictvím pokožky ($C + R + E_{sk}$), dýchacího systému ($C_{res} + E_{res}$) a akumulovaného tepla v pokožce nebo těla ($S_{sk} + S_{cr}$) je čistá tepelná produkce ($M - W$) transformována do okolí. Popisovaná rovnováha energií je popsána rovnicí A.1: [L5]

$$M - W = (C + R + E_{sk}) + (C_{res} + E_{res}) + (S_{sk} + S_{cr}) \quad (\text{A.1})$$

Kde	M je	metabolismus [W/m^2],
	W	užitečný mechanický výkon [W/m^2];
	$C + R$	citelné tepelné ztráty z pokožky [W/m^2];
	E_{sk}	celková míra tepelných ztrát vypařováním z pokožky [W/m^2];
	C_{res}	míra konvektivních tepelných ztrát dýcháním [W/m^2];
	E_{res}	míra tepelných ztrát vypařováním z dýchání [W/m^2];
	S_{sk}	míra tepelné akumulace v pokožce [W/m^2];
	S_{cr}	míra tepelné akumulace v jádru lidského těla [W/m^2].

Detailní výpočet jednotlivých složek rovnice tepelné rovnováhy je popsán například v [L5].

Fanger uvedl šest parametrů, které mají vliv na tepelnou pohodu a zároveň charakterizují stav člověka – metabolismus, tepelný odpor oděvu; neb tepelný stav prostředí - relativní vlhkost vzduchu, rychlost proudění vzduchu, teplota vzduchu, střední radiační teplota. [L2, L10]

2.2 HODNOCENÍ TEPELNÉ POHODY

Pro hodnocení tepelné pohody týkající se mírných tepelných prostředí se v praxi používá mezinárodní norma ISO 7730 – Ergonomie tepelného prostředí – Analytické stanovení a interpretace tepelného komfortu pomocí výpočtu ukazatelů PMV a PPD a kritéria místního

tepelného komfortu. Norma vychází z výzkumů profesora Fanger, který prováděl pokusy v klima komoře na velké skupině osob, které hodnotily svůj pocit pomocí sedmibodové stupnice tepelných pocitů od +3 (horko) do -3 (zima). Po vyhodnocení dat vznikly výpočetní vztahy, které jsou uvedeny dále. [L6]

Tepelnou pohodu můžeme hodnotit na základě ukazatelů PMV (předpovídaný střední tepelný pocit) a PPD (předpovídané procento nespokojených), které vyjadřují předpovídanou míru diskomfortu z tepla nebo chladu pro tělo celkově. Místní diskomfort, tedy nežádoucí ochlazování nebo oteplování částí těla, je často způsoben průvanem (DR), vysokým vertikálním rozdílem teplot vzduchu mezi hlavou a kotníky, příliš teplou nebo chladnou podlahou nebo příliš vysokou asymetrií radiační teploty (PD). K místnímu diskomfortu jsou citliví zvláště lidé při lehké práci vsedě, avšak při vyšší fyzické aktivitě, jsou lidé méně tepelně citliví a riziko místního diskomfortu je proto nižší. [L6]

2.2.1 PŘEDPOVĚĎ STŘEDNÍHO TEPELNÉHO POCITU (PMV)

Ukazatel PMV reprezentuje předpověď středního tepelného pocitu, jehož hodnota se pohybuje mezi +3 až -3. Celá sedmibodová stupnice tepelných pocitů je uvedena v tabulce A-1.

Tabulka A-1 Sedmibodová stupnice tepelných pocitů

Tepelný pocit	Horko	Teplo	Mírné teplo	Neutrální	Mírné chladno	Chladno	Zima
PMV	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3

Do výpočtu PMV vstupuje šest parametrů hodnoceného prostředí, které je nutno dodat - metabolismus, tepelný odpor oděvu, relativní vlhkost vzduchu, rychlost proudění vzduchu, teplota vzduchu, střední radiační teplota. Samotný výpočet je poměrně složitý a je nutno využít iterační metody pro stanovení teploty oděvu t_{cl} a součinitel přestupu tepla konvekcí h_c . Výpočet pomocí počítače je tedy vhodný. Alternativně lze využít tabelované kombinace, které jsou uvedeny v normě [L6]. Výpočet PMV se provede pomocí rovnic A.2 až A.5:

$$\begin{aligned}
 PMV &= [0,303 \cdot \exp(-0,036 \cdot M) + 0,028] \\
 &\cdot \left\{ \begin{array}{l} (M - W) \\ -3,05 \cdot 10^{-3} \cdot [5733 - 6,99 \cdot (M - W) - p_a] \\ -0,42 \cdot [(M - W) - 58,15] \\ -1,7 \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot (5867 - p_a) \\ -0,0014 \cdot M \cdot (34 - t_a) \\ -3,69 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] \\ -f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a) \end{array} \right\} \quad (A.2)
 \end{aligned}$$

tepelné ztráty difúzí skrz pokožku
tepelné ztráty pocením
latentní tepelné ztráty dýcháním
citelné tepelné ztráty dýcháním
tepelné ztráty radiací
tepelné ztráty konvekcí

$$t_{cl} = 35,7 - 0,028 \cdot (M - W) - I_{cl} \cdot \{3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] + f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a)\} \quad (A.3)$$

$$h_c = \begin{cases} 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0,25} & \text{pro } 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0,25} > 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} \\ 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} & \text{pro } 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0,25} < 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} \end{cases} \quad (A.4)$$

$$f_{cl} = \begin{cases} 1,00 + 1,290 \cdot I_{cl} & \text{pro } I_{cl} < 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \\ 1,05 + 0,645 \cdot I_{cl} & \text{pro } I_{cl} \geq 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \end{cases} \quad (A.5)$$

Kde	M je	metabolismus [W/m ²];
	W	užitečný mechanický výkon [W/m ²];
	I _{cl}	tepelný odpor oděvu [m ² ·K/W];
	f _{cl}	povrchový faktor oděvu reprezentující poměr oděného člověka k povrchu nahého těla;
	t _a	teplota vzduchu [°C];
	$\bar{t}_r$	střední radiační teplota [°C];
	v _{ar}	relativní rychlost proudění vzduchu [m/s];
	p _a	parciální tlak vodní páry [Pa];
	h _c	součinitel přestupu tepla konvekci [W//m ² ·K];
	t _{cl}	teplota povrchu oděvu [°C].

Ukazatel se má používat jen pro hodnoty PMV mezi -2 až +2 a tehdy, jsou-li splněny podmínky použitelnosti $M \in (46; 232) \text{ W/m}^2$; $I_{cl} \in (0; 2) \text{ clo}$; $t_a \in (10; 30) \text{ °C}$; $\bar{t}_r \in (10; 40) \text{ °C}$; $v_{ar} \in (0; 1) \text{ m/s}$; $p_a \in (0; 2700) \text{ Pa}$.

Rychlost proudění vzduchu by se v pobytových místnostech v chladném období roku neměla přesáhnout 0,2 m/s a v teplém období roku 0,25 m/s. Relativní vlhkost vzduchu by se v pobytových místnostech měla pohybovat mezi 30 až 65 %.[L16]

2.2.1.1 METABOLISMUS M

Metabolismus M vyjadřuje exotermickou reakci, která vzniká biochemickým procesem při přeměně energie v jídle na teplo. Rychlost výroby tepla v lidském těle závisí hlavně na fyzické aktivitě. [L7] Metabolismus je různý pro různé aktivity, osoby a podmínky, pod kterými je daná aktivita vykonávána. Nejvyšší míra aktivity, kterou může člověk vykonávat nepřetržitě je zhruba 50% své maximální kapacity pro využití kyslíku. Tabulka A-2 ukazuje typické metabolické hodnoty pro různé aktivity. Jednotka, která se používá pro popis metabolismu na jednotku plochy těla, je met, kde hodnota 1 met představuje metabolickou hodnotu sedícího člověka, tedy $1 \text{ met} = 50 \text{ kcal}/(\text{h} \cdot \text{m}^2) = 58,1 \text{ W/m}^2$. Přičemž plocha těla průměrného dospělého člověka (73 kg a 1,73 m) je 1,8 m². Pro jinou hmotnost a výšku osoby je možné plochu povrchu těla A_D určit dle vztahu A.6 podle DuBois: [L5]

$$A_D = 0,202 \cdot m^{0,425} \cdot l^{0,725} \quad (\text{A.6})$$

Kde m je hmotnost člověka [kg];
 l výška člověka [m].

Maximální kapacita metabolismu je mimo jiné závislá i na věku. Například ve dvaceti letech má normální zdravý muž maximální kapacitu zhruba $M_{\text{act}} = 12$ met (tj. 697 W/m²). Tato hodnota s rostoucím věkem klesá. V třiceti pěti letech dosahuje kolem 10 met (tj. 581 W/m²) a v sedmdesáti letech na 7 met (tj. 406 W/m²). Přičemž rozdíl mezi maximální hodnotou metabolismu ženy oproti muži je zhruba o 30 % nižší. Pokud je osoba trénovaná, např. běžec na dlouhé tratě, může se jeho maximální kapacita vyšplhat až k $M_{\text{act}} = 20$ met. [L5]

Hodnoty uvedené v tabulce A-2 pro dobře definované aktivity s $M_{\text{act}} < 1,5$ met (např. psaní) je možné použít pro inženýrské účely s dostatečnou přesností. Hodnoty, kde $M_{\text{act}} > 3$ met a aktivita není přesně definována nebo se skládá z různých úkonů (např. těžká ruční práce) může být hodnota zatížena až 50% chybou. [L5]

Tabulka A-2 Typické hodnoty metabolismu pro různé aktivity [L5, L8]

Činnost	Metabolismus M	
	[W/m ²]	[met]
Odpočinek		
Spaní	40	0,7
Ležení	45	0,8
Sezení v klidu	55	1,0
Stání v klidu	70	1,3
Kancelářské aktivity		
Čtení, sezení	55	1,0
Psaní	60	1,1
Psaní na počítači	65	1,2
Zakládání složek, sezení	70	1,3
Zakládání složek, stání	80	1,4
Různé pracovní činnosti		
Vaření	95 až 115	1,7 až 2,0
Úklid domácnosti	115 až 200	2,0 až 3,5
Práce s ručním nářadím		
Lehká (lehké leštění, broušení)	100	1,8
Střední (broušení)	160	2,8
Těžká (obtížné vrtání)	230	4,0
Různé volnočasové aktivity		
Společenský tanec	140 až 255	2,5 až 4,4
Cvičení	175 až 235	3,1 až 4,1
Basketball	290 až 440	5,0 až 7,6
Tenis dvojhra	210 až 270	3,7 až 4,7

Stanovení metabolismu je věnována celá mezinárodní norma ISO 8996, která stanovuje různé úrovně pro stanovení metabolismu, kde u jednotlivých úrovní jsou uvedeny přesnosti použití různých metod. Jednotlivé úrovně pro stanovení metabolismu jsou přehledně uvedeny v tabulce A-3.

Tabulka A- 3 Úrovně pro stanovení metabolismu [L8]

Úroveň	Metoda	Přesnost	Kontrola pracovního místa
1 VYHLEDÁVÁNÍ	1A: Klasifikace podle zaměstnání	Povšechná informace	Není nutná, ale jsou potřebné informace o technickém vybavení, organizaci práce
	1B: Klasifikace podle činnosti	Vysoké riziko chyby	
2 POZOROVÁNÍ	2A: Skupinové odhadní tabulky	Vysoké riziko chyby	Nezbytná pohybová a časová studie
	2B: Tabulky pro specifické činnosti	Přesnost $\pm 20 \%$	
3 ANALÝZA	Měření srdeční frekvence ve stanovených podmínkách	Průměrné riziko chyby Přesnost $\pm 10 \%$	Studie požadovaná pro stanovení reprezentativního časového úseku
4 EXPERTÍZA	4A: Měření spotřeby kyslíku	Chyby v rámci přesnosti měření nebo časové nebo pohybové studie Přesnost $\pm 5 \%$	Nezbytná pohybová a časová studie
	4B: Vodní metoda s dvojitým štítkem		Kontrola na místě není nutná, ale musí být vyhodnoceny činnosti ve volném čase
	4C: Přímá kalorimetrie		Kontrola na místě není nutná.

2.2.1.2 UŽITEČNÝ MECHANICKÝ VÝKON W

Tělesná mechanická účinnost μ je dána poměrem mechanické práce vykonané svaly při dané činnosti ku metabolické hodnotě. Pro mnoho aktivit je $\mu = 0$ a je neobvyklé, by to bylo více než 0,05 nebo 0,10. Maximální účinnost měřená na kolovém ergometru byla 0,20 až 0,24. Mechanická práce je v porovnání s metabolickou hodnotou malá a navíc jsou metabolické hodnoty nepřesné. Nejenom z těchto důvodů se při běžných výpočtech uvažuje, že je mechanická práce rovna nule. [L5]

2.2.1.3 TEPELNÝ ODPOR ODĚVU I_{cl}

Tepelný odpor oděvu, taky často nazývaný jako izolace oděvu, má jednotku clo, kde $1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2\text{K/W}$. Hodnotu tepelné izolace oděvu je možné odhadnout buď na základě typické kombinace oblečení (viz tabulka A-4), nebo nepřímo součtem částečných izolačních hodnot pro

každou součást oděvu (viz tabulka A-5). Pro sedící osoby může přispět další izolací sedadlo od 0 do 0,4 clo. [L6]

Tabulka A-4 Tepelná izolace oděvu typické kombinace oblečení [L6]

Typická kombinace oblečení	I _{cl}	
	[clo]	[m ² K/W]
Pracovní oděv		
Spodky, kombinéza, ponožky, boty	0,70	0,109
Spodky, košile, kombinéza, ponožky, boty	0,80	0,124
Spodky, košile, kalhoty, pracovní šaty, ponožky, boty	0,90	0,140
Spodní prádlo s krátkými rukávy a nohavicemi, košile, kalhoty, bunda, ponožky, boty	1,00	0,155
Spodní prádlo s dlouhými nohavicemi a rukávy, termobunda, ponožky, boty	1,20	0,186
Spodní prádlo s krátkými rukávy nohavicemi, košile, kalhoty, bunda, silná prošívaná venkovní bunda a kombinéza, ponožky, boty, čepice, rukavice	1,40	0,217
Spodní prádlo s krátkými rukávy a nohavicemi, košile, kalhoty, bunda, silná prošívaná venkovní bunda a kombinéza, ponožky, boty	2,00	0,310
Spodní prádlo s dlouhými rukávy a nohavicemi, termobunda a kalhoty, parka, silná kombinéza, ponožky, boty, čepice, rukavice	2,55	0,395
Běžný oděv		
Kalhotky, tričko, šortky, tenké ponožky, sandály	0,30	0,047
Spodky, košile s krátkými rukávy, lehké kalhoty, tenké ponožky, boty	0,50	0,078
Kalhotky, spodnička, punčochy, šaty, střevíce	0,70	0,109
Spodní prádlo, košile, kalhoty, ponožky, boty	0,70	0,109
Kalhotky, košile, kalhoty, bunda, ponožky, boty	1,00	0,155
Kalhotky, punčochy, halenka, dlouhá sukně, bunda, boty	1,10	0,171
Spodní prádlo s dlouhými rukávy a nohavicemi, košile, kalhoty, svetr V, bunda, ponožky, boty	1,30	0,202
Spodní prádlo s krátkými rukávy a nohavicemi, košile, kalhoty, vesta, bunda, kabát, ponožky, boty	1,50	0,233

Při porovnání hodnot oděvní součásti izolace oděvu v mezinárodní normě ISO 7730 a americké normě ASHRAE 55, najdeme drobné nance u stejného typu oblečení. Jelikož je mezinárodní norma ISO 7730 platná i pro Českou republiku, budeme v textu dále používat hodnoty uvedené v normě ISO 7730. [L6, L9]

Pro teplé období roku je typická hodnota 0,5 clo, pro chladné období roku 1,0 clo.

Tabulka A-5 Tepelná izolace oděvní součásti oděvu [L6]

Oděvní součást	I _{clu}		Změna operativní teploty
	[clo]	[m ² K/W]	[°C]
Spodní prádlo			
Kalhotky	0,03	0,005	0,2
Spodky s dlouhými nohavicemi	0,10	0,016	0,6
Tílko	0,04	0,006	0,3
Tričko	0,09	0,014	0,6
Košile s dlouhými rukávy	0,12	0,019	0,8
Kalhotky a podprsenka	0,03	0,005	0,2
Blůzy/halenky			
Krátké rukávy	0,15	0,023	0,9
Lehké dlouhé rukávy	0,20	0,031	1,3
Běžné dlouhé rukávy	0,25	0,039	1,6
Flanelová košile s dlouhými rukávy	0,30	0,047	1,9
Lehká halenka s dlouhými rukávy	0,15	0,023	0,9
Kalhoty			
Šortky	0,06	0,009	0,4
Lehké	0,20	0,031	1,3
Běžné	0,25	0,039	1,6
Flanelové	0,28	0,043	1,7
Šaty/sukně			
Lehká sukně (léto)	0,15	0,023	0,9
Silná sukně (zima)	0,25	0,039	1,6
Lehké šaty s krátkými rukávy	0,20	0,031	1,3
Zimní šaty s dlouhými rukávy	0,40	0,062	2,5
Kombinéza	0,55	0,085	3,4
Svetry			
Vesta bez rukávů	0,12	0,019	0,8
Tenký svetr	0,20	0,031	1,3
Svetr	0,28	0,043	1,7
Silný svetr	0,35	0,054	2,2
Bundy			
Lehká letní bunda	0,25	0,039	1,6
Bunda	0,35	0,054	2,2
Pracovní bunda	0,30	0,047	1,9
Vysoce izolační, vláknové - kožešinové			
Kombinéza	0,90	0,140	5,6
Kalhoty	0,35	0,054	2,2
Bunda	0,40	0,062	2,5
Vesta	0,20	0,031	1,3
Venkovní oděv			

Sako	0,60	0,093	3,7
Dlouhý kabát	0,55	0,085	3,4
Parka	0,70	0,109	4,3
Vláknová - kožešinová kombinéza	0,55	0,085	3,4
Ostatní			
Ponožky	0,02	0,003	0,1
Silné kotníkové ponožky	0,05	0,008	0,3
Silné dlouhé ponožky	0,10	0,016	0,6
Nylonové punčochy	0,03	0,005	0,2
Boty (s tenkou podrážkou)	0,02	0,003	0,1
Boty (se silnou podrážkou)	0,04	0,006	0,3
Boty	0,10	0,016	0,6
Rukavice	0,05	0,008	0,3

2.2.1.4 TEPLOTA VZDUCHU t_a A VÝSLEDNÁ TEPLOTA t_g

Teplota vzduchu t_a [°C] charakterizuje interiérovou teplotu bez vlivu sálání okolních povrchů. Eliminace vlivu sálání je realizována pomocí velmi malé plochy snímače. [L3]

Výsledná teplota t_g [°C] je teplota měřená kulovým teploměrem, který zohledňuje vliv teploty vzduchu a sálání okolních ploch. Kulový teploměr je tvořen kulovou baňkou z měděného plechu s matným černým povrchem. Do středu baňky je zasunuto teplotní čidlo, které se v ustáleném stavu, kdy je sálavý tepelný tok z prostředí do kulové baňky v rovnováze s konvekčním tepelným tokem z povrchu koule do prostředí, ztotožní s teplotou povrchu baňky na hodnotě t_g . Pokud je absolutní rozdíl mezi teplotou vzduchu a teplotou výslednou do 4 K, proto můžeme hovořit o optimální radiační pohodě. [L3, L10]

2.2.1.5 STŘEDNÍ RADIAČNÍ TEPLOTA $\bar{t}_r$

Společný sálavý účinek všech okolních ploch je možné vyjádřit pomocí střední radiační teploty, což je myšlená homogenní teplota okolních ploch, při níž se sděluje sáláním stejně tepla jako ve skutečném heterogenním prostředí (dříve účinná teplota okolních ploch). Střední radiační teplota je vázána na daný bod v prostoru [L3, L4, L10, L11] Pro obecný případ platí [L10, L12]:

$$t_r = \sqrt[4]{\varphi_{r1}T_1^4 + \varphi_{r2}T_2^4 + \dots + \varphi_{rn}T_n^4} - 273,15 \quad (\text{A.7})$$

Kde T_n je absolutní teploty povrchů okolních ploch S_n [K];
 φ_{rn} poměry osálení jednotlivých okolních ploch S_n plochou S_r (např. povrch lidského těla)

Pokud jsou teploty jednotlivých ploch málo odlišné, je možné vyjádřit střední radiační teplotu zjednodušeně. Přibližnou rovnici A.8 lze uplatnit v místnostech menších rozměrů (např. obytné, kancelářské místnosti), kde se bod určení střední radiační teploty zanedbává. [L10]

$$t_r = \frac{t_1 S_1 + t_2 S_2 + \dots + t_n S_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_n} \quad (\text{A.8})$$

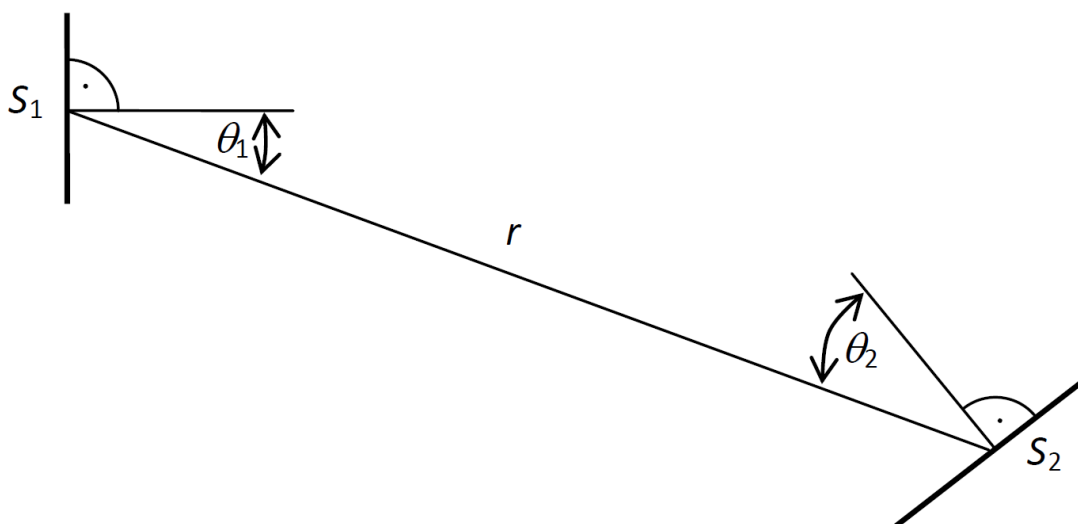
Střední radiační teplotu je možné stanovit manuálním výpočtem, použitím softwaru nebo měřením parametrů tepelného stavu prostředí. [L12]

2.2.1.5.1 STANOVENÍ $\bar{t}_r$ VÝPOČTEM

Výpočet střední radiační teploty je možné stanovit dle vztahu A.7, kde je poměr osálení stanoven v libovolném bodě v prostoru. Poměr osálení φ_{12} vyjadřuje poměrnou část tepelné energie dopadající na povrch S_2 z povrchu S_1 . Poměr osálení φ_{12} mezi povrchy je možné určit např. pomocí integrační metody [L13]:

$$\varphi_{12} = \frac{1}{\pi \cdot S_1} \iint \frac{\cos \theta_1 \cdot \cos \theta_2}{r^2} dS_1 dS_2 \quad (\text{A.9})$$

Kde S_1, S_2 jsou plochy sálajících povrchů [K];
 θ_1, θ_2 plochy mezi spojnicí a normálou povrchu [°C];
 r délka spojnice mezi elementy povrchu [m]

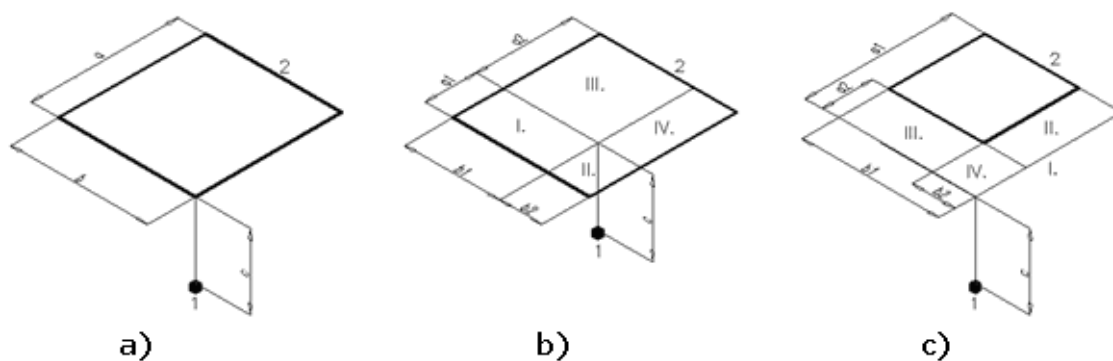


Obrázek A-2 Stanovení poměru osálení integrační metodou [L13]

Pro základní případy, kde je využíváno kolmosti, rovnoběžnosti a jiné často se vyskytující symetričnosti je možné vztah A.9 matematicky upravit na analytický vztah [L13]:

$$\varphi_{12} = \frac{1}{8} - \frac{1}{4\pi} \cdot \arctg \frac{c \cdot \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}}{a \cdot b} \quad (\text{A.10})$$

Kde a, b, c jsou vzdálenosti podle obrázku A-3 a) [m].



Obrázek A-3 Geometické vzdálenosti a, b, c [L12]

Pro geometricky složité případy si nevystačíme jen se základním případem, proto se ke zjednodušení složitějších případů využívá adiční pravidlo, podle kterého se poměr osálení obecné plochy S_1 složené z dílčích ploch plochou S_2 , rovná součtu poměru osálení jednotlivých dílčích ploch. Pokud nastane případ podle obrázku 2-3 b), kdy je bod osálen plochou 2, bude platit [L12]:

$$\varphi_{12} = \varphi_{12}^I + \varphi_{12}^{II} + \varphi_{12}^{III} + \varphi_{12}^{IV} \quad (\text{A.11})$$

V případě, kdy bod 1 leží mimo spojnici s plochou 2, která sálá na bod 1 (viz obrázek 2-3 c)), poměr osálení se stanoví [L12]:

$$\varphi_{12} = \varphi_{12}^I - (\varphi_{12}^{II} + \varphi_{12}^{III}) + \varphi_{12}^{IV} \quad (\text{A.12})$$

Kde poměry osálení $\varphi_{12}^I, \varphi_{12}^{II}, \varphi_{12}^{III}$ a φ_{12}^{IV} stanovíme dle vztahu A.10 s odpovídajícími parametry a, b, c pro jednotlivé plochy [L12]:

$$\varphi_{12}^I = f(a_1; b_1; c) \quad (\text{A.13})$$

$$\varphi_{12}^{II} = f(a_1; b_2; c) \quad (\text{A.14})$$

$$\varphi_{12}^{III} = f(a_2; b_1; c) \quad (\text{A.15})$$

$$\varphi_{12}^{IV} = f(a_2; b_2; c) \quad (\text{A.16})$$

Přičemž při plném obklopení plochy S_1 (osoba) plochou S_2 (místnost) bude platit [L12]:

$$\sum \varphi_{12} = 1 \quad (\text{A.17})$$

2.2.1.5.2 STANOVENÍ $\bar{t}_r$ POMOCÍ SOFTWARE

Vzhledem ke značně zdoluhavým ručním výpočtům se v praxi často uchyluje k vyžití softwaru, který může být určen pro návrh konkrétních výrobků (např. sálavých otopných panelů) nebo může být software napsán pro obecné použití. U softwarů jako HEFAISTOS, MRT ANALYSIS nebo RADIACE nejsou řešeny radiační stíny, ale použití těchto softwarů není náročné. [L13]

Obecnější software jako např. ANSYS FLUENT umožňuje obecné použití, jehož výsledky jsou nejpřesnější. Ovládání programu vyžaduje značné zkušenosti. Software umožňuje výběr až z pěti radiačních modelů (Radiation Model P-1, Surface to Surface (S2S), Discrete Transfer Radiation Model (DTRM), Rosseland Radiation Model, Discrete Ordinates Radiation Model (DO), kde každý model je vhodný pro specifickou oblast použití. [L13]

Pro hodnocení střední radiační teploty v místnosti bude využito softwaru Radiace. V této diplomové práci bude využíván software Radiace od autorů Plášek, Šíkula. Software Radiace je založen na metodě, která určuje poměr osálení metodou bod k úsečce.

2.2.1.5.3 STANOVENÍ $\bar{t}_r$ POMOCÍ MĚŘENÍ

Střední radiační teplota lze určit pomocí měření výsledné teploty t_g , teploty vzduchu t_a a rychlosti proudění vzduchu v_a . V závislosti na průměru kulového teploměru je možné střední radiační teplotu dopočítat. Pro Vernon-Joklův kulový teploměr o průměru 100 mm platí:

$$\bar{t}_r = [(t_g + 273)^4 + 2,9 \cdot 10^8 \cdot v_a^{0,6}(t_g - t_a)]^{0,25} - 273 \quad (\text{A.18})$$

Pro Vernonův kulový teploměr o průměru 150 mm platí:

$$\bar{t}_r = [(t_g + 273)^4 + 2,5 \cdot 10^8 \cdot v_a^{0,6}(t_g - t_a)]^{0,25} - 273 \quad (\text{A.19})$$

Kde t_a je teplota vzduchu [°C];
 t_g výsledná teplota kulového teploměru daného průměru [°C];
 v_a rychlost proudění vzduchu [m/s].

2.2.1.6 OPERATIVNÍ TEPLOTA t_o

Operativní teplota je jednotná teplota černého uzavřeného prostoru, ve kterém by člověk sdílel konvekci a radiaci stejně tepla, jako ve skutečném teplotně nestejnorodém prostoru. Operativní teplota poskytuje určité zjednodušení, pomocí něhož můžeme jedinou veličinou postihnout vliv teploty vzduchu, rychlosti proudění vzduchu a vliv střední radiační teploty. [L4, L10]

Operativní teplota je vypočtená veličina, která se určí [L14]:

$$t_o = A \cdot t_a + (1 - A) \cdot \bar{t}_r \quad (\text{A.20})$$

Kde t_a je teplota vzduchu [°C];
 $\bar{t}_r$ střední radiační teplota [°C];
 A součinitel vyjadřující vliv rychlosti proudění vzduchu. Pro $v_a < 0,2$ m/s je $A = 0,5$
Pro $v_a > 0,2$ m/s lze součinitel A určit spojitou závislostí [L15]

$$A = 0,73 \cdot v_a^{0,2} \quad (\text{A.21})$$

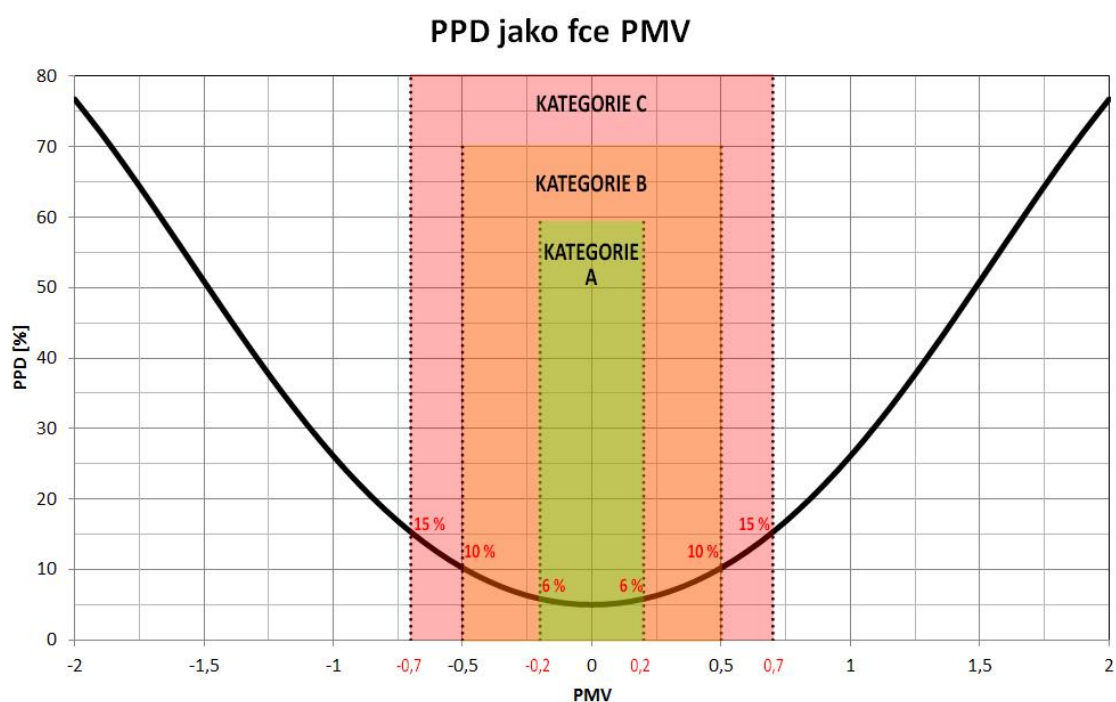
Odchyly operativní teploty a výsledné teploty pro rychlosti vzduchu do 0,2 m/s dosahují rozdíly až 1 K, pro vyšší rychlosti vzduchu se operativní teplota a výsledná teplota téměř neliší. [L10]

2.2.2 PŘEDPOVĚĎ PROCENTUÁLNÍHO PODÍLU NESPOKOJENÝCH (PPD)

Pro kvantitativní předpověď procenta osob, které budou nespokojeny s tepelným prostředím, slouží ukazatel předpovědi procentuálního podílu nespokojených - PPD. Pokud známe hodnotu PMV, vypočítá se PPD pomocí rovnice: [L6]

$$PPD = 100 - 95 \cdot \exp(-0,03353 \cdot PMV^4 - 0,2179 \cdot PMV^2) \quad (A.22)$$

Z rovnice A.22 a grafické závislosti PPD (obrázek A-4) je zřejmé, že i když bude neutrální tepelný pocit (PMV = 0), tak i přesto bude 5 % lidí nespokojených. Na obrázku A-4 je zobrazena grafická závislost PPD jako funkce PMV s vyznačenými kategoriemi tepelného prostředí.



Obrázek A-4 PPD jako funkce PMV

Tabulka 2-6 definuje kritéria tepelného stavu těla jako celku a kritéria místního diskomfortu pro různé kategorie tepelného prostředí.

Tabulka 2-1 Kategorie tepelného prostředí [L6]

Kategorie	Tepelný stav těla jako celku			Místní diskomfort		
	PPD	PMV	DR	PD		
	[%]	[%]	[%]	vertikálním rozdílem teploty vzduchu	způsobený teplou nebo chladnou podlahou	asymetrií radiace
A	< 6	-0,2 < PMV < 0,2	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 10	-0,5 < PMV < 0,5	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 15	-0,7 < PMV < 0,7	< 30	< 10	< 15	< 10

2.2.3 MÍSTNÍ TEPELNÝ DISKOMFORT

2.2.3.1 STUPEŇ OBTĚŽOVÁNÍ PRŮVANEM DR

Předpověď procenta osob obtěžovaných průvanem nabývá na významu zejména při lehké práci převážně vsedě, kdy pocit průvanu je vyšší než při činnostech vstaje ($> 1,2$ met). Stupeň obtěžování průvanem DR [%] se stanoví podle rovnice[L6]:

$$DR = (34 - t_{a,l}) \cdot (\overline{v_{a,l}} - 0,05)^{0,62} \cdot (0,37 \cdot \overline{v_{a,l}} \cdot Tu + 3,14) \quad (A.23)$$

Pro $\overline{v_{a,l}} < 0,05$ m/s: pomocí $\overline{v_{a,l}} = 0,05$ m/s

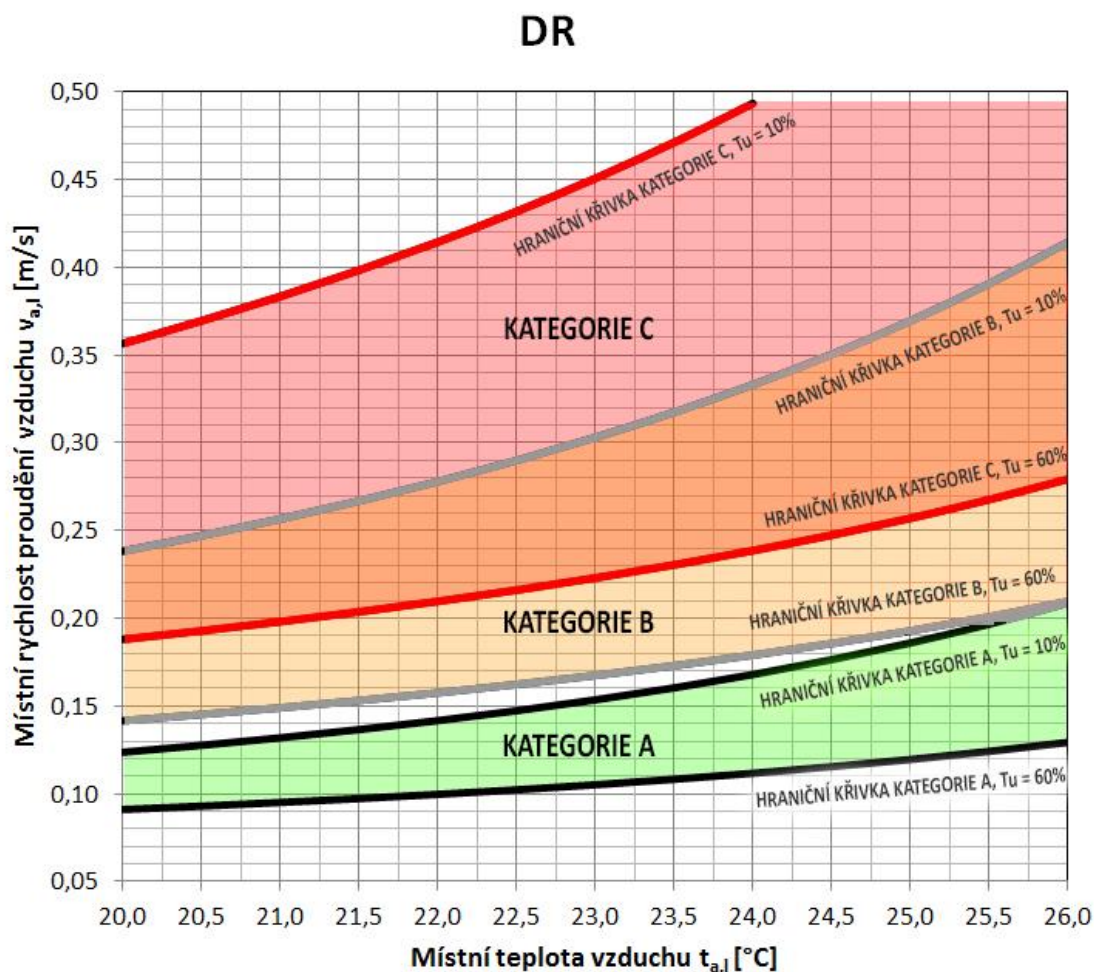
Pro $DR > 100$ %: pomocí $DR = 100$ %

Kde $t_{a,l}$ je místní teplota vzduchu [°C], 20 až 26 °C;

$\overline{v_{a,l}}$ místní střední rychlost proudění vzduchu [m/s], $< 0,5$ m/s;

Tu místní intenzita turbulence [%], 10 až 60 %, není-li známa, může se použít 40 %.

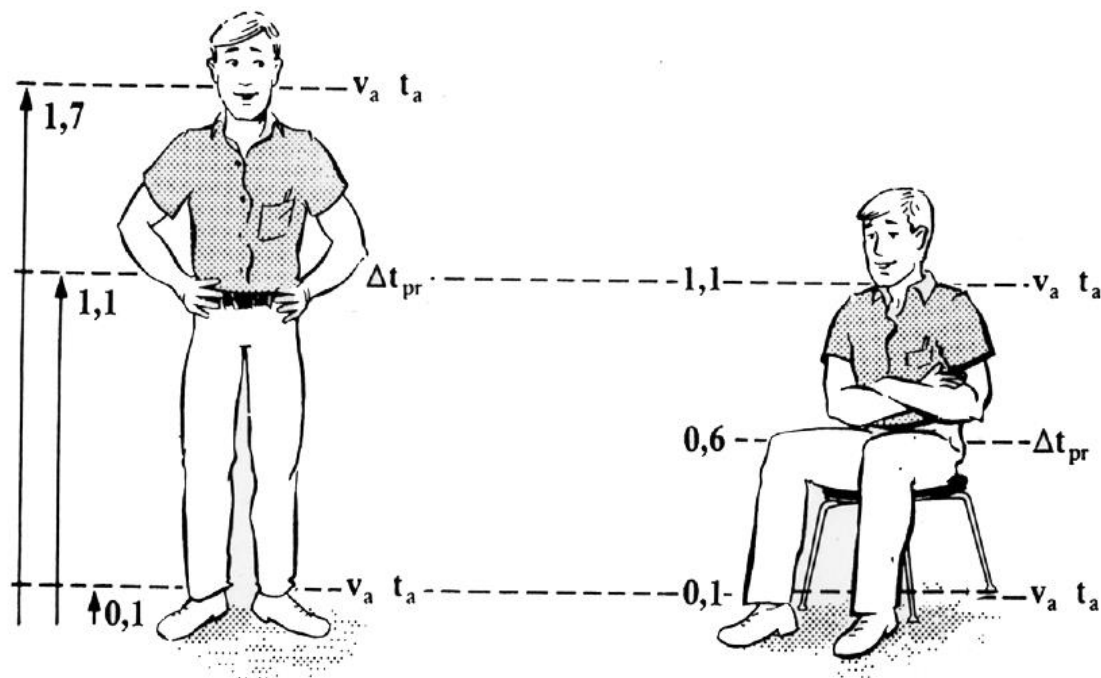
Závislost místní teploty vzduchu na místní rychlosti proudění vzduchu s vyznačením hraničních křivek jednotlivých kategorií tepelného prostředí je zobrazena na obrázku A-4.



Obrázek A-5 Stupeň obtěžování průvanem pro jednotlivé kategorie tepelného prostředí

2.2.3.2 VERTIKÁLNÍ ROZDÍLY TEPLoty VZDUCHU MEZI HLAVOU A KOTNÍKY

Místní diskomfort může způsobit taky příliš velký vertikální rozdíl teplot vzduchu mezi hlavou a kotníky. Přičemž norma [L14] definuje doporučené výšky měřících bodů v úrovni hlavy, břicha a kotníků pro sedící a pro stojící osobu. Jednotlivé měřící výšky jsou na obrázku A-6.

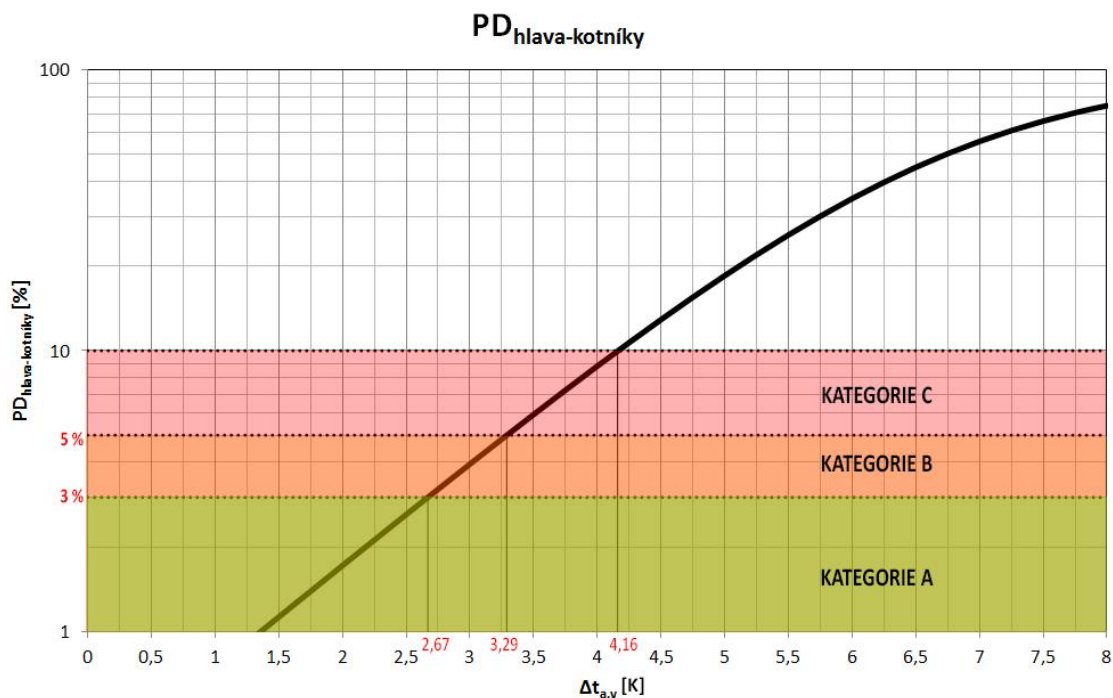


Obrázek A-6 Výšky měřících bodů pro stojící a sedící osobu [L3]

Procento nespokojených s vertikálním rozdílem teplot vzduchu mezi hlavou a kotníky se určí pomocí rovnice A.24, která má platnost jen pro $\Delta t_{a,v} < 8 \text{ K}$ [L6]. Grafická závislost PD a $\Delta t_{a,v}$ s vyznačenými kategoriemi tepelného prostředí je zobrazena na obrázku A-7.

$$PD_{hlava-kotníky} = \frac{100}{1 + \exp(5,76 - 0,856 \cdot \Delta t_{a,v})} \quad (\text{A.24})$$

Kde $\Delta t_{a,v}$ je vertikální rozdíl teploty vzduchu mezi hlavou a kotníky [K].



Obrázek A-7 Předpokládaný počet nespokojených osob s vertikálním rozdílem teplot mezi hlavou a kotníky

2.2.3.3 TEPLÉ A CHLADNÉ PODLAHY

Důležitější než materiál podlahy je teplota podlahy, zvláště u osob chodící v lehké domácí obuvi. Pokud je podlaha příliš chladná nebo příliš teplá, můžou osoby pociťovat místní diskomfort. Pro osoby sedící nebo ležící na podlaze nebo pro osoby pracující v sedě nebo ve stoje se předpokládá počet nespokojených osob s teplotou nebo chladnou podlahou určí dle rovnice A.25. Grafická závislost procenta nespokojených s teplotou podlahy je zobrazena na obrázku A-8, kde jsou vyznačeny i jednotlivé kategorie tepelného prostředí. [L6]

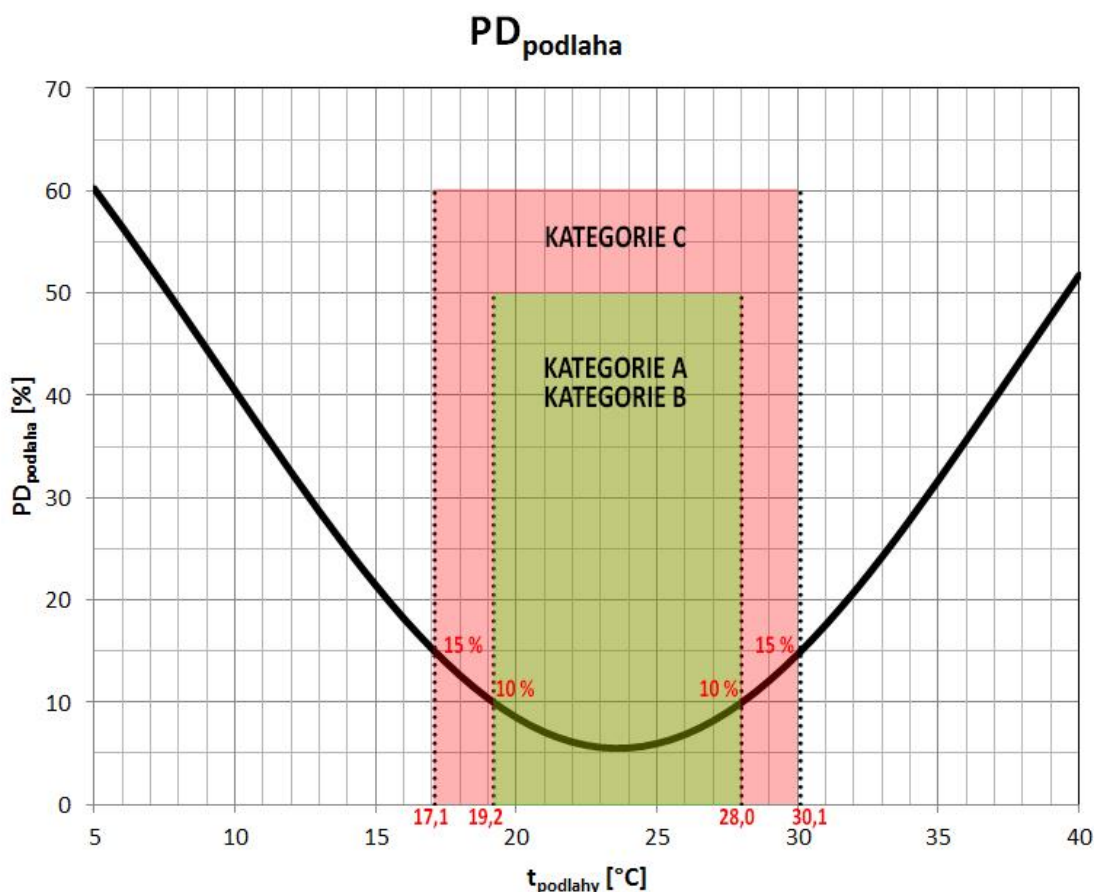
$$PD_{podlaha} = 100 - 94 \cdot \exp(-1,387 + 0,118 \cdot t_f - 0,0025 \cdot t_f^2) \quad (A.25)$$

Kde t_f je teplota podlahy [$^{\circ}C$]

Pokud je podlaha příliš chladná a lidé cítí v chodidlech chladný diskomfort, bude jejich typická reakce zvýšení teploty v místnosti. Tomuto efektu může předcházet sálavý podlahový topný systém, který může snížit spotřebu energie. [L5]

Pro lidi chodící po podlaze naboso je důležitý druh nášlapné vrstvy a jejich teplota. Například pro koberce se optimální teplota mezi 21 až 28 $^{\circ}C$, pro beton 26 až 28,5 $^{\circ}C$, pro tvrdé linoleum 24 až 28 $^{\circ}C$. [L5]

Teplé povrchové teploty podlah mohou eliminovat touhu vyšší okolní teploty způsobené pocitem chladných nohou. Při výzkumech nebyly nalezeny značné rozdíly v preferované teplotě podlahy mezi pohlavími. Pro sedavou aktivitu je ideální teplota podlahy 25 $^{\circ}C$ a pro práci ve stoje nebo při chůzi je optimální teplota podlahy 23 $^{\circ}C$. [L5]



Obrázek A-8 Předpovídaný počet nespokojených osob s teplotou podlahy

2.2.3.4 ASYMETRICKÁ RADIACE

Předpovídaný počet nespokojených osob v důsledku radiační asymetrie s vyznačením teplotních prostředí je na obrázku A-9. Z grafu je patrné, že nejcitlivější jsou osoby na teplý strop a chladné zdi (okna). Naopak radiační asymetrie z teplé stěny není osobami vnímána tak negativně. Stanovení PD [%] pro radiační asymetrii pro teplý strop, chladnou stěnu, chladný strop a teplou stěnu je možné z následujících rovnic [L6]:

$$PD_{asym,teplý\ strop} = \frac{100}{1 + \exp(2,84 - 0,174 \cdot \Delta t_{pr})} - 5,5 \quad (A.26)$$

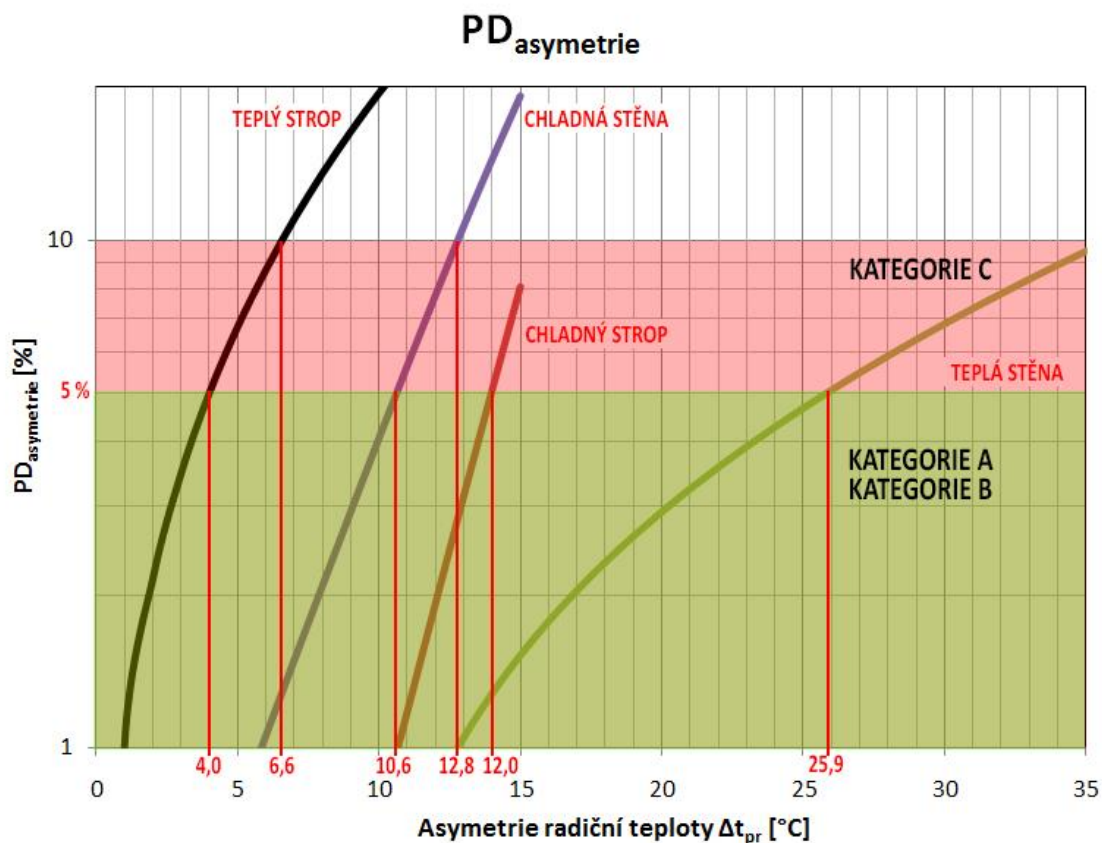
$$PD_{asym,chladaá\ stěna} = \frac{100}{1 + \exp(6,61 - 0,345 \cdot \Delta t_{pr})} \quad (A.27)$$

$$PD_{asym,chladaý\ strop} = \frac{100}{1 + \exp(9,93 - 0,5 \cdot \Delta t_{pr})} \quad (A.28)$$

$$PD_{asym,teplá\ stěna} = \frac{100}{1 + \exp(3,72 - 0,052 \cdot \Delta t_{pr})} - 3,5 \quad (A.29)$$

Kde Δt_{pr} je asymetrie radiační teploty [°C].

Výše uvedené rovnice jsou platné, pokud $\Delta t_{pr} < 23\text{ °C}$ pro teplý strop; $\Delta t_{pr} < 15\text{ °C}$ pro chladnou stěnu a chladný strop a $\Delta t_{pr} < 35\text{ °C}$ pro teplou stěnu.



Obrázek A-9 Předpovídaný počet nespokojených osob s asymetrickou radiací

2.3 TEPELNÁ POHODA VE VYTÁPĚNÉ MÍSTNOSTI

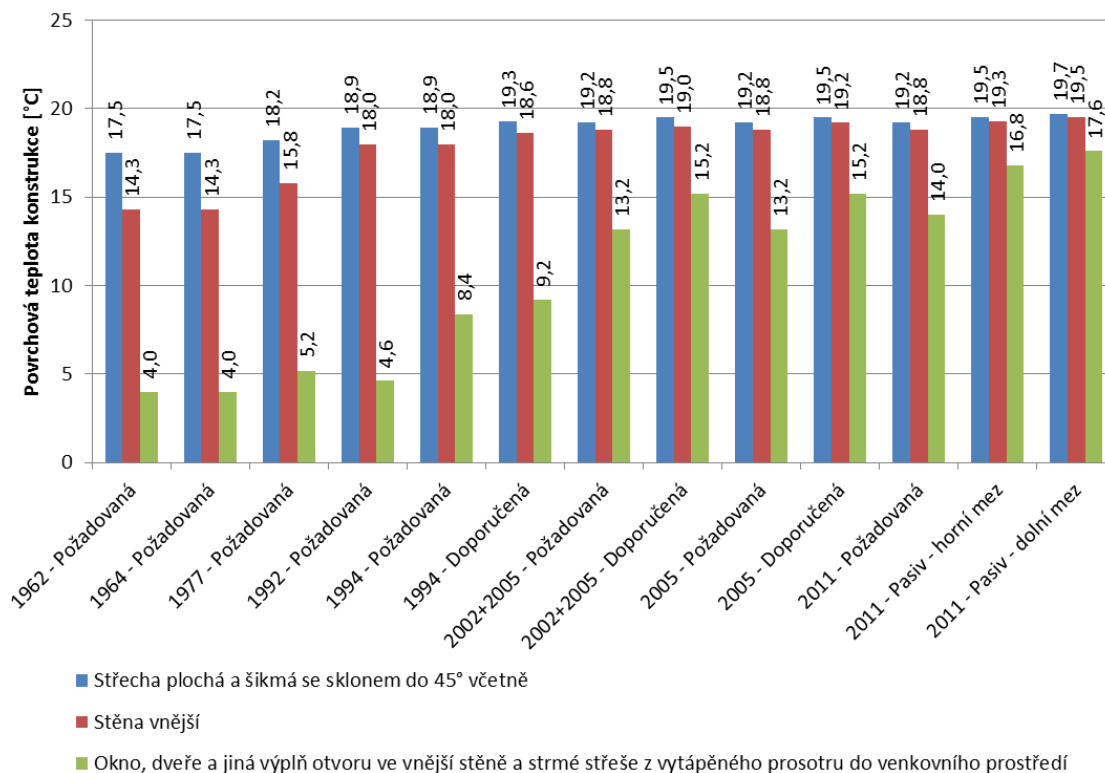
Úkolem otopných ploch ve vytápěných místnostech, je zajištění tepelné pohody v chladném období roku. Zvolený způsob tepelné distribuce tepla do místnosti má velký vliv na tepelnou pohodu. Mezi hlavní veličiny, které ovlivňují tepelnou pohodu, patří: [L17]

- povrchová teplota okolních ploch
- rychlost a směr proudění vzduchu ve vytápěném prostoru;
- teplotní profil ve vytápěném prostoru.

2.3.1 POVRCHOVÁ TEPLOTA OKOLNÍCH PLOCH

Střední radiční teplota vyjadřuje společný sálavý účinek okolních ploch a je vázána na bod v prostoru. Největší vliv mají konstrukce s nejvyššími (otopná plocha) nebo nejnižšími povrchovými teplotami (okno, obvodová stěna). Se stále se zpřísňujícími požadavky na úsporu tepla, jde ruku v ruce zkvalitňování tepelně technických požadavků na stavební konstrukce a tím i na povrchové teploty okolních ploch. Historický vývoj povrchových teplot obvodových stěn a oken při venkovní teplotě $-12^{\circ}C$ je zobrazen na obrázku A-10. Detailní popis tepelně technických parametrů je uveden v části D.

Historický vývoj povrchové teploty ochlazovaných konstrukcí pro $t_i = 20\text{ °C}$, $t_e = -12\text{ °C}$



Obrázek A-10 Historický vývoj povrchových teplot stavebních konstrukcí pro $t_i = 20\text{ °C}$, $t_e = -12\text{ °C}$

Z obrázku A-10 je patrné, že okno je stále konstrukce, která má nejnižší povrchovou teplotu, i když nutno připustit, že v minulosti na tom byly konstrukce daleko hůře.

2.3.1.1 CHLADNÉ PADAJÍCÍ PROUDY

Vzduch o nižší teplotě má vyšší hustotu než vzduch o vyšší hustotě. V důsledku gravitačních sil chladný vzduch „padá“ z chladného povrchu okna směrem k podlaze a vytváří tzv. chladné padající proudy, které mají za následek místní diskomfort způsobený průvanem, který je více podstatný pro tepelný komfort než předpovídaný počet nespokojených osob PPD [18].

Teplotní rozdíl Δt_{OK} [K] mezi teplotou vzduchu a teplotou povrchu okna se určí ze vztahu [L7]:

$$\Delta t_{OK} = \frac{U}{h_i} (t_i - t_e) \quad (\text{A.30})$$

Kde U je součinitel prostupu tepla konstrukce [$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$];
 h_i součinitel přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [$\text{W}/(\text{m}^2 \text{K})$]
 $h_i = 8 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$;
 t_i výpočtová teplota vzduchu v interiéru;
 t_e výpočtová teplota vzduchu v exteriéru.

Padajícími chladnými proudy u prosklených fasád se zabývat Manz, který na základě CFD simulace zpřisnil Heiselbergovi empirické vztahy pro maximální rychlost proudění vzduchu nad podlahou vlivem chladných proudů z prosklených fasád. Heiselberg v experimentu uvažoval prázdnou místnost bez vlivu nábytku nebo zdrojů tepla v místnosti. Obecná rovnice maximální rychlosti na patě chladného povrchu je definována jako [L18]:

$$v_{max} = k \cdot \sqrt{\Delta t \cdot H} \quad (A.31)$$

Kde k je součinitel [$m^{0,5}K^{-0,5}s^{-1}$];
 Δt teplotní rozdíl mezi teplotou vzduchu v interiéru a povrchovou teplotou chladného povrchu [K];
 H výška chladného povrchu.

Na obrázku A-11 a) je průběh rychlosti proudění vzduchu nad podlahou (y) pro tři vzdálenosti od prosklené fasády (x) pro prázdnou místnost s konvektivním otopným tělesem v zadní části místnosti. [L18]

Na obrázku A-11 b) je závislost vzdálenosti od prosklené fasády na stupni obtěžování průvanem DR s vyznačenými povrchovými teplotami prosklené fasády, která byla měřena 0,1 m nad podlahou v prázdné místnosti s konvektivním otopným tělesem v zadní části místnosti. [L18] Z grafu je patrné, že teprve ve vzdálenosti 2 m od prosklené fasády je pro povrchovou teplotu 17,5 °C (tj. $U = 0,63 \text{ W}/(m^2K)$ při $t_i = 20^\circ C$, $t_e = -12^\circ C$) DR rovno 10 %, což je limitní požadavek pro kategorii tepelného prostředí A.

Na obrázku A-11 c) je vidět závislost koeficientu k na specifické tepelné zátěži v prostoru, kde se vzrůstající hodnotou je koeficient k vyšší. Se zohledněním tepelné zátěže v místnosti navrhl Manz úpravu Heiselbergových vztahů, kde součinitel k zvýšil koeficientem 1,5. Vztahy pro určení maximální rychlosti proudění vzduchu od chladných proudů v závislosti na vzdálenosti od prosklené fasády jsou následující [L18]:

$$v_{max} = 0,083 \cdot \sqrt{\Delta t \cdot H} \text{ pro } x < 0,4 \text{ m} \quad (A.32)$$

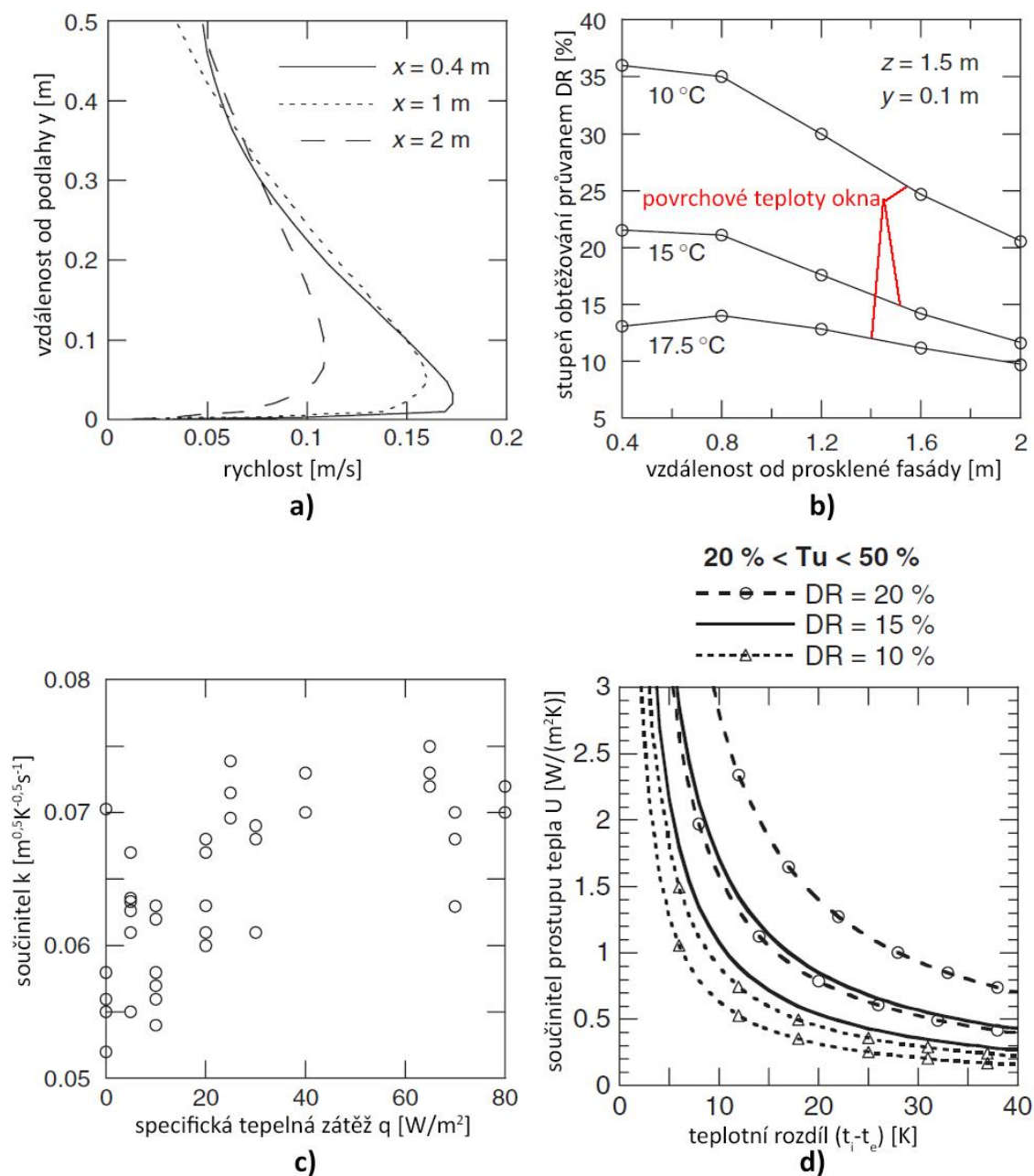
$$v_{max} = \frac{0,143}{x+1,32} \cdot \sqrt{\Delta t \cdot H} \text{ pro } 0,4 \text{ m} \leq x \leq 2 \text{ m} \quad (A.33)$$

$$v_{max} = 0,043 \cdot \sqrt{\Delta t \cdot H} \text{ pro } x > 2 \text{ m} \quad (A.34)$$

Kde x je vzdálenost od prosklené fasády [m].

Z empirických vztahů je patrné, že chladný proud začne zpomalovat až od 0,4 m od prosklené fasády a od vzdálenosti 2 m se rychlost nezmění.

Pomocí obrázku A-11 d) je možné určit na základě teplotního rozdílu mezi vnitřním a venkovním prostředím požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla prosklené fasády tak, aby ve vzdálenosti 1 m od prosklené fasády byla zajištěna tepelná pohoda. Graf platí pro výšku prosklené fasády 3 m [18].



Obrázek A-11 Padající chladné proudy od prosklených fasád [L18]

Přibližné stanovení maximální rychlosti padajícího chladného proudu vzduchu od klasického okna s parapetem o šířce $b = 1$ m je možné určit ze vztahu [L17]:

$$v_{max} \approx 0,098 \cdot \sqrt{\Delta t_{OK} \cdot H_{OK}} \quad (\text{A.35})$$

Kde Δt_{OK} je teplotní rozdíl určený podle A.30 [K];
 H_{OK} výška okna.

Objemový průtok V [m^3/h] chladných proudů od okna o šířce $b = 1$ m se určí ze vztahu [L17]:

$$\frac{V}{b} \approx 10,4 \cdot (\Delta t_{OK})^{0,4} \cdot (H_{OK})^{1,2} \quad (A.36)$$

Například okno se součinitelem prostupu tepla $U = 1,5 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$, venkovní teplotě $-12 \text{ }^{\circ}\text{C}$, vnitřní teplotě $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ bude mít povrchovou teplotu $14,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$, tj. teplotní rozdíl 6 K , který může u okna $1,5 \times 2,0 \text{ m}$ vytvořit padající chladný proud o rychlosti $0,34 \text{ m/s}$ a objemovém průtoku $73 \text{ m}^3/\text{h}$.

2.3.1.2 ELIMINACE NÍZKÉ POVRCHOVÉ TEPLoty OKNA

V důsledku nízké povrchové teploty okna, která způsobuje záporný tepelný tok, jež je nesprávně označován jako „chladné“ sálání, vzniká v závislosti na vzdálenosti od okna oblast tepelné nepohody. Pro eliminaci nízké povrchové teploty okna se doporučuje při instalaci otopných těles navrhovat otopná tělesa tzv. bilanční metodou. [L17]

Bilanční metoda vychází ze splnění tří základních podmínek:

- Délka otopného tělesa má být alespoň stejná jako je délka okna [L17]. Některá literatura uvádí, že by délka otopného tělesa pro obytné místnosti měla být minimálně 80 % délky okna [L19]. Umístěním otopného tělesa pod okno je vhodné z důvodu eliminace padajících chladných proudů – viz dále. První podmínka bilanční metody je:

$$L_{OT} \geq L_{OK} \text{ nebo } L_{OT} \geq 0,8 \cdot L_{OK} \quad (A.37)$$

- Součin plochy okna a rozdílu teplot vnitřního vzduchu a teploty povrchu okna má být menší než součin čelní plochy otopného tělesa a teplotního rozdílu střední teploty otopného tělesa a teploty vzduchu v interiéru. [L17] Druhá podmínka bilanční metody je:

$$L_{OT} \cdot H_{OT} \cdot (t_{OT} - t_i) \geq L_{OK} \cdot H_{OK} \cdot \Delta t_{OK} \quad (A.38)$$

- Tepelná ztráta místnosti je menší nebo rovna tepelnému výkonu otopného tělesa. Třetí podmínka bilanční metody je:

$$Q_{OT} \geq Q \quad (A.39)$$

Kde	L_{OT} je	délka otopného tělesa [m];
	L_{OK}	délka okna [m];
	H_{OT}	výška otopného tělesa [m];
	H_{OK}	výška okna [m];
	t_{OT}	střední povrchová teplota otopného tělesa [$^{\circ}\text{C}$];
	Δt_{OK}	teplotní rozdíl určený podle A.30 [K];
	Q_{OT}	tepelný výkon otopného tělesa [W];
	Q	tepelná ztráta místnosti [W].

Úpravou vztahu A.38 dostaneme vztah pro střední povrchovou teplotu otopného tělesa, která bude eliminovat „chladné“ sálání okna.

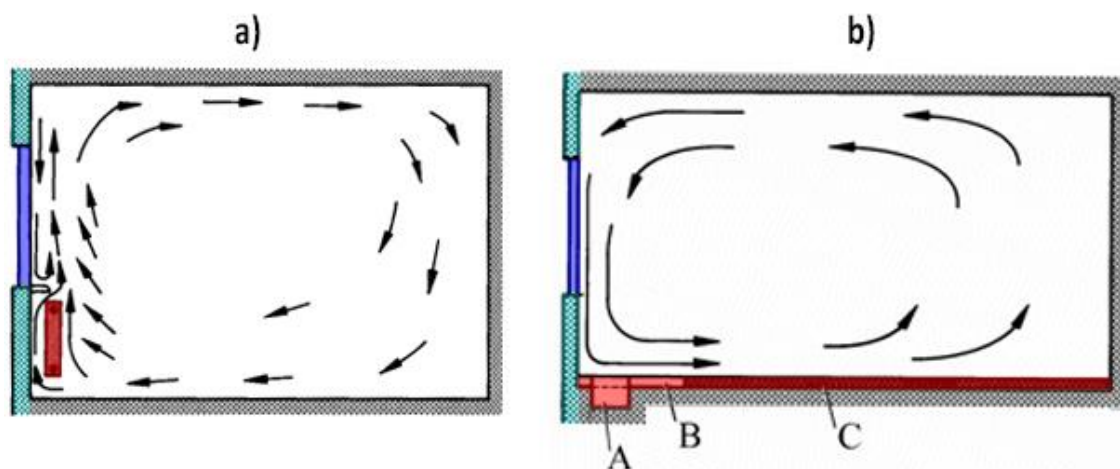
$$t_{OT} \geq \frac{L_{OK} \cdot H_{OK} \cdot U_{OK} \cdot (t_i - t_e)}{L_{OT} \cdot H_{OT} \cdot h_i} \quad (\text{A.40})$$

2.3.2 RYCHLOST A SMĚR PROUDĚNÍ VZDUCHU VE VYTÁPĚNÉM PROSTORU

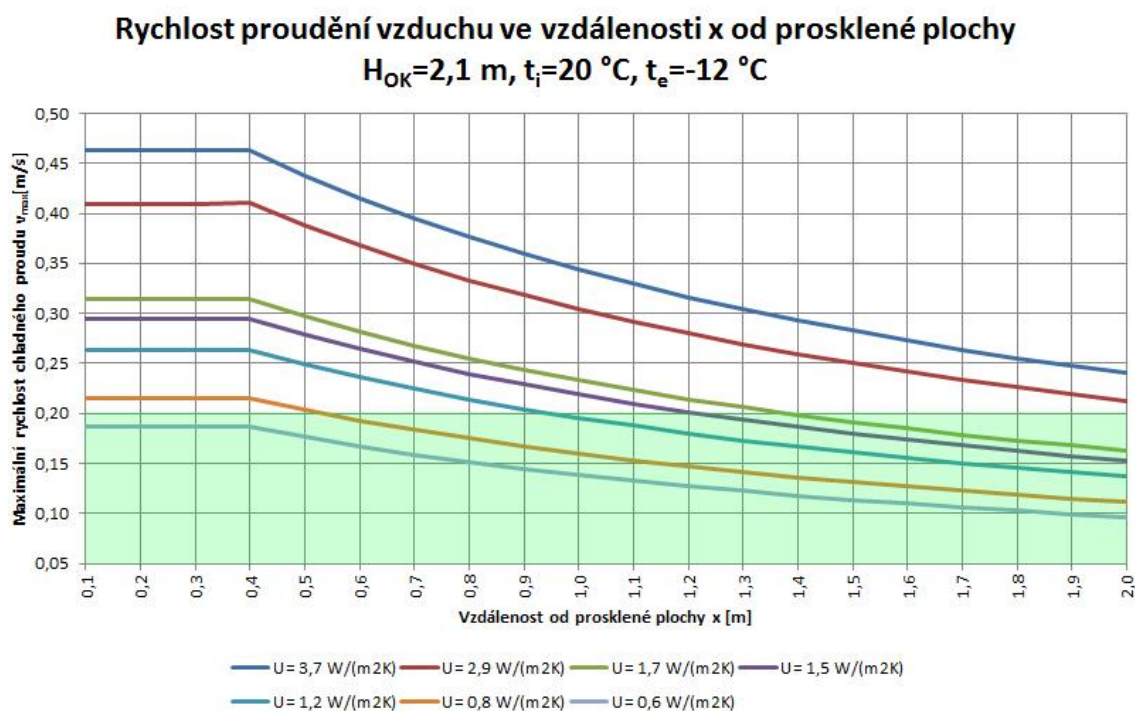
Rychlost a směr proudění vzduchu ve vytápěném prostoru jsou závislé na vzájemném umístění otopných a ochlazovaných ploch. Od ochlazovaných ploch vznikají chladné padající proudy, které jsou tím větší, čím větší je teplotní rozdíl mezi povrchovou teplotou ochlazované konstrukce a teplotou vzduchu. Pokud nejsou tyto chladné padající proudy zachyceny, mohou vytvořit poměrně velkou oblast místní tepelné nepohody. [L17]

Okno, které má nejnižší povrchovou teplotu, má zásadní vliv na produkci chladných proudů. Pro jejich eliminaci je vhodné umístit pod okno otopné těleso, jehož stoupající teplé konvektivní proudy obrátí chladné proudy a zamezí pronikání do místnosti. Doporučuje se navrhovat délku otopného tělesa alespoň na délku okna. Principiální zobrazení proudění vzduchu v místnosti s umístěním otopného tělesa pod oknem je na obrázku A-12 a). [L17] Chladný padající proud je obrácen teplým stoupajícím konvektivním proudem od otopného tělesa. Teplý vzduch se drží pod stropem a postupuje hlouběji do místnosti, kde se postupně ochlazuje a padá k podlaze, odkud je „nasáván“ k otopnému tělesu.

Pokud je otopná plocha integrována např. do podlahové konstrukce, potom se chladný padající proud dostane bez překážek až k podlaze, kde postupuje dál do místnosti. [L17] Rychlost chladného padajícího proudu v závislosti na kvalitě ochlazovaných konstrukcí je demonstrována na obrázku A-13. Z grafu je patrné, že je potřeba, v závislosti na kvalitě prosklené konstrukce, vytvořit okrajovou zónu, ve které rychlost chladného proudu poklesne pod požadovanou mez. Principiální zobrazení proudění vzduchu v místnosti s podlahovým vytápěním je zobrazeno na obrázku A-12 b). Experimenty dokazují, že podlahové vytápění neobrátí pronikající chladný proud do místnosti v dostatečné vzdálenosti a vyšší kvalita konstrukcí pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie jen rychlost proudění sníží [L21].



Obrázek A-12 Proudění vzduchu ve vytápěném prostoru A – eventuální podlahový konvektor; B – intenzivní okrajová zóna; C – podlahová otopná plocha [L20]



Obrázek A-13 Rychlost chladného proudu vzduchu od prosklené plochy ve vzdálenosti x od prosklené plochy

2.3.2.1 VYTÁPĚNÍ OTOPNÝMI TĚLESY

V případě vytápění pomocí otopných těles má významný vliv na rychlosti proudění a rozvrstvení teplot poloha umístění otopného tělesa. Pospíšilová pod vedením Bašty prováděla CDF simulaci, ve které demonstrovala význam návrhu otopných těles podle nové bilanční metody (otopné těleso 600x1600 mm, teplotní spád 45/35 °C) oproti dříve používanému tzv. klasickému návrhu (otopné těleso 600x900, teplotní spád 75/65 °C). Experiment byl prováděn v místnosti 4x4x3 m s jednou ochlazovanou stěnou ($U=0,38 \text{ W/(m}^2\text{K)}$), ve které bylo umístěno okno 1,4x1,6 m ($U_{ok} = 1,74 \text{ W/(m}^2\text{K)}$). Do modelu byla zahrnuta i intenzita větrání s výměnou vzduchu $0,5 \text{ h}^{-1}$. Teplota v interiéru byla 20 °C a v exteriéru -12 °C. [L22]

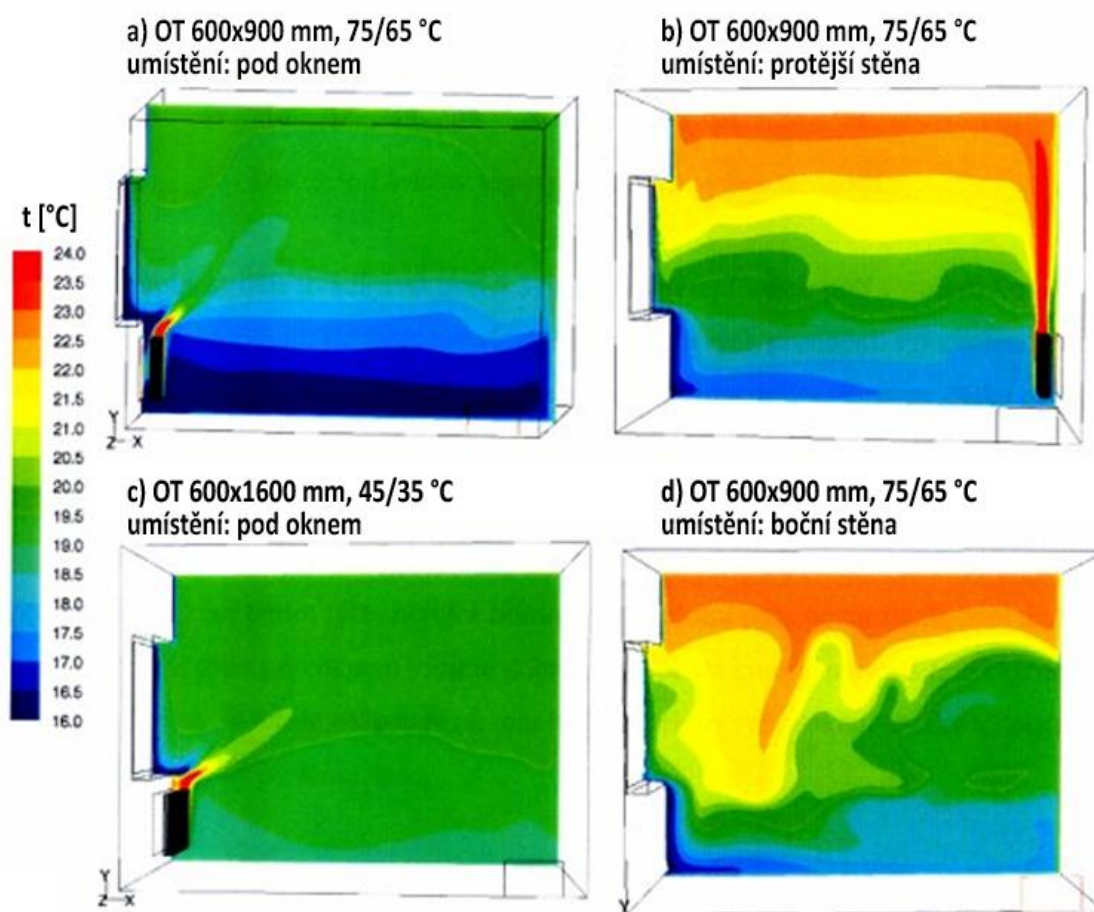
Klasický návrh s umístěním tělesa pod oknem je zobrazen na obrázku A-14 a) a A-15 a). Je vidět, že teplotní rozdíl více jak 50 K je schopen obrátit padající chladný proud a po smísení stoupá teplý vzduch ke stropu. Zároveň tento proud uvádí do pohybu okolní vzduch. Promísený vzduch se vlivem chladnějších povrchů ochlazuje a začne u protilehlé stěny klesat až k podlaze, odkud je přisáván do oblasti otopného tělesa. V určité vzdálenosti od otopného tělesa se rychlost proudění vzduchu zvyšuje vlivem padajících proudů po krajích okna, což může mít na následek zvýšení tepelného diskomfortu. Vliv chladných proudů pronikajících do místnosti demonstruje i rozložení teplot v místnosti, kde těsně nad podlahou jsou teploty blízké 16 °C, a do výšky 0,8 m nad podlahou teplota nepřesáhne 17 °C. [L22]

V případě umístění otopného tělesa u protější zdi (obrázek A-14 b) a A-15 b)) nebrání chladným proudům žádná překážka, a proto snadno prostupují do místnosti. Chladné proudy jsou dále přisávány otopným tělesem, které je ohřeje, a silný konvektivní proud nad tělesem

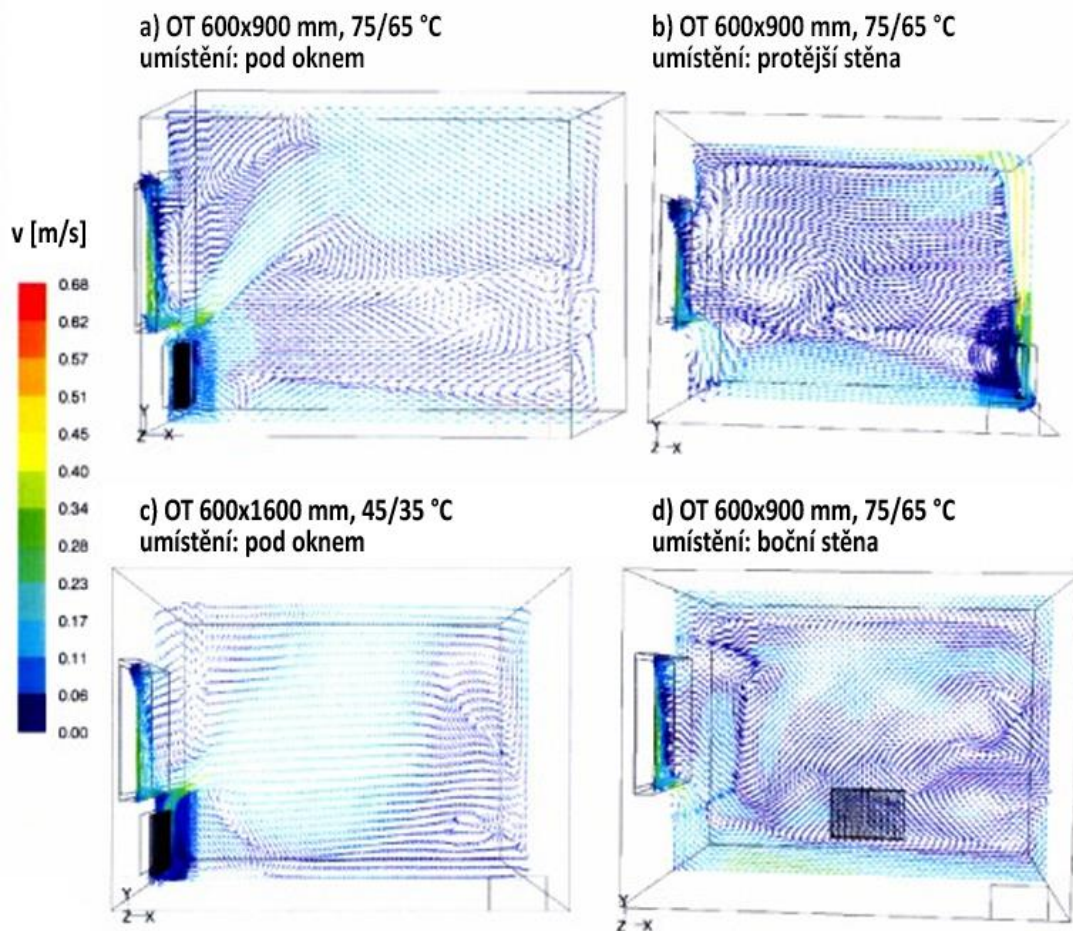
rozpojuje téměř všechny vzduch v místnosti. Rychlosti nad podlahou dosahují nad limitní 0,2 m/s, což způsobí lokální diskomfort. Teploty nad podlahou se pohybují kolem 17 °C a u okna kolem 16 °C. Pod stropem je situace opačná, tam teplota dosahuje cca 23 °C. [L22]

Otopné těleso umístěné u boční stěny (obrázek A-14 d) a A-15 d)) nebrání postupu chladných proudů do místnosti. Nad podlahou se tvoří vrstva s rychlostí proudícího vzduchu kolem 0,2 m/s, která postupně slábne. Patrně vlivem teplejší podlahy. Nad podlahou se vytváří vrstva chladného vzduchu, která je v porovnání s předchozím případem nižší, ale o to mohutnější a nerovnoměrnější jsou vrstvy teplého vzduchu. Teplota vzduchu pod stropem se pohybuje cca kolem 23 °C. [L22]

V případě návrhu tělesa pomocí bilanční metody (obrázek A-14 c) a A-15 c)), při níž je otopné těleso stejně dlouhé jako délka okna, je vidět, že i nižší teplotní spád 45/35 °C je schopen obrátit padající chladné proudy od okna, které mohou dosahovat rychlosti až 0,4 m/s. Chladné proudy více vychýlí slabší stoupající teplé konvekční proudy směrem do místnosti. Část proudu vzduchu je strhávána směrem k otopnému tělesu a další část proudu je strhávána pod stropem k chladnému oknu. Příznivější rozložení teplot je patrné ve srovnání s klasickým návrhem. Teplotní profil je vyrovnaný a teplota vzduchu nad podlahou neklesne pod 20 °C. [L22]

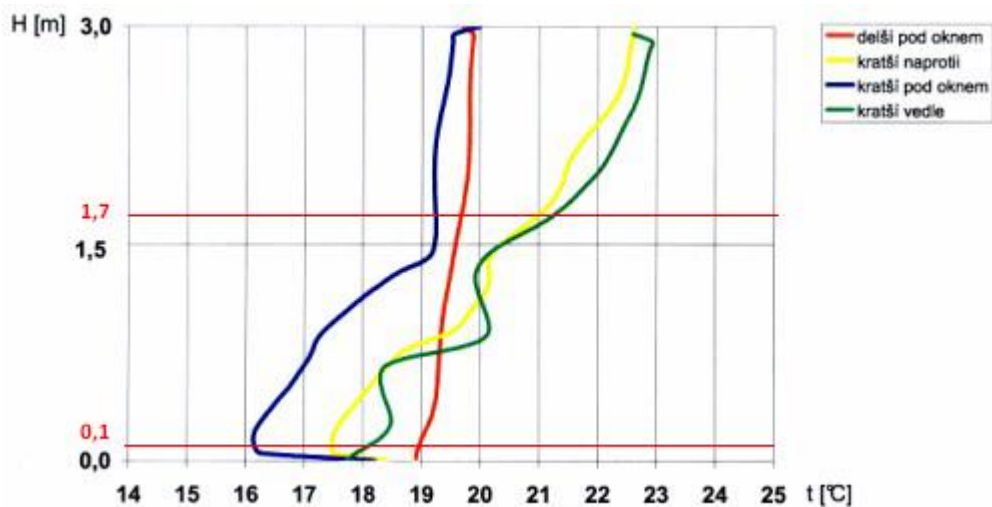


Obrázek A-14 Vliv umístění otopného tělesa na rozložení teplot v místnosti [L22]



Obrázek A-15 Vliv umístění otopného tělesa - rychlostní pole [L22]

Vertikální teplotní profil po výšce místnosti zkoumaných variant je zobrazen na obrázku níže. Z grafu je patrné, že nejstálenejší teplotní profil má varianta s otopným tělesem navržená podle bilanční metody, kde je teplotní gradient 0,7 K ve výšce do 0,1 do 1,7 m. Ve zbývajících variantách je ve výšce do 0,1 do 1,7 m teplotní gradient vyšší než 3 K.



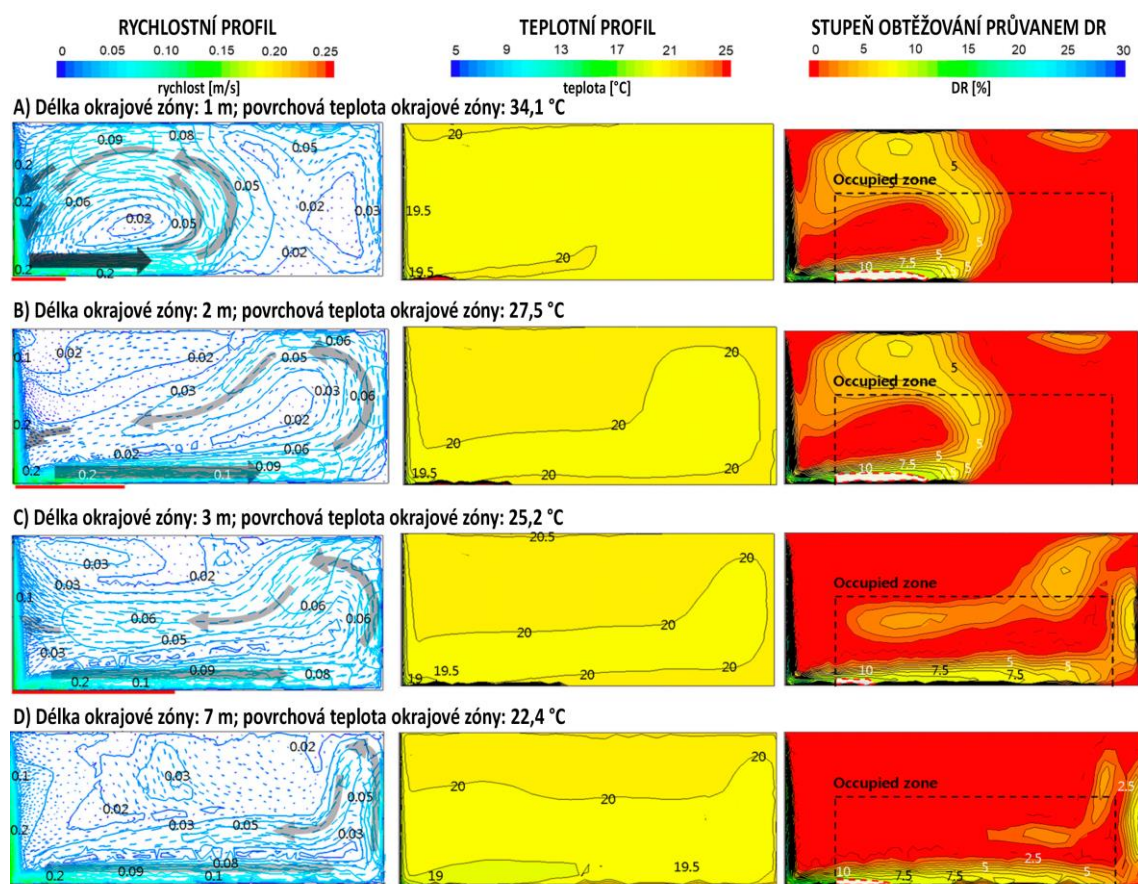
Obrázek A-16 Vertikální teplotní profil vedený po výšce místnosti [L22]

2.3.2.2 VYTÁPĚNÍ PODLAHOVÝM VYTÁPĚNÍM

Myongsouk s kolegy se zabýval vlivem chladných padajících proudů od prosklených fasád v místnostech, které jsou vytápěny podlahovým vytápěním. Provedl CFD simulaci v místnosti 6x7x3 m, kde $t_e = -11,3\text{ °C}$ a $t_i = 20\text{ °C}$. Prosklená fasáda měla součinitel prostupu tepla $1,75\text{ W/(m}^2\text{K)}$. V simulaci byla infiltrace zanedbána. Ve studii byly simulovány případy, ve kterých se vytvářely různě velké okrajové zóny s vyššími povrchovými teplotami. Výsledky simulací jsou zobrazeny na obrázku A-17.[L23]

V případě A, kdy okrajová zóna o délce má povrchovou teplotu $34,1\text{ °C}$, je zřejmé, že jako jediná dokáže otočit chladný proud od prosklené fasády a v cca polovině hloubky místnosti se hlavní proud vrací zpátky k oknu a ve zbytku místnosti jsou poměrně nízké rychlosti proudění. Na druhou stranu nejvyšší rychlost proudění u okna byla dosažena právě v případě A [L23].

Stupeň obtěžování průvanem ve všech případech byl pod limitní hranicí kategorie B tepelného prostředí, tedy pod 20 %. Nicméně v případě A bylo vlivem vysoké teploty a vlivem vysoké rychlosti proudění vzduchu dosahováno vyššího stupně obtěžování průvanem než ve zbývajících případech. Oblast, ve které jsou vyšší hodnoty stupně obtěžování průvanem, se stává čím dál hlubší, čím se okrajová zóna zvětšuje. Stupně obtěžování průvanem $DR = 10\text{ %}$ je dosaženo v případě A ve vzdálenosti 3,4 m od okna, v případě B ve vzdálenosti 3,0 m, v případě C ve vzdálenosti 2,0 m a v případě D ve vzdálenosti 1,8 m. [L23]



Obrázek A-17 Výsledky CFD simulace okrajové zóny u podlahového vytápění [L23]

2.3.2.3 OTOPNÉ TĚLESO VS. PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ

Myhren provedl CFD simulaci buňkové kanceláře o rozměrech 4,8x2,4x2,7 m s jednou ochlazovanou stěnou ($U = 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$), ve které bylo umístěno okno 2,4x1,2 m. V simulaci byl zohledněn přívod čerstvého vzduchu o výměně $0,8 \text{ h}^{-1}$ a to ve dvou variantách. První varianta zahrnovala přívod pomocí 48 mikrodýz umístěné po obvodu okna, druhá varianta pomocí ventilační štěrby 0,4x0,03 m umístěné nad středem okna. Teplota přívodního vzduchu byla $-5 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Udržována byla operativní teplota na $22 \text{ }^{\circ}\text{C}$. V simulaci bylo vyšetřováno vytápění pomocí otopného tělesa 550x2000 mm umístěného pod oknem s průměrnou povrchovou teplotou $46 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (varianta 1) nebo $42 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (varianta 2). Druhý způsob vytápění byl pomocí podlahového vytápění po celé délce místnosti s průměrnou povrchovou teplotou $26,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (varianta 1) nebo $25,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (varianta 2). [L24] Grafické výstupy ze simulací jsou na obrázku A-18.

Z obrázku A-18 a) je patrné, že otopné těleso je schopné zachytit idealizovaný přívod vzduchu pomocí mikrodýz, který neprostupuje dál do místnosti a v poměrně malé vzdálenosti od okna rychlost klesá pod $0,08 \text{ m/s}$. Naopak podlahové vytápění není schopné přívod vzduchu zachytit a proud vzduchu o rychlosti vyšší než $0,16 \text{ m/s}$ prostupuje dál do místnosti.

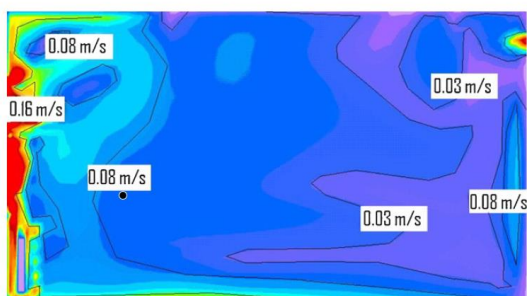
Z obrázku A-18 b) je patrné, že v případě podlahového vytápění chladný proud přiváděného vzduchu ovlivňuje rozložení teplot více než je tomu v případě otopného tělesa. Většího teplotního gradientu ($2,75 \text{ K}$) ve výšce od $0,1$ do $1,7 \text{ m}$ nad podlahou je dosahováno u podlahového vytápění, naproti tomu teplotního gradientu $0,5 \text{ K}$ ve výšce od $0,1$ do $1,7 \text{ m}$ nad podlahou je dosaženo u otopného tělesa, což je poměrně překvapivé. [L24]

Naproti tomu při porovnání předpovídaného procenta nespokojených lidí (PPD) z obrázku A-18 c), je patrné, že méně procent nespokojených lidí bude při použití podlahového vytápění, kde vytvoří poměrně velká oblast s $\text{PPD} = 5 \text{ } \%$. Při práci v sedě má daleko větší význam, než kritérium PPD, kritérium místního diskomfortu, jako je stupeň obtěžování průvanem DR.

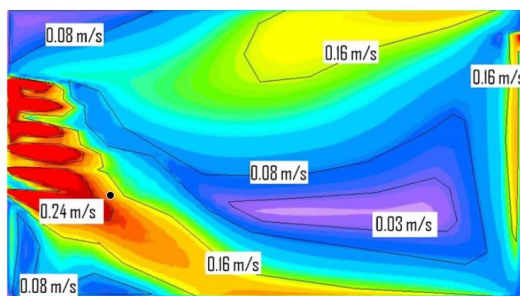
Jako bod pro porovnání byl zvolen bod cca 1 m od obvodové stěny ve výšce $1,1 \text{ m}$ nad podlahou. Porovnávaný bod je na obrázku vyznačen černou tečkou. V případě podlahového vytápění platí $v_a = 0,20 \text{ m/s}$, $t_a = 21,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_u = 40 \text{ } \%$, potom $\text{DR} = 23,5 \text{ } \%$; pro otopné těleso platí $v_a = 0,05 \text{ m/s}$, $t_a = 21,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_u = 40 \text{ } \%$, potom $\text{DR} = 0 \text{ } \%$. Pro podlahové vytápění vychází stupeň obtěžování průvanem nad hranici $\text{DR} = 20 \text{ } \%$, který je nutný pro možnost zařazení do kategorie tepelného prostředí B. Pro otopné těleso, vzhledem k nízké rychlosti proudění pod $0,05 \text{ m/s}$, vychází $\text{DR} = 0 \text{ } \%$, které spadá do kategorie tepelného prostředí A, jehož limitní hodnota je $10 \text{ } \%$.

Při jiné idealizaci přívodu chladného čerstvého vzduchu, a to pomocí větrací štěrby umístěné nad oknem, je vidět, že procento nespokojených osob je ve větší části nižší u otopného tělesa – viz obrázek A-18 d).

OTOPNÉ TĚLESO

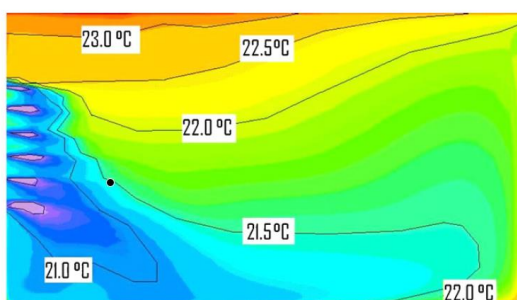
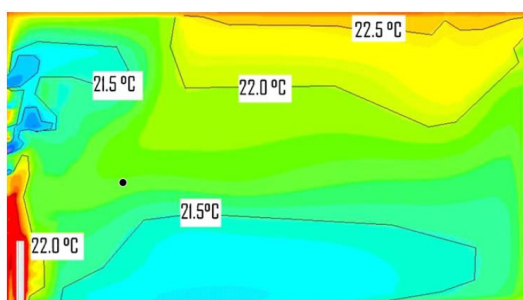
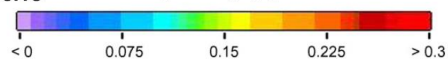


PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ



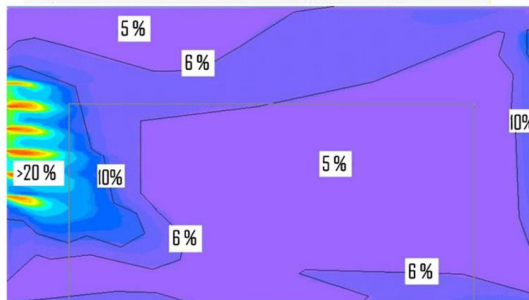
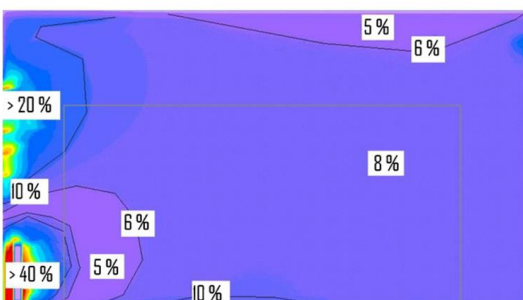
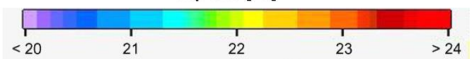
A) PŘÍVOD PŘES MIKRODÝZY - RYCHLOST PROUDĚNÍ VZDUCHU

rychlost [m/s]



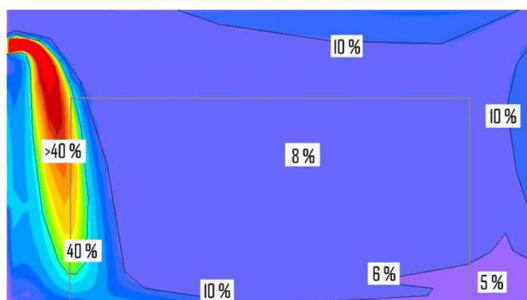
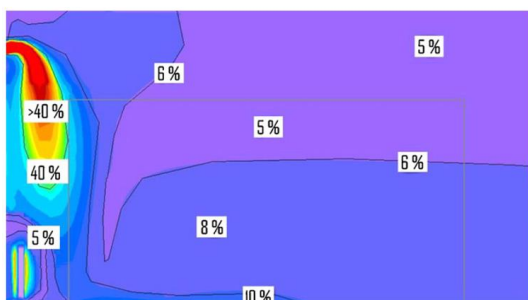
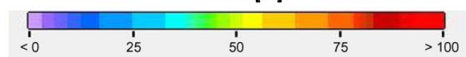
B) PŘÍVOD PŘES MIKRODÝZY - TEPLOTA VZDUCHU

teplota [°C]



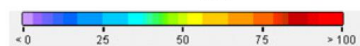
C) PŘÍVOD PŘES MIKRODÝZY - PPD

PPD [%]



D) PŘÍVOD VĚTRACÍ ŠTĚRBINOU NAD OKNEM - PPD

PPD [%]



Obrázek A-18 Otopné těleso vs. podlahové vytápění [L24]

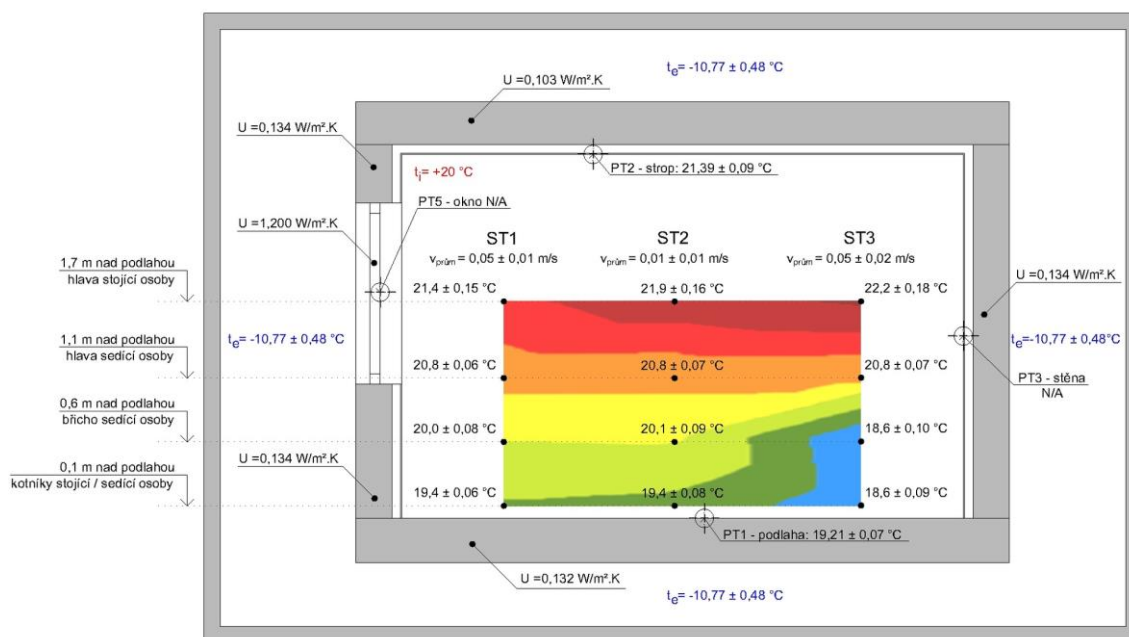
2.3.3 VYTÁPĚNÍ V BUDOVÁCH S TĚMĚŘ NULOVOU SPOTŘEBOU ENERGIE

Požadavky na budovy s téměř nulovou spotřebou energie se od 1. 1. 2020 budou týkat skoro všech budov. Jedním z kritérií pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie je i kvalitnější tepelná obálka budovy. [L26] Již v předešlých kapitolách byl prezentován pozitivní vliv nižšího součinitele prostupu tepla na tepelný komfort.

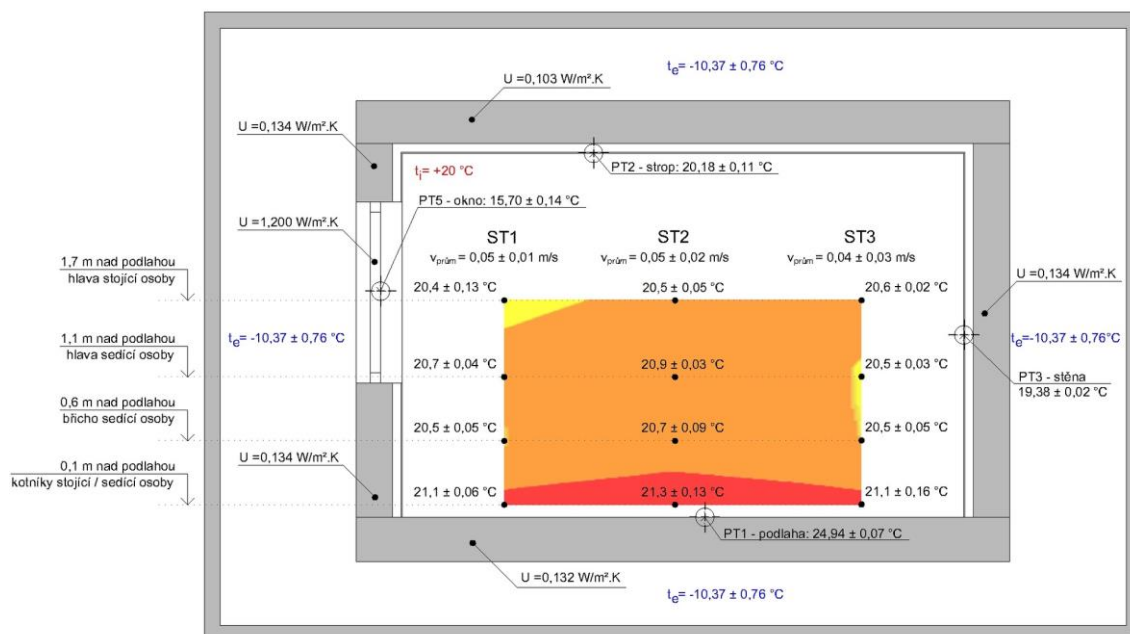
Kvalitou vnitřního prostředí v budovách s téměř nulovou spotřebou energie se zabýval výrobce elektrického vytápění, který na UCEEB ČVUT v PRAZE podnikl řadu výzkumných projektů. Experimenty byly prováděny v klima komoře s vestavbou místnosti 4,4x3,1x2,85 m, jejíž konstrukce splňuje požadavky na budovu s téměř nulovou spotřebou energie. Zkušební místnost měla strop, podlahu a 2,5 obvodové stěny na styku se simulovaným exteriérem. V jedné z obvodových stěn bylo umístěno okno ($U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$) o výšce 1,4 m. [L21, L25]

Výzkumný projekt se zaměřením na rozložení teplot v místnosti s různými zdroji vytápění měl při měření vytápění pomocí konvektoru simulovanou venkovní teplotu $-10,77 \pm 0,48 \text{ }^\circ\text{C}$. Při použití podlahového vytápění byla venkovní simulovaná teplota $-10,37 \pm 0,76 \text{ }^\circ\text{C}$. Teploty byly měřeny ve vzdálenosti 0,1, 0,6, 1,1 a 1,7 m nad podlahou. [L25]

Při vytápění konvektorem byl konvektor umístěn pod oknem. Výsledné rozložení teplot po výšce místnosti je možné vidět na obrázku A-19. Rozložení teplot po výšce místnosti při použití podlahového vytápění je možné vidět na obrázku A-20. V případě podlahového vytápění je teplotní gradient $0,8 \text{ K}$ po výšce od 0,1 do 1,7 m a teplotní pole je homogenní. Naproti tomu v případě vytápění pomocí konvektoru je teplotní gradient $2,5 \text{ K}$. V případě použití nástěnného sálavého panelu byl teplotní gradient $0,7 \text{ K}$. [L25, L28]



Obrázek A-19 Rozložení teplot po výšce místnosti při vytápění konvektorem [L25]

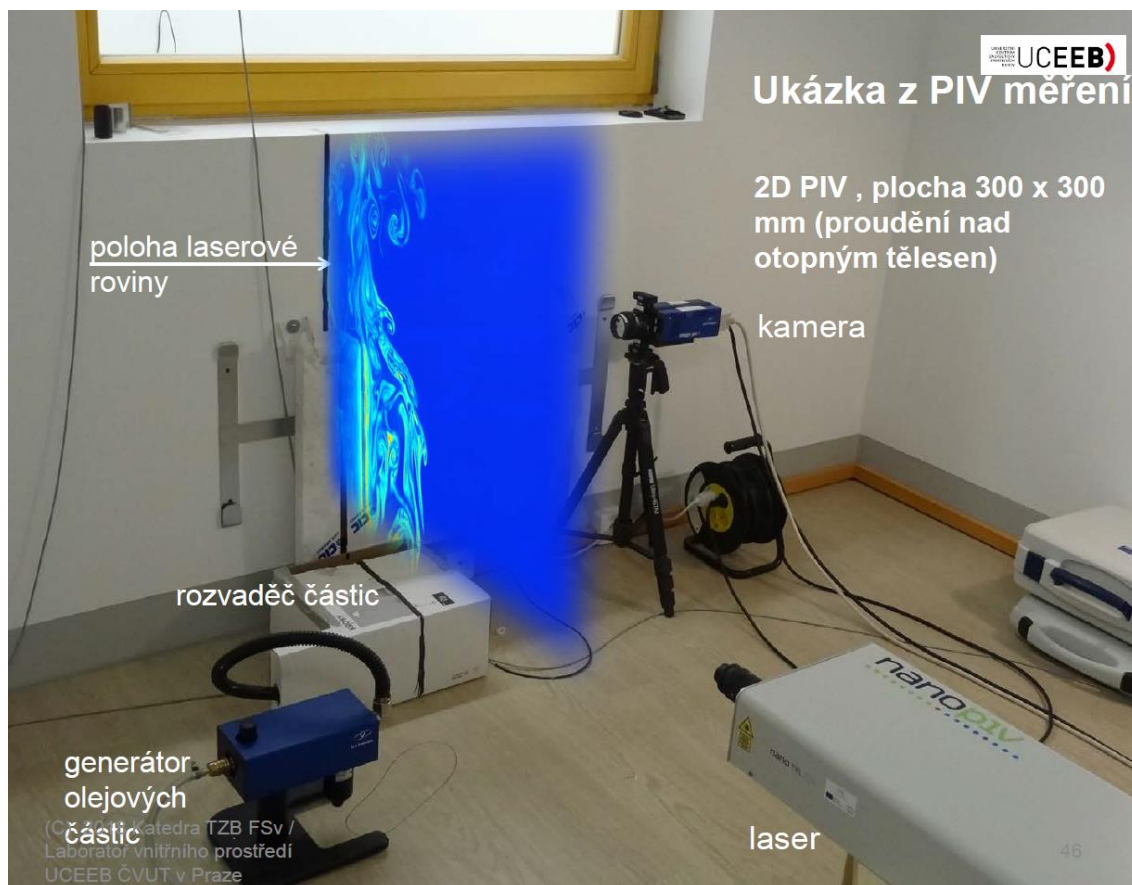


Obrázek A-20 Rozložení teplot po výšce místnosti při použití podlahového vytápění [L25]

Při pátrání o velikosti umístěného konvektoru se mi z veřejně dostupných zdrojů nepodařilo informaci dopátrat. Při předpokladu, že je podlahové vytápění po celé ploše místnosti a známe povrchovou teplotu podlahy, dospějeme k závěru, že tepelná ztráta testované místnosti je cca 620 W. Výrobce ve svém produktovém portfoliu má elektrické přímotopné konvektory o příkonu 500, 750, 1000, 1500 nebo 2000 W, přičemž třetí jmenovaný má rozměry 443x451x78 mm [L29]. Z tohoto lze usoudit, že při experimentu mohl být v místnosti umístěn konvektor, který je výrazně menší, než je délka okna a odpovídá spíše dříve uplatňovanému klasickému návrhu. Takto krátké otopné těleso není schopné zachytit padající chladné proudy v celé délce okna (viz kapitola 2.3.2.1), což má negativní vliv na výsledný výškový teplotní gradient.

Výzkumem bylo prokázáno, že i v budově s téměř nulovou spotřebou energie má velký vliv způsob použitého vytápění. Při posuzování dynamiky při zátoku je efektivnější a ekonomičtější volba konvekčních systémů. Z hlediska trvalého vytápění jsou nejefektivnější velkoplošné systémy. [L21]

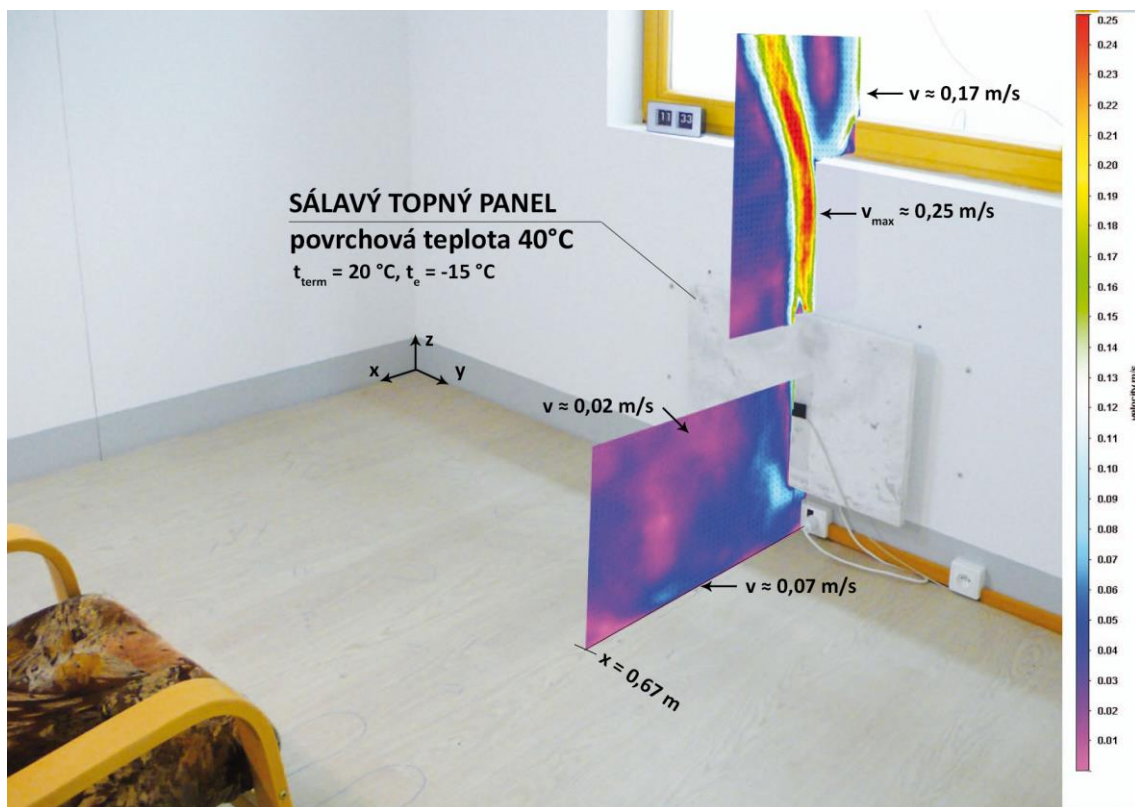
Další fáze výzkumu se zaměřila na proudění vzduchu v místnosti z hlediska pronikání chladných padajících proudů do místnosti. Při měření byla použita metoda snímání pomocí PIV anemometrie. PIV (particle image velocimetry) anemometrie je moderní metoda sloužící k měření rychlostního pole pomocí rychlého snímání dvou snímků, jejichž časový odstup je v řádu desítek nanosekund. V měřené tekutině jsou rozptýleny značkové částice (např. pomocí olejového generátoru a distributoru), které jsou osvětleny laserem umístěným v rovině kolmé k rovině kamery. Na dvou snímcích je pak možné pomocí speciálního softwaru vyhodnotit jejich dráhu a směr pohybu a na základě znalosti časového odstupu je možné určit rychlost pohybu sledované částice. Ukázka z PIV měření je na obrázku A-21. [L26, L21, L30]



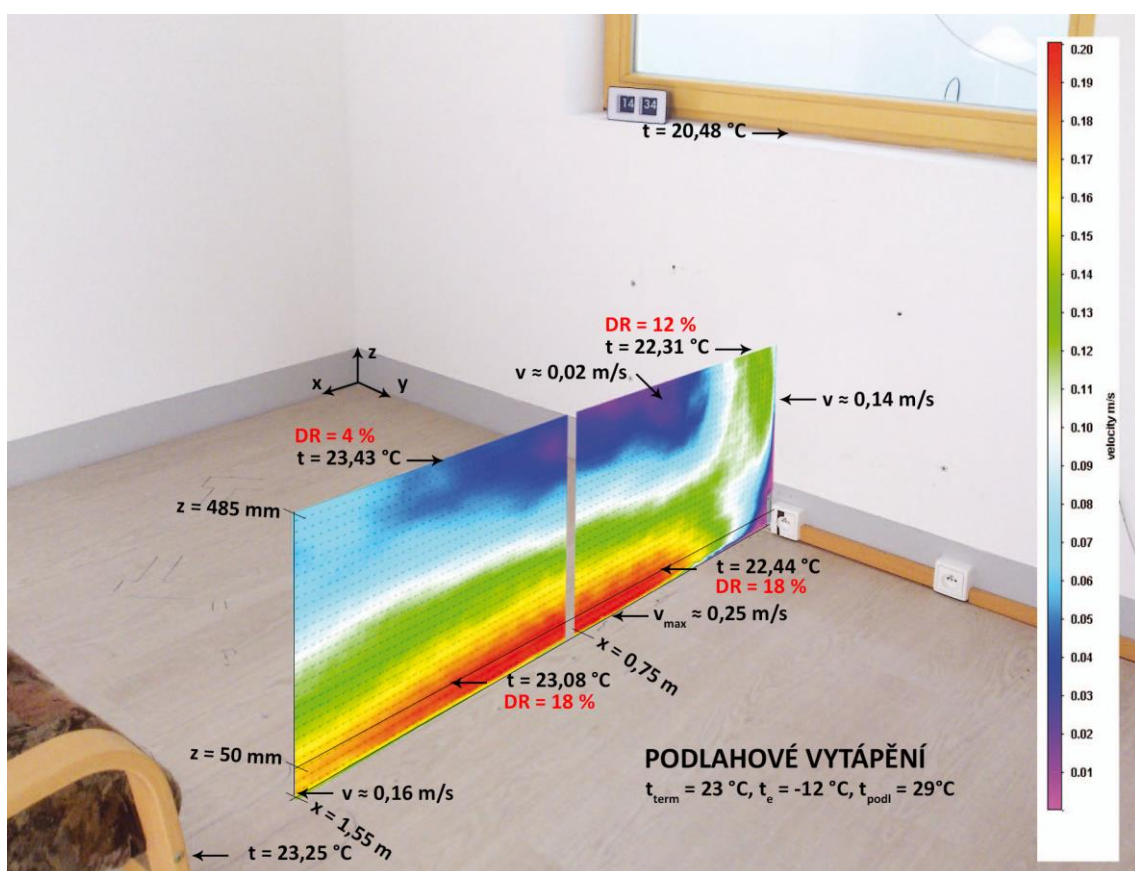
Obrázek A-21 Ukázka z PIV měření [L26]

Rychlost proudění vzduchu v okolí sálavého topného panelu je zobrazena na obrázku A-22. Z obrázku je patrný teplý konvektivní proud, který zabrání pronikání chladných proudů do místnosti. Dle měření je dostatečná povrchová teplota panelu, která odstíní chladný proud vzduchu $33\text{ }^{\circ}\text{C}$. Maximální rychlosti je dosahováno v konvektivním proudě a to $0,25\text{ m/s}$. U podlahy vlivem přísávání vzduchu tělesem rychlost $0,07\text{ m/s}$, ale s rostoucí vzdáleností od otopného tělesa klesá k rychlosti kolem $0,02\text{ m/s}$. [L21]

Na obrázku A-23 je zobrazena rychlost proudění vzduchu v místnosti s podlahovým vytápěním. Je zřejmé, že ani vyšší kvalita konstrukcí ve standardu budov s téměř nulovou spotřebou energie nezabrání pronikání chladných proudů do místnosti. Proud z parapetu ještě zrychlí a nad podlahou se vytvoří poměrně teplý proud vzduchu o nadlimitní rychlosti $0,25\text{ m/s}$. Proud je o cca $0,5\text{ K}$ chladnější než je udržovaná teplota na termostatu $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ a to, i když je simulovaná venkovní teplota $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Při vyhodnocení kritéria místního tepelného diskomfortu stupně obtěžování průvanem DR, zjistíme, že i v cca 1 m od fasády je $\text{DR} = 18\text{ } \%$ ($T_u = 40\text{ } \%$, 50 mm nad podlahou). Takto vytápěná místnost splňuje kritérium pro kategorii tepelného prostředí B $\text{DR} < 20\text{ } \%$. Rychlost proudu směrem do místnosti slábne a ve vzdálenosti $1,55\text{ m}$ má rychlost cca $0,16\text{ m/s}$. I při venkovní teplotě $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ je v místnosti přítomen proud chladného vzduchu vzniklý chladným povrchem okna. [L21]



Obrázek A-22 Rychlost proudění vzduchu v okolí sálavého topného panelu [L21]



Obrázek A-23 Rychlost proudění vzduchu v místnosti s podlahovým vytápěním [L21]

2.4 ZÁVĚR

Se stále se zpřísňujícími požadavky na vyšší tepelnou kvalitu stavebních konstrukcí se zvyšuje tepelná pohoda ve vytápěné místnosti. Neméně důležitým parametrem pro zajištění tepelné pohody je správná volba způsobu vytápění a případné správné umístění a správně navržená velikost a teplotní spád otopného tělesa, která bude eliminovat „chladné“ sálání od okna.

Pro zajištění tepelné pohody v místnosti s otopnými tělesy je nejdůležitější umístit otopné těleso pod nejvíce ochlazovanou plochu (zpravidla okno), kde délka tělesa by měla být pokud možno stejná jako délka okna. Výška a teplotní spád otopného tělesa by měl být volen s ohledem na kompenzaci „chladného“ sálání okna podle bilanční metody.

V případě oken až k podlaze, kde není možné umístit otopné těleso, je potřebné vytvořit dostatečně hluboký prostor, případně navrhnout lepší tepelně technické parametry okna, které sníží povrchovou teplotu okna a sníží rychlost padajících chladných proudů oken.

Podlahové vytápění, které je typické rovnoměrným rozložením teplot po výšce místnosti a tím pádem je vhodnější pro dlouhodobý pobyt osob, nedokáže zastavit chladné padající proudy ani v budovách s téměř nulovou spotřebou energie. Chladný padající proud může způsobit lokální diskomfort v podobě obtěžování průvanem, na který jsou citliví lidé při sedavé činnosti. V současné době probíhají experimenty ve formě vytápěných parapetů, které chladný proud obrátí a vytvoří vyšší tepelný komfort v místnosti vytápěné podlahovým vytápěním [L31].

Představená problematika tepelného komfortu ve vytápěné místnosti není vyčerpávající a bylo upuštěno od problematiky regulace, která je z hlediska tepelného komfortu neméně důležitá. Otopné těleso je schopné reagovat v řádu minut, naproti tomu podlahové vytápění je charakteristické dlouhou dobou náběhu a dlouhou časovou prodlevou na regulační zásah.

B. PRAKTICKÁ ČÁST – VYTÁPĚNÍ BYTOVÉHO DOMU

1 ANALÝZA OBJEKTU

V této části bude řešeno vytápění bytového domu o čtyřech nadzemních podlažích, ve kterém je samostatných 13 bytových jednotek s maximálně 40 obyvateli. V 1. NP se kromě společné chodby, technické místnosti, sklepních kójí, garáží a kočárkárny nachází pět bytových jednotek. Ve 2. NP jsou tři bytové jednotky, ve 3. NP jsou tři bytové jednotky a ve 4. NP jsou dvě bytové jednotky.

Architektonicky je objekt řešen jako objekt členitý s úskoky, kde na jižní stranu jsou situovány terasy a balkóny. Další dva balkóny se nacházejí na západní fasádě. Střecha objektu je plochá s železobetonovou stropní deskou. Nosná konstrukce stropu je monolitická železobetonová. Svislé obvodové stěny a příčky jsou tvořeny z keramických broušených tvárnic. Pro tepelnou izolaci obvodové stěny je použit expandovaný polystyren EPS s grafitem.

Objekt je zamýšlen jako budova s téměř nulovou spotřebou energie s vyšší tepelně technickou kvalitou obvodových konstrukcí.

Zastavěná plocha činí 396 m²; čistá podlahová plocha činí 1091 m². Výška objektu je v nejvyšší části 12,945 m. Ve snížené části potom 9,63 m. Obestavěný objem je 4297 m³.

Vytápění objektu bude zajišťovat jeden plynový kondenzační kotel v provedení typu C o nominálním výkonu 45 kW při 80/60 °C. Plynový kotel bude umístěn v technické místnosti spolu se zásobníkovým ohříváčem teplé vody, HVDT, rozdělovačem a sběračem, expanzním a pojistným zařízením. Přívod spalovacího vzduchu pro plynový kotel bude zajištěn pomocí děleného potrubí z fasády objektu. Výfuk spalin bude realizován nad střechu objektu pomocí děleného potrubí vedeného v komínových tvárnících. Rozdělovač a sběrač byl rozdělen na celkem čtyři větve – teplá voda, vzduchotechnika, otopná soustava – severní fasáda a otopná soustava - jižní fasáda. Rozdělení větví podle světových stran bylo realizováno kvůli regulaci z důvodu rozdílných teplotních zisků během dne. V každém bytě je sestava pro měření dodaného tepla s ultrazvukovým odečtem. V 1. NP jsou sestavy umístěny v podhledech chodeb jednotlivých bytů, v ostatních podlažích jsou sestavy umístěny v šachtách s přístupem přes revizní dvířka.

Větrání bytového domu bude nucené pomocí centrální vzduchotechnické jednotky se zpětným získáváním tepla umístěné na snížené části objektu. Vzduchotechnická jednotka bude ve venkovním nástřešním provedení osazená na ocelové konstrukci. Ohřev přiváděného vzduchu bude pomocí potrubního teplovodního ohříváče vzduchu umístěného v objektu. V každém bytě budou osazeny tzv. SMART boxy (zařízení s regulátory průtoku), které umožní nastavení stupně větrání v každém bytě. Větrání technické místnosti a garáže je pomocí ventilátorů, kdy technická místnost je větrána přetlakově a garáž podtlakově. Jedna garáž je větrána přirozeně.

Kanalizace objektu je řešena jako oddílná. Dešťová voda je odváděna pomocí dešťové kanalizace s retencí nebo vsakem na pozemku. Splašky jsou z objektu odváděny do splaškové kanalizace.

Pitná voda bude do bytového domu přivedena pomocí vodovodní přípojky z vodovodu pro veřejnou potřebu přes vodoměrnou sestavu měřící spotřebu vody v objektu. Teplá voda bude ohřívána pomocí zásobníkového ohříváče o objemu 400 l, ke kterému bude přivedeno potrubí studené vody. Teplá voda bude jímána z horní části zásobníku. Zařízení bude vybaveno pojistnou sestavou. Vzhledem k rozsáhlosti objektu bude navrženo potrubí cirkulace teplé vody s oběhovým čerpadlem. V každém z bytů bude sestava dvou vodoměrů měřící dodávku teplé a studené vody.

Projekt vytápění bude řešen ve dvou variantách. V první variantě bylo zvoleno vytápění pomocí otopných těles. Druhá varianta, je vytápění bytů pomocí podlahového vytápění. Projekt je zpracován ve stupni pro stavební povolení.

2 VÝPOČET TEPELNÉHO VÝKONU

Pro správný výpočet tepelného výkonu je potřeba stanovit součinitel prostupu tepla stavebními konstrukcemi a následně stanovit výpočet tepelných ztrát objektu.

2.1 VÝPOČET SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA

Návrh skladeb konstrukcí byl proveden především v rozsahu potřebném pro tepelně technické posouzení a ve skladbách konstrukcí mohou některé důležité funkční vrstvy konstrukce chybět. Tyto vrstvy nemají zásadní vliv na výslednou hodnotu součinitele prostupu tepla konstrukcí.

Součinitel prostupu tepla U [$W/(m^2 \cdot K)$] je dán vztahem [L32]:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_1^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_{se}} \quad (2.1)$$

kde λ je součinitel tepelné vodivosti stěny [$W/(m \cdot K)$];
 d tloušťka vrstvy v konstrukci [m];
 R_{si} je tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně [$m^2 \cdot K/W$];
 R_{se} je tepelný odpor při přestupu tepla na venkovní straně [$m^2 \cdot K/W$]

Hodnoty tepelného odporu při přestupu tepla na vnitřní nebo vnější straně jsou uvedeny v tabulce níže.

Tabulka 2-1 Hodnoty tepelného odporu při přestupu tepla na vnitřní a vnější straně konstrukce

Tepelný odpor při přestupu tepla	Směr tepelného toku		
	Nahoru	Vodorovně	Dole
R_{si}	0,10	0,13	0,17
R_{se}	0,04	0,04	0,04

Součinitel prostupu tepla okny nebyl počítán, protože pro výpočet byla hodnota zvolena. Tím vzniká požadavek, který musí dodavatel oken splnit. Výpočet součinitele prostupu tepla okny se určí dle [L33].

2.1.1 SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA STĚNAMI OBJEKTU

SO1 - OBVODOVÁ STĚNA						
č.v.	MATERIÁL			d	λ	R
				[m]	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	[m ² ·K·W ⁻¹]
1	Vnitřní omítka JM 303			0,015	0,43	0,035
2	Zdivo HELUZ UNI 30 broušená Libochovice + SB			0,300	0,193	1,554
3	Lepicí hmota LM 710			0,005	0,47	0,011
4	Isover EPS GreyWall			0,150	0,034	4,412
5	Lepicí hmota LM 710			0,003	0,47	0,006
6	Vnější fasádní omítka Baumit NanoporTop			0,002	0,7	0,003
					ΣR	6,02
					R _{si} =	0,13
					R _{se} =	0,04
R _T =	R _{si} +ΣR+R _{se} =	0,13 + 6,02 + 0,04 =		6,190	m ² ·K·W ⁻¹	
U _{id} =	1/R _T =	1 / 6,19 =		0,16	W·m ⁻² ·K ⁻¹	
ΔU _{tbk} =	0,02	W·m ⁻² ·K ⁻¹				
POSOUZENÍ						
U =	0,18	W·m ⁻² ·K ⁻¹	<		U _{N,20} =	0,3 W·m ⁻² ·K ⁻¹
NAVRŽENÁ KONSTRUKCE VYHOVUJE.						

SN1 - VNITŘNÍ PŘÍČKA 115						
č.v.	MATERIÁL			d	λ	R
				[m]	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	[m ² ·K·W ⁻¹]
1	Vnitřní omítka JM 303			0,015	0,43	0,035
2	Zdivo HELUZ 11,5 broušená Libochovice + SB			0,115	0,268	0,429
3	Vnitřní omítka JM 303			0,015	0,43	0,035
					ΣR	0,498
					R _{si} =	0,13
					R _{se} =	0,13
R _T =	R _{si} +ΣR+R _{se} =	0,13 + 0,498 + 0,13 =		0,758	m ² ·K·W ⁻¹	
U =	1/R _T =	1 / 0,758 =		1,32	W·m ⁻² ·K ⁻¹	
POSOUZENÍ						
U =	1,32	W·m ⁻² ·K ⁻¹	<		U _{N,20} =	2,70 W·m ⁻² ·K ⁻¹
NAVRŽENÁ KONSTRUKCE VYHOVUJE.						

SN2 - VNITŘNÍ NOSNÁ 250						
č.v.	MATERIÁL			d	λ	R
				[m]	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	[m ² ·K·W ⁻¹]
1	Vnitřní omítka JM 303			0,015	0,43	0,035
2	Zdivo HELUZ UNI 25 broušená Libochovice + SB			0,250	0,232	1,078
3	Vnitřní omítka JM 303			0,015	0,43	0,035
					ΣR	1,147
					R _{si} =	0,13
					R _{se} =	0,13
R _T =	R _{si} +ΣR+R _{se} =	0,13 + 1,147 + 0,13 =		1,407	m ² ·K·W ⁻¹	
U =	1/R _T =	1 / 1,407 =		0,71	W·m ⁻² ·K ⁻¹	
POSOUZENÍ						
U =	0,71	W·m ⁻² ·K ⁻¹	<		U _{N,20} =	2,70 W·m ⁻² ·K ⁻¹
NAVRŽENÁ KONSTRUKCE VYHOVUJE.						

SN3 - VNITŘNÍ NOSNÁ AKU 300							
č.v.	MATERIÁL			d	λ	R	
				[m]	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	[m ² ·K·W ⁻¹]	
1	Vnitřní omítka JM 303			0,015	0,43	0,035	
2	Zdivo HELUZ AKU 30/33,2 P20 Libochovice + M10			0,300	0,363	0,826	
3	Vnitřní omítka JM 303			0,015	0,43	0,035	
					ΣR		0,896
					R _{si} =		0,13
					R _{se} =		0,13
R _T =	R _{si} +ΣR+R _{se} =	0,13 + 0,896 + 0,13 =		1,16	m ² ·K·W ⁻¹		
U =	1/R _T =	1 / 1,156 =		0,87	W·m ⁻² ·K ⁻¹		
POSOUZENÍ							
U =	0,87	W·m ⁻² ·K ⁻¹	<		U _{N,20} =	1,30	W·m ⁻² ·K ⁻¹
NAVRŽENÁ KONSTRUKCE VYHOVUJE.							

SN1N - STĚNA 250 + TI K NEVYTÁPĚNÉMU PROSTORU							
č.v.	MATERIÁL			d	λ	R	
				[m]	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	[m ² ·K·W ⁻¹]	
1	Vnitřní omítka JM 303			0,015	0,43	0,035	
2	Zdivo HELUZ UNI 25 broušená Libochovice + SB			0,250	0,232	1,078	
3	Vnitřní omítka JM 303			0,015	0,43	0,035	
4	Tepelná izolace Isover PIANO			0,080	0,041	1,951	
5	Uzavřená vzduchová vrstva tl. 18 mm včetně kotvících profilů			0,018	0,116	0,155	
6	SDK DESKA			0,013	0,21	0,060	
					ΣR		3,313
					R _{si} =		0,13
					R _{se} =		0,13
R _T =	R _{si} + ΣR + R _{se} =	0,13 + 3,313 + 0,13 =		3,573	m ² ·K·W ⁻¹		
U =	1/R _T =	1 / 3,573 =		0,28	W·m ⁻² ·K ⁻¹		
ΔU _{tbk} = 0,02	W·m ⁻² ·K ⁻¹						
POSOUZENÍ							
U =	0,30	W·m ⁻² ·K ⁻¹	<		U _{N,20} =	0,60 W·m ⁻² ·K ⁻¹	
NAVRŽENÁ KONSTRUKCE VYHOVUJE.							

SN3N - VNITŘNÍ NOSNÁ AKU 300 + TI K NEVYT. PROST.							
č.v.	MATERIÁL			d	λ	R	
				[m]	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	[m ² ·K·W ⁻¹]	
1	Vnitřní omítka JM 303			0,015	0,43	0,035	
2	Zdivo HELUZ 11,5 broušená Libochovice + SB			0,300	0,268	1,119	
3	Lepící hmota LM 710			0,005	0,47	0,011	
4	Tepelná izolace Isover PIANO			0,080	0,041	1,951	
5	Uzavřená vzduchová vrstva tl. 18 mm včetně kotvících profilů			0,018	0,116	0,155	
6	SDK DESKA			0,013	0,21	0,060	
					ΣR		3,33
					R _{si} =		0,13
					R _{se} =		0,13
R _T =	R _{si} + ΣR + R _{se} =	0,13 + 3,33 + 0,13 =		3,590	m ² ·K·W ⁻¹		
U =	1/R _T =	1 / 3,59 =		0,28	W·m ⁻² ·K ⁻¹		
ΔU _{tbk} = 0,02	W·m ⁻² ·K ⁻¹						
POSOUZENÍ							
U =	0,30	W·m ⁻² ·K ⁻¹	<		U _{N,20} =	0,60 W·m ⁻² ·K ⁻¹	
NAVRŽENÁ KONSTRUKCE VYHOVUJE.							

2.1.2 SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA VODOROVNÝMI KONSTRUKCEMI

PDL1 - PODLAHA DŘEVĚNÁ						
č.v.	MATERIÁL			d	λ	R
				[m]	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	[m ² ·K·W ⁻¹]
1	Desky dřevotřískové lisované			0,010	0,14	0,071
2	Desky z korku lisované			0,005	0,058	0,086
3	Anhydrit CEMIX AnhyLevel			0,060	1,6	0,038
4	Separační vrstva			0,001	-	0,000
5	Izolace Isover N			0,040	0,039	1,026
6	Železobetonová stropní deska			0,250	1,74	0,144
7	Vnitřní omítka JM 303			0,015	0,43	0,035
					ΣR	1,399
					R _{si} =	0,10
					R _{se} =	0,10
R _T =	R _{si} +ΣR+R _{se} =	0,1 + 1,399 + 0,1 =		1,599	m ² ·K·W ⁻¹	
U =	1/R _T =	1 / 1,599 =		0,63	W·m ⁻² ·K ⁻¹	
POSOUZENÍ						
U =	0,63	W·m ⁻² ·K ⁻¹	<		U _{N,20} =	2,20 W·m ⁻² ·K ⁻¹
NAVRŽENÁ KONSTRUKCE VYHOVUJE.						

PDL2 - PODLAHA KERAMICKÁ DLAŽBA						
č.v.	MATERIÁL		d	λ	R	
			[m]	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	[m ² ·K·W ⁻¹]	
1	Keramická dlažba		0,010	1,01	0,010	
2	Malta cementová		0,005	1,02	0,005	
3	Cementový potěr CEMLEVEL		0,060	1,2	0,050	
4	Separační vrstva		0,001	-	0,000	
5	Izolace Isover N		0,040	0,039	1,026	
6	Železobetonová stropní deska		0,250	1,74	0,144	
7	Vnitřní omítka JM 303		0,015	0,43	0,035	
				ΣR		1,269
				R _{si} =		0,10
				R _{se} =		0,10
R _T =	R _{si} + ΣR + R _{se} =	0,1 + 1,269 + 0,1 =	1,469	m ² ·K·W ⁻¹		
U =	1/R _T =	1 / 1,469 =	0,68	W·m ⁻² ·K ⁻¹		
POSOUZENÍ						
U =	0,68	W·m ⁻² ·K ⁻¹	<	U _{N,20} =	2,20	W·m ⁻² ·K ⁻¹
NAVRŽENÁ KONSTRUKCE VYHOVUJE.						

PDL3 - PODLAHA LINOLEUM						
č.v.	MATERIÁL			d	λ	R
				[m]	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	[m ² ·K·W ⁻¹]
1	Linoleum			0,011	0,19	0,058
2	Desky z korku lisované			0,002	0,058	0,034
3	Anhydrit CEMIX AnhyLevel			0,062	1,6	0,039
4	Separační vrstva			0,001	-	0,000
5	Izolace Isover N			0,040	0,039	1,026
6	Železobetonová stropní deska			0,250	1,74	0,144
7	Vnitřní omítka JM 303			0,015	0,43	0,035
					ΣR	1,335
					R _{si} =	0,10
					R _{se} =	0,10
R _T =	R _{si} +ΣR+R _{se} =	0,1 + 1,335 + 0,1 =		1,535	m ² ·K·W ⁻¹	
U =	1/R _T =	1 / 1,535 =		0,65	W·m ⁻² ·K ⁻¹	
POSOUZENÍ						
U =	0,65	W·m ⁻² ·K ⁻¹	<		U _{N,20} =	2,20 W·m ⁻² ·K ⁻¹
NAVRŽENÁ KONSTRUKCE VYHOVUJE.						

PDL4 - PODLAHA NA TERÉNU DŘEVĚNÁ

č.v.	MATERIÁL	d	λ	R
		[m]	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	[m ² ·K·W ⁻¹]
1	Desky dřevovláknité lisované	0,010	0,14	0,071
2	Desky z korku lisované	0,005	0,058	0,086
3	Anhydrit CEMIX AnhyLevel	0,060	1,6	0,038
4	Separační vrstva	0,001	-	0,000
5	Izolace Isover N	0,040	0,039	1,026
6	Tepelná izolace ISOVER EPS 150S	0,120	0,037	3,243
				ΣR 4,464
				R _{si} = 0,17
				R _{se} = 0,00
R _T =	R _{si} +ΣR+R _{se} =	0,17 + 4,464 + 0 =		
U =	1/R _T =	1 / 4,634 =		
		4,634	m ² ·K·W ⁻¹	
		0,22	W·m ⁻² ·K ⁻¹	
POSOUZENÍ				
U =	0,22	W·m ⁻² ·K ⁻¹	<	U _{N,20} = 0,45 W·m ⁻² ·K ⁻¹
NAVRŽENÁ KONSTRUKCE VYHOVUJE.				

PDL5 - PODLAHA NA TERÉNU KERAMICKÁ DLAŽBA

č.v.	MATERIÁL	d	λ	R
		[m]	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	[m ² ·K·W ⁻¹]
1	Keramická dlažba	0,010	1,01	0,010
2	Malta cementová	0,005	1,02	0,005
3	Cementový potěr CEMLEVEL	0,060	1,2	0,050
4	Separační vrstva	0,001	-	0,000
5	Izolace Isover N	0,040	0,039	1,026
6	Tepelná izolace ISOVER EPS 150S	0,120	0,037	3,243
				ΣR 4,333
				R _{si} = 0,17
				R _{se} = 0,00
R _T =	R _{si} +ΣR+R _{se} =	0,17 + 4,333 + 0 =		
U =	1/R _T =	1 / 4,503 =		
		4,503	m ² ·K·W ⁻¹	
		0,22	W·m ⁻² ·K ⁻¹	
POSOUZENÍ				
U =	0,22	W·m ⁻² ·K ⁻¹	<	U _{N,20} = 0,45 W·m ⁻² ·K ⁻¹
NAVRŽENÁ KONSTRUKCE VYHOVUJE.				

PDL6 - PODLAHA NA TERÉNU LINOLEUM

č.v.	MATERIÁL	d	λ	R
		[m]	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	[m ² ·K·W ⁻¹]
1	Linoleum	0,011	0,19	0,058
2	Desky z korku lisované	0,002	0,058	0,034
3	Anhydrit CEMIX AnhyLevel	0,062	1,6	0,039
4	Separační vrstva	0,001	-	0,000
5	Izolace Isover N	0,040	0,039	1,026
6	Tepelná izolace ISOVER EPS 150S	0,120	0,037	3,243
				ΣR 4,4
				R _{si} = 0,17
				R _{se} = 0,00
R _T =	R _{si} +ΣR+R _{se} =	0,17 + 4,4 + 0 =		
U =	1/R _T =	1 / 4,57 =		
		4,570	m ² ·K·W ⁻¹	
		0,22	W·m ⁻² ·K ⁻¹	
POSOUZENÍ				
U =	0,22	W·m ⁻² ·K ⁻¹	<	U _{N,20} = 0,45 W·m ⁻² ·K ⁻¹
NAVRŽENÁ KONSTRUKCE VYHOVUJE.				

PDL7 - PODLAHA NA TERÉNU KERAMICKÁ DLAŽBA GARÁŽ								
č.v.	MATERIÁL			d	λ	R		
				[m]	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	[m ² ·K·W ⁻¹]		
1	Keramická dlažba			0,010	1,01	0,010		
2	Malta cementová			0,005	1,02	0,005		
3	Cementový potěr CEMLEVEL			0,060	1,2	0,050		
4	Hydroizolace			0,005	-	0,000		
					ΣR		0,064	
					R _{si} =		0,17	
					R _{se} =		0,00	
R _T =	R _{si} +ΣR+R _{se} =	0,17 + 0,064 + 0 =			0,234	m ² ·K·W ⁻¹		
U =	1/R _T =	1 / 0,234 =			4,27	W·m ⁻² ·K ⁻¹		
POSOUZENÍ								
U =	4,27	W·m ⁻² ·K ⁻¹	<			U _{N,20} =	-	W·m ⁻² ·K ⁻¹
NAVRŽENÁ KONSTRUKCE VYHOVUJE.								

PDL1N - PODLAHA DŘEVĚNÁ K NEVYTÁPĚNÉMU PROSTORU						
č.v.	MATERIÁL			d	λ	R
				[m]	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	[m ² ·K·W ⁻¹]
1	Desky dřevovláknité lisované			0,010	0,14	0,071
2	Desky z korku lisované			0,005	0,058	0,086
3	Anhydrit CEMIX AnhyLevel			0,060	1,6	0,038
4	Separační vrstva			0,001	-	0,000
5	Izolace Isover N			0,040	0,039	1,026
6	Železobetonová stropní deska			0,250	1,74	0,144
7	Tepelná izolace Isover PIANO			0,080	0,041	1,951
8	Uzavřená vzduchová vrstva tl. 18 mm včetně kotvicích profilů			0,018	0,116	0,155
9	SDK DESKA			0,013	0,21	0,060
					ΣR	3,53
					R _{si} =	0,17
					R _{se} =	0,17
R _T =	R _{si} +ΣR+R _{se} =	0,17 + 3,53 + 0,17 =		3,870	m ² ·K·W ⁻¹	
U _{id} =	1/R _T =	1 / 3,87 =		0,26	W·m ⁻² ·K ⁻¹	
ΔU _{tbk} = 0,02		W·m ⁻² ·K ⁻¹				
POSOUZENÍ						
U =	0,28	W·m ⁻² ·K ⁻¹	<		U _{N,20} =	0,60 W·m ⁻² ·K ⁻¹
NAVRŽENÁ KONSTRUKCE VYHOVUJE.						

PDL2N - PODLAHA KERAMICKÁ DLAŽBA K NEVYT. PROSTORU						
č.v.	MATERIÁL			d	λ	R
				[m]	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	[m ² ·K·W ⁻¹]
1	Keramická dlažba			0,010	1,01	0,010
2	Malta cementová			0,005	1,02	0,005
3	Cementový potěr CEMLEVEL			0,060	1,2	0,050
4	Separační vrstva			0,001	-	0,000
5	Izolace Isover N			0,040	0,039	1,026
6	Železobetonová stropní deska			0,250	1,74	0,144
7	Tepelná izolace Isover PIANO			0,080	0,041	1,951
8	Uzavřená vzduchová vrstva tl. 18 mm včetně kotvicích profilů			0,018	0,116	0,155
8	SDK DESKA			0,013	0,21	0,060
					ΣR	3,4
					R _{si} =	0,17
					R _{se} =	0,17
R _T =	R _{si} +ΣR+R _{se} =	0,17 + 3,4 + 0,17 =		3,740	m ² ·K·W ⁻¹	
U =	1/R _T =	1 / 3,74 =		0,27	W·m ⁻² ·K ⁻¹	
ΔU _{tbk} = 0,02	W·m ⁻² ·K ⁻¹					
POSOUZENÍ						
U =	0,29	W·m ⁻² ·K ⁻¹	<		U _{N,20} =	0,60 W·m ⁻² ·K ⁻¹
NAVRŽENÁ KONSTRUKCE VYHOVUJE.						

PDL3N - PODLAHA LINOLEUM K NEVYTÁPĚNÉMU PROSTORU						
č.v.	MATERIÁL		d	λ	R	
			[m]	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	[m ² ·K·W ⁻¹]	
1	Linoleum		0,011	0,19	0,058	
2	Desky z korku lisované		0,002	0,058	0,034	
3	Anhydrit CEMIX AnhyLevel		0,062	1,6	0,039	
4	Separační vrstva		0,001	-	0,000	
5	Izolace Isover N		0,040	0,039	1,026	
6	Železobetonová stropní deska		0,250	1,74	0,144	
7	Tepelná izolace Isover PIANO		0,080	0,041	1,951	
8	Uzavřená vzduchová vrstva tl. 18 mm včetně kotvicích profilů		0,018	0,116	0,155	
8	SDK DESKA		0,013	0,21	0,060	
				ΣR		3,466
				R _{si} =		0,17
				R _{se} =		0,17
R _T =	R _{si} +ΣR+R _{se} =	0,17 + 3,466 + 0,17 =	3,806	m ² ·K·W ⁻¹		
U =	1/R _T =	1 / 3,806 =	0,26	W·m ⁻² ·K ⁻¹		
ΔU _{tbk} = 0,02		W·m ⁻² ·K ⁻¹				
POSOUZENÍ						
U =	0,28	W·m ⁻² ·K ⁻¹	<		U _{N,20} =	0,60 W·m ⁻² ·K ⁻¹
NAVRŽENÁ KONSTRUKCE VYHOVUJE.						

SCH1 - STŘECHA						
č.v.	MATERIÁL		d	λ	R	
			[m]	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	[m ² ·K·W ⁻¹]	
1	Kamenivo frakce 8/16		0,100	-	0,000	
2	Geotextilie		0,005	-	0,000	
3	Fólie z PVC		0,002	0,16	0,013	
4	Tepelná izolace ISOVER EPS 100F		0,280	0,039	7,179	
5	Asfaltový pás s al. vložkou		0,008	0,2	0,040	
6	Spádová vrstva Poriment WS 700		0,020	0,174	0,115	
9	Železobetonová stropní deska		0,250	1,74	0,144	
10	Vnitřní omítka JM 303		0,015	0,43	0,035	
				ΣR		7,525
				R _{si} =		0,10
				R _{se} =		0,04
R _T =	R _{si} +ΣR+R _{se} =	0,1 + 7,525 + 0,04 =	7,665	m ² ·K·W ⁻¹		
U =	1/R _T =	1 / 7,665 =	0,13	W·m ⁻² ·K ⁻¹		
POSOUZENÍ						
U =	0,13	W·m ⁻² ·K ⁻¹	<		U _{N,20} =	0,24 W·m ⁻² ·K ⁻¹
NAVRŽENÁ KONSTRUKCE VYHOVUJE.						

2.1.3 POSOUZENÍ NAVRŽENÝCH KONSTRUKCÍ

Celkový přehled součinitelů prostupu tepla pro jednotlivé konstrukce je uveden v následující tabulce. V tabulce jsou doplněny i požadavky a rozměry na výplně otvorů, jako jsou okna apod. V tabulce jsou zároveň porovnávány hodnoty součinitelů prostupu tepla s normovými hodnotami.

Tabulka 2-2 Přehled součinitelů prostupu tepla konstrukcí s normovými hodnotami

OZN.	NÁZEV	U		U _{N,20}		U _{rec,20}		Upas,20	
		[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	POSOUZENÍ	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	POSOUZENÍ	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	HORNÍ MEZ	DOLNÍ MEZ
SO1	OBVODOVÁ STĚNA	0,18	0,30	VYHOVÍ	0,25	VYHOVÍ	0,18	VYHOVÍ	POSOUZENÍ 0,12 NEVYHOVÍ
SN1	VNITŘNÍ PŘÍČKA 115	1,32	2,70	VYHOVÍ	1,80	VYHOVÍ	-	-	-
SN2	VNITŘNÍ NOSNÁ 250	0,71	2,70	VYHOVÍ	1,80	VYHOVÍ	-	-	-
SN3	VNITŘNÍ NOSNÁ AKU 300	0,87	2,70	VYHOVÍ	1,80	VYHOVÍ	-	-	-
SN1N	STĚNA 250 + TI K NEVYTÁPĚNÉMU PROSTORU	0,30	0,60	VYHOVÍ	0,40	VYHOVÍ	0,30	VYHOVÍ	0,20 NEVYHOVÍ
SN3N	VNITŘNÍ NOSNÁ AKU 300 + TI K NEVYT. PROST.	0,30	0,60	VYHOVÍ	0,40	VYHOVÍ	0,30	VYHOVÍ	0,20 NEVYHOVÍ
PDL1	PODLAHA DŘEVĚNÁ	0,63	2,20	VYHOVÍ	1,45	VYHOVÍ	-	-	-
PDL2	PODLAHA KERAMICKÁ DLAŽBA	0,68	2,20	VYHOVÍ	1,45	VYHOVÍ	-	-	-
PDL3	PODLAHA LINOLEUM	0,65	2,20	VYHOVÍ	1,45	VYHOVÍ	-	-	-
PDL4	PODLAHA NA TERÉNU DŘEVĚNÁ	0,22	0,45	VYHOVÍ	0,30	VYHOVÍ	0,22	VYHOVÍ	0,15 NEVYHOVÍ
PDL5	PODLAHA NA TERÉNU KERAMICKÁ DLAŽBA	0,22	0,45	VYHOVÍ	0,30	VYHOVÍ	0,22	VYHOVÍ	0,15 NEVYHOVÍ
PDL6	PODLAHA NA TERÉNU LINOLEUM	0,22	0,45	VYHOVÍ	0,30	VYHOVÍ	0,22	VYHOVÍ	0,15 NEVYHOVÍ
PDL7	PODLAHA NA TERÉNU KERAMICKÁ DLAŽBA GARÁŽ	4,27	nedef.	-	nedef.	-	nedef.	-	nedef.
PDL1N	PODLAHA DŘEVĚNÁ K NEVYTÁPĚNÉMU PROSTORU	0,28	0,60	VYHOVÍ	0,40	VYHOVÍ	0,3	VYHOVÍ	0,2 NEVYHOVÍ
PDL2N	PODLAHA KERAMICKÁ DLAŽBA K NEVYT. PROSTORU	0,29	0,60	VYHOVÍ	0,40	VYHOVÍ	0,3	VYHOVÍ	0,2 NEVYHOVÍ
PDL3N	PODLAHA LINOLEUM K NEVYTÁPĚNÉMU PROSTORU	0,28	0,60	VYHOVÍ	0,40	VYHOVÍ	0,3	VYHOVÍ	0,2 NEVYHOVÍ
SCH1	STŘECHA	0,13	0,24	VYHOVÍ	0,16	VYHOVÍ	0,15	VYHOVÍ	0,1 NEVYHOVÍ
O1	OKNO 1000x1500	0,80	1,50	VYHOVÍ	1,20	VYHOVÍ	0,8	VYHOVÍ	0,6 NEVYHOVÍ
O2	OKNO 2000x1500	0,80	1,50	VYHOVÍ	1,20	VYHOVÍ	0,8	VYHOVÍ	0,6 NEVYHOVÍ
O3	OKNO 1500x1000	0,80	1,50	VYHOVÍ	1,20	VYHOVÍ	0,8	VYHOVÍ	0,6 NEVYHOVÍ
O4	OKNO 900x1500	0,80	1,50	VYHOVÍ	1,20	VYHOVÍ	0,8	VYHOVÍ	0,6 NEVYHOVÍ
O5	OKNO 1500x1500	0,80	1,50	VYHOVÍ	1,20	VYHOVÍ	0,8	VYHOVÍ	0,6 NEVYHOVÍ
DE1	DVEŘE VENKOVNÍ 2000x2070	0,90	1,70	VYHOVÍ	1,20	VYHOVÍ	0,9	VYHOVÍ	0,9 VYHOVÍ
DE2	DVEŘE VENKOVNÍ 1500x2070	0,90	1,70	VYHOVÍ	1,20	VYHOVÍ	0,9	VYHOVÍ	0,9 VYHOVÍ
DE3	DVEŘE VENKOVNÍ 2000x2450	0,90	1,70	VYHOVÍ	1,20	VYHOVÍ	0,9	VYHOVÍ	0,9 VYHOVÍ
DE4	DVEŘE VENKOVNÍ 950x2045	0,90	1,70	VYHOVÍ	1,20	VYHOVÍ	0,9	VYHOVÍ	0,9 VYHOVÍ
DE5	DVEŘE VENKOVNÍ 800x2100	0,90	1,70	VYHOVÍ	1,20	VYHOVÍ	0,9	VYHOVÍ	0,9 VYHOVÍ
DE6	GARÁŽOVÁ VRATA 2500x2100	1,70	nedef.	-	nedef.	-	nedef.	-	nedef.
DI1	DVEŘE VNITŘNÍ Š. 700	3,50	nedef.	-	nedef.	-	nedef.	-	nedef.
DI3	DVEŘE VNITŘNÍ DO BYTU Š. 800	3,50	nedef.	-	nedef.	-	nedef.	-	nedef.
DI4	DVEŘE VNITŘNÍ Š. 800	3,50	nedef.	-	nedef.	-	nedef.	-	nedef.
DI5	DVEŘE DO NEVYTÁPĚNÉHO PROSTORU Š. 800	1,70	nedef.	-	nedef.	-	nedef.	-	nedef.

2.2 PODROBNÝ VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT OBJEKTU

Podrobný výpočet tepelných ztrát je počítán dle normy [L34], ve výpočtu bylo zahrnuto určité zjednodušení oproti normě. Metodika výpočtu je popsána v následující kapitole.

2.2.1 CELKOVÁ NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA VYTÁPĚNÉHO PROSTORU

Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru (i) ϕ_i [W] se vypočítá ze vztahu [L34]:

$$\phi_i = \phi_{T,i} + \phi_{V,i} \quad (2.2)$$

Kde $\phi_{T,i}$ je návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru (i) [W];
 $\phi_{V,i}$ návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru (i) [W].

Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru $\Phi_{T,i}$ [W] se vypočte dle [L34]:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (2.3)$$

kde $H_{T,ie}$ je měrná tepelná ztráta prostupem do venkovního prostředí [W/K];
 $H_{T,iue}$ měrná tepelná ztráta prostupem do nevytápěného prostoru [W/K];
 $H_{T,ig}$ měrná tepelná ztráta prostupem zeminou [W/K];
 $H_{T,ij}$ měrná tepelná ztráta prostupem do prostoru vytápěného na jinou teplotu [W/K];
 $\theta_{int,i}$ výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (i) [°C];
 θ_e výpočtová venkovní teplota [°C].

Měrná tepelná ztráta prostupem do venkovního prostředí $H_{T,ie}$ [W/K] se vypočítá dle [L34]:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k \quad (2.4)$$

kde A_k je plocha stavební části [m²];
 U_{kc} korigovaný součinitel prostupu tepla stavební části (k), který zahrnuje lineární tepelné mosty [W/(m²·K)];
 e_k korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům při uvažování klimatických vlivů, kde $e_k = 1$ je základní hodnota;

Korigovaný součinitel prostupu tepla stavební části U_{kc} [W/(m²·K)] se vypočítá dle [L34]:

$$U_{kc} = U_k + \Delta U \quad (2.5)$$

kde U_k je součinitel prostupu tepla stavební části (k) [W/m²·K];
 ΔU korekční součinitel [W/m²·K], zohledňující vliv tepelných vazeb. Hodnoty ΔU jsou uvedeny v tabulce 2-3.

Tabulka 2-3 Hodnoty korekčního součinitele ΔU

ΔU [W/(m ² K)]	Použití
0,00	Bez tepelných mostů
0,02	Téměř bez tepelných mostů (projektový předpoklad), PD, NED
0,05	Mírné tepelné mosty
0,10	Běžné tepelné mosty

Měrná tepelná ztráta prostupem do nevytápěného prostoru $H_{T,iue}$ [W/K] se určí dle [L34]:

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u \quad (2.6)$$

kde b_u je teplotní redukční činitel zahrnující teplotní rozdíl mezi teplotou nevytápěného prostoru a venkovní návrhové teploty. Je-li teplota nevytápěného prostoru θ_u stanovena nebo navržena podle návrhových podmínek, je b_u [-]:

$$b_u = \frac{\theta_{int,i} - \theta_u}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad (2.7)$$

Měrná tepelná ztráta prostupem zeminou $H_{T,ig}$ [W/K] se určí dle vztahu [L34]:

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w \quad (2.8)$$

kde f_{g1} je korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty [-], $f_{g1} = 1,45$ je základní hodnota;

f_{g2} teplotní redukční činitel [-] zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou $\theta_{m,e}$ a výpočtovou venkovní teplotou, který se stanoví jako [L34]:

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad (2.9)$$

A_k plocha stavebních částí (k), které se dotýkají zeminy [m²];

$U_{equiv,k}$ ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební částí (k) [W/(m²·K)];

G_w korekční činitel zohledňující vliv spodní vody [-]. Hodnota $G_w = 1,00$ se použije, je-li vzdálenost mezi předpokládanou hladinou spodní vody a úrovně základů větší než 1 m, hodnota $G_w = 1,15$ se použije, je-li vzdálenost mezi předpokládanou hladinou spodní vody a úrovně základů menší než 1 m;

Charakteristický parametr budovy B' [m] pro $U_{podlahy} < 0,5$ W/m²K vypočte pro celou budovu podle vztahu [L34]:

$$B' = \frac{A_g}{0,5 \cdot P} \quad (2.10)$$

kde A_g je plocha uvažované podlahové konstrukce [m²];

P obvod uvažované podlahové konstrukce [m].

Měrná tepelná ztráta prostupem do prostoru vytápěného na jinou teplotu $H_{T,ij}$ [W/K] se vypočte dle vztahu [L34]:

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k \quad (2.11)$$

kde $f_{i,j}$ je redukční teplotní činitel [-]. Činitel koriguje teplotní rozdíl mezi teplotou sousedního prostoru a venkovní výpočtové teploty:

$$f_{i,j} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{i,j}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad (2.12)$$

A_k plocha stavební části (k) [m²];

U_k součinitel prostupu tepla stavební části (k) [W/ (m²·K)].

Návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru $\Phi_{V,i}$ [W] se vypočte dle vztahu [L34]:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (2.13)$$

kde $H_{V,i}$ je měrná tepelná ztráta větráním [W/K];

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

θ_e výpočtová venkovní teplota [°C].

Měrná tepelná ztráta větráním $H_{V,i}$ [W/K] se vypočte podle vztahu [L34]:

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i \quad (2.14)$$

kde $\dot{V}_i$ je výměna vzduchu ve vytápěném prostoru (i) [m³/h];

Výměna vzduchu ve vytápěném prostoru se v závislosti na zvolené koncepci stanoví pro nucené větrání nebo pro přirozené větrání.

Výměna vzduchu ve vytápěném prostoru $\dot{V}_i$ [m³/h] se pro nucené větrání stanoví dle [L34]:

$$\dot{V}_i = \dot{V}_{inf,i} + \dot{V}_{su,i} \cdot f_{V,i} + \dot{V}_{mech,inf,i} \quad (2.15)$$

Kde $\dot{V}_{inf,i}$ je množství vzduchu infiltrací ve vytápěné místnosti (i) [m³/h] dle vztahu 2.19;

$\dot{V}_{su,i}$ množství přiváděného vzduchu do vytápěné místnosti (i) [m³/h];

$\dot{V}_{mech,inf,i}$ rozdíl množství mezi nuceně odváděným a přiváděným vzduchem z vytápěné místnosti (i) [m³/h], pro rovnotlaké větrání $\dot{V}_{mech,inf,i} = 0$;

$f_{V,i}$ teplotní součinitel stanovený [-]:

$$f_{V,i} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{su,i}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad (2.16)$$

$\theta_{su,i}$ teplota přiváděného vzduchu do vytápěného prostoru (i) [°C]

Výměna vzduchu ve vytápěném prostoru $\dot{V}_i$ [m³/h] se pro přirozené větrání stanoví dle [L34]:

$$\dot{V}_i = \max(V_{inf,i}; V_{min,i}) \quad (2.17)$$

kde $V_{min,i}$ je minimální hygienické množství vzduchu stanovené dle [L34]:

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i \quad (2.18)$$

Kde n_{min} je minimální intenzita výměny venkovního vzduchu za hodinu [h^{-1}];
 V_i objem vytápěné místnosti (i) v [m^3] vypočtený z vnitřních rozměrů.

Minimální intenzitu výměny vzduchu je možné stanovit dle tabulky 2-4 nebo dle platné legislativy.

Tabulka 2-4 Minimální intenzita výměny vzduchu [L34]

Druh místnosti	n_{min} [h^{-1}]
Obytná místnost (základní)	0,5
Kuchyně nebo koupelna s oknem	1,5
Kancelář	1,0
Zasedací místnost, učebna	2,0

Množství vzduchu infiltrací ve vytápěné místnosti $\dot{V}_{inf,i}$ [W/m^2K] se stanoví dle vztahu [L34]:

$$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i \quad (2.19)$$

kde n_{50} je intenzita výměny vzduchu za hodinu [h^{-1}] při rozdílu tlaků 50 Pa mezi vnitřkem a vnějškem budovy a zahrnující účinky přívodů vzduchu, dle tabulky 2-5;
 e_i stínící činitel [-] dle tabulky 2-7;
 ε_i výškový korekční činitel, který zohledňuje zvýšení rychlosti proudění vzduchu s výškou prostoru nad povrchem země [-], hodnota dle tabulky 2-6.

Tabulka 2-5 Doporučené hodnoty $n_{50,N}$ [L34]

Větrání	$n_{50,N}$ [h^{-1}]
Přirozené nebo kombinované	4,5
Nucené	1,5
Nucené se ZZT	1,0
Nucené se ZZT pro objekty se zvláště nízkou potřebou tepla pro vytápění	0,6

Tabulka 2-6 Hodnot výškového korekčního činitele ε_i [L34]

Výška vytápěného prostoru nad úrovní země (vzdálenost středu výšky místnosti od země)	ε_i [-]
0-10 m	1,0
>10-30m	1,2
>30 m	1,5

Tabulka 2-7 Hodnoty stínícího součinitele e_i [L34]

Třída zastínění	e [-]		
	Vytápěný prostor bez nechráněných otvorových výplní	Vytápěný prostor s jednou nechráněnou otvorovou výplní	Vytápěný prostor s více než jednou nechráněnou otvorovou výplní
Žádné zastínění (budovy ve větrné oblasti, vysoké budovy v městských centrech)	0	0,03	0,05
Mírné zastínění (budovy v krajině se stromovým nebo v zastavěném území, předměstská zástavba)	0	0,02	0,03
Velké zastínění (středně vysoké budovy v městských centrech, budovy v zalesněné krajině)	0	0,01	0,02

2.2.2 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT OBJEKTU

Při výpočtu tepelné ztráty objektu bylo uvažováno s teplotami uvedenými níže. Objekt se nachází v Boskovicích, proto byly použity teploty pro Blansko (Dolní Lhota). Garáže a sklepní kóje jsou uvažovány jako nevytápěné.

Výpočtová venkovní teplota $\theta_e = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$

Průměrná roční venkovní teplota $\theta_{m,e} = 3,7\text{ }^{\circ}\text{C}$

Výpočtové vnitřní teploty pro jednotlivé místnosti jsou uvedeny v tabulce 2-8.

Tabulka 2-8 Výpočtové vnitřní teploty pro jednotlivé místnosti

Místnost	$\theta_{int,i}$ [$^{\circ}\text{C}$]
Obytné místnosti, kuchyně	20
Chodby v bytech	20
Koupelny	24
WC	20
Vedlejší místnosti (chodby, aj.)	15

Při výpočtu byla uvažována intenzita výměny vzduchu při rozdílu tlaku 50 Pa $n_{50} = 1$, protože je objekt větrán pomocí VZT jednotky se ZZT. Při výpočtu bylo uvažováno s vnějšími rozměry. Zátopový součinitel nebyl uvažován. Hloubka spodní vody pod základovou desku byla uvažována do 1 m, proto byl činitel zohledňující vliv spodní vody uvažován $G_w = 1,15$. Hodnoty přiváděného vzduchu byly voleny na základě studie vzduchotechniky.

Výpočet tepelných ztrát byl proveden v programu PROTECH. Výsledky výpočtu programu byly porovnávány na vybraných místnostech s vlastním algoritmizovaným výpočtem tepelných ztrát. Výsledky se shodovaly. Výstupy z programu PROTECH byly graficky upraveny v programu MS Excel.

2.2.2.1 SPOLEČNÉ PROSTORY

Č. m.	Název místnosti	t_i [°C]	A_{podl} [m ²]	$V_{su,i}$ [m ³ /h]	V_{N50} [m ³ /h]	$\Sigma H_{T,i}$ [W/K]	$\Sigma H_{V,i}$ [W/K]	$\Phi_{T,i}$ [W]	$\Phi_{V,i}$ [W]	$\Phi_{HL,i}$ [W]
SPOLEČNÉ PROSTORY - NEVYTÁPĚNÉ										
103	Garáž	-1	17,6	0	1,9	-12,0	15,8	-180	237	57
105	Kóje	11	2,2	10	0,0	0,4	0,0	10	0	10
106	Kóje	11	2,1	10	0,0	0,4	0,0	10	0	10
108	Garáž	7	17,3	50	1,8	-0,2	0,6	-4	14	10
109	Chodba	9	6,5	80	1,0	2,0	0,4	49	9	58
111	Kóje	10	2,5	10	0,0	0,2	0,0	6	0	6
112	Kóje	10	2,5	10	0,3	0,4	0,1	12	2	14
113	Kóje	10	2,5	10	0,0	0,5	0,0	13	0	13
114	Kóje	10	2,5	10	0,0	1,2	0,0	31	0	31
115	Kóje	9	2,5	10	0,3	0,1	0,1	3	2	5
116	Kóje	6	2,5	10	0,0	0,6	0,0	14	0	14
117	Kóje	7	2,5	10	0,3	0,4	0,1	10	2	12
118	Kóje	7	2,5	10	0,0	0,4	0,0	10	0	10
SPOLEČNÉ PROSTORY - VYTÁPĚNÉ										
101	Chodba, schodiště	15	35,4	205	5,6	3,0	1,9	89	57	146
101a	Výlevka	15	1,9	50	0,0	0,5	0,0	14	0	14
102	Výtah	15	3,1	0	0,0	2,8	1,4	85	41	126
104	Chodba	15	2,8	45	0,0	2,0	-2,6	60	-77	0
107	Kočárkárna	15	9,3	25	0,0	5,2	0,0	157	0	157
119	Místnost TZB	7,5	5,3	0	0,6	-2,4	2,4	-52	53	1
201	Chodba, schodiště	15	31,3	205	4,9	-9,0	1,7	-271	50	0
202	Výtah	15	3,1	0	0,0	1,4	1,4	43	41	84
203	Kóje	10	3,0	10	0,0	-5,3	-0,7	-133	-17	0
204	Kóje	10	3,0	10	0,0	-8,2	-0,7	-204	-17	0
301	Chodba, schodiště	15	15,0	205	2,4	-13,1	0,8	-393	24	0
302	Výtah	15	3,1	0	0,0	1,6	1,4	48	41	89
401	Chodba, schodiště	15	30,2	160	5,7	8,6	-7,1	257	-214	43
402	Výtah	15	3,1	0	0,0	4,0	1,4	119	41	160
403	Kóje	10	3,2	10	0,0	-5,2	-0,7	-131	-17	0
CELKEM			218,6							1070

2.2.2.2 BYTY 1. NP A 2. NP

Č. m.	Název místnosti	t_i [°C]	A_{podl} [m ²]	$V_{su,i}$ [m ³ /h]	V_{N50} [m ³ /h]	$\Sigma H_{T,i}$ [W/K]	$\Sigma H_{V,i}$ [W/K]	$\Phi_{T,i}$ [W]	$\Phi_{V,i}$ [W]	$\Phi_{HL,i}$ [W]
BYT 01										
121	Chodba	20	6,1	100	0,0	1,4	0,0	48	0	48
122	Koupelna	24	4,8	100	0,0	7,2	3,5	281	136	417
123	Pokoj	20	8,8	50	0,9	4,0	0,3	139	11	150
124	Obývací pokoj, kuchyně, jídelna	20	19,7	50	3,1	12,5	1,1	436	37	473
CELKEM			39,2							1088
BYT 02										
125	Chodba	20	3,2	100	0,0	-0,6	0,0	-22	0	0
126	Koupelna	24	4,3	100	0,0	5,4	3,5	212	136	348
127	Obývací pokoj, kuchyně, jídelna	20	24,2	100	2,5	9,2	0,9	320	30	351
CELKEM			31,6							698
BYT 03										
128	Chodba	20	3,9	100	0,0	0,2	0,0	7	0	7
129	Koupelna	24	4,8	100	0,0	4,9	3,5	192	136	328
131	Obývací pokoj, kuchyně, jídelna	20	23,0	100	2,4	8,8	0,8	308	29	337
CELKEM			31,7							672
BYT 04										
132	Chodba	20	4,5	20	0,0	1,9	0,0	68	0	68
133	Obývací pokoj, kuchyně, jídelna	20	19,4	80	3,1	6,3	1,0	222	36	258
134	Koupelna	24	4,7	100	0,0	8,8	3,5	342	136	478
CELKEM			28,5							804
BYT 05										
135	Chodba	20	9,2	100	0,0	1,6	0,0	56	0	56
136	Koupelna	24	3,2	100	0,0	7,5	3,5	293	136	429
137	Pokoj	20	8,8	50	0,9	4,0	0,3	139	11	150
138	Obývací pokoj, kuchyně, jídelna	20	19,8	50	3,1	13,4	1,1	469	37	507
CELKEM			41,0							1142
BYT 06										
205	Chodba	20	8,1	150	0,0	2,3	0,0	79	0	79
206	WC	20	2,2	50	0,0	1,6	0,0	55	0	55
207	Obývací pokoj, kuchyně, jídelna	20	35,0	75	5,5	19,9	1,9	696	66	762
208	Pokoj	20	10,4	25	1,1	7,2	0,4	250	13	263
209	Sklad	15	4,1	10	0,0	-4,7	-0,6	-141	-17	0
211	Ložnice	20	12,5	50	1,3	8,6	0,4	301	16	316
212	Koupelna	24	5,0	90	0,0	7,4	3,1	289	122	411
CELKEM			77,1							1888
BYT 07										
213	Chodba	20	16,6	150	0,0	-0,1	0,0	-2	0	0
214	WC	20	1,7	50	0,0	0,7	0,0	24	0	24
215	Obývací pokoj, kuchyně, jídelna	20	36,2	100	5,7	18,5	1,9	646	68	714
216	Pokoj	20	13,4	50	1,4	4,2	0,5	146	17	162
217	Ložnice	20	13,8	50	1,5	4,2	0,5	148	17	165
218	Koupelna	24	7,0	100	0,0	4,4	3,5	171	136	307
CELKEM			88,7							1372
BYT 08										
219	Chodba	20	12,6	150	0,0	-1,1	0,0	-37	0	0
221	Koupelna	24	7,0	100	0,0	5,1	3,5	200	136	336
222	Pokoj	20	12,4	50	1,3	4,0	0,4	141	16	156
223	Ložnice	20	14,0	50	1,5	4,1	0,5	145	18	163
224	Obývací pokoj, kuchyně, jídelna	20	39,0	100	6,2	18,3	2,1	640	73	713
225	WC	20	2,6	50	0,0	0,2	0,0	6	0	6
CELKEM			87,6							1375

2.2.2.3 BYTY 3. NP A 4. NP

Č. m.	Název místnosti	t_i [°C]	A_{podl} [m ²]	$V_{su,i}$ [m ³ /h]	V_{N50} [m ³ /h]	$\Sigma H_{T,i}$ [W/K]	$\Sigma H_{V,i}$ [W/K]	$\Phi_{T,i}$ [W]	$\Phi_{V,i}$ [W]	$\Phi_{HL,i}$ [W]
BYT 09										
303	Chodba	20	8,1	150	0,0	2,8	0,0	97	0	97
304	WC	20	2,2	50	0,0	1,7	0,0	60	0	60
305	Obývací pokoj, kuchyně, jídelna	20	35,0	75	5,5	20,8	1,9	729	66	795
306	Pokoj	20	10,4	25	1,1	7,7	0,4	268	13	281
307	Sklad	15	4,1	10	0,0	-4,9	-0,6	-148	-17	0
308	Ložnice	20	12,5	50	1,3	9,2	0,4	321	16	336
309	Koupelna	24	5,0	90	0,0	4,9	3,1	190	122	312
CELKEM			77,1							1881
BYT 10										
311	Chodba	20	8,0	150	0,0	2,7	0,0	93	0	93
312	Koupelna	24	6,5	90	1,0	7,9	3,5	310	136	446
313	WC	20	1,7	50	0,0	0,7	0,0	24	0	24
314	Obývací pokoj, kuchyně, jídelna	20	36,2	100	5,7	19,0	1,9	664	68	732
315	Ložnice	20	12,1	50	1,3	5,2	0,4	183	15	198
316	Sklad	15	3,4	10	0,0	-5,6	-0,6	-167	-17	0
CELKEM			67,9							1492
BYT 11										
317	Chodba	20	18,0	150	0,0	0,1	0,0	4	0	4
318	Koupelna	24	10,2	90	0,0	6,2	3,1	241	122	363
319	Pokoj	20	18,4	50	1,9	4,0	0,7	141	23	164
321	Pokoj	20	13,1	50	1,4	4,1	0,5	143	16	159
322	Pokoj	20	14,0	50	1,5	4,2	0,5	148	17	166
323	Obývací pokoj, kuchyně, jídelna	20	39,0	150	6,2	19,0	2,1	665	73	738
324	WC	20	2,0	50	0,0	0,8	0,0	27	0	27
CELKEM			114,7							1622
BYT 12										
404	Chodba	20	11,9	150	0,0	4,2	0,0	148	0	148
405	Koupelna	24	6,5	90	1,2	10,0	3,6	388	139	527
406	WC	20	1,7	50	0,0	0,8	0,0	27	0	27
407	Obývací pokoj, kuchyně, jídelna	20	36,2	100	6,9	26,4	2,3	923	82	1004
408	Ložnice	20	12,1	50	1,5	7,6	0,5	266	18	284
409	Šatna	15	3,4	10	0,0	-5,8	-0,6	-175	-17	0
CELKEM			71,8							1991
BYT 13										
411	Chodba	20	18,1	150	0,0	1,7	0,0	61	0	61
412	Koupelna	24	10,2	90	0,0	8,7	3,1	339	122	462
413	Pokoj	20	18,4	50	2,3	7,1	0,8	249	28	276
414	Pokoj	20	13,1	50	1,7	6,3	0,6	222	20	242
415	Ložnice	20	14,0	50	1,8	6,7	0,6	234	21	255
416	Obývací pokoj, kuchyně, jídelna	20	39,0	150	7,4	26,7	2,5	935	88	1023
417	WC	20	2,6	50	0,0	1,0	0,0	36	0	36
CELKEM			115,4							2356

2.2.2.4 CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA OBJEKTU

Návrhová tepelná ztráta prostupem je 14584 W a návrhová tepelná ztráta větráním je 2981 W. Požadovaný instalovaný tepelný výkon těles pro vytápění je 19450 W.

2.3 STANOVENÍ TEPELNÉHO VÝKONU PRO OHŘEV VZDUCHU PRO VZDUCHOTECHNIKU

V objektu je instalována jedna centrální VZT jednotka ve venkovním nástřešním provedení, která je umístěna na střeše objektu. Vzduch bude ohříván pomocí potrubního vodního ohřívače, který bude umístěn ve vnitřním prostředí. V následujících podkapitolách budou diskutovány dva způsoby stanovení výkonu ohřívače VZT jednotky.

2.3.1.1 OHŘEV VENKOVNÍHO VZDUCHU PRO VĚTRÁNÍ DLE NA.4.1 ČSN EN 15665/Z1

Výpočtová teplota podle [L34] pro Boskovice je uvažována $t_{e,vyp} = -15\text{ °C}$. Tato teplota musí být zmenšena o 3 K, teplota venkovního vzduchu je $t_e = t_{e,vyp} - 3 = -15 - 3 = -18\text{ °C}$.

Dle EcoDesignu by účinnost ZYT měla být minimálně 73 %, ale v důsledku namrzání kondenzátu odvodního vzduchu, může výměník ZYT namrznat a pro odmrazování se musí chladný vzduch používat obtokem. Účinnost ZYT byla stanovena na $\Phi = 52\%$, kdy teplota odvodního vzduchu za rekuperátorem je -1 °C . Teplota přívodního vzduchu za ZYT je:

$$t_{zzt} = \Phi \cdot (t_i - t_e) + t_e = 0,52 \cdot (18 - (-18)) + (-18) = 0,72\text{ °C}$$

Výkon pro ohřev vzduchu pro nucené rovnotlaké větrání je:

$$Q_v = V_e \cdot \rho \cdot c \cdot (t_i - t_{zzt}) = \frac{2305}{3600} \cdot 1,3 \cdot 1010 \cdot (20 - 0,72) = 16208\text{ W}$$

2.3.1.2 OHŘEV VENKOVNÍHO VZDUCHU PRO VĚTRÁNÍ DLE ČSN 127010/Z1

Pro návrh ohřívačů, kde krátkodobé podkročení návrhové teploty přiváděného vzduchu nezpůsobí zdravotní rizika, se použije percentil 1 %. Pro Blansko je teplota venkovního vzduchu v 1% kvantilu $t_e = -15,8\text{ °C}$. Účinnost ZYT byla stanovena na $\Phi = 55\%$, kdy teplota odvodního vzduchu za rekuperátorem je -1 °C . Teplota přívodního vzduchu za ZYT je:

$$t_{zzt} = \Phi \cdot (t_i - t_e) + t_e = 0,55 \cdot (18 - (-15,8)) + (-15,8) = 2,79\text{ °C}$$

Výkon pro ohřev vzduchu pro nucené rovnotlaké větrání je:

$$Q_v = V_e \cdot \rho \cdot c \cdot (t_i - t_{zzt}) = \frac{2305}{3600} \cdot 1,3 \cdot 1010 \cdot (20 - 2,79) = 14468\text{ W}$$

2.4 DÍLČÍ ZÁVĚR

Návrhová tepelná ztráta prostupem je 14584 W a návrhová tepelná ztráta větráním je 2981 W. Požadovaný instalovaný tepelný výkon těles pro vytápění je 19450 W. Potřebný tepelný výkon pro ohřev přívodního větracího vzduchu je 16,208 kW.

3 NÁVRH OTOPNÝCH PLOCH A OHŘÍVAČE VZT

Objekt je řešen ve dvou variantách. V první variantě je uvažováno s otopnými tělesy, zatímco ve druhé variantě je uvažováno s podlahovým vytápěním. Objekt je větrán pomocí centrální rekuperační jednotky s potrubním teplovodním výměníkem.

3.1 NÁVRH OTOPNÝCH TĚLES

Tato kapitola vychází z normy [L35].

3.1.1 PŘEPOČET VÝKONU OTOPNÝCH TĚLES

Způsob přepočtu výkonu otopného tělesa pro jiný teplotní spád a jinou výpočtovou teplotu závisí na rozdílovém ukazateli c [-], která je dán vztahem:

$$c = \frac{t_{w2} - t_i}{t_{w1} - t_i} \quad (3.1)$$

Jestliže $c \geq 0,7$ pak platí:

$$Q_T = Q_{Tn} \cdot \left(\frac{\Delta t}{\Delta t_n} \right)^n \quad (3.2)$$

Kde Δt je aritmetický teplotní rozdíl pro nové – výpočtové podmínky určený:

$$\Delta t = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} - t_i \quad (3.3)$$

Δt_n aritmetický teplotní rozdíl v základním provozním stavu určený:

$$\Delta t_n = \frac{t_{w1n} + t_{w2n}}{2} - t_{in} \quad (3.4)$$

n teplotní exponent zvoleného otopného tělesa [-];

t_{w1} vstupní teplota vody [°C];

t_{w2} výstupní teplota vody [°C];

t_i vztažná teplota vzduchu [°C];

t_{w1n} vstupní teplota vody v základním provozním stavu nebo za výchozích teplotních podmínkách, z nichž přepočet vychází [°C];

t_{w2n} výstupní teplota vody v základním provozním stavu nebo za výchozích teplotních podmínkách, z nichž přepočet vychází [°C];

t_{in} vztažná teplota vzduchu v základním provozním stavu nebo za výchozích teplotních podmínkách, z nichž přepočet vychází [°C].

Jestliže $c < 0,7$ pak platí:

$$Q_T = Q_{Tn} \cdot \left(\frac{\Delta t_{ln}}{\Delta t_{n,ln}} \right)^n \quad (3.5)$$

kde Δt_{ln} je logaritmický teplotní rozdíl pro nové - výpočtové podmínky určený:

$$\Delta t_{ln} = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\ln \left(\frac{t_{w1} - t_i}{t_{w2} - t_i} \right)} \quad (3.6)$$

$\Delta t_{n,ln}$ aritmetický teplotní rozdíl v základním provozním stavu určený:

$$\Delta t_{n,ln} = \frac{t_{w1n} - t_{w2n}}{\ln \left(\frac{t_{w1n} - t_{in}}{t_{w2n} - t_{in}} \right)} \quad (3.7)$$

n teplotní exponent zvoleného otopného tělesa, který udává výrobce v technických podkladech.

3.1.1.1 SKUTEČNÝ VÝKON OTOPNÉHO TĚLESA

$$Q_{T,skut} = Q_T \cdot f \quad (3.8)$$

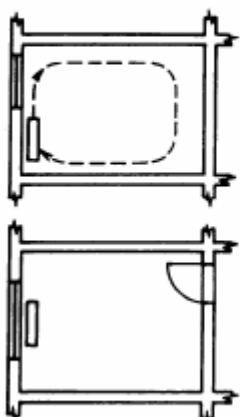
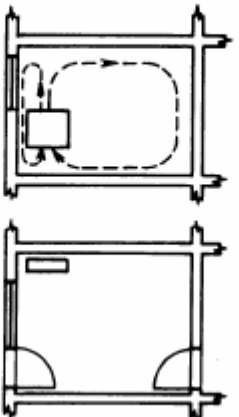
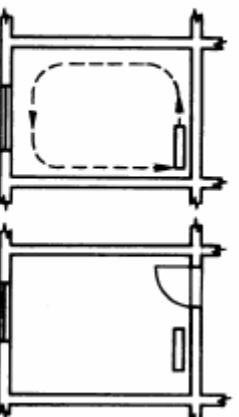
kde $Q_{T,skut}$ je skutečný tepelný výkon otopného tělesa [W];
 Q_T přepočtený tepelný výkon dle vztahů 3.2 nebo 3.5 [W];
 f celkový opravný součinitel určený vztahem:

$$f = f_x \cdot f_o \cdot f_n \cdot f_p \quad (3.9)$$

kde f_x je opravný součinitel na odlišné připojení tělesa (někdy označováno ϕ) [-];
 f_o opravný součinitel na úpravu okolí [-];
 f_n opravný součinitel na počet článků n [-];
 f_p opravný součinitel na umístění otopného tělesa ve vytápěné místnosti [-].

3.1.1.1.1 OPRAVNÝ SOUČINITEL NA UMÍSTĚNÍ OTOPNÉHO TĚLESA V PROSTORU f_p

Přepočet se provádí pomocí opravného součinitele f_p dle obrázku níže.

OPRAVNÝ SOUČINITEL f_p		
$f_p = 1,00$	$f_p = 0,95$	$f_p = 0,90$
		

Obrázek 3-1 Hodnoty opravných součinitelů na umístění otopného tělesa v prostoru f_p [L35]

3.1.1.1.2 POUŽITÁ OTOPNÁ TĚLESA V OBJEKTU

V objektu budou použity otopná tělesa firmy KORADO – RADIK VENTIL KOMPAKT (VK) se spodním pravým připojením, RADIK VENTIL KOMPAKT LEVÝ (VKL) se spodním levým připojením, KORALUX RONDO MAX se spodním středovým připojením (KRMM), KORALUX LINEAR COMFORT se spodním středovým připojením (KLTM), KORALUX LINEAR MAX se

spodním středovým připojením (KLMM), KORATHERM VERTIKAL se spodním středovým připojením (KxxVM). Pro přepočítání výkonů byly použity údaje z projekčních podkladů výrobce.

3.1.1.1.3 TECHNICKÉ PODKLADY VÝROBCE

RADIK KLASIK, RADIK KLASIK - Z, RADIK VK, RADIK VK - Z, RADIK VKU, RADIK VKL

	Typ 10 Typ 10 VK Typ 10 VKL						Typ 11 Typ 11 VK Typ 11 VKL						Typ 20 Typ 20 VK		
Výška H [mm]	300	400	500	600	700	900	300	400	500	600	700	900	500	600	700
Jmenovitý tepelný výkon [W/m]	330	423	514	604	694	875	549	708	858	1002	1139	1394	838	978	1117
Teplotní exponent n [-]	1,3319	1,3193	1,3068	1,2942	1,2989	1,3083	1,3156	1,3140	1,3123	1,3107	1,3140	1,3206	1,3005	1,3014	1,3192
K_{st}	1,8016	2,4260	3,0956	3,8215	4,3109	5,2390	3,1945	4,1456	5,0574	5,9433	6,6693	7,9543	5,1729	6,0159	6,4087
Hmotnost tělesa [kg/m]	5,8	7,6	9,5	11,5	14,3	16,7	10,1	12,5	15,7	18,8	22,7	28,3	20,4	24,4	29,3
Vodní objem [l/m]	1,9	2,3	2,7	3,1	3,5	4,3	1,9	2,3	2,7	3,1	3,5	4,3	5,1	5,8	6,6
Průtokový součinitel A_r [m ²]	$6,5 \times 10^{-5}$ (DN 15)						$6,5 \times 10^{-5}$ (DN 15)						$1,0 \times 10^{-4}$ (DN 15)		
Součinitel odporu ξ_r [-]	19,0 (DN 15)						19,0 (DN 15)						8,5 (DN 15)		

Uvedené hodnoty pro průtokový součinitel A_r a součinitel odporu ξ_r platí pouze pro model RADIK KLASIK.

RADIK KLASIK, RADIK KLASIK - Z, RADIK VK, RADIK VK - Z, RADIK VKU, RADIK VKL

	Typ 21 Typ 21 VK Typ 21 VKL Typ 21 VKU						Typ 22 Typ 22 VK Typ 22 VKL Typ 22 VKU						Typ 33 Typ 33 VK Typ 33 VKL Typ 33 VKU							
Výška H [mm]	300	400	500	600	700	900	200	300	400	500	600	700	900	200	300	400	500	600	700	900
Jmenovitý tepelný výkon [W/m]	745	937	1117	1288	1450	1754	649	966	1216	1452	1679	1897	2313	934	1379	1738	2079	2406	2723	3328
Teplotní exponent n [-]	1,3197	1,3238	1,3278	1,3319	1,3405	1,3578	1,2560	1,3297	1,3316	1,3334	1,3353	1,3427	1,3574	1,2668	1,2977	1,3129	1,3282	1,3434	1,3498	1,3626
K_{st}	4,2660	5,2801	6,1967	7,0317	7,6542	8,6530	4,7680	5,3193	6,6464	7,8806	9,0452	9,9280	11,4286	6,5780	8,6062	10,2205	11,5155	12,5574	13,8605	16,1126
Hmotnost tělesa [kg/m]	14,3	18,8	22,1	26,4	30,6	40,2	10,2	17,0	22,7	25,7	31,1	36,2	47,1	15,1	25,5	34,0	38,9	46,8	54,4	70,9
Vodní objem [l/m]	3,7	4,4	5,1	5,8	6,6	8,3	3,1	3,7	4,4	5,1	5,8	6,6	8,4	4,6	5,3	6,4	7,6	8,7	10,0	12,6
Průtokový součinitel A_r [m²]	1,0 x 10 ⁻⁴ (DN 15)						1,0 x 10 ⁻⁴ (DN 15)						1,18 x 10 ⁻⁴ (DN 15)							
Součinitel odporu ξ_r [-]	8,5 (DN 15)						8,5 (DN 15)						5,8 (DN 15)							

Uvedené hodnoty pro průtokový součinitel A_r a součinitel odporu ξ_r platí pouze pro model RADIK KLASIK.

Obrázek 3-2 Teplotní exponent n pro RADIK VK a RADIK VKL [L36]

RADIK KLASIK, VK

TEPELNÝ VÝKON Q [W] PRO TEPLONOSNOU LÁTKU VODA PODLE EN 442

20 °C		Typ 10 Typ 10 VK						Typ 11 Typ 11 VK						Typ 20 Typ 20 VK		
Délka L [mm]	t ₁ /t ₂ [°C]	Výška H [mm]														
		300	400	500	600	700	900	300	400	500	600	700	900	500	600	700
400	75/65			206	242	278	350	220	283	343	401	456	558	335	391	447
	70/55			166	196	225	283	177	229	277	324	368	450	271	317	361
	55/45			105	125	143	179	112	145	176	205	233	284	173	201	228
	45/40			72	86	98	123	77	99	120	141	160	194	119	138	156
500	75/65	165	212	257	302	347	438	275	354	429	501	570	697	419	489	559
	70/55	133	171	208	245	281	354	222	286	347	405	460	562	339	396	451
	55/45	84	108	132	156	179	224	140	181	219	256	291	355	216	252	285
	45/40	57	74	91	107	123	154	96	124	150	176	199	243	148	173	195
600	75/65	198	254	308	362	416	525	329	425	515	601	683	836	503	587	670
	70/55	159	205	249	294	337	424	266	343	416	486	552	675	407	475	541
	55/45	100	129	158	187	214	269	168	217	263	308	349	426	259	302	342
	45/40	68	89	109	129	148	185	115	149	181	211	239	291	178	208	234
700	75/65			360	423	486	613	384	496	601	701	797	976	587	685	782
	70/55			291	343	393	495	310	400	485	567	644	787	475	554	631
	55/45			185	218	250	314	196	253	307	359	407	497	302	352	399
	45/40			127	150	172	215	134	174	211	246	279	340	208	242	273
800	75/65			411	483	555	700	439	566	686	802	911	1115	670	782	894
	70/55			333	392	450	566	355	457	555	648	736	900	543	633	721
	55/45			211	249	286	359	224	289	351	410	466	568	345	402	455
	45/40			145	172	197	246	154	198	241	281	319	388	237	277	312
900	75/65			463	544	625	788	494	637	772	902	1025	1255	754	880	1005
	70/55			374	440	506	637	399	515	624	729	828	1012	611	712	811
	55/45			237	281	322	404	252	326	395	462	524	639	388	453	512
	45/40			163	193	221	277	173	223	271	317	359	437	267	311	351
1000	75/65			514	604	694	875	549	708	858	1002	1139	1394	838	978	1117
	70/55			416	489	562	707	443	572	693	810	920	1125	678	792	901
	55/45			264	312	357	449	280	362	439	513	582	710	431	503	569
	45/40			181	215	246	308	192	248	301	352	399	486	297	346	390
1100	75/65			565	664	763	963	604	779	944	1102	1253	1533	922	1076	1229
	70/55			457	538	618	778	488	629	763	891	1012	1237	746	871	992
	55/45			290	343	393	493	308	398	483	564	640	781	474	553	626
	45/40			199	236	271	339	211	273	331	387	439	534	326	381	429
1200	75/65			617	725	833	1050	659	850	1030	1202	1367	1673	1006	1174	1340
	70/55			499	587	674	849	532	686	832	972	1104	1350	814	950	1082
	55/45			316	374	429	538	336	434	527	616	699	852	518	604	683
	45/40			217	258	295	369	230	298	361	422	479	583	356	415	467
1400	75/65			720	846	972	1225	769	991	1201	1403	1595	1952	1173	1369	1564
	70/55			582	685	787	990	621	801	970	1134	1288	1575	950	1108	1262
	55/45			369	437	500	628	392	507	614	718	815	994	604	704	797
	45/40			253	301	344	431	269	347	421	493	558	680	415	484	545
1600	75/65			822	966	1110	1400	878	1133	1373	1603	1822	2230	1341	1565	1787
	70/55			665	783	899	1132	709	915	1109	1296	1472	1800	1085	1266	1442
	55/45			422	499	572	718	449	579	702	821	931	1136	690	805	911
	45/40			290	344	394	493	307	397	481	563	638	777	475	554	623
1800	75/65			925	1087	1249		988	1274	1544	1804	2050		1508	1760	2011
	70/55			748	881	1011		798	1029	1248	1458	1656		1221	1425	1623
	55/45			475	561	643		505	651	790	923	1048		776	906	1025
	45/40			326	387	443		346	446	542	633	718		534	623	701
2000	75/65			1028	1208	1388		1098	1416	1716	2004	2278		1676	1956	2234
	70/55			831	979	1124		887	1144	1386	1620	1840		1357	1583	1803
	55/45			527	624	715		561	724	878	1026	1164		863	1006	1139
	45/40			362	430	492		384	496	602	704	798		593	692	779
2300	75/65									1973	2305	2620		1927	2249	2569
	70/55									1594	1862	2116		1560	1821	2073
	55/45									1009	1180	1339		992	1157	1310
	45/40									692	809	917		682	796	896
2600	75/65									2231	2605	2961		2179	2543	2904
	70/55									1802	2105	2392		1764	2058	2344
	55/45									1141	1334	1514		1121	1308	1480
	45/40									782	915	1037		771	900	1013
3000	75/65									2574	3006	3417		2514	2934	3351
	70/55									2080	2429	2760		2035	2375	2704
	55/45									1317	1539	1746		1294	1509	1708
	45/40									903	1055	1197		890	1038	1169

Obrázek 3-3 Technické informace výrobce otopného tělesa [L36]



TEPELNÝ VÝKON Q [W] PRO TEPLONOSNOU LÁTKU VODA PODLE EN 442

20 °C		Typ 21 Typ 21 VK						Typ 22 Typ 22 VK						Typ 33 Typ 33 VK							
Délka L [mm]	t ₁ /t ₂ [°C]	Výška H [mm]																			
		300	400	500	600	700	900	200	300	400	500	600	700	900	200	300	400	500	600	700	900
400	75/65	298	375	447	515	580	702		386	486	581	672	759	925		552	695	832	962	1089	1331
	70/55	240	302	360	415	466	563		311	392	468	541	610	742		447	562	670	774	875	1067
	55/45	152	191	227	261	292	351		196	246	294	340	382	462		284	356	422	485	547	664
	45/40	104	130	155	178	199	237		134	168	200	231	260	313		196	244	288	329	371	444
500	75/65	373	469	559	644	725	877		483	608	726	840	949	1157		690	869	1040	1203	1362	1664
	70/55	301	378	450	519	583	703		389	490	585	676	763	928		558	702	838	967	1093	1333
	55/45	190	238	283	326	366	438		245	308	367	424	478	578		355	444	527	606	683	830
	45/40	130	163	193	222	249	297		167	210	250	289	325	391		245	305	360	412	463	561
600	75/65	447	562	670	773	870	1052		580	730	871	1007	1138	1388		827	1043	1247	1444	1634	1997
	70/55	361	453	540	622	700	844		467	588	701	811	915	1113		670	842	1005	1160	1312	1600
	55/45	228	286	340	391	439	526		294	370	441	509	573	694		426	533	633	727	820	996
	45/40	156	195	232	267	298	356		200	252	300	347	390	469		294	366	432	494	556	673
700	75/65	522	656	782	902	1015	1228		676	851	1016	1175	1328	1619		965	1217	1455	1684	1906	2330
	70/55	421	529	630	726	816	985		545	686	818	946	1068	1299		782	983	1173	1354	1531	1867
	55/45	266	334	397	457	512	614		343	431	514	594	669	809		497	622	738	848	957	1161
	45/40	182	228	271	311	348	415		234	294	350	405	454	548		342	426	504	576	649	785
800	75/65	596	750	894	1030	1160	1403	519	773	973	1162	1343	1518	1850	747	1103	1390	1663	1925	2178	2662
	70/55	481	604	720	830	933	1125	423	623	783	935	1081	1220	1484	608	893	1123	1340	1547	1749	2134
	55/45	304	381	453	522	585	701	273	392	493	588	679	764	925	391	569	711	844	969	1093	1327
	45/40	208	260	310	356	398	475	190	267	336	401	462	519	626	272	391	487	576	658	741	897
900	75/65	671	843	1005	1159	1305	1579	584	869	1094	1307	1511	1707	2082	841	1241	1564	1871	2165	2451	2995
	70/55	541	680	810	934	1050	1266	476	700	881	1052	1216	1373	1670	684	1005	1264	1508	1741	1968	2400
	55/45	342	429	510	587	658	789	308	441	554	661	764	860	1041	440	640	800	949	1090	1230	1493
	45/40	234	293	348	400	447	534	214	301	378	451	520	584	704	306	440	548	648	741	834	1009
1000	75/65	745	937	1117	1288	1450	1754	649	966	1216	1452	1679	1897	2313	934	1379	1738	2079	2406	2723	3328
	70/55	601	756	900	1037	1166	1407	529	778	979	1169	1351	1525	1855	760	1117	1404	1675	1934	2187	2667
	55/45	380	476	567	652	731	877	342	490	616	735	849	955	1156	489	711	889	1055	1211	1366	1659
	45/40	260	326	387	445	497	593	238	334	420	501	578	649	782	340	489	609	720	823	927	1121
1100	75/65	820	1031	1229	1417	1595	1929	714	1063	1338	1597	1847	2087	2544	1027	1517	1912	2287	2647	2995	3661
	70/55	661	831	990	1141	1283	1547	582	856	1077	1286	1487	1678	2041	836	1228	1544	1843	2128	2405	2934
	55/45	418	524	624	718	804	964	376	539	678	808	934	1051	1272	538	782	978	1160	1332	1503	1825
	45/40	286	358	426	489	547	652	262	367	462	551	636	714	861	374	538	670	792	905	1019	1233
1200	75/65	894	1124	1340	1546	1740	2105	779	1159	1459	1742	2015	2276	2776	1121	1655	2086	2495	2887	3268	3994
	70/55	721	907	1080	1245	1399	1688	635	934	1175	1403	1622	1830	2226	912	1340	1685	2010	2321	2624	3200
	55/45	456	572	680	783	877	1052	410	588	739	882	1019	1146	1387	587	853	1067	1266	1454	1640	1991
	45/40	312	391	464	534	597	712	286	401	504	601	694	779	939	408	587	731	864	988	1112	1345
1400	75/65	1043	1312	1564	1803	2030	2456	909	1352	1702	2033	2351	2656	3238	1308	1931	2433	2911	3368	3812	4659
	70/55	842	1058	1260	1452	1633	1969	741	1090	1371	1637	1892	2135	2597	1064	1564	1966	2346	2708	3061	3734
	55/45	532	667	794	913	1024	1227	478	686	862	1029	1188	1338	1619	685	995	1244	1477	1696	1913	2323
	45/40	364	456	542	623	696	830	333	468	588	701	809	909	1095	476	685	853	1008	1152	1297	1570
1600	75/65	1192	1499	1787	2061	2320	2806	1038	1546	1946	2323	2686	3035	3701	1494	2206	2781	3326	3850	4357	5325
	70/55	962	1209	1440	1660	1866	2251	847	1245	1567	1871	2162	2440	2968	1216	1787	2246	2681	3095	3499	4267
	55/45	607	762	907	1044	1170	1403	547	784	985	1176	1358	1529	1850	782	1137	1422	1688	1938	2186	2655
	45/40	416	521	619	711	795	949	381	535	672	801	925	1039	1252	543	783	975	1152	1317	1483	1794
1800	75/65	1341	1687	2011	2318	2610	3157	1168	1739	2189	2614	3022	3415	4163	1681	2482	3128	3742	4331	4901	5990
	70/55	1082	1360	1620	1867	2099	2532	953	1401	1763	2104	2433	2745	3339	1368	2010	2527	3016	3481	3936	4800
	55/45	683	858	1020	1174	1316	1578	615	882	1109	1323	1528	1720	2081	880	1279	1600	1899	2180	2460	2987
	45/40	467	586	696	800	895	1068	429	601	756	901	1041	1169	1408	611	881	1097	1296	1481	1668	2018
2000	75/65	1490	1874	2234	2576	2900	3508	1298	1932	2432	2904	3358	3794	4626	1868	2758	3476	4158	4812	5446	6656
	70/55	1202	1511	1800	2075	2332	2813	1058	1557	1959	2338	2703	3050	3710	1520	2234	2808	3351	3868	4373	5334
	55/45	759	953	1134	1305	1462	1753	683	980	1232	1470	1698	1911	2312	978	1421	1778	2110	2423	2733	3318
	45/40	519	651	774	889	994	1186	476	668	840	1001	1156	1299	1565	679	979	1218	1440	1646	1853	2242
2300	75/65		2569	2962	3335			1493	2222	2797	3340	3862	4363		2148	3172	3997	4782	5534	6263	
	70/55		2070	2386	2682			1217	1790	2253	2689	3108	3508		1748	2569	3229	3853	4448	5029	
	55/45		1304	1500	1682			786	1126	1417	1690	1952	2197		1125	1635	2044	2426	2786	3143	
	45/40		890	1023	1143			548	768	966	1152	1330	1493		781	1125	1401	1656	1893	2131	
2600	75/65		2904	3349	3770			1687	2512	3162	3775	4365	4932		2428	3585	4519	5405	6256	7080	
	70/55		2341	2697	3032			1376	2023	2546	3040	3514	3965		1977	2904	3651	4356	5029	5685	
	55/45		1474	1696	1901			888	1273	1601	1910	2207	2484		1271	1848	2311	2743	3149	3553	
	45/40		1006	1156	1293			619	869	1092	1302	1503	1688		883	1272	1584	1872	2140	2410	
3000	75/65		3351	3864	4350			1947	2898	3648	4356	5037	5691		2802	4137	5214	6237	7218	8169	
	70/55		2701	3112	3498			1588	2335	2938	3507	4054	4575		2281	3350					

RADIK VKL

TEPELNÝ VÝKON Q [W] PRO TEPLONOSNOU LÁTKU VODA PODLE EN 442

20 °C		Typ 10 VKL						Typ 11 VKL					
Délka L [mm]	t ₁ /t ₂ [°C]	Výška H [mm]											
		300	400	500	600	700	900	300	400	500	600	700	900
400	75/65			206	242	278	350	220	283	343	401	456	558
	70/55			166	196	225	283	177	229	277	324	368	450
	55/45			105	125	143	179	112	145	176	205	233	284
	45/40			72	86	98	123	77	99	120	141	160	194
500	75/65	165	212	257	302	347	438	275	354	429	501	570	697
	70/55	133	171	208	245	281	354	222	286	347	405	460	562
	55/45	84	108	132	156	179	224	140	181	219	256	291	355
	45/40	57	74	91	107	123	154	96	124	150	176	199	243
600	75/65	198	254	308	362	416	525	329	425	515	601	683	836
	70/55	159	205	249	294	337	424	266	343	416	486	552	675
	55/45	100	129	158	187	214	269	168	217	263	308	349	426
	45/40	68	89	109	129	148	185	115	149	181	211	239	291
700	75/65			360	423	486	613	384	496	601	701	797	976
	70/55			291	343	393	495	310	400	485	567	644	787
	55/45			185	218	250	314	196	253	307	359	407	497
	45/40			127	150	172	215	134	174	211	246	279	340
800	75/65			411	483	555	700	439	566	686	802	911	1115
	70/55			333	392	450	566	355	457	555	648	736	900
	55/45			211	249	286	359	224	289	351	410	466	568
	45/40			145	172	197	246	154	198	241	281	319	388
900	75/65			463	544	625	788	494	637	772	902	1025	1255
	70/55			374	440	506	637	399	515	624	729	828	1012
	55/45			237	281	322	404	252	326	395	462	524	639
	45/40			163	193	221	277	173	223	271	317	359	437
1000	75/65			514	604	694	875	549	708	858	1002	1139	1394
	70/55			416	489	562	707	443	572	693	810	920	1125
	55/45			264	312	357	449	280	362	439	513	582	710
	45/40			181	215	246	308	192	248	301	352	399	486
1100	75/65			565	664	763	963	604	779	944	1102	1253	1533
	70/55			457	538	618	778	488	629	763	891	1012	1237
	55/45			290	343	393	493	308	398	483	564	640	781
	45/40			199	236	271	339	211	273	331	387	439	534
1200	75/65			617	725	833	1050	659	850	1030	1202	1367	1673
	70/55			499	587	674	849	532	686	832	972	1104	1350
	55/45			316	374	429	538	336	434	527	616	699	852
	45/40			217	258	295	369	230	298	361	422	479	583
1400	75/65			720	846	972	1225	769	991	1201	1403	1595	1952
	70/55			582	685	787	990	621	801	970	1134	1288	1575
	55/45			369	437	500	628	392	507	614	718	815	994
	45/40			253	301	344	431	269	347	421	493	558	680
1600	75/65			822	966	1110	1400	878	1133	1373	1603	1822	2230
	70/55			665	783	899	1132	709	915	1109	1296	1472	1800
	55/45			422	499	572	718	449	579	702	821	931	1136
	45/40			290	344	394	493	307	397	481	563	638	777
1800	75/65			925	1087	1249		988	1274	1544	1804	2050	
	70/55			748	881	1011		798	1029	1248	1458	1656	
	55/45			475	561	643		505	651	790	923	1048	
	45/40			326	387	443		346	446	542	633	718	
2000	75/65			1028	1208	1388		1098	1416	1716	2004	2278	
	70/55			831	979	1124		887	1144	1386	1620	1840	
	55/45			527	624	715		561	724	878	1026	1164	
	45/40			362	430	492		384	496	602	704	798	
2300	75/65									1973	2305	2620	
	70/55									1594	1862	2116	
	55/45									1009	1180	1339	
	45/40									692	809	917	
2600	75/65									2231	2605	2961	
	70/55									1802	2105	2392	
	55/45									1141	1334	1514	
	45/40									782	915	1037	
3000	75/65									2574	3006	3417	
	70/55									2080	2429	2760	
	55/45									1317	1539	1746	
	45/40									903	1055	1197	

Obrázek 3-5 Technické informace výrobce otopného tělesa [L36]



TEPELNÝ VÝKON Q [W] PRO TEPLONOSNOU LÁTKU VODA PODLE EN 442

20 °C		Typ 21 VKL						Typ 22 VKL						Typ 33 VKL					
Délka L [mm]	t ₁ /t ₂ [°C]	Výška H [mm]																	
		300	400	500	600	700	900	300	400	500	600	700	900	300	400	500	600	700	900
400	75/65	298	375	447	515	580	702	386	486	581	672	759	925	552	695	832	962	1089	1331
	70/55	240	302	360	415	466	563	311	392	468	541	610	742	447	562	670	774	875	1067
	55/45	152	191	227	261	292	351	196	246	294	340	382	462	284	356	422	485	547	664
	45/40	104	130	155	178	199	237	134	168	200	231	260	313	196	244	288	329	371	448
500	75/65	373	469	559	644	725	877	483	608	726	840	949	1157	690	869	1040	1203	1362	1664
	70/55	301	378	450	519	583	703	389	490	585	676	763	928	558	702	838	967	1093	1333
	55/45	190	238	283	326	366	438	245	308	367	424	478	578	355	444	527	606	683	830
	45/40	130	163	193	222	249	297	167	210	250	289	325	391	245	305	360	412	463	561
600	75/65	447	562	670	773	870	1052	580	730	871	1007	1138	1388	827	1043	1247	1444	1634	1997
	70/55	361	453	540	622	700	844	467	588	701	811	915	1113	670	842	1005	1160	1312	1600
	55/45	228	286	340	391	439	526	294	370	441	509	573	694	426	533	633	727	820	996
	45/40	156	195	232	267	298	356	200	252	300	347	390	469	294	366	432	494	556	673
700	75/65	522	656	782	902	1015	1228	676	851	1016	1175	1328	1619	965	1217	1455	1684	1906	2330
	70/55	421	529	630	726	816	985	545	686	818	946	1068	1299	782	983	1173	1354	1531	1867
	55/45	266	334	397	457	512	614	343	431	514	594	669	809	497	622	738	848	957	1161
	45/40	182	228	271	311	348	415	234	294	350	405	454	548	342	426	504	576	649	785
800	75/65	596	750	894	1030	1160	1403	773	973	1162	1343	1518	1850	1103	1390	1663	1925	2178	2662
	70/55	481	604	720	830	933	1125	623	783	935	1081	1220	1484	893	1123	1340	1547	1749	2134
	55/45	304	381	453	522	585	701	392	493	588	679	764	925	569	711	844	969	1093	1327
	45/40	208	260	310	356	398	475	267	336	401	462	519	626	391	487	576	658	741	897
900	75/65	671	843	1005	1159	1305	1579	869	1094	1307	1511	1707	2082	1241	1564	1871	2165	2451	2995
	70/55	541	680	810	934	1050	1266	700	881	1052	1216	1373	1670	1005	1264	1508	1741	1968	2400
	55/45	342	429	510	587	658	789	441	554	661	764	860	1041	640	800	949	1090	1230	1493
	45/40	234	293	348	400	447	534	301	378	451	520	584	704	440	548	648	741	834	1009
1000	75/65	745	937	1117	1288	1450	1754	966	1216	1452	1679	1897	2313	1379	1738	2079	2406	2723	3328
	70/55	601	756	900	1037	1166	1407	778	979	1169	1351	1525	1855	1117	1404	1675	1934	2187	2667
	55/45	380	476	567	652	731	877	490	616	735	849	955	1156	711	889	1055	1211	1366	1659
	45/40	260	326	387	445	497	593	334	420	501	578	649	782	489	609	720	823	927	1121
1100	75/65	820	1031	1229	1417	1595	1929	1063	1338	1597	1847	2087	2544	1517	1912	2287	2647	2995	3661
	70/55	661	831	990	1141	1283	1547	856	1077	1286	1487	1678	2041	1228	1544	1843	2128	2405	2934
	55/45	418	524	624	718	804	964	539	678	808	934	1051	1272	782	978	1160	1332	1503	1825
	45/40	286	358	426	489	547	652	367	462	551	636	714	861	538	670	792	905	1019	1233
1200	75/65	894	1124	1340	1546	1740	2105	1159	1459	1742	2015	2276	2776	1655	2086	2495	2887	3268	3994
	70/55	721	907	1080	1245	1399	1688	934	1175	1403	1622	1830	2226	1340	1685	2010	2321	2624	3200
	55/45	456	572	680	783	877	1052	588	739	882	1019	1146	1387	853	1067	1266	1454	1640	1991
	45/40	312	391	464	534	597	712	401	504	601	694	779	939	587	731	864	988	1112	1345
1400	75/65	1043	1312	1564	1803	2030	2456	1352	1702	2033	2351	2656	3238	1931	2433	2911	3368	3812	4659
	70/55	842	1058	1260	1452	1633	1969	1090	1371	1637	1892	2135	2597	1564	1966	2346	2708	3061	3734
	55/45	532	667	794	913	1024	1227	686	862	1029	1188	1338	1619	995	1244	1477	1696	1913	2323
	45/40	364	456	542	623	696	830	468	588	701	809	909	1095	685	853	1008	1152	1297	1570
1600	75/65	1192	1499	1787	2061	2320	2806	1546	1946	2323	2686	3035	3701	2206	2781	3326	3850	4357	5325
	70/55	962	1209	1440	1660	1866	2251	1245	1567	1871	2162	2440	2968	1787	2246	2681	3095	3499	4267
	55/45	607	762	907	1044	1170	1403	784	985	1176	1358	1529	1850	1137	1422	1688	1938	2186	2655
	45/40	416	521	619	711	795	949	535	672	801	925	1039	1252	783	975	1152	1317	1483	1794
1800	75/65	1341	1687	2011	2318	2610	3157	1739	2189	2614	3022	3415	4163	2482	3128	3742	4331	4901	5990
	70/55	1082	1360	1620	1867	2099	2532	1401	1763	2104	2433	2745	3339	2010	2527	3016	3481	3936	4800
	55/45	683	858	1020	1174	1316	1578	882	1109	1323	1528	1720	2081	1279	1600	1899	2180	2460	2987
	45/40	467	586	696	800	895	1068	601	756	901	1041	1169	1408	881	1097	1296	1481	1668	2018
2000	75/65	1490	1874	2234	2576	2900	3508	1932	2432	2904	3358	3794	4626	2758	3476	4158	4812	5446	6656
	70/55	1202	1511	1800	2075	2332	2813	1557	1959	2338	2703	3050	3710	2234	2808	3351	3868	4373	5334
	55/45	759	953	1134	1305	1462	1753	980	1232	1470	1698	1911	2312	1421	1778	2110	2423	2733	3318
	45/40	519	651	774	889	994	1186	668	840	1001	1156	1299	1565	979	1218	1440	1646	1853	2242
2300	75/65		2569	2962	3335			2222	2797	3340	3862	4363		3172	3997	4782	5534	6263	
	70/55		2070	2386	2682			1790	2253	2689	3108	3508		2569	3229	3853	4448	5029	
	55/45		1304	1500	1682			1126	1417	1690	1952	2197		1635	2044	2426	2786	3143	
	45/40		890	1023	1143			768	966	1152	1330	1493		1125	1401	1656	1893	2131	
2600	75/65		2904	3349	3770			2512	3162	3775	4365	4932		3585	4519	5405	6256	7080	
	70/55		2341	2697	3032			2023	2546	3040	3514	3965		2904	3651	4356	5029	5685	
	55/45		1474	1696	1901			1273	1601	1910	2207	2484		1848	2311	2743	3149	3553	
	45/40		1006	1156	1293			869	1092	1302	1503	1688		1272	1584	1872	2140	2410	
3000	75/65		3351	3864	4350			2898	3648	4356	5037	5691		4137	5214	6237	7218	8169	
	70/55		2701	3112	3498			2335	2938	3507	4054	4575		3350	4212	5026	5802	6560	
	55/45		1701	1957	2193			1469	1848	2204	2546	2866		2132	2666	3165	3634	4099	
	45/40		1161	1334	1491			1002	1260	1502	1734	1948		1468	1828	2160	2469	2780	

Obrázek 3-6 Technické informace výrobce otopného tělesa [L36]

KORALUX LINEAR MAX, LINEAR MAX - M

TEPELNÝ VÝKON Q [W]

PRO TEPLONOSNOU LÁTKU VODA PODLE EN 442

ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ PARAMETRY

Typové označení	H [mm]	L [mm]	h [mm]	t ₁ /t ₂ [°C]	Q [W] pro t ₁ /t ₂ [°C]					Jmenovitý tepelný výkon Q _n [W] (75/65/20°C)	Teplotní exponent n [-]	Hmotnost tělesa M _g [kg]	Vodní objem tělesa V _g [l]	Max. výkon el. top. tělesa P [W]*
					15	18	20	22	24					
KLM 700.450 KLMM 700.450	690	450	420 50	75/65 70/55 55/45	360 300 206	336 277 184	320 262 170	304 247 156	289 232 143	320	1,2363	5,8	3,9	300
KLM 700.600 KLMM 700.600	690	600	570 50	75/65 70/55 55/45	475 396 270	443 365 242	422 345 223	401 324 205	380 305 187	422	1,2476	7,3	4,9	400
KLM 700.750 KLMM 700.750	690	750	720 50	75/65 70/55 55/45	591 491 334	551 453 299	524 427 275	498 402 253	472 377 230	524	1,2588	8,8	5,8	500
KLM 900.450 KLMM 900.450	900	450	420 50	75/65 70/55 55/45	463 386 263	432 355 236	411 336 217	391 316 200	370 297 182	411	1,2465	7,5	5,1	300
KLM 900.600 KLMM 900.600	900	600	570 50	75/65 70/55 55/45	612 509 347	570 469 310	543 443 286	516 417 262	489 391 239	543	1,2560	9,4	6,3	500
KLM 900.750 KLMM 900.750	900	750	720 50	75/65 70/55 55/45	759 631 429	707 581 383	673 548 353	639 515 323	606 483 294	673	1,2655	11,3	7,6	600
KLM 1220.450 KLMM 1220.450	1215	450	420 50	75/65 70/55 55/45	628 522 355	585 481 317	557 454 292	529 427 268	501 400 244	557	1,2627	10,4	7,0	500
KLM 1220.600 KLMM 1220.600	1215	600	570 50	75/65 70/55 55/45	831 690 468	774 635 418	736 599 385	699 563 353	662 528 321	736	1,2695	13,0	8,8	700
KLM 1220.750 KLMM 1220.750	1215	750	720 50	75/65 70/55 55/45	1031 855 579	960 787 517	913 742 476	867 698 436	821 654 396	913	1,2762	15,7	10,6	800
KLM 1500.450 KLMM 1500.450	1495	450	420 50	75/65 70/55 55/45	774 643 436	721 592 389	686 558 359	651 525 329	617 492 299	686	1,2689	12,7	8,6	600
KLM 1500.600 KLMM 1500.600	1495	600	570 50	75/65 70/55 55/45	1022 849 577	952 782 515	906 738 475	860 694 435	815 651 396	906	1,2647	15,9	10,8	800
KLM 1500.750 KLMM 1500.750	1495	750	720 50	75/65 70/55 55/45	1267 1054 717	1181 970 640	1124 916 590	1068 862 541	1012 809 493	1124	1,2604	19,2	13,0	1000
KLM 1820.450 KLMM 1820.450	1810	450	420 50	75/65 70/55 55/45	941 780 528	876 718 471	833 677 434	791 637 397	749 597 362	833	1,2760	15,5	10,6	700
KLM 1820.600 KLMM 1820.600	1810	600	570 50	75/65 70/55 55/45	1241 1032 703	1157 951 628	1101 897 579	1046 844 531	991 792 483	1101	1,2592	19,6	13,3	1000
KLM 1820.750 KLMM 1820.750	1810	750	720 50	75/65 70/55 55/45	1539 1283 878	1435 1183 785	1367 1117 725	1299 1052 665	1232 988 607	1367	1,2424	23,6	15,9	1200

* Uvedené hodnoty maximálního výkonu elektrického topného tělesa platí pro kombinované vytápění s použitím tělesa EL.07 (v nabídce od 1.8.2017) viz str. 38.

Obrázek 3-7 Technické informace výrobce otopného tělesa [L37]

KORALUX RONDO MAX, RONDO MAX - M

TEPELNÝ VÝKON Q [W]

PRO TEPLONOSNOU LÁTKU VODA PODLE EN 442

ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ PARAMETRY

Typové označení	H [mm]	L [mm]	h [mm]	t ₁ /t ₂ [°C]	Q [W] pro t _f [°C]					Jmenovitý tepelný výkon Q _n [W] (75/65/20°C)	Teplotní exponent n [-]	Hmotnost tělesa M _g [kg]	Vodní objem tělesa V _g [l]	Max. výkon el. top. tělesa P [W]*
					15	18	20	22	24					
KRM 700.450 KRMM 700.450	690	445	415 50	75/65 70/55 55/45	377 314 216	352 290 193	335 274 179	319 258 164	302 243 150	335	1,2322	5,8	3,9	300
KRM 700.600 KRMM 700.600	690	595	565 50	75/65 70/55 55/45	499 417 287	466 385 257	444 364 237	422 343 218	401 322 199	444	1,2279	7,3	4,9	400
KRM 700.750 KRMM 700.750	690	745	715 50	75/65 70/55 55/45	621 519 357	580 480 320	553 453 296	526 427 272	499 402 248	553	1,2235	8,8	5,8	500
KRM 900.450 KRMM 900.450	900	445	415 50	75/65 70/55 55/45	486 406 278	453 374 249	432 354 230	411 333 211	390 313 193	432	1,2336	7,5	5,1	300
KRM 900.600 KRMM 900.600	900	595	565 50	75/65 70/55 55/45	646 539 370	602 497 331	574 470 306	546 443 281	518 416 256	574	1,2343	9,4	6,3	500
KRM 900.750 KRMM 900.750	900	745	715 50	75/65 70/55 55/45	803 670 460	749 618 411	714 584 380	679 550 349	644 517 318	714	1,2350	11,3	7,6	600
KRM 1220.450 KRMM 1220.450	1215	445	415 50	75/65 70/55 55/45	663 553 379	618 510 339	589 482 313	560 454 288	531 426 263	589	1,2357	10,4	7,0	500
KRM 1220.600 KRMM 1220.600	1215	595	565 50	75/65 70/55 55/45	879 733 501	820 676 448	781 638 414	742 601 380	704 564 346	781	1,2446	13,0	8,8	700
KRM 1220.750 KRMM 1220.750	1215	745	715 50	75/65 70/55 55/45	1096 912 622	1022 841 556	973 794 513	924 747 470	876 701 429	973	1,2534	15,7	10,6	800
KRM 1500.450 KRMM 1500.450	1495	445	415 50	75/65 70/55 55/45	816 680 466	761 628 417	725 593 385	689 559 354	654 525 323	725	1,2376	12,7	8,6	600
KRM 1500.600 KRMM 1500.600	1495	595	565 50	75/65 70/55 55/45	1083 903 619	1010 833 554	962 787 511	915 741 469	868 696 428	962	1,2384	15,9	10,8	800
KRM 1500.750 KRMM 1500.750	1495	745	715 50	75/65 70/55 55/45	1347 1123 769	1257 1036 689	1197 979 636	1138 922 584	1079 866 532	1197	1,2392	19,2	13,0	1000
KRM 1820.450 KRMM 1820.450	1810	445	415 50	75/65 70/55 55/45	989 825 565	923 761 505	879 719 467	836 677 428	793 636 391	879	1,2398	15,5	10,6	700
KRM 1820.600 KRMM 1820.600	1810	595	565 50	75/65 70/55 55/45	1311 1095 752	1224 1010 673	1166 955 622	1109 900 571	1052 845 521	1166	1,2314	19,6	13,3	1000
KRM 1820.750 KRMM 1820.750	1810	745	715 50	75/65 70/55 55/45	1631 1364 939	1523 1259 841	1452 1190 777	1381 1122 715	1311 1055 653	1452	1,2229	23,6	15,9	1200

* Uvedené hodnoty maximálního výkonu elektrického topného tělesa platí pro kombinované vytápění s použitím tělesa EL.07 (v nabídce od 1.8.2017) viz str. 38.

Obrázek 3-8 Technické informace výrobce otopného tělesa [L37]

KORALUX LINEAR COMFORT, LINEAR COMFORT - M KORALUX RONDO COMFORT, RONDO COMFORT - M

TEPELNÝ VÝKON Q [W]

PRO TEPLONOSNOU LÁTKU VODA PODLE EN 442

ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ PARAMETRY

Typové označení	H [mm]	L [mm]	h [mm]	t ₁ /t ₂ [°C]	Q [W] pro t ₁ [°C]					Jmenovitý tepelný výkon Q _n [W] (75/65/20 °C)	Teplotní exponent n [-]	Hmotnost tělesa M _t [kg]	Vodní objem tělesa V _t [l]	Max. výkon el. top. tělesa P [W] ^a
					15	18	20	22	24					
KLT (KLTM) 700.450 KRT (KRTM) 700.450	700	450 445	420 (50) 415 (50)	75/65 70/55 55/45	323 269 184	301 248 165	287 234 152	273 221 139	259 207 127	287	1,2452	5,0	3,4	200
KLT (KLTM) 700.500 KRT (KRTM) 700.500	700	500 495	470 (50) 465 (50)	75/65 70/55 55/45	355 296 202	331 273 181	315 257 167	299 242 153	284 228 140	315	1,2421	5,3	3,6	200
KLT (KLTM) 700.600 KRT (KRTM) 700.600	700	600 595	570 (50) 565 (50)	75/65 70/55 55/45	416 347 238	388 320 213	370 303 197	352 285 181	334 268 165	370	1,2358	6,1	4,1	300
KLT (KLTM) 700.750 KRT (KRTM) 700.750	700	750 745	720 (50) 715 (50)	75/65 70/55 55/45	506 423 291	472 390 260	450 369 241	428 348 221	406 327 202	450	1,2263	7,2	4,8	400
KLT (KLTM) 900.450 KRT (KRTM) 900.450	900	450 445	420 (50) 415 (50)	75/65 70/55 55/45	416 346 236	388 319 211	369 301 195	351 284 179	333 266 163	369	1,2489	6,6	4,5	300
KLT (KLTM) 900.500 KRT (KRTM) 900.500	900	500 495	470 (50) 465 (50)	75/65 70/55 55/45	456 380 260	425 350 232	405 331 214	385 311 197	365 292 179	405	1,2463	7,1	4,8	300
KLT (KLTM) 900.600 KRT (KRTM) 900.600	900	600 595	570 (50) 565 (50)	75/65 70/55 55/45	535 446 305	499 411 273	475 388 252	452 366 231	428 343 211	475	1,2412	8,2	5,5	400
KLT (KLTM) 900.750 KRT (KRTM) 900.750	900	750 745	720 (50) 715 (50)	75/65 70/55 55/45	651 544 373	608 501 334	579 474 308	551 446 283	522 419 258	579	1,2334	9,7	6,6	500
KLT (KLTM) 1220.450 KRT (KRTM) 1220.450	1220	450 445	420 (50) 415 (50)	75/65 70/55 55/45	568 473 322	529 435 288	504 411 265	479 387 243	454 363 222	504	1,2549	8,8	6,1	400
KLT (KLTM) 1220.500 KRT (KRTM) 1220.500	1220	500 495	470 (50) 465 (50)	75/65 70/55 55/45	623 519 354	581 478 316	553 451 292	525 425 267	498 399 244	553	1,2532	9,5	6,5	500
KLT (KLTM) 1220.600 KRT (KRTM) 1220.600	1220	600 595	570 (50) 565 (50)	75/65 70/55 55/45	732 610 416	683 562 372	650 531 343	618 499 315	586 469 287	650	1,2499	10,9	7,4	600
KLT (KLTM) 1220.750 KRT (KRTM) 1220.750	1220	750 745	720 (50) 715 (50)	75/65 70/55 55/45	891 742 507	831 684 454	791 646 419	752 608 384	713 571 350	791	1,2448	13,0	8,8	700
KLT (KLTM) 1500.450 KRT (KRTM) 1500.450	1500	450 445	420 (50) 415 (50)	75/65 70/55 55/45	706 587 400	658 541 357	626 510 329	595 480 302	564 450 275	626	1,2589	11,2	7,7	500
KLT (KLTM) 1500.500 KRT (KRTM) 1500.500	1500	500 495	470 (50) 465 (50)	75/65 70/55 55/45	774 644 439	722 593 392	687 560 361	653 527 331	619 495 302	687	1,2573	12,1	8,2	600
KLT (KLTM) 1500.600 KRT (KRTM) 1500.600	1500	600 595	570 (50) 565 (50)	75/65 70/55 55/45	911 758 517	849 698 462	808 659 426	768 620 390	728 582 356	808	1,2543	13,8	9,4	700
KLT (KLTM) 1500.750 KRT (KRTM) 1500.750	1500	750 745	720 (50) 715 (50)	75/65 70/55 55/45	1108 923 630	1033 851 563	984 803 520	935 756 477	887 710 435	984	1,2497	16,5	11,2	900
KLT (KLTM) 1820.450 KRT (KRTM) 1820.450	1820	450 445	420 (50) 415 (50)	75/65 70/55 55/45	871 724 492	811 666 439	772 629 405	733 592 371	695 555 338	772	1,2634	13,4	9,2	700
KLT (KLTM) 1820.500 KRT (KRTM) 1820.500	1820	500 495	470 (50) 465 (50)	75/65 70/55 55/45	956 795 541	891 732 483	848 691 445	805 650 408	763 610 372	848	1,2621	14,5	9,9	800
KLT (KLTM) 1820.600 KRT (KRTM) 1820.600	1820	600 595	570 (50) 565 (50)	75/65 70/55 55/45	1123 934 636	1046 860 568	996 812 523	946 764 480	897 717 437	996	1,2594	16,6	11,3	900
KLT (KLTM) 1820.750 KRT (KRTM) 1820.750	1820	750 745	720 (50) 715 (50)	75/65 70/55 55/45	1367 1137 775	1274 1048 693	1213 989 639	1152 931 586	1092 874 534	1213	1,2553	19,8	13,4	1000

^a Uvedené hodnoty maximálního výkonu elektrického topného tělesa platí pro kombinované vytápění s použitím tělesa EL.07 (v nabídce od 1.8.2017) viz str. 38.

Obrázek 3-9 Technické informace výrobce otopného tělesa [L37]

KORATHERM VERTIKAL, VERTIKAL - M



20 °C	Počet profilů l [ks]	t _f /t _a [°C]	Typ								
			K10V	K11V	K20V	K10V	K11V	K20V	K10V	K11V	K20V
			K10VM	K11VM	K20VM	K10VM	K11VM	K20VM	K10VM	K11VM	K20VM
			1600			1800			2000		
Výška H [mm]			Tepelný výkon Q [W] podle EN 442								
Délka L [mm]											
144	2	75/65	274	322	391	307	355	435	340	388	478
		70/55	222	261	315	248	288	350	275	314	385
		55/45	141	166	198	158	183	220	175	200	242
		45/40	97	115	135	109	126	150	120	138	165
218	3	75/65	414	487	592	465	538	658	515	587	724
		70/55	336	395	477	376	436	530	417	475	583
		55/45	214	251	300	239	277	334	265	303	367
		45/40	147	173	205	165	191	228	182	208	250
366	5	75/65	695	818	994	780	903	1105	865	985	1215
		70/55	563	663	801	631	731	890	700	798	979
		55/45	359	422	504	402	466	560	445	508	615
		45/40	247	291	344	276	321	382	306	350	420
514	7	75/65	977	1148	1396	1095	1268	1552	1215	1384	1706
		70/55	791	931	1125	887	1027	1250	983	1121	1374
		55/45	504	593	708	564	654	787	625	713	864
		45/40	347	409	483	388	450	537	429	491	589
588	8	75/65	1117	1314	1596	1253	1450	1775	1389	1583	1952
		70/55	905	1065	1286	1015	1175	1430	1124	1282	1572
		55/45	576	678	810	645	748	900	714	816	989
		45/40	397	468	553	444	515	614	491	562	674
662	9	75/65	1258	1479	1797	1411	1632	1999	1564	1782	2198
		70/55	1019	1198	1448	1142	1323	1610	1266	1443	1770
		55/45	649	764	912	726	842	1013	804	919	1113
		45/40	447	526	622	500	580	691	553	632	759
884	12	75/65	1680	1975	2400	1884	2180	2669	2089	2380	2935
		70/55	1360	1600	1934	1525	1766	2150	1691	1927	2364
		55/45	866	1020	1218	970	1125	1353	1074	1227	1487
		45/40	596	703	831	668	775	923	739	845	1013
958	13	75/65	1820		2601	2041		2892	2264		
		70/55	1474		2096	1653		2330	1832		
		55/45	939		1320	1051		1466	1164		
		45/40	646		901	723		1000	800		

ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ PARAMETRY

Typ	K10V	K11V	K20V	K10V	K11V	K20V	K10V	K11V	K20V
	K10VM	K11VM	K20VM	K10VM	K11VM	K20VM	K10VM	K11VM	K20VM
Výška H [mm]	1600			1800			2000		
Jmenovitý tepelný výkon Q _n [W/m]	1900	2234	2715	2131	2466	3019	2363	2692	3320
Tepelný exponent n [-]	1,2966	1,2937	1,3283	1,2993	1,2955	1,3299	1,3020	1,2973	1,3316
K _M [-]	11,9088	14,1620	15,0324	13,2164	15,5231	16,6113	14,5012	16,8268	18,1464

Obrázek 3-10 Technické informace výrobce otopného tělesa [L38]

3.1.2 PŘEPOČET VÝKONŮ OTOPNÝCH TĚLES V OBJEKTU

Otopná tělesa byla navržena pro teplotní spád 50/40 °C, z důvodu eliminace chladného sálání oken a co největší velikosti otopného tělesa. Přepočty výkonu otopných těles jsou uvedeny v následujících tabulkách.

č. místnosti	Název místnosti	Tepelná ztráta místnosti	t _i	Typ otopného tělesa	Výkon OT dle výrobce	Součinitele zohledňující teplotní rozdíl	Výkon OT přepočítaný pro	Součinitele zohledňující					Skutečný výkon tělesa
		Q _{HL,i}			75/65-20 °C		f _{Δt}	50/40 - ti	připojení těles	úpravu okolí	počet článků	umístění v místnosti	
		[W]	[°C]		[W]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[W]	
SPOLEČNÉ PROSTORY													
101	Chodba, schodiště	146	15	22VK-4040	486	0,5021	244	1	1	1	0,95	232	
101a	Výlevka	14	15	bez otopného tělesa								0	
102	Výtah	126	15	10VK-4060	254	0,5039	128	1	1	1	1	128	
201	Chodba, schodiště	0	15	10VK-5060	308	0,5097	157	1	1	1	1	157	
202	Výtah	84	15	10VK-5060	308	0,5097	157	1	1	1	1	157	
301	Chodba, schodiště	0	15										
302	Výtah	89	15										
401	Chodba, schodiště	0	15	bez otopného tělesa								0	
402	Výtah	160	15										
104	Chodba	0	15	bez otopného tělesa								0	
107	Kočárkárna	157	15	10VK-5070	360	0,5083	183	1	1	1	0,95	174	
119	Místnost TZB	1	7,5	bez otopného tělesa								0	
CELKEM		777										848	
BYT 01													
121	Chodba	48	20	10VK-3050	165	0,3939	65	1	1	1	0,95	62	
122	Koupelna	417	24	KRMM 1810x745	1452	0,3395	493	1	1	1	1	493	
123	Pokoj	150	20	10VK-5180	925	0,3989	369	1	1	1	1	369	
124	Obývací pokoj, kuchyně	473	20	10VK-6200	1208	0,4023	486	1	1	1	1	486	
CELKEM		1088										1410	
BYT 02													
125	Chodba	0	20	bez otopného tělesa								0	
126	Koupelna	348	24	KLTM 1820x750	1213	0,3298	400	1	1	1	1	400	
127	Obývací pokoj, kuchyně	351	20	10VKL-7070	486	0,4012	195	1	1	1	0,95	185	
				10VK-7070	486	0,4012	195	1	1	1	0,95	185	
CELKEM		699										771	
BYT 03													
128	Chodba	7	20	bez otopného tělesa								0	
129	Koupelna	328	24	KLTM 1820x750	1213	0,3298	400	1	1	1	1	400	
131	Obývací pokoj, kuchyně	337	20	10VKL-7070	486	0,4012	195	1	1	1	0,95	185	
				10VK-7070	486	0,4012	195	1	1	1	0,95	185	
CELKEM		672										771	
BYT 04													
132	Chodba	68	20	10VK-3050	165	0,3939	65	1	1	1	1	65	
133	Obývací pokoj, kuchyně	258	20	10VKL-6070	423	0,4019	170	1	1	1	0,95	162	
				10VK-6070	423	0,4019	170	1	1	1	0,95	162	
134	Koupelna	478	24	KRMM 1810x745	1452	0,3395	493	1	1	1	1	493	
CELKEM		804										881	
BYT 05													
135	Chodba	56	20	10VK-3050	165	0,3939	65	1	1	1	1	65	
136	Koupelna	429	24	KRMM 1810x745	1452	0,3395	493	1	1	1	1	493	
137	Pokoj	150	20	10VK-5180	925	0,3989	369	1	1	1	1	369	
138	Obývací pokoj, kuchyně	507	20	10VK-7200	1388	0,4049	562	1	1	1	1	562	
CELKEM		1142										1489	

Č. místnosti	Název místnosti	Tepelná ztráta místnosti	t _i	Typ otopného tělesa	Výkon OT dle výrobce	Součinitele zohledňující teplotní rozdíl	Výkon OT přepočítaný pro 50/40 - ti	Součinitele zohledňující				Skutečný výkon tělesa
		Q _{HL,i}			Q _{Tn} 20/925-1 °C			připojení těles	úpravu okolí	počet článků	umístění v místnosti	
		[W]	[°C]		[W]	[-]	[-]	f _x	f _o	f _n	f _p	Q _{T,skut}
BYT 06												
205	Chodba	79	20	10VK-5050	257	0,4008	103	1	1	1	0,95	98
206	WC	55	20	10VK-3050	165	0,3939	65	1	1	1	1	65
207	Obývací pokoj, kuchyně	762	20	10VK-5100	514	0,3988	205	1	1	1	1	205
				10VK-5140	720	0,3986	287	1	1	1	1	287
				22VKL-5070	1016	0,3917	398	1	1	1	0,95	378
208	Pokoj	263	20	10VK-5180	925	0,3989	369	1	1	1	1	369
209	Sklad	0	15	bez otopného tělesa								0
211	Ložnice	316	20	10VK-5180	925	0,3989	369	1	1	1	1	369
212	Koupelna	411	24	KRMM 1810x745	1452	0,3395	493	1	1	1	0,9	444
CELKEM		1886										2215
BYT 07												
213	Chodba	0	20	bez otopného tělesa								0
214	WC	24	20	bez otopného tělesa								0
215	Obývací pokoj, kuchyně	714	20	10VK-5200	1028	0,3988	410	1	1	1	1	410
				10VK-5200	1028	0,3988	410	1	1	1	1	410
216	Pokoj	162	20	10VK-6100	604	0,4023	243	1	1	1	0,95	231
217	Ložnice	165	20	10VKL-6100	604	0,4023	243	1	1	1	0,95	231
218	Koupelna	307	24	KLMM 1495x750	1124	0,3283	369	1	1	1	0,95	351
CELKEM		1372										1632
BYT 08												
219	Chodba	0	20	bez otopného tělesa								0
221	Koupelna	336	24	KLTM 1820x750	1213	0,3298	400	1	1	1	0,95	380
222	Pokoj	156	20	10VK-6080	483	0,4017	194	1	1	1	1	194
223	Ložnice	163	20	10VKL-6100	604	0,4023	243	1	1	1	1	243
224	Obývací pokoj, kuchyně	713	20	10VK-5200	1028	0,3988	410	1	1	1	1	410
				10VK-5200	1028	0,3988	410	1	1	1	1	410
225	WC	6	20	bez otopného tělesa								0
CELKEM		1375										1637
3.NP												
BYT 09												
303	Chodba	97	20	10VK-5050	257	0,4008	103	1	1	1	1	103
304	WC	60	20	10VK-3050	165	0,3939	65	1	1	1	1	65
305	Obývací pokoj, kuchyně	795	20	10VK-5140	720	0,3986	287	1	1	1	1	287
				10VK-5100	514	0,3988	205	1	1	1	1	205
				11VK-5100	858	0,3974	341	1	1	1	0,95	324
306	Pokoj	281	20	10VK-5180	925	0,3989	369	1	1	1	1	369
307	Sklad	0	15	bez otopného tělesa								0
308	Ložnice	336	20	10VK-5180	925	0,3989	369	1	1	1	1	369
309	Koupelna	312	24	KLMM 1495x745	1124	0,3283	369	1	1	1	0,95	351
CELKEM		1880										2073
BYT 10												
311	Chodba	93	20	10VK-5050	257	0,4008	103	1	1	1	0,95	98
312	Koupelna	446	24	KLMM 1810x750	1367	0,3336	456	1	1	1	0,9	410
				10VK-5060	308	0,3149	97	1	1	1	0,9	87
313	WC	24	20	bez otopného tělesa								0
314	Obývací pokoj, kuchyně	732	20	10VK-5200	1028	0,3988	410	1	1	1	1	410
				10VK-5200	1028	0,3988	410	1	1	1	1	410
315	Ložnice	198	20	10VK-6100	604	0,4023	243	1	1	1	0,95	231
316	Sklad	0	15	bez otopného tělesa								0
CELKEM		1492										1646
BYT 11												
317	Chodba	4	20	bez otopného tělesa								0
318	Koupelna	363	24	KLTM 1500x500	687	0,3290	226	1	1	1	0,95	215
				KLTM 1500x500	687	0,3290	226	1	1	1	0,95	215
319	Pokoj	164	20	10VKL-6080	483	0,4017	194	1	1	1	0,95	184
321	Pokoj	159	20	10VK-6080	483	0,4017	194	1	1	1	0,95	184
322	Pokoj	166	20	10VKL-6080	483	0,4017	194	1	1	1	0,95	184
323	Obývací pokoj, kuchyně	738	20	10VK-5200	1028	0,3988	410	1	1	1	1	410
				10VK-5200	1028	0,3988	410	1	1	1	1	410
324	WC	27	20	bez otopného tělesa								0
CELKEM		1622										1802

Č. místnosti	Název místnosti	Tepelná ztráta místnosti			Výkon OT dle výrobce	Součinitele zohledňující teplotní rozdíli	Výkon OT přepočítaný pro	Součinitele zohledňující				Skutečný výkon tělesa
		$Q_{HL,i}$	t_i	Typ otopného tělesa	Q_{Tn} 0/1028-1 °C	$f_{\Delta t}$	50/40 - ti	připojení těles f_x	úpravu okolí f_o	počet článků f_n	umístění v místnosti f_p	$Q_{T,skut}$
		[W]	[°C]		[W]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[W]
BYT 11												
403	Kóje	0	10	bez otopného tělesa								0
404	Chodba	148	20	11VK-5050	429	0,3963	170	1	1	1	0,95	162
405	Koupelna	527	24	KLM-M 1810x750	1367	0,3336	456	1	1	1	0,9	410
				11VK-5070	601	0,3145	189	1	1	1	0,9	170
406	WC	27	20	bez otopného tělesa								0
407	Obývací pokoj, kuchyně	1004	20	10VK-7200	1388	0,4013	557	1	1	1	1	557
				10VK-7200	1388	0,4013	557	1	1	1	1	557
408	Ložnice	284	20	10VK-7110	763	0,4010	306	1	1	1	1	306
409	Šatna	0	15	bez otopného tělesa								0
CELKEM		1991										2162
BYT 12												
411	Chodba	61	20	10VK-3050	165	0,3939	65	1	1	1	1	65
412	Koupelna	462	24	KLTM 1820x500	848	0,3278	278	1	1	1	0,95	264
				KLTM 1820x500	848	0,3278	278	1	1	1	0,95	264
413	Pokoj	276	20	10VKL-7110	763	0,4010	306	1	1	1	0,95	291
414	Pokoj	242	20	10VK-6110	664	0,4021	267	1	1	1	0,95	254
415	Ložnice	255	20	10VKL-7110	763	0,4010	306	1	1	1	0,95	291
416	Obývací pokoj, kuchyně	1023	20	10VK-7200	1388	0,4013	557	1	1	1	1	557
				10VK-7200	1388	0,4013	557	1	1	1	1	557
417	WC	36	20	bez otopného tělesa								0
CELKEM		2356										2542

Celkový skutečný výkon otopných těles v objektu je 21878 W.

3.2 NÁVRH PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

Podlahové vytápění bude počítáno dle fyzikálního modelu, který odpovídá teorii i praxi [L39]

3.2.1 VÝPOČET TEPELNÉHO VÝKONU PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

Předpoklad výpočtu je, že střední povrchová teplota podlahy t_p nepřekročí hygienicky přípustné hodnoty a tepelný výkon podlahové otopné plochy bude krýt tepelné ztráty místnosti.

Charakteristické číslo podlahy m [m^{-1}] při respektování válcového tvaru zdrojů tepla, které jsou zabetonovány, se počítá ze vztahu [L40]:

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot (U_a + U_b)}{\pi^2 \cdot \lambda_d \cdot d}} \quad (3.10)$$

kde U_a je tepelná propustnost vrstev nad trubkami (směrem do vytápěného prostoru (A)) [$W/(m^2 \cdot K)$];

U_b tepelná propustnost vrstev pod trubkami (směrem do nevytápěného prostoru (B)) [$W/(m^2 \cdot K)$];

λ_d součinitel tepelné vodivosti materiálu, do kterého jsou zality trubky [$W/m \cdot K^{-1}$];

d vnější průměr trubek [m].

Tepelná propustnost nad trubkami U_a [$W/m^2 \cdot K^{-1}$] je dána vztahem [L40]:

$$U_a = \frac{1}{\sum \frac{a}{\lambda_a} + \frac{1}{\alpha_p}} \quad (3.11)$$

kde a je tloušťka jednotlivých vrstev nad osou trubek [m];
 λ_a součinitel tepelné vodivosti jednotlivých vrstev nad osou trubek [W/m·K⁻¹];
 α_p součinitel přestupu tepla na povrchu otopné plochy, který zahrnuje vliv sálavé a konvekční složky. U podlahy se se doporučuje počítat se součinitelem přestupu tepla na povrchu otopné plochy α_p [W/m²·K⁻¹] [L41]:

$$\alpha_p = \alpha_{sp} + \alpha_{kp} = 5,4 + 4 = 9,4. \quad (3.12)$$

Tepelná propustnost vrstvy pod trubkami U_b [W/m²·K⁻¹] se určí ze vztahu [L40]:

$$U_b = \frac{1}{\sum \frac{b}{\lambda_b} + \frac{1}{\alpha'_p}} \quad (3.13)$$

kde α'_p součinitel přestupu tepla na spodní straně otopné podlahy [W/m²·K⁻¹]
 (obvykle se volí $\alpha'_p = 8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^{-1}$) [L41]

Střední teplota v rovině proložené osami zdrojů tepla za předpokladu **rozdílných teplotních podmínek na obou stranách desky** [L40]:

$$t_s = t_i + (t_m - t_i) \cdot \frac{tgh\left(m \cdot \frac{L}{2}\right)}{m \cdot \frac{L}{2}} - \frac{U_b}{U_b + U_a} \cdot \left(1 - \frac{tgh\left(m \cdot \frac{L}{2}\right)}{m \cdot \frac{L}{2}}\right) \cdot (t_i - t_{ib}) \quad (3.14)$$

kde t_m je střední teplota otopné vody [°C] nesmí překročit 50 °C, rozdíl teplot v přívodním a vratném potrubí může být max. 10 K, doporučuje se 5 až 6 K [L43].

t_i výpočtová vnitřní teplota [°C];

m charakteristické číslo podlahy [m⁻¹];

L rozteč trubek [m];

t_{ib} výpočtová vnitřní teplota na nevytápěnou stranu (pod trubkami).

Průměrná povrchová teplota – na vytápěnou stranu (A) [°C] [L40]:

$$t_p = t_{pa} = \frac{U_a}{\alpha_p} \cdot (t_s - t_i) + t_i \quad (3.15)$$

Při použití různých druhů materiálů potrubí má vliv jejich tepelná vodivost (např. plast PE-X 0,35 W/(m·K), ocel – 52 W/(m·K)). Velká rozdílnost tepelné vodivosti má za následek, že při použití plastového potrubí se povrchová teplota může lišit rozdílem okolo 1 K [L40]. Z tohoto důvodu je uvažováno se střední teplotou otopné vody o 1 K nižší než hodnota vypočtená. Střední teplota otopné vody se pak vypočítá dle vztahu:

$$t_m = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} - 1 \quad (3.16)$$

kde t_{w1} je teplota přívodní vody [°C];

t_{w2} teplota vratné vody [°C].

Měrný tepelný výkon otopné plochy ve směru a do vytápěné místnosti q_a [W/m²] lze stanovit ze vztahu [L40]:

$$q_a = U_a \cdot (t_s - t_i) = \alpha_p \cdot (t_p - t_i) \quad (3.17)$$

a ztrátový měrný tepelný tok podlahové otopné plochy ve směru B do plochou nevytápěných prostor q_b , [W/m²] zeminy či exteriéru. Stanovit jej lze ze vztahu [L23]:

$$q_b = U_b \cdot (t_s - t_{iB,e}) = \alpha'_p \cdot (t_{pB} - t_{iB,e}) \quad (3.18)$$

kde $t_{iB,e}$ je vnitřní výpočtová teplota nebo teplota exteriéru či zeminy [°C]

Při rozdílných teplotách na obou stranách podlahy dosáhneme přesnějších výsledků, stanovíme-li střední teplotu v rovině os potrubí a následně průměrných povrchových teplot z metodiky pro odlišné teplotní parametry.

Tepelný tok ve směru B je ztrátová část tepla, kterou je potřeba omezit. Je-li pod podlahou nevytápěná místnost, je nutné hodnotu tepelného odporu vrstev pod trubkami zvětšit $1/U_b$ než u místností ve vyšších podlažích. Nejvíce se doporučuje, aby tepelná ztráta q_b nebyla větší než 10 až 15 % tepelného výkonu q_a ve směru A. Tepelný odpor vrstvy pod trubkami je třeba zvětšit na hodnotu [L42]:

$$\frac{1}{U_b} = \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{1}{U_a} + \frac{t_i - t_{ib}}{q_a} \right) \Rightarrow U_b \quad (3.19)$$

kde poměr n se volí obvykle 0,05 až 0,15.

Pro místnosti, které leží pod jinými vytápěnými místnostmi, se celková nutná otopná plocha S_p [m²] počítá ze vztahu [L43]:

$$S_p = \frac{Q_{HL,i}}{q_a + q_b} \quad (3.20)$$

U místností v nejvyšších podlaží nebo v přízemních objektech se nutná otopná plocha S_p [m²] počítá ze vztahu [L43]:

$$S_p = \frac{Q_{HL,i}}{q_a} \quad (3.21)$$

a celkový tepelný příkon otopné plochy Q_{PC} [W], který musíme dodat ve vodě, je pro oba případy dán vztahem [L42]:

$$Q_{PC} = (q_a + q_b) \cdot S_p \quad (3.22)$$

3.2.1.1 Vliv okraje na zvětšení specifického tepelného výkonu

Skutečný výkon podlahové otopné plochy je větší o tepelný tok, který sdílí okrajová plocha, v níž nejsou položeny trubky.

Tepelný výkon otopné plochy Q_p [W] je dán vztahem [L43]:

$$Q_{PC} = (q_a + q_b) \cdot S_p \quad (3.23)$$

kde S_p' je otopná podlahová plocha ohraničená krajní trubkou a bez nábytku se soklem [m²].

Šířka okraje r , [m] která udává vzdálenost osy první krajní trubky od stěny, závisí na charakteristickém čísle podlahy m , což vyjadřuje empirický vztah [L43]:

$$r = \frac{2,3}{m} \quad (3.24)$$

Tato šířka okraje se respektuje při návrhu a při umístění otopného hadu podlahy. Tepelný výkon okrajové plochy Q_o [W] je vyjádřen vztahem [L43]:

$$Q_o = Q_p \cdot \frac{O_p}{S_p'} \cdot \frac{0,448 \cdot L}{\operatorname{tgh}\left(m \cdot \frac{L}{2}\right)} \quad (3.25)$$

kde O_p je obvod otopné podlahové plochy vymezený krajními trubkami [m].

Poměrné zvětšení výkonu okraje otopné plochy ρ [-] je dané vztahem [L43]:

$$\rho = \frac{Q_o}{Q_p} \quad (3.26)$$

Tepelný výkon podlahové otopné plochy do vytápěné místnosti nad podlahou Q_{po} [W] je vyjádřen vztahem [L43]:

$$Q_{po} = (1 + \rho) \cdot Q_p \quad (3.27)$$

Součtový tepelný výkon obou složek Q_{ps} [W] směrem A a směrem B je dán vztahem [L43]:

$$Q_{ps} = (q_a + q_b) \cdot S_p' \quad (3.28)$$

Tepelný výkon otopné plochy do vytápěné místnosti Q_c [W] je dán vztahem [L43]

$$Q_c = (1 + \rho) \cdot Q_{ps} \quad (3.29)$$

3.2.1.2 VLIV ZAKRYTÍ NÁBYTKEM

Vliv nábytku na vysokých nohách je možné zanedbat. V ploše pod nábytkem s nízkýma nohama se výkon podlahové otopné plochy snižuje o cca 50 % a u nábytku se soklem se plocha odečítá.

Pokud bude nábytek na nízkých nohách, tak teplota na spodní desce nábytku t_n se určí ze vztahu [L43]:

$$t_n = 0,45 \cdot t_p + 0,55 \cdot t_i \quad (3.30)$$

a specifický tepelný výkon podlahové otopné plochy zakryté nábytkem q_n [W/m²] se určí ze vztahu [L43]:

$$q_n = \alpha_{sp} \cdot (t_p - t_n) + \alpha_{kp} \cdot (t_p - t_i) \quad (3.31)$$

kde α_{sp} je součinitel přestupu tepla z podlahové otopné plochy na nábytek [W·m⁻²·K⁻¹]

$$(\alpha_{sp} = 5 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1})$$

α_{kp} součinitel přestupu tepla konvekcí z povrchu nábytku a podlahy [W·m⁻²·K⁻¹]

$$(\alpha_{kp} = 2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1})$$

Skutečný celkový výkon otopné podlahové plochy do místnosti $Q_{c,skut}$ [W] je tedy [L42]:

$$Q_{c,skut} = Q_c - S_n \cdot (q_a - q_n) \quad (3.32)$$

kde S_n je plocha zakrytá nábytkem na nízkých nohách [m²].

3.2.1.3 STANOVENÍ HYDRAULICKÝCH POMĚRŮ

[L40], [L43]

Celková tlaková ztráta vytápěného okruhu Δp_z [Pa] je dána vztahem:

$$\Delta p_z = \Delta p_\lambda + \Delta p_\xi + \Delta p_A \quad (3.33)$$

kde Δp_λ je tlaková ztráta třením [Pa];

Δp_ξ tlaková ztráta místními odpory [Pa];

Δp_A tlaková ztráta armatury – ventilu u rozdělovací armatury.

Hmotnostní průtok $\dot{m}$ [kg/h] je dán vztahem:

$$\dot{m} = \frac{Q_{ps} \cdot 3600}{c \cdot \Delta t} \quad (3.34)$$

kde Q_{ps} je celkový výkon navrhovaného tepelného okruhu směrem A i B [W];

c měrná tepelná kapacita vody [$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$] ($c = 4176 J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$);

Δt teplotní rozdíl mezi přívodní a vratnou otopnou vodou [K].

3.2.1.3.1 VÝPOČET TLAKOVÉ ZTRÁTY TŘENÍM

Tlaková ztráta třením Δp_λ [Pa] je dána vztahem:

$$\Delta p_\lambda = R \cdot L \quad (3.35)$$

kde R je specifická tlaková ztráta [Pa/m] hodnotu udává výrobce potrubí v závislosti na rychlosti a dimenzi potrubí;

L celková délka trubek v okruhu včetně délky přípojky.

Přibližné určení délky potrubního okruhu L [m] je dána vztahem [L44]:

$$L = \frac{S_p}{l} + \text{délka připojovacího potrubí (přívod + vrat)} \quad (3.36)$$

kde S_p je vytápěná plocha s potrubním hadem stejné rozteče [m²];

l rozteč potrubí.

Rychlost proudění otopné vody v potrubí w [m/s] se vypočítá ze vztahu:

$$w = \frac{\dot{m}}{A \cdot \rho} \quad (3.37)$$

kde $A = \pi \cdot \frac{d_i^2}{4}$ je plocha světlého průřezu potrubí [m²];

d_i vnitřní profil potrubí [m].

3.2.1.3.2 VÝPOČET TLAKOVÉ ZTRÁTY MÍSTNÍMI ODPORY

Tlaková ztráty místními odpory Δp_ξ je dána vztahem:

$$\Delta p_{\xi} = \Sigma \xi \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad (3.38)$$

kde ξ je součinitel místního odporu [-];
 ρ hustota otopné vody [kg/m³].

Hustota je funkcí teploty $\rho = f(t_m)$ [kg/m³] a pro rozsah teplot otopné vody $t_m = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ se dá vyjádřit vztahem [L43]:

$$\rho = 1\,006,824\,821 - 0,366\,028\,8462 \cdot t_m \quad (3.39)$$

Při dodržení minimálního poloměru ohybu 5D, kde D je vnější profil potrubí, je součinitel místního odporu pro 90° oblouk $\xi_{90} = 0,25$. [L40]

3.2.2 VÝPOČET VÝKONU PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ V OBJEKTU

Jako druhá varianta způsobu vytápění bylo zvoleno vytápění pomocí podlahového vytápění. Při výpočtu byly uvažovány následující skladby podlahové konstrukce:

SKLADBA PODLAHOVÉ KONSTRUKCE		PDL1	Anhydrid pokoje			
MATERIÁL		d [m]	λ [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	R [m ² K/W]	α_p [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	
Součinitel přestupu na horní straně				0,113	8,85	
Keramická dlažba	↗	0,010	1,010	0,010		
Lepidlo na dlažbu		0,005	0,800	0,006		
Litý potěr se síranem vápenatým CAF třídy pevnosti v tahu při ohybu F7 dle DIN 18560-2		0,060	1,600	0,038		
↑ skladba nad trubkou				U _a = 6,0008	W·m ⁻² ·K ⁻¹	
↓ skladba pod trubkou				U _b = 0,7671	W·m ⁻² ·K ⁻¹	
Tepelně izolační deska pro PV		0,040	0,040	1,000		
Železobetonová deska	↘	0,250	1,740	0,144		
Omítka JM 303		0,015	0,430	0,035		
Součinitel přestupu tepla na spodní straně				0,125	8	

SKLADBA PODLAHOVÉ KONSTRUKCE		PDL2	Anhydrid terén			
MATERIÁL		d [m]	λ [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	R [m ² K/W]	α_p [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	
Součinitel přestupu na horní straně				0,113	8,85	
Keramická dlažba	↗	0,010	1,010	0,010		
Lepidlo na dlažbu		0,005	0,800	0,006		
Litý potěr se síranem vápenatým CAF třídy pevnosti v tahu při ohybu F7 dle DIN 18560-2		0,060	1,600	0,038		
↑ skladba nad trubkou				U _a = 6,0008	W·m ⁻² ·K ⁻¹	
↓ skladba pod trubkou				U _b = 0,1763	W·m ⁻² ·K ⁻¹	
Tepelně izolační deska pro PV		0,040	0,040	1,000		
Izolace Isover EPS 150S	↘	0,120	0,037	3,243		
Součinitel přestupu tepla na spodní straně				1,429	0,7	

SKLADBA PODLAHOVÉ KONSTRUKCE		PDL3	Cementový potěr koupelny			
MATERIÁL		d [m]	λ [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	R [m ² K/W]	α_p [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	
Součinitel přestupu na horní straně				0,104	9,62	
Keramická dlažba	↗	0,010	1,010	0,010		
Lepidlo na dlažbu		0,005	0,800	0,006		
Cementový potěr CEMLEVEL		0,060	1,200	0,050		
↑ skladba nad trubkou				U _a = 5,8789	W·m ⁻² ·K ⁻¹	
↓ skladba pod trubkou				U _b = 0,7671	W·m ⁻² ·K ⁻¹	
Tepelně izolační deska pro PV		0,040	0,040	1,000		
Železobetonová deska	↘	0,250	1,740	0,144		
Omítka JM 303		0,015	0,430	0,035		
Součinitel přestupu tepla na spodní straně				0,125	8	

SKLADBA PODLAHOVÉ KONSTRUKCE		PDL4	Cem. potěr koupelny terén		
MATERIÁL		d [m]	λ [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	R [m ² K/W]	α_p [W·m ⁻² ·K ⁻¹]
Součinitel přestupu na horní straně				0,113	8,85
Keramická dlažba	↗	0,010	1,010	0,010	
Lepidlo na dlažbu		0,005	0,800	0,006	
Cementový potěr CEMLEVEL		0,060	1,200	0,050	
↑ skladba nad trůbkou				U _a = 5,5821	W·m ⁻² ·K ⁻¹
↓ skladba pod trůbkou				U _b = 0,1763	W·m ⁻² ·K ⁻¹
Tepelně izolační deska pro PV		0,040	0,040	1,000	
Izolace Isover EPS 150S	↘	0,120	0,037	3,243	
Součinitel přestupu tepla na spodní straně				1,429	0,7

SKLADBA PODLAHOVÉ KONSTRUKCE		PDL5	Anhydrid nevytápěný prost.		
MATERIÁL		d [m]	λ [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	R [m ² K/W]	α_p [W·m ⁻² ·K ⁻¹]
Součinitel přestupu na horní straně				0,113	8,85
Keramická dlažba	↗	0,010	1,010	0,010	
Lepidlo na dlažbu		0,005	0,800	0,006	
Litý potěr se síranem vápenatým CAF třídy pevnosti v tahu při ohybu F7 dle DIN 18560-2		0,060	1,600	0,038	
↑ skladba nad trůbkou				U _a = 6,0008	W·m ⁻² ·K ⁻¹
↓ skladba pod trůbkou				U _b = 0,2910	W·m ⁻² ·K ⁻¹
Tepelně izolační deska pro PV		0,040	0,040	1,000	
Železobetonová deska	↘	0,250	1,740	0,144	
Tepelná izolace Isover PIANO		0,08	0,041	1,951	
Uzavřená vzduchová vrstva tl. 18 mm		0,018	0,116	0,155	
SDK deska		0,013	0,210	0,062	
Součinitel přestupu tepla na spodní straně				0,125	8

SKLADBA PODLAHOVÉ KONSTRUKCE		PDL6	Cem. potěr koupelny nevyt.		
MATERIÁL		d [m]	λ [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	R [m ² K/W]	α_p [W·m ⁻² ·K ⁻¹]
Součinitel přestupu na horní straně				0,104	9,62
Keramická dlažba	↗	0,010	1,010	0,010	
Lepidlo na dlažbu		0,005	0,800	0,006	
Cementový potěr CEMLEVEL		0,060	1,200	0,050	
↑ skladba nad trůbkou				U _a = 5,8789	W·m ⁻² ·K ⁻¹
↓ skladba pod trůbkou				U _b = 0,2910	W·m ⁻² ·K ⁻¹
Tepelně izolační deska pro PV		0,040	0,040	1,000	
Železobetonová deska	↘	0,250	1,740	0,144	
Tepelná izolace Isover PIANO		0,08	0,041	1,951	
Uzavřená vzduchová vrstva tl. 18 mm		0,018	0,116	0,155	
SDK deska		0,013	0,210	0,062	
Součinitel přestupu tepla na spodní straně				0,125	8

Jako hlavní teplotní spád byl uvažován 37/31 °C. Jako materiál potrubí bylo uvažováno potrubí RAUTHERM S 14x1,5. Výpočet výkonu podlahového vytápění v objektu byl pro zefektivnění práce zpracován do tabulky. Tabulka byla rozčleněna pro účely diplomové práce na dvě části:

		VÝPOČET PRO ZHUŠTĚNOU OBLAST								VÝPOČET TEPELNÉHO VÝKONU PRO PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ						VLIV ZAKRYTÍ NÁBYTKEM SE SOKLEM				
Č. m.	Název místnosti	Rozteč v oblasti zhuštěných trubek	Střední teplota v rovině os trubek	Průměrná povrchová teplota	Měrný tepelný výkon ve směru A	Ztrátový měrný tepelný výkon ve směru B	Čistá otopná podlahová plocha ohraňovaná krajní trubkou bez nábytku se soklem	Obvod otopné podlahové plochy vymezený krajními trubkami	Tepelný výkon ot. plochy směrem nahoru	Tepelný výkon okrajové plochy	Počet zhuštěných stran obdelníka (max. 4)	Tepelný výkon okrajové plochy se zohledněním zhuštění	Tepelný výkon ot. plochy směrem A vč. zhuštěné oblasti	Poměnné zvětšení výkonu okraju ot. plochy	Součtový tepelný výkon obou směrů A i B	Tep. výkon ot. ploch do vytápěné místnosti	Teplota pod zakrytým nábytkem	Začleněný měrný tepelný výkon	Plocha zakrytá nábytkem na nízkých nohách	Skutečný celkový výkon otopné plochy vč. zhuštění
		L m	t _{s,zhuš} °C	t _{p,zhuš} °C	q _{A,zhuš} W/m²	q _{B,zhuš} W/m²	S _{p,zhuš} m²	O _{p,zhuš} m	Q _{p,zhuš} W	Q _{o,zhuš} W	n	Q _o W	Q _p W	p	Q _{ps} W	Q _c W	t _n °C	q _n W/m²	S _n m²	Q _{c,skut} W
BYT 01																				
121	Chodba	0,000	-	-	0,00	0,00	0,000	0,000	0	0	0	33	24	1,336	26	61	22,82	29,79	0,000	61
122	Koupelna	0,000	-	-	0,00	0,00	0,000	0,000	0	0	4	0	127	0,000	140	140	26,21	23,38	0,360	132
123	Pokoj	0,150	31,62	27,88	69,71	4,69	1,200	6,250	84	50	1	68	146	0,468	157	230	22,82	29,79	1,800	184
124	Obývací pokoj, kuchyně	0,150	31,62	27,88	69,71	4,69	2,340	11,300	163	90	2	113	487	0,232	523	644	22,82	29,79	3,200	562
BYT 02																				
126	Koupelna	0,000	-	-	0,00	0,00	0,000	0,000	0	0	4	0	112	0,000	123	123	26,21	23,38	0,360	114
127	Obývací pokoj, kuchyně	0,150	31,62	27,88	69,71	4,69	2,160	8,400	151	67	1	83	390	0,213	419	508	22,82	29,79	4,000	405
BYT 03																				
129	Koupelna	0,000	-	-	0,00	0,00	0,000	0,000	0	0	4	0	133	0,000	147	147	26,21	23,38	0,360	138
131	Obývací pokoj, kuchyně	0,150	31,62	27,88	69,71	4,69	1,980	7,800	138	62	1	90	373	0,242	400	497	22,82	29,79	4,000	394
BYT 04																				
132	Chodba	0,000	-	-	0,00	0,00	0,000	0,000	0	0	0	34	42	0,821	45	82	22,82	29,79	0,000	82
133	Obývací pokoj, kuchyně	0,150	31,62	27,88	69,71	4,69	2,160	8,400	151	67	1	92	290	0,315	311	409	22,82	29,79	4,000	307
134	Koupelna	0,000	-	-	0,00	0,00	0,000	0,000	0	0	4	0	121	0,000	133	133	26,21	23,38	0,360	125
BYT 05																				
135	Chodba	0,000	-	-	0,00	0,00	0,000	0,000	0	0	0	37	28	1,305	30	70	22,82	29,79	0,000	70
136	Koupelna	0,000	-	-	0,00	0,00	0,000	0,000	0	0	4	0	127	0,000	140	140	26,21	23,38	0,360	132
137	Pokoj	0,150	31,62	27,88	69,71	4,69	1,200	6,250	84	50	1	68	146	0,468	157	230	22,82	29,79	1,800	184
138	Obývací pokoj, kuchyně	0,150	31,62	27,88	69,71	4,69	3,480	12,800	243	102	2	94	534	0,175	573	673	22,82	29,79	3,000	596
BYT 06																				
205	Chodba	0,000	-	-	0,00	0,00	0,000	0,000	0	0	0	45	36	1,255	41	92	22,78	29,40	0,000	92
206	WC	0,000	-	-	0,00	0,00	0,000	0,000	0	0	1	24	41	0,590	45	72	23,57	37,70	0,000	72
207	Obývací pokoj, kuchyně	0,150	31,60	27,86	69,59	7,74	4,073	19,000	283	152	2	148	817	0,182	917	1084	22,78	29,40	5,000	957
208	Pokoj	0,150	31,60	27,86	69,59	7,74	1,013	6,512	70	52	1	86	260	0,330	292	389	22,78	29,40	1,800	343
211	Ložnice	0,150	31,60	27,86	69,59	7,74	2,090	11,056	145	88	2	107	330	0,325	370	490	22,78	29,40	3,200	409
212	Koupelna	0,000	-	-	0,00	0,00	0,000	0,000	0	0	4	0	102	0,000	146	146	26,28	24,12	0,360	137
BYT 07																				
214	WC	0,000	-	-	0,00	0,00	0,000	0,000	0	0	0	25	23	1,098	26	54	22,79	29,45	0,000	54
215	Obývací pokoj, kuchyně - OB	0,150	31,69	27,93	70,14	8,97	2,430	17,170	170	138	2	132	472	0,281	532	681	22,79	29,45	3,000	605
215	Obývací pokoj, kuchyně - KU	0,150	31,69	27,93	70,14	8,97	1,530	6,300	107	51	2	66	342	0,194	386	461	23,32	35,00	3,000	370
216	Pokoj	0,150	31,69	27,93	70,14	8,97	0,990	5,536	69	45	1	68	225	0,304	254	331	22,79	29,45	4,000	229
217	Ložnice	0,150	31,69	27,93	70,14	8,97	0,990	5,536	69	45	1	68	225	0,304	254	331	22,79	29,45	4,000	229
218	Koupelna	0,000	-	-	0,00	0,00	0,000	0,000	0	0	4	0	196	0,000	234	234	26,31	24,43	0,360	225
BYT 08																				
221	Koupelna	0,000	-	-	0,00	0,00	0,000	0,000	0	0	4	0	196	0,000	234	234	26,31	24,43	0,360	225
222	Pokoj	0,150	31,69	27,93	70,14	8,97	0,728	4,927	51	40	1	63	200	0,314	226	297	22,79	29,45	4,000	195
223	Ložnice	0,150	31,69	27,93	70,14	8,97	0,878	5,497	62	44	1	68	223	0,304	252	328	22,79	29,45	4,000	227
224	Obývací pokoj, kuchyně - OB	0,150	31,69	27,93	70,14	8,97	2,310	16,370	162	132	2	126	443	0,283	500	642	22,79	29,45	3,000	566
224	Obývací pokoj, kuchyně - KU	0,150	31,69	27,93	70,14	8,97	1,349	5,698	95	46	3	62	322	0,192	363	433	23,32	35,00	3,000	342
BYT 09																				
303	Chodba	0,000	-	-	0,00	0,00	0,000	0,000	0	0	0	61	53	1,136	60	129	22,79	29,45	0,000	129
304	WC	0,000	-	-	0,00	0,00	0,000	0,000	0	0	1	23	41	0,573	46	72	23,57	37,64	0,000	72
305	Obývací pokoj, kuchyně	0,150	31,69	27,93	70,14	8,97	4,073	19,000	286	153	2	168	857	0,196	967	1156	22,79	29,45	5,000	1029
306	Pokoj	0,150	31,69	27,93	70,14	8,97	1,013	6,512	71	52	1	88	264	0,331	298	397	22,79	29,45	1,800	351
308	Ložnice	0,150	31,69	27,93	70,14	8,97	2,090	11,056	147	89	2	107	332	0,321	374	494	22,79	29,45	3,200	413
309	Koupelna	0,000	-	-	0,00	0,00	0,000	0,000	0	0	4	0	103	0,000	123	123	26,31	24,43	0,036	122
BYT 10																				
311	Chodba	0,000	-	-	0,00	0,00	0,000	0,000	0	0	0	36	62	0,581	69	110	23,57	37,64	0,000	110
312	Koupelna	0,000	-	-	0,00	0,00	0,000	0,000	0	0	4	0	168	0,000	200	200	26,31	24,43	0,360	191
314	Obývací pokoj, kuchyně-OB	0,150	31,69	27,93	70,14	8,97	2,430	17,170	170	138	2	132	472	0,281	532	681	22,79	29,45	3,000	605
314	Obývací pokoj, kuchyně-KU	0,150	31,69	27,93	70,14	8,97	1,530	6,300	107	51	2	66	342	0,194	386	461	23,32	35,00	3,000	370
315	Ložnice	0,150	31,69	27,93	70,14	8,97	0,857	5,151	60	41	1	69	249	0,277	280	358	22,79	29,45	4,000	257
BYT 11																				
318	Koupelna	0,000	-	-	0,00	0,00	0,000	0,000	0	0	4	0	240	0,000	286	286	26,31	24,43	0,360	277
319	Pokoj	0,150	31,69	27,93	70,14	8,97	0,878	5,498	62	44	0	76	223	0,340	252	337	22,79	29,45	4,000	236
321	Pokoj	0,150	31,69	27,93	70,14	8,97	0,728	4,927	51	40	0	71	200	0,353	226	306	22,79	29,45	4,000	204
322	Pokoj	0,150	31,69	27,93	70,14	8,97	0,878	5,498	62	44	0	76	223	0,340	252	337	22,79	29,45	4,000	236
323	Obývací pokoj, kuchyně- OB	0,150	31,69	27,93	70,14	8,97	2,310	16,370	162	132	0	119	443	0,269	500	635	22,79	29,45	3,000	559
323	Obývací pokoj, kuchyně- KU	0,150	31,69	27,93	70,14	8,97	1,349	5,698	95	46	0	110	322	0,341	363	487	23,32	35,00	3,000	396
324	WC	0,000	-	-	0,00	0,00	0,000	0,000	0	0	0	20	8	2,608	9	31	23,92	41,34	0,000	31
BYT 12																				
404	Chodba	0,000	-	-	0,00	0,00	0,000	0,000	0	0	0	64	114	0,556	129	201	23,57	37,64	0,200	194
405	Koupelna	0,000	-	-	0,00	0,00	0,000	0,000	0	0	4	0	168	0,000	200	200	26,31	24,43	0,360	191
406	WC	0,000	-	-	0,00	0,00	0,000	0,000	0	0	0	19	11	1,800	12	33	23,92	41,34	0,000	33
407	Obývací pokoj, kuchyně-OB	0,150	31,69	27,93	70,14	8,97	2,610	18,371	183	148	2	137	632	0,217	713	868	22,79	29,45	3,000	792
407	Obývací pokoj, kuchyně-KU	0,150	31,69	27,93	70,14	8,97	1,349	5,698	95	46	2	73	470	0,155	530	612	23,32	35,00	3,000	521
408	Ložnice	0,150	31,69	27,93	70,14	8,97	0,857	5,151	60	41	1	77	327	0,235	369	456	22,79	29,45	4,000	354
BYT 13																				
411	Chodba	0,000	-	-	0,00	0,00	0,000	0,000	0	0	0	49	22	2,252	25	80	22,79	29,45	0,000	80
412	Koupelna	0,000	-	-	0,00	0,00	0,000	0,000	0	0	4	0	251	0,000	261	261	26,62	27,69	0,360	253
413	Pokoj	0,150	31,69	27,93	70,14	8,97	0,878	5,498	62	44	1	80	349	0,229	394	484	22,79	29		

V koupelnách byla doplněna otopná tělesa, která byla přepočítána na teplotní spád 37/31 °C. Přepočet výkonu otopných těles na jiný teplotní spád je uveden v následující tabulce:

Č. místnosti	Název místnosti	Zbývá dokrýt OT	t _i	Typ otopného tělesa	Výkon OT dle výrobce	Součinitele zohledňující teplotní rozdíl	Výkon OT přepočítaný pro	Součinitele zohledňující					Skutečný výkon tělesa	
		Q			75/65-20 °C		f _{Δt}	37/31 - ti	připojení těles	úpravu okolí	počet článků	umístění v místnosti		Q _{T,skut}
		[W]			[°C]		[W]	[-]	[-]	f _x	f _o	f _n		f _p
BYTY														
122	Koupelna	268	24	KRMM 1810x745	1452	0,1233	179	1	1	1	1	179		
				KRMM 1810x745	1452	0,1233	179	1	1	1	0,9	161		
126	Koupelna	218	24	KRMM 1810x745	1452	0,1233	179	1	1	1	1	179		
				KRMM 1215x450	557	0,1544	86	1	1	1	0,95	82		
129	Koupelna	172	24	KRMM 1810x745	1452	0,1233	179	1	1	1	1	179		
				KRMM 690x450	320	0,1313	42	1	1	1	0,95	40		
134	Koupelna	338	24	KRMM 1810x745	1452	0,1233	179	1	1	1	1	179		
				KRMM 1810x745	1452	0,1233	179	1	1	1	1	179		
136	Koupelna	281	24	KRMM 1810x745	1452	0,1233	179	1	1	1	1	179		
				KRMM 1810x745	1452	0,1233	179	1	1	1	1	179		
212	Koupelna	274	24	KRMM 1810x745	1452	0,1233	179	1	1	1	0,95	170		
				KRMM 1810x745	1452	0,1233	179	1	1	1	0,9	161		
218	Koupelna	82	24	KRMM 1810x600	1101	0,1272	140	1	1	1	0,95	133		
221	Koupelna	112	24	KRMM 1810x745	1452	0,1233	179	1	1	1	0,95	170		
309	Koupelna	190	24	KRMM 1495x745	1124	0,1272	143	1	1	1	0,95	136		
				KRMM 1495x450	686	0,1254	86	1	1	1	0,95	82		
312	Koupelna	254	24	KRMM 1810x745	1452	0,1233	179	1	1	1	0,9	161		
				KRMM 1810x745	1452	0,1233	179	1	1	1	0,9	161		
318	Koupelna	86	24	KRMM 1810x600	1101	0,1272	140	1	1	1	0,9	126		
405	Koupelna	336	24	KRMM 1810x745	1452	0,1233	179	1	1	1	0,9	161		
				RADIK VK22-9090	2082	0,1085	226	1	1	1	0,9	203		
412	Koupelna	209	24	KRMM 1495x745	1124	0,1272	143	1	1	1	0,95	136		
				KRMM 1495x745	1124	0,1272	143	1	1	1	0,95	136		
CELKEM		2819										3472		

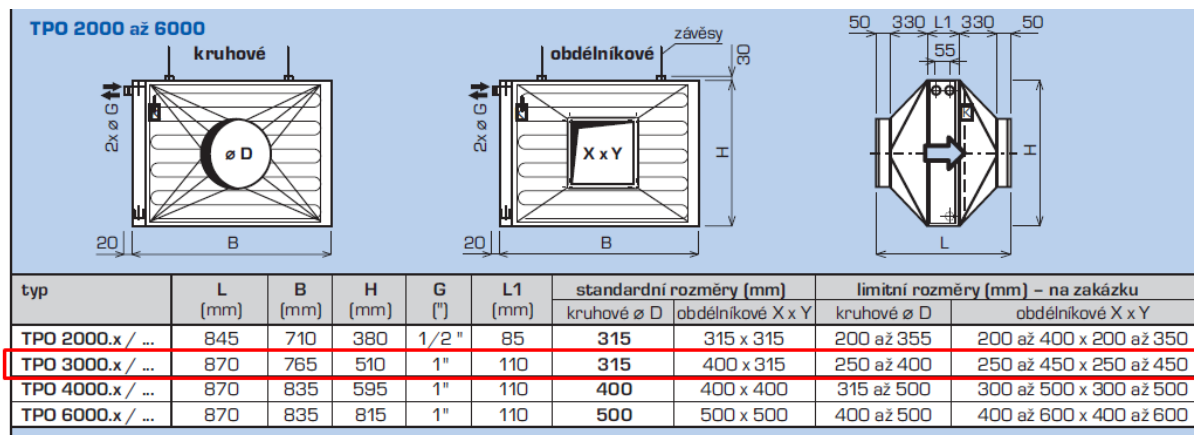
Přepočet výkonu otopných těles ve společných prostorech na jiný teplotní spád je uveden v následující tabulce:

Č. místnosti	Název místnosti	Tepelná ztráta místnosti			Výkon OT dle výrobce	Součinitele zohledňující teplotní rozdíli	Výkon OT přepočítaný pro	Součinitele zohledňující				Skutečný výkon tělesa
		Q _{HL,i}	t _i	Typ otopného tělesa	Q _{Tn} 75/65-20 °C	f _{Δt}	37/31 - ti	připojení těles f _x	úpravu okolí f _o	počet článků f _n	umístění v místnosti f _p	Q _{T,skut}
		[W]	[°C]		[W]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[W]
SPOLEČNÉ PROSTORY												
101	Chodba, schodiště	146	15	22VK-6050	840	0,2726	229	1	1	1	0,95	218
101a	Výlevka	14	15	bez otopného tělesa								0
102	Výtah	126	15	11VK-6060	601	0,2795	168	1	1	1	1	168
201	Chodba, schodiště	0	15	11VK-5060	515	0,2796	144	1	1	1	1	144
202	Výtah	84	15									
301	Chodba, schodiště	0	15	11VK-5060	515	0,2796	144	1	1	1	1	144
302	Výtah	89	15									
401	Chodba, schodiště	0	15	bez otopného tělesa								0
402	Výtah	160	15									
104	Chodba	0	15	bez otopného tělesa								0
107	Kočárkárna	157	15	11VK-5080	686	0,2784	191	1	1	1	0,95	181
119	Místnost TZB	1	7,5	bez otopného tělesa								0
CELKEM		777										855

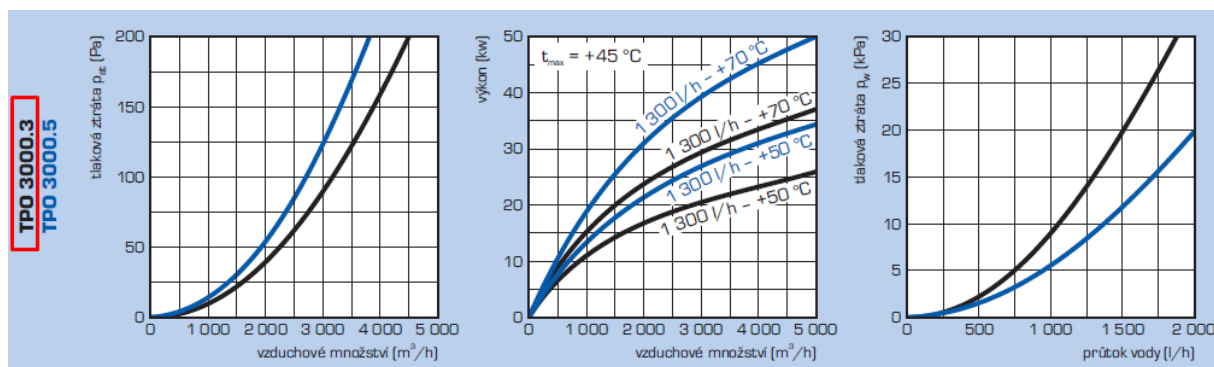
3.3 NÁVRH OHŘÍVAČE VZDUCHU

V objektu bude instalována centrální vzduchotechnická jednotka, která bude umístěna na střeše objektu. Ohřev přírodního vzduchu bude pomocí potrubního teplovodního ohřívače umístěného ve vnitřním prostoru.

Byl navržen potrubní teplovodní ohřívač TPO 3000.3 s tlakovou ztrátou výměníku do 5 kPa, který při teplotním spádu 75/50°C má maximální topný výkon 25,2 kW. Potřebný topný výkon je 16,208 kW. Tlaková ztráta na vzduchu je 44 Pa. Objem výměníku je 2,3 l. Technické parametry a rozměr jsou na obrázcích níže.



Obrázek 3-11 Rozměry navrženého teplovodního ohřívače [L45]



Obrázek 3-12 Tlakové ztráty navrženého výměníku [L45]

3.4 DÍLČÍ ZÁVĚR

V objektu byly navrženy dva způsoby vytápění – otopná tělesa a podlahové vytápění, dále byl navržen potrubní teplovodní ohřívač vzduchu TPO 3000. V tabulce níže jsou uvedeny hodnoty potřebného a navrženého množství tepla.

Tabulka 3-1 Potřebné a instalované množství tepla

Potřeba tepla pro	Potřebné	Instalované
Vytápění – otopná tělesa	19,450 kW	22,710 kW
Vytápění – podlahové vytápění	18,858 kW	22,785 kW
Ohřev vzduchu	16,208 kW	16,300 kW

4 NÁVRH OHŘEVU TV

Návrh zásobníku teplé vody je možné udělat čtyřmi metodami. První metoda je návrh podle křivek dodávky a odběru tepla, druhá metoda je návrh dle DIN 7408, třetí metoda je návrh, který zohledňuje přednostní přípravu teplé vody se společným zdrojem pro vytápění, čtvrtá metoda návrhu zohledňuje špičky v odběru teplé vody. [L48]

Pro návrh ohřevu teplé vody bude použita metoda podle křivek dodávky a odběru tepla. Specifická dávka teplé vody dle [L46] je 82 l/os/den. Evropská norma [L47] uvádí hodnotu 40 l/os/den při 60°C. Nově vydaná norma pro návrh ohřevu teplé vody [L49] udává pro bytové domy 25 až 30 l/os/den. Dle zkušeností z měření na reálných objektech je hodnota 82 l/os/den nadhodnocená a neodpovídá reálným spotřebám. Myslím, že hodnota 40 l/os/den by pro návrh byla dostatečná, ale na stranu bezpečnou bude v následujících výpočtech uvažováno se specifickou dávkou TV 60 l/os/den.

4.1 NÁVRH PODLE KŘIVEK DODÁVKY A ODBĚRU TEPLA

Celková denní potřeba TV V_{2P} v dané periodě je uvažována se specifickou dávkou $0,06 \text{ m}^3 \cdot \text{os}^{-1} \cdot \text{per}^{-1}$ na umývání, vaření a úklid. V bytovém domě bude maximálně 40 osob. Celková denní potřeba TV je tedy:

$$V_{2P} = n \cdot V'_{2P} = 40 \cdot 0,06 = 2,4 \text{ m}^3 / \text{per}$$

Teoretické teplo odebrané z ohříváče v době periody Q_{2t} dle vztahu 7 v normě [L46]:

$$Q_{2t} = c \cdot V_{2P} \cdot (\theta_2 - \theta_1) = 1,163 \cdot 2,4 \cdot (55 - 10) = \mathbf{125,6 \text{ kWh/per}}$$

Teplo ztracené při ohřevu a distribuci TV v době periody Q_{2z} dle vztahu 8 v normě [L46]:

$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z = 125,6 \cdot 0,5 = \mathbf{62,8 \text{ kWh/per}}$$

Potřeba tepla odebraného z ohříváče TV během jedné periody Q_{2P} dle vztahu 6 v normě [L46]:

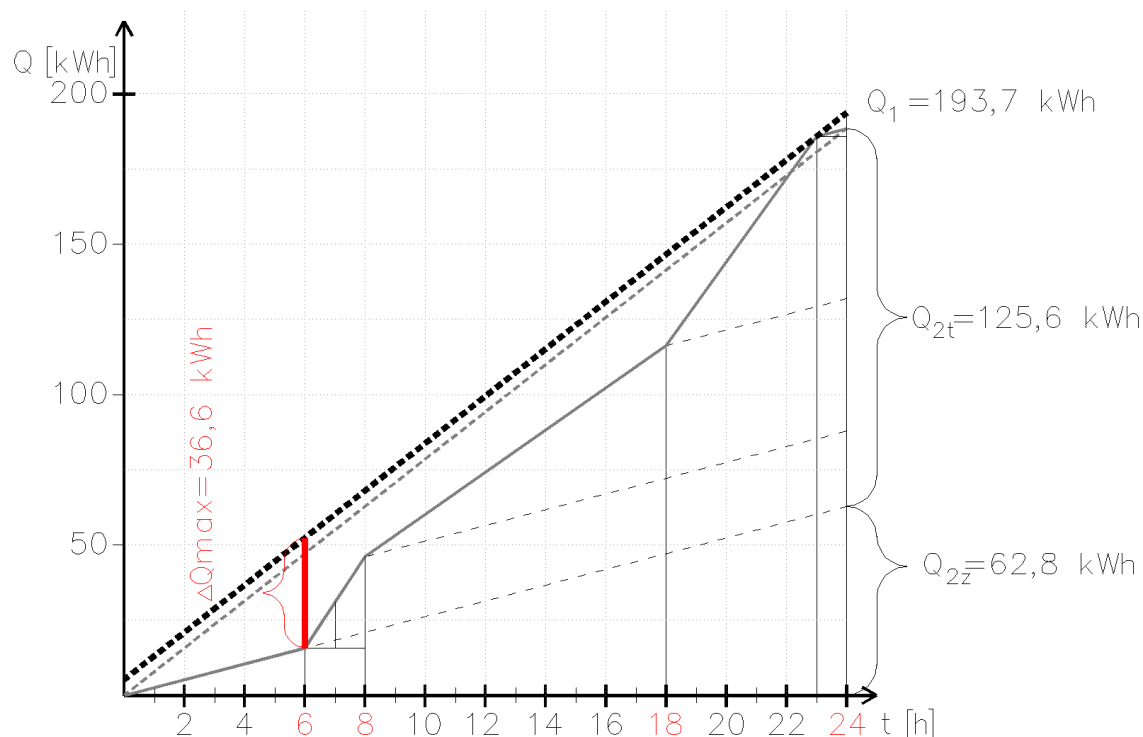
$$Q_{2P} = Q_{2t} + Q_{2z} = 125,6 + 62,8 = \mathbf{188,4 \text{ kWh/per}}$$

Při provozu BD se předpokládá rozložení odběru v čase dle tabulky 4-1, které zohledňuje ranní hygienu.

Tabulka 4-1 Rozložení odběru tepla v čase

Časové rozpětí	Procentuální podíl odběru	Teplo odebrané Q_{2t} [kWh]	Teplo dodané ΔQ [kWh]	Nabíjecí výkon ohříváče [kW]
0-6	0 %	0,00	15,7	2,62
6-8	20 %	25,12	30,3	15,2
8-18	35 %	43,96	70,2	7,02
18-23	45 %	56,52	69,6	13,9
23-0	0	0,00	2,6	2,6

Odběrový diagram s křivkami odběru tepla ze zásobníku a dodávky tepla v zásobníku je na obrázku 4-1. Z odběrového diagramu plyne, že maximální rozdíl mezi odběrem a dodávkou tepla je $\Delta Q_{max} = 36,6 \text{ kWh}$. Teplo dodané ohřívačem do TV za 24 hodin je $Q_1 = 193,7 \text{ kWh}$.



Obrázek 4-1 Odběrový diagram

4.1.1.1 VARIANTA 1 - ZÁSObNÍKOVÝ OHŘEV

Velikost zásobníku V_z určíme dle vztahu 10 v normě [L46]:

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} = \frac{36,6}{1,163 \cdot (55 - 10)} = 0,699 \text{ m}^3$$

Jmenovitý tepelný výkon pro ohřev Φ_{1n} se stanoví pro ohřev ze zásobníku ze vztahu 11 v normě [L46].

Pro plně zásobníkový ohřev platí:

$$\Phi_{1n} = \left(\frac{Q_1}{t} \right)_{max} = \frac{193,7}{24} = 8,07 \text{ kW}$$

Potřebná teplosměnná plocha při teplotním spádu $T_1/T_2 = 75/50 \text{ °C}$:

$$\Delta t = \frac{(T_1 - \theta_2) - (T_2 - \theta_1)}{\ln \frac{(T_1 - \theta_2)}{(T_2 - \theta_1)}} = \frac{(75 - 55) - (50 - 10)}{\ln \frac{75 - 55}{50 - 10}} = 28,9 \text{ K}$$

$$A = \frac{\Phi_{1n} \cdot 10^3}{U \cdot \Delta t} = \frac{8,07 \cdot 10^3}{420 \cdot 28,9} = 0,66 \text{ m}^2$$

Minimální potřebná teplosměnná plocha výměníku je $0,66 \text{ m}^2$.

4.1.1.1.2 VARIANTA 2 - SMÍŠENÝ OHŘEV

Pro smíšený ohřev je odhadovaná hodinová špička mezi 6–8 h, kdy je během 2 hodin spotřebováno 20 % TV. Potřeba vody za 1 h je tedy

$$\frac{V_{2P} \cdot 0,2}{\Delta\tau} = \frac{2,4 \cdot 0,2}{2} = 0,24 \text{ m}^3$$

Požadavek nabíjecího výkonu (se zahrnutím ztraceného tepla):

$$\Phi_{1n} = \left(\frac{Q_1}{\tau}\right)_{max} = \frac{30,3}{2} = 15,2 \text{ kW}$$

Potřebná teplosměnná plocha výměníku při teplotním spádu 75/50 °C:

$$A = \frac{\Phi_{1n} \cdot 10^3}{U \cdot \Delta t} = \frac{15,2 \cdot 10^3}{420 \cdot 28,9} = 1,25 \text{ m}^2$$

Minimální potřebná teplosměnná plocha výměníku je 1,25 m².

4.2 NÁVRH OHŘEVU TV

Na základě výše prezentovaných výpočtů bude navržena příprava teplé vody podle křivek dodávky a odběru tepla se sníženou specifickou dávkou teplé vody 60 l/os/den a to pomocí smíšeného ohřevu. Bude navržen zásobník o minimálním objemu 240 l s integrovaným výměníkem tepla o minimálním výkonu 15,2 kW.

Byl navržen zásobníkový ohříváč vody **REGULUS RBC 400** s integrovaným výměníkem a s možností připojení el. topného tělesa (viz obrázek 4-1) s užitným objemem 396 l.

Potřebná teplosměnná plocha pro průtokový ohřev při teplotním spádu 75/50 °C je 1,25 m². Navržený zásobníkový ohříváč vody má teplosměnnou plochu výměníku 1,9 m². Teplosměnná plocha pro ohřev bude dostatečná. Výměník je schopen přenést cca

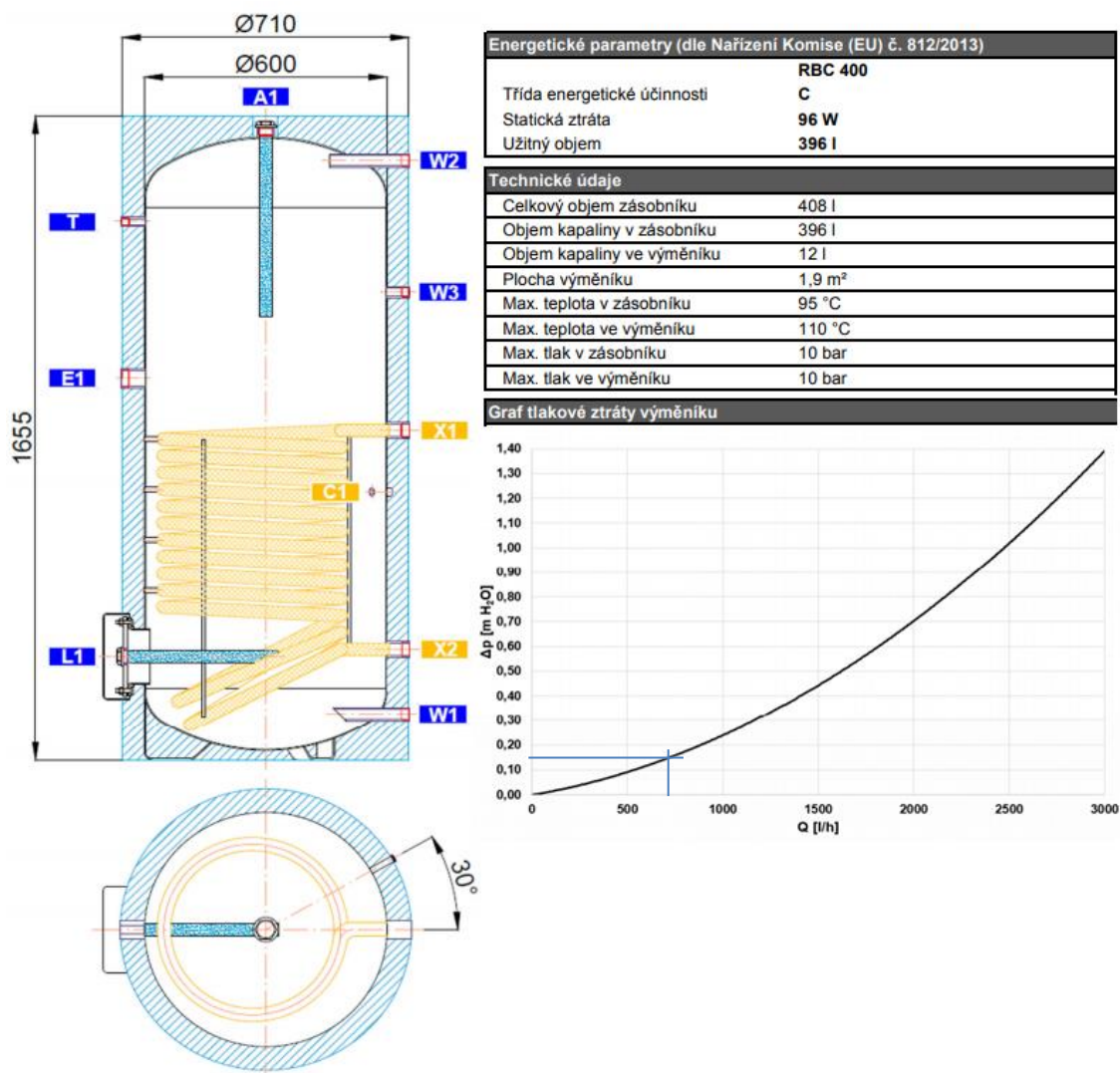
$$\Phi_{1n} = \frac{A \cdot U \cdot \Delta t}{10^3} = \frac{1,9 \cdot 420 \cdot 28,9}{10^3} = 23,06 \text{ kW}$$

Z důvodu volby kotle o maximálním výkonu 45 kW (viz další kapitoly) pro spád 80/60°C bylo stanoveno, že ohřev TV bude realizován nabíjecím výkonem 19,0 kW. Tento výkon bude použit pro dimenzování potrubí. Výkon 19,0 kW je vyšší než minimální, který je 15,2 kW. Nabíjecí výkon 19,0 kW bude použit pro dimenzování potrubí. Při nabíjecím výkonu 19,0 kW se objem 240 l potřebný pro pokrytí dvouhodinové ranní špičky ohřeje za

$$\tau = \frac{c \cdot \Delta\theta \cdot V}{Q} = \frac{1,163 \cdot (55 - 10) \cdot 0,24}{19,0} = 0,66 \text{ h} = 40 \text{ min}$$

Celý objem 396 l zásobníkového ohříváče bude při nabíjecím výkonu 19,0 kW zahřán za

$$\tau = \frac{c \cdot \Delta\theta \cdot V}{Q} = \frac{1,163 \cdot (55 - 10) \cdot 0,369}{19,0} = 1,02 \text{ h} = 1 \text{ h } 1 \text{ min}$$



Obrázek 4-2 Zásobníkový ohřívač vody REGULUS RBC 400 [L50]

4.3 KONTROLNÍ NÁVRH DLE DIN 4708

Výpočet podle DIN 7408 zohledňuje pro návrh zásobníku teplé vody pouze největší spotřebič teplé vody, který bude v daném bytě používán. V našem případě jsou koupelny vybaveny sprchovým koutem nebo koupací vanou a potřeba tepla odběrného místa je $\sum Q_i = 5,82 \text{ kWh}$. [L48]

Koeficient obsazenosti p je možné určit na základě počtu lidí v objektu, kteří mají potřebu teplé vody. Nejsou-li údaje o obsazenosti bytu, je možné dle obytných místností určit koeficient obsazenosti.

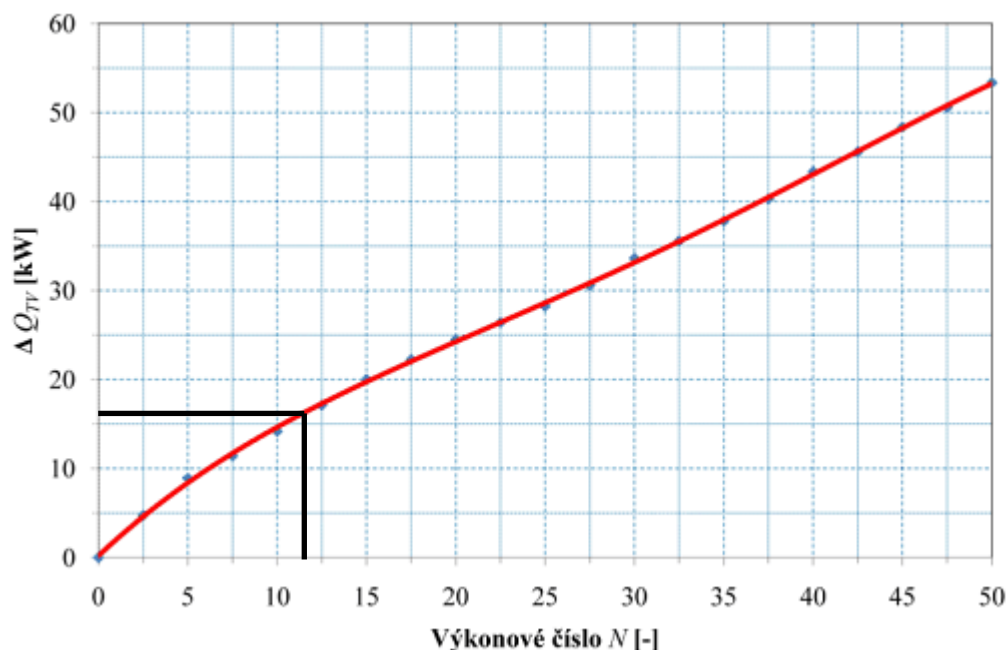
Výpočet dle maximálního počtu lidí:

$$N = \frac{\sum(n \cdot p \cdot \sum Q_i)}{Q_N} = \frac{40 \cdot 5,82}{3,5 \cdot 5,82} = 11,4$$

Výpočet dle počtu obytných místností:

$$N = \frac{\sum(n \cdot p \cdot \sum Q_i)}{Q_N} = \frac{31,8 \cdot 5,82}{3,5 \cdot 5,82} = 9,1$$

V dalších výpočtech bude uvažováno s větším výkonovým číslem $N = 11,4$.



Obrázek 4-3 Zvýšený výkon kotle v závislosti na výkonovém čísle [L66]

Z obrázku 4-3 je patrné, že zvýšení výkonu kotle pro ohřev teplé vody je $\Delta Q_{TV} = 16 \text{ kW}$. Je možné navrhnout zásobník SU400.5 s výkonovým číslem $N_L = 13,0$ a užitným objem 380,9 l.

Technická data SU160.5-SU400.5

Typ zásobníku	SU160.5 A(B)	SU200.5 A(B)	SU200.5 E-B	SU300/5 B	SU400/5 C
Směrnice EU o energetické účinnosti					
Energetická třída	A (B)	A (B)	B	B	C
Stálá ztráta	W 40,1 (45,8)	42,7 (55)	55	70	88,3
Užitný objem	l 156,9	198,5	198,5	300	380,9

Výkonová data teplé vody		SU160.5 A(B)	SU200.5 A(B)	SU200.5 E-B	SU300.5 B	SU400.5 B
Teplota otopné vody	°C	80	80	80	80	80
Výkonové číslo NL při teplotě 60°C ¹⁾		2,6	4,2	4,2	9,0	13,0
Trvalý výkon teplé vody při výstupní teplotě vody při 45°C ²⁾	(l/h)	774	774	774	1030	1375
Trvalý výkon teplé vody při výstupní teplotě vody při 45°C ²⁾	(kW)	31,5	31,5	31,5	42	56
Trvalý výkon teplé vody při výstupní teplotě vody při 60°C ²⁾	(l/h)	430	430	430	507	808
Trvalý výkon teplé vody při výstupní teplotě vody při 60°C ²⁾	(kW)	25	25	25	29,5	47
Max. výkon s el. vytápěním, pouze u SU200.5 E ³⁾	(kW)	-	-	6	-	-
Průtok otopné vody	m³/h	2,6	2,6	2,6	2,6	3,5
Tlaková ztráta	mbar	82	82	82	100	207

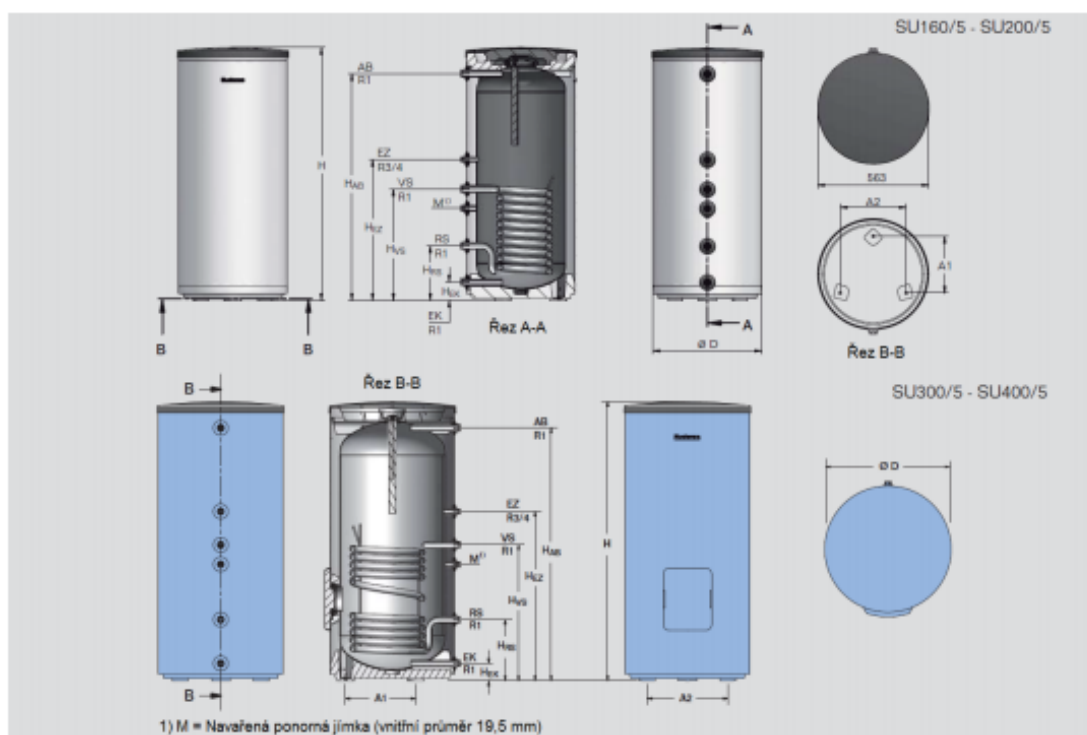
1) Dle DIN 4708 je výkonové číslo (tučně vytisknuto) vztaženo k $t_v = 80^\circ\text{C}$ a $t_{sp} = 60^\circ\text{C}$, vytápěcí výkon odpovídá trvalému výkonu teplé vody v kW při 45°C

2) Vstupní teplota studené vody 10°C

3) U tepelných zdrojů s vyšším vytápěcím výkonem omezte na uvedenou hodnotu

Obrázek 4-4 Technické parametry zásobníku [L67]

Technická data Logalux SU



Typ zásobníku			SU160.5-A(B)	SU200.5-A(B)	SU200.5 E-B	SU300.5-B	SU400.5-C
Objem zásobníku		l	156,9	199	199	300	381
Průměr	Ø D	mm	600 (550)	600 (550)	550	670	670
Výška ¹⁾	H	mm	1320 (1300)	1550 (1530)	1530	1495	1835
Klopná míra		mm	1450 (1410)	1660 (1625)	1625	1655	1965
Výška místnosti ²⁾		mm	1650	1880	1880	1850	2100
Vstup otopné vody ¹⁾	HVS	mm	553	553	553	722	898
Zpátečka ¹⁾	HRS	mm	265	265	265	318	318
Vstup studené vody ¹⁾	HEX	mm	80	80	80	80	80
Cirkulace ¹⁾	HEZ	mm	703	703	703	903	1143
Výstup teplé vody ¹⁾	HAZ	mm	1138	1399	1399	1355	1695
Teplosměnná plocha výměníku		m ²	0,9	0,9	0,9	1,3	1,8
Objem otopné vody		l	6,0	6,0	6,0	8,6	11,9
Pohotovostní tepelná ztráta ³⁾		kWh/24h	0,96 (1,8)	1,02 (2,0)	2,0	1,94	2,1
Hmotnost netto ⁴⁾		kg	77 (74)	88 (84)	84	105	119
Max. provozní tlak		bar	16 otopná voda / 10 teplá voda				
Max. provozní teplota		°C	160 otopná voda / 95 teplá voda				
Vzdálenost nohou	A1	mm	288	288	288	380	380
Vzdálenost nohou	A2	mm	333	333	333	440	440

1) Plus nožičky 10 - 20 mm

2) Minimální výška stropu

3) Při teplotním rozdílu 45 K dle EN 12897

4) Hmotnost s obalem je o cca 5% vyšší

Obrázek 4-5 Technické parametry [L67]

4.4 DÍLČÍ ZÁVĚR

Návrh ohřevu teplé vody byl navržen podle křivek dodávky a odběru tepla. Specifická potřeba teplé vody byla uvažována 60 l/osobu/den. Tepelné ztráty vlivem cirkulace byly uvažovány 50 %.

Pro ohřev vody pomocí zdroje tepla byl zvolen smíšený ohřev teplé vody o potřebném výkonu 15,2 kW pro krytí špičkového výkonu a minimální objem zásobníku byl stanoven na 359 l. Dále bude ve výpočtech uvažováno s topným výkonem pro ohřev TV $Q_{TV} = 19,0 \text{ kW}$. Byl navržen zásobníkový ohříváč RBC 400 o užitném objemu 396 l s teplosměnnou plochou 1,9 m², která je větší než požadovaná 1,25 m².

Jako srovnání, zda uvažovaná spotřeba 60 l/osobu/den je správná byl proveden kontrolní výpočet podle DIN, kde bylo uvažováno na stranu bezpečnou s vyšším výkonovým číslem. Zásobník s větším výkonovým číslem měl užitný objem 381 l. Navržený zásobník teplé vody má 396 l.

Tlaková ztráta výměníku pro průtok 666 l/h byla stanovena z grafu a činí cca 15 kPa.

5 NÁVRH ZDROJE TEPLA

5.1 PŘIPOJOVACÍ TEPELNÝ VÝKON ZDROJE TEPLA

Návrhové tepelný výkon pro vytápění je $Q_{VYT} = 19,450 \text{ kW}$. Návrhový tepelný výkon pro vzduchotechniku je $Q_{VZT} = 16,208 \text{ kW}$. Návrhový tepelný výkon pro přípravu teplé vody je $Q_{TV} = 15,200 \text{ kW}$.

Stanovení tepelného výkonu zdroje tepla:

$$Q_{PRIP,I} = 0,7 \cdot Q_{VYT} + 0,7 \cdot Q_{VZT} + Q_{TV} = 0,7 \cdot 19,450 + 0,7 \cdot 16,208 + 15,200 = 40,2 \text{ kW}$$

$$Q_{PRIP,II} = Q_{VYT} + Q_{VZT} = 19,450 + 16,208 = 35,7 \text{ kW}$$

Tepelný výkon kotle je roven vyšší hodnotě z $Q_{PRIP,I}$ a $Q_{PRIP,II}$:

$$Q_{PRIP} = \max(Q_{PRIP,I}; Q_{PRIP,II}) = \max(40,2; 35,7) = 40,2 \text{ kW}$$

5.2 NÁVRH ZDROJE TEPLA

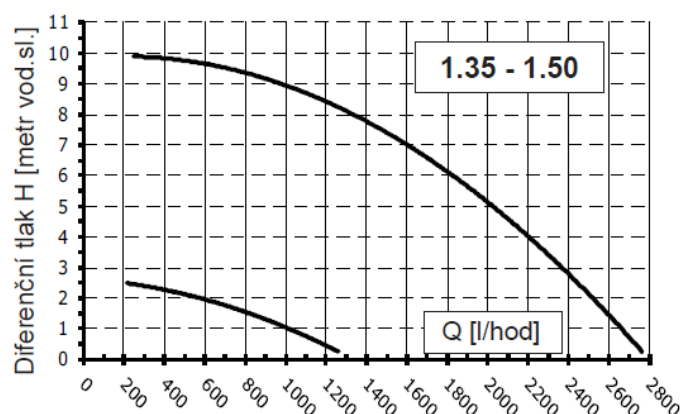
Jako zdroj tepla pro objekt byl zvolen plynový kondenzační kotel **BAXI LUNA DUO-TEC MP+ 1.50** o jmenovitém tepelném výkonu $Q_n = 45 \text{ kW}$ při teplotním spádu 80/60 °C. Lze očekávat, že při teplotním spádu 75/50 °C bude jmenovitý tepelný výkon kotle o několik stovek Wattů vyšší. Technické parametry kotle jsou uvedeny v tabulce 5-1.

Z důvodu maximálního využití jmenovitého tepelného výkonu zdroje tepla pro ohřev TV bude potřebný tepelný výkon zvýšen na $Q_{TV} = 19,0 \text{ kW}$. Zpětná kontrola na vyšší hodnotu z připojovacího výkonu ukazuje, že je tam rezerva více jak 1 kW.

$$Q_{PRIP} = Q_{PRIP,I} = 0,7Q_{VYT} + 0,7Q_{VZT} + Q_{TV} = 0,7 \cdot 19,450 + 0,7 \cdot 16,208 + 19,0 = 44 \text{ kW}$$

Posouzení podmínky připojovacího výkonu:

$$Q_n = 45,0 \text{ kW} > Q_{PRIP} = 44,0 \text{ kW} \quad \text{Navržený kotel vyhovuje.}$$



Obrázek 5-1 Hydraulická charakteristika kotle s plynule modulovaným čerpadlem s ECM motory [L51]

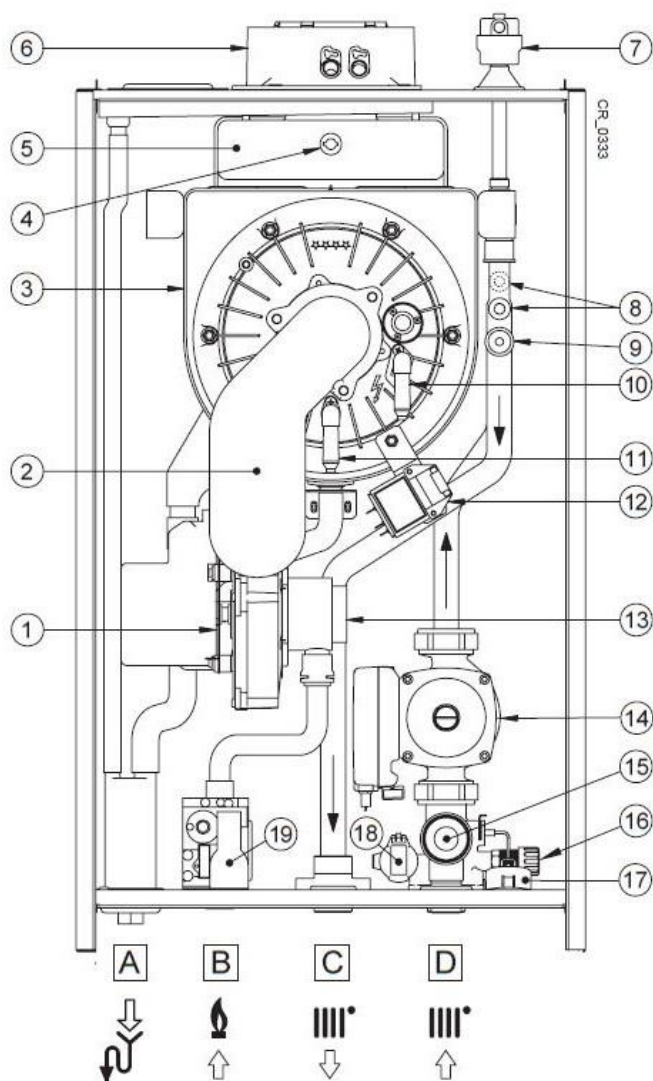
Tabulka 5-1 Technické parametry navrženého kotle [L51]

MODEL LUNA DUO-TEC MP+	1.50
Kategorie	II2H3P
Druh plynu	G20-G31
Jmenovitý tepelný příkon	46,3 kW
Minimální tepelný výkon	5,1 kW
Jmenovitý tepelný výkon vytápění 80/60 °C	45,0 kW
Jmenovitý tepelný výkon vytápění 50/30 °C	48,6 kW
Minimální tepelný výkon vytápění 80/60 °C	5,0 kW
Minimální tepelný výkon vytápění 50/30 °C	5,4 kW
Jmenovitá účinnost 50/30 °C	105 %
Maximální přetlak vody v topném okruhu	4 bar
Minimální přetlak vody v topném okruhu	0,5 bar
Rozsah teploty v topném okruhu	25 až 80 °C
Typ odkouření	C13-C33-C43-C53-C63-C83-C93-b23
Průměr vedení koaxiálního odkouření	80/125 mm
Průměr vedení děleného odkouření	80/80 mm
Maximální hmotnostní průtok spalin	0,021 kg/s
Minimální hmotnostní průtok spalin	0,002 kg/s
Maximální teplota spalin	80 °C
Připojovací přetlak zemní plyn 2H	20 mbar
Připojovací přetlak propan 3P	37 mbar
Elektrické napětí	230 V
Elektrická frekvence	50 Hz
Jmenovitý elektrický příkon	230 W
Hmotnost netto	40 kg
Rozměry (výška x šířka x hloubka)	766x450x377 mm
Elektrické krytí (EN 60529)	IPX5D
Objem vody	4 l
Certifikát CE	0085CM0128
Spotřeba plynu G20-2H při max. tepelném příkonu Q_{max}	4,9 m ³ /h
Spotřeba plynu G20-2H při min. tepelném příkonu Q_{min}	0,54 m ³ /h
Spotřeba plynu G31-3P při max. tepelném příkonu Q_{max}	3,6 kg/h
Spotřeba plynu G31-3P při min. tepelném příkonu Q_{min}	0,4 kg/h

BAXI LUNA DUO-TEC MP+			1.35	1.50	1.60	1.70
Kondenzační kotel			Ano	Ano	Ano	Ano
Nízkoteplotní kotel ⁽¹⁾			Ano	Ano	Ano	Ano
Kotel typu B11			Ne	Ne	Ne	Ne
Kogenerační ohřivač pro vytápění vnitřních prostorů			Ne	Ne	Ne	Ne
Kombinovaný ohřivač			Ne	Ne	Ne	Ne
Jmenovitý tepelný výkon	Prated	kW	34	45	55	65
Užitečný tepelný výkon při jmenovitém tepelném výkonu a ve vysokoteplotním režimu ⁽²⁾	P ₄	kW	33.8	45.0	55.0	65.0
Užitečný tepelný výkon při 30 % jmenovitého tepelného výkonu a v nízkoteplotním režimu ⁽¹⁾	P ₁	kW	11.2	14.9	18.2	21.5
Sezónní energetická účinnost vytápění	η _s	%	92	92	92	92
Užitečná účinnost při jmenovitém tepelném výkonu a ve vysokoteplotním režimu ⁽²⁾	η ₄	%	87.7	87.7	87.6	87.6
Užitečná účinnost při 30 % jmenovitého tepelného výkonu a v nízkoteplotním režimu ⁽¹⁾	η ₁	%	97	97.1	96.8	96.5
Spotřeba pomocné elektrické energie						
Plné zatížení	elmax	kW	0.070	0.080	0.095	0.095
Částečné zatížení	elmin	kW	0.020	0.020	0.020	0.020
Pohotovostní režim	P _{SB}	kW	0.003	0.003	0.003	0.003
Další položky						
Tepelná ztráta v pohotovostním režimu	P _{stby}	kW	0.064	0.064	0.070	0.075
Spotřeba elektrické energie zapalovacího hořáku	P _{ign}	kW	0.000	0.000	0.000	0.000
Roční spotřeba energie	Q _{HE}	GJ				
Hladina akustického výkonu ve vnitřním prostoru	L _{WA}	dB	58	62	59	62
Emise oxidů dusíku	NO _x	mg/kWh	29	29	31	31
Parametry teplé vody pro domácnosti						
Deklarovaný zátěžový profil						
Denní spotřeba elektrické energie	Q _{elec}	kWh				
Roční spotřeba elektrické energie	AEC	kWh				
Energetická účinnost ohřevu vody	η _{wh}	%				
Denní spotřeba paliva	Q _{fuel}	kWh				
Roční spotřeba paliva	AFC	GJ				
⁽¹⁾ Nízkou teplotou se u kondenzačních kotlů rozumí návratová teplota 30 °C, u nízkoteplotních kotlů teplota 37 °C a u ostatních ohřivačů 50 °C (na vstupu do ohřivače).						
⁽²⁾ Vysokoteplotním režimem se rozumí návratová teplota 60 °C na vstupu do ohřivače a vstupní teplota 80 °C na výstupu ohřivače.						

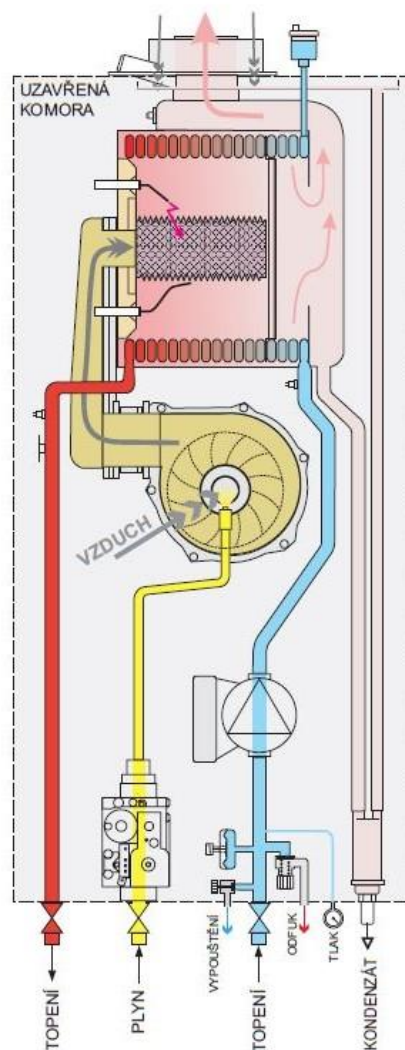
Obrázek 5-2 Technické parametry navrženého kotle [L51]

KONSTRUKČNÍ USPOŘÁDÁNÍ



1. VENTILÁTOR
2. SMĚŠOVACÍ KOMORA PLYN-VZDUCH
3. PRIMÁRNÍ VÝMĚNÍK SPALINY-TOPNÁ VODA
4. ČIDLO TEPLoty SPALIN
5. SBĚRAČ SPALIN
6. SOUOSÉ = KOAXIÁLNÍ HRDLO
VZDUCH - SPALINY
7. AUTOMATICKÝ ODVZDUŠŇOVACÍ VENTIL
8. NTC ČIDLO TEPLoty TOPNÉ VODY
9. TERMOSTAT PŘETOPENÍ
(OMEZOVAČ TEPLoty TOPNÉ VODY)
10. ELEKTRODA ZAPALOVÁNÍ
11. ELEKTRODA IONIZACE

FUNKČNÍ SCHÉMA



12. ZAPALOVACÍ TRAFÓ
13. SMĚŠOVACÍ VENTURI TRUBICE
14. ČERPADLO
15. POJISTNÝ VENTIL
16. VYPOLSTĚCÍ VENTIL TOPNÉ VODY
17. TLAKOMĚR (MANOMETR)
18. SPÍNAČ TLAKU TOPNÉ VODY
19. PLYNOVÁ ARMATURA
- A. SYFON ODVODU KONDENZÁTU
- B. PŘÍPOJKA PLYNU
- C. VÝSTUP TOPNÉ VODY
- D. ZPÁTEČKA TOPNÉ VODY

Obrázek 5-3 Konstrukční uspořádání a schéma navrženého kotle [L51]

6 DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ A NÁVRH ČERPADEL

6.1 DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ

6.1.1 TLAKOVÉ ZTRÁTY

Celková tlaková ztráta je dána vztahem:

$$\Delta p_{dis} = \Delta p_{\lambda} + \Delta p_{\xi} + \sum \Delta p_A \quad (6.1)$$

kde Δp_{λ} je tlaková ztráta třením;
 Δp_{ξ} tlaková ztráta vřazenými odpory;
 Δp_A tlaková ztráta armatur a zařízení.

6.1.1.1 TLAKOVÁ ZTRÁTA TŘENÍM

Tlaková ztráta třením je dána vztahem:

$$\Delta p_{\lambda} = R \cdot l = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \quad (6.2)$$

kde R je měrná ztráta třením [Pa/m];
 l délka úseku potrubí [m];
 λ třecí součinitel závisící na Re , typu proudění a drsnosti potrubí;
 d vnitřní průměr potrubí [m];
 w rychlost proudění v potrubí [m/s];
 ρ hustota otopné vody.

Tlaková ztráta vřazenými odpory je dána vztahem:

$$\Delta p_{\xi} = Z = \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \quad (6.3)$$

kde ξ je součinitel místního odporu [-] určený z tabulek.

6.1.1.2 TLAKOVÁ ZTRÁTA ARMATUR

Tlakovou ztrátu armatur a zařízení je možné určit z návrhových diagramů na základě průtoků otopné vody nebo pomocí hodnoty K_v . Pro určení tlakové ztráty při teplotě t z hodnoty K_v platí vztah [L68]:

$$\Delta p_A = \left(\frac{Q_t}{K_v} \right)^2 \cdot \frac{\rho(t)}{1000} \cdot 10^5 \quad (6.4)$$

kde Q_t je pracovní průtok vody [m³/h] při pracovní teplotě t ;
 K_v průtokový součinitel [m³/h] při $\Delta p = 100\,000$ Pa a při $\rho = 1000$ kg/m³;
 $\rho(t)$ měrná hmotnost vody při pracovní teplotě t .
1000 měrná hmotnost vody při pracovní teplotě t .

6.1.2 DIMENZOVÁNÍ POTRUBNÍCH ROZVODŮ V OBJEKTU

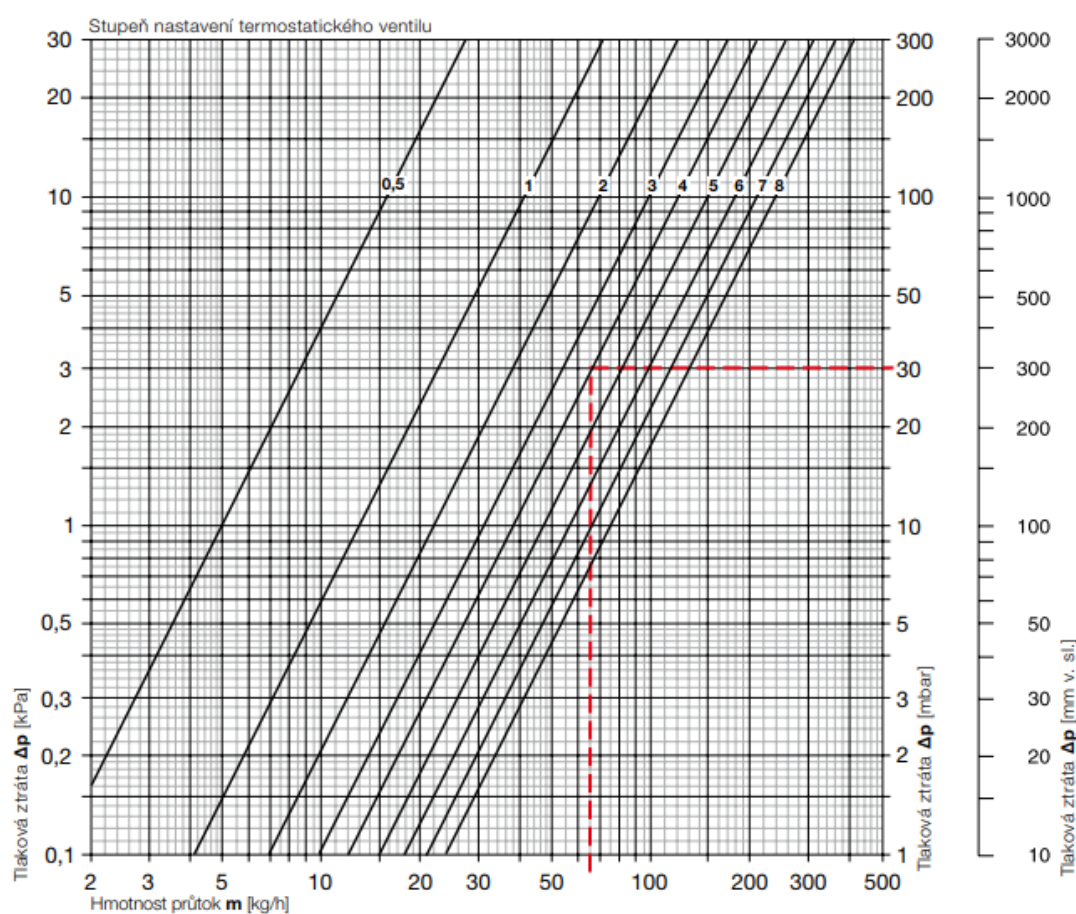
6.1.2.1 UVAŽOVANÉ ARMATURY

Při dimenzování potrubních rozvodů byl u otopných těles RADIK VK použit osmistupňový termostatická regulační vložka (TRV), jehož charakteristiky jsou na obrázku 6-1. Těleso je k potrubí připojeno pomocí regulačního H rohového šroubení (HRŠ) VEKOLUXIVAR (IVAR DS.346) – charakteristiky viz obrázek 6-2. Další použité armatury jsou v kapitole č. 8.

VŠEOBECNÉ ÚDAJE - VENTIL KOMPAKT



Dvoutrubková otopná soustava

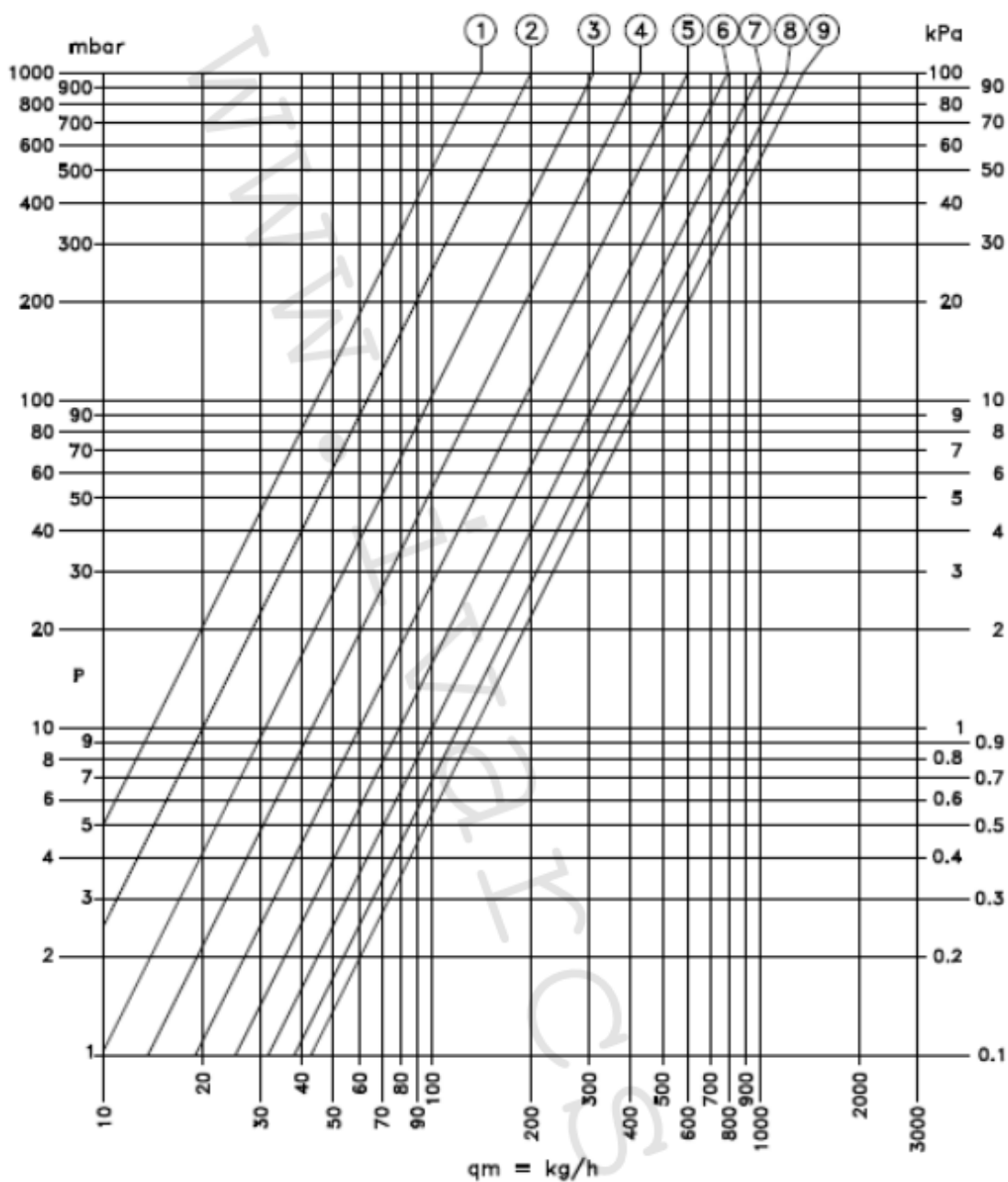


Tabulka

Otopná tělesa v provedení VENTIL KOMPAKT bez přípojovacích armatur		Stupeň nastavení ventilu									Nejvyšší připustná prov. teplota [°C]	Nejvyšší připustný prov. přetlak [MPa]
		0,5	1	2	3	4	5	6	7	8		
Ventil s termostatickou hlavicí	k_v [m³/h]	0,05	0,13	0,22	0,31	0,38	0,47	0,57	0,66	0,75	110	1,0
Ventil bez termostatické hlavice	k_{vs} [m³/h]	0,05	0,16	0,27	0,38	0,43	0,65	0,98	1,23	1,43		

Uvedené hodnoty k_v odpovídají pásmu proporcionality 2 K.

Obrázek 6-1 Technické charakteristiky TRV RADIK VK [L36]



#	1	2	3	4	5	6	7	8	9
☺	1¼	1½	1¾	2	2½	3	3½	4	Max
Kv	0.14	0.20	0.31	0.43	0.60	0.79	1.00	1.20	1.35

Obrázek 6-2 HRŠ VEKOLUXIVAR (IVAR DS.346) [L69]

6.1.2.2 VÝPOČET DIMENZOVÁNÍ

Z důvodu zpracování dokumentace pro stavební povolení byl proveden hydraulický výpočet jenom základních okruhů pro návrh čerpadel pro účely stavebního povolení. Výpočet je uveden následujících tabulkách.

DIMENZOVÁNÍ OTOPNÉ SOUSTAVY VĚTEV ÚT-TV

Použité ztráty TRV - termostatický regulační vložka ZK - zpětná klapka

HRŠ - H rohové šroubení (regulovatelné)

Výpočtový teplotní sp 75/ 50 °C istota média při stř. teplotě p = 981,9 kg/m³

Výpověď teplostup		75/50 °C		Izolace média při stu. teplotě p		901,9		Kgm									
ÚSEK	Přenášený výkon Q [W]	Hmotnostní průtok M [kg/h]	Materiál potrubí	Drsnost potrubí k [mm]	Dimenze Dxt [mm x mm]	Délka l [m]	Souč. místní tl. ztráty ΣξPEX [-] Σξ [-]	Tl. ztráta 1 m potrubí R [Pa/m]	Vnitřní průměr d [m]	Rychlost proudění w [m/s]	Tvarový PEX wPEX [m/s]	Třením Δpf [Pa]	Místními odpory Δpξ [Pa]	Reg. armatury ΣΔpA [Pa]	Celková Δpdis [Pa]	Poznámka	
DIMENZOVÁNÍ ZÁKLADNÍHO OKRUHU																	
TV	19000	653	Cu	0,020	18x 1,0	9,7	0	17,9	50,9	0,016	0,92	0,00	494	7429	20519	28 442	SHARKY DN20, ZK DN20, VA DN15(3,6), F DN20, VÝMĚNÍK
TV2	19000	653	Cu	0,020	35x 1,5	2	0	11,3	3,2	0,032	0,23	0,00	6	293	0	28 742	

DIMENZOVÁNÍ OTOPNÉ SOUSTAVY VĚTEV VZT

Použité ztráty TRV - termostatický regulační vložka

HRŠ - H rohové šroubení (regulovatelné)

Výpočtový teplotní sp 75/ 50 °C ita média při stř. teplotě p = 981,9 kg/m³

Úvodní údaje				Výpočet tepelných ztrát												Poznámka	
Úvodní údaje				Výpočet tepelných ztrát													
Úvodní údaje				Výpočet tepelných ztrát													
Úvodní údaje				Výpočet tepelných ztrát													
ÚSEK	Přenášený výkon Q [W]	Hmotnostní průtok M [kg/h]	Materiál potrubí	Dimenze Dxt [mm x mm]	Délka l [m]	Souč. místní tl. ztráty Σξ _{PEX} [-]	Tl. ztráta 1 m potrubí R [Pa/m]	Vnitřní průměr d [m]	Rychlost proudění potrubí w [m/s]	tlakový PEX w _{PEX} [m/s]	Třením Δp _f [Pa]	Místními odpory Δp _ξ [Pa]	Reg. armatury ΣΔp _A [Pa]	Celková Δp _{dis} [Pa]	Poznámka		
DIMENZOVÁNÍ ZÁKLADNÍHO OKRUHU																	
VZT	16208	557	Cu	18x 1,0	45,9	0	25,9	43,4	0,016	0,78	0,00	1993	7823	35882		45 698	ABQM DN10, SHARKY DN15, VA DN15(3,3), F DN15, ZK DN20
VZT0	16208	557	Cu	35x 1,5	2	0	11,3	2,7	0,032	0,20	0,00	5	213	0		45 916	
VZT2	16208	557	Cu	18x 1,0	2	0	0	43,4	0,016	0,78	0,00	87	0	10452	10 539	VÝMĚNÍK, COMAR DN15, ZK DN20	

DIMENZOVÁNÍ OTOPNÉ SOUSTAVY VĚTEV ÚT-J

Použité ztráty TRV - termostatický regulační vložka F - FILTR TSV - trojcestný směšovací ventil RDT - REGULÁTOR DIFERENČNÍHO TLAKU

HRŠ - H rohové šroubení (regulovatelné) VA - VYVÝŽOVACÍ ARMATURA ZK - zpětná klapka

Výpočtové teplotní spá 50/ 40 °C Hustota média při stf. teplotě p = 990,2 kg/m³

ÚSEK	Přenášený výkon Q [W]	Hmotnostní průtok M [kg/h]	Materiál potrubí	Dimenze Dxt mm x mm	Délka l [m]	Souč. místní tl. ztráty $\sum \xi_{PEX} [-]$	$\sum \xi [-]$	Tl. ztráta 1 m potrubí R [Pa/m]	Vnitřní průměr d [m]	Rychlost proudění potrubí w [m/s]	w_{PEX} [m/s]	Třením Δp_t [Pa]	Místními odpory Δp_e [Pa]	Reg. armatury $\sum \Delta p_A$ [Pa]	Celková Δp_{dis} [Pa]	Poznámka
DIMENZOVÁNÍ ZÁKLADNÍHO OKRUHU																
415	306	26	PEX/Al/PEX	16x 2,0	10,8	18,7	14,5	8,7	0,012	0,07	0,19	94	371	173	638	TRV(8), HRŠ(8)
415b	573	49	PEX/Al/PEX	16x 2,0	0,7	3,7	0	16,2	0,012	0,12	0,36	11	236	0	885	
415c	879	76	PEX/Al/PEX	16x 2,0	9,5	3,7	0	24,9	0,012	0,19	0,55	237	556	0	1 678	
415d	1435	123	PEX/Al/PEX	16x 2,0	8,8	7,2	0	40,7	0,012	0,31	0,90	358	2884	0	4 919	
415e	2549	219	PEX/Al/PEX	18x 2,0	12,9	3,6	0	39,0	0,014	0,40	0,97	503	1665	0	7 087	
415f	2614	225	PEX/Al/PEX	18x 2,0	12,9	20,4	0	40,0	0,014	0,41	0,99	516	9921	0	17 524	
415g	2614	225	Cu	15x 1,0	11,8	0	5,2	53,8	0,013	0,48	0,00	635	581	4537	23 277	SHARKY DN15, RDT, VA DN15(2,1)
415h	4468	384	Cu	15x 1,0	8,1	0	4,9	91,9	0,013	0,81	0,00	744	1599	0	25 620	
415i	4625	398	Cu	15x 1,0	2,3	0	2,5	95,1	0,013	0,84	0,00	219	874	0	26 714	
415j	6251	537	Cu	18x 1,0	4,1	0	0,9	56,0	0,016	0,75	0,00	230	251	0	27 194	
415k	6408	551	Cu	18x 1,0	1,2	0	0,9	57,4	0,016	0,77	0,00	69	263	0	27 526	
415l	7892	679	Cu	18x 1,0	8,5	0	4,5	70,8	0,016	0,95	0,00	601	1997	0	30 125	
415m	8690	747	Cu	22x 1,0	1,5	0	0,9	31,9	0,020	0,67	0,00	48	198	0	30 371	
415n	9480	815	Cu	22x 1,0	9,3	0	6,1	34,8	0,020	0,73	0,00	324	1600	0	32 295	
415o	10270	883	Cu	22x 1,0	7,5	0	6,1	37,7	0,020	0,79	0,00	283	1878	0	34 455	
415p	17245	1483	Cu	28x 1,5	7,5	0	7,7	25,9	0,025	0,85	0,00	195	2737	13382	50 769	F DN25, SHARKY DN25, VA DN25(6), ZK DN25, TSV DN25
415q	17245	599	Cu	35x 1,5	2	0	12,6	3,9	0,032	0,21	0,00	8	272	0	51 049	

BYT 13

416a	557	48	PEX/Al/PEX	16x 2,0	13,2	0	0	15,8	0,012	0,12	0,35	208	0	0	208	
416c	1114	96	PEX/Al/PEX	16x 2,0	0,7	0	0	31,6	0,012	0,24	0,70	22	0	0	230	

416	557	48	PEX/Al/PEX	16x 2,0	3,3	0	0	15,8	0,012	0,12	0,35	52	0	0	52	
-----	-----	----	------------	---------	-----	---	---	------	-------	------	------	----	---	---	----	--

411	65	6	PEX/Al/PEX	16x 2,0	6,3	0	0	1,8	0,012	0,01	0,04	12	0	0	12	
-----	----	---	------------	---------	-----	---	---	-----	-------	------	------	----	---	---	----	--

413	306	26	PEX/Al/PEX	16x 2,0	4	0	0	8,7	0,012	0,07	0,19	35	0	0	35	
-----	-----	----	------------	---------	---	---	---	-----	-------	------	------	----	---	---	----	--

414	267	23	PEX/Al/PEX	16x 2,0	1,4	0	0	7,6	0,012	0,06	0,17	11	0	0	11	
-----	-----	----	------------	---------	-----	---	---	-----	-------	------	------	----	---	---	----	--

412a	278	24	PEX/Al/PEX	16x 2,0	5,8	0	0	7,9	0,012	0,06	0,17	46	0	0	46	
412b	556	48	PEX/Al/PEX	16x 2,0	4,3	0	0	15,8	0,012	0,12	0,35	68	0	0	113	

412c	278	24	PEX/Al/PEX	16x 2,0	1,4	0	0	7,9	0,012	0,06	0,17	11	0	0	11	
------	-----	----	------------	---------	-----	---	---	-----	-------	------	------	----	---	---	----	--

BYT 11

323a	410	35	PEX/Al/PEX	16x 2,0	13,3	0	0	11,6	0,012	0,09	0,26	155	0	0	155	
323b	820	71	PEX/Al/PEX	16x 2,0	9,5	0	0	23,2	0,012	0,17	0,51	221	0	0	375	

323c	410	35	PEX/Al/PEX	16x 2,0	3,5	0	0	11,6	0,012	0,09	0,26	41	0	0	41	
------	-----	----	------------	---------	-----	---	---	------	-------	------	------	----	---	---	----	--

322	194	17	PEX/Al/PEX	16x 2,0	10,5	0	0	5,5	0,012	0,04	0,12	58	0	0	58	
322b	388	33	PEX/Al/PEX	16x 2,0	0,8	0	0	11,0	0,012	0,08	0,24	9	0	0	67	
322c	582	50	PEX/Al/PEX	16x 2,0	9,5	0	0	16,5	0,012	0,12	0,36	157	0	0	223	
322d	1034	89	PEX/Al/PEX	16x 2,0	9,1	0	0	29,3	0,012	0,22	0,65	267	0	0	490	
322e	1854	159	PEX/Al/PEX	18x 2,0	9,7	0	0	28,4	0,014	0,29	0,70	275	0	0	765	
322f	1854	159	Cu	12x 1,0	3,3	0	0	108,9	0,010	0,57	0,00	359	0	0	1 124	

321	194	17	PEX/Al/PEX	16x 2,0	1	0	0	5,5	0,012	0,04	0,12	5	0	0	5	
-----	-----	----	------------	---------	---	---	---	-----	-------	------	------	---	---	---	---	--

319	194	17	PEX/Al/PEX	16x 2,0	3,7	0	0	5,5	0,012	0,04	0,12	20	0	0	20	
-----	-----	----	------------	---------	-----	---	---	-----	-------	------	------	----	---	---	----	--

318	226	19	PEX/Al/PEX	16x 2,0	5,7	0	0	6,4	0,012	0,05	0,14	36	0	0	36	
318b	452	39	PEX/Al/PEX	16x 2,0	4,2	0	0	12,8	0,012	0,10	0,28	54	0	0	90	

318c	226	19	PEX/Al/PEX	16x 2,0	1,1	0	0	6,4	0,012	0,05	0,14	7	0	0	7	
------	-----	----	------------	---------	-----	---	---	-----	-------	------	------	---	---	---	---	--

301a	157	13	Cu	15x 1,0	0,2	0	0	3,2	0,013	0,03	0,00	1	0	0	1	
301b	157	13	PEX/Al/PEX	16x 2,0	0,9	0	0	4,4	0,012	0,03	0,10	4	0	0	5	

224a	410	35	PEX/Al/PEX	16x 2,0	13,5	0	0	11,6	0,012	0,09	0,26	157	0	0	157	
224b	820	71	PEX/Al/PEX	16x 2,0	10,7	0	0	23,2	0,012	0,17	0,51	249	0	0	405	

323c	410	35	PEX/Al/PEX	16x 2,0	3,7	0	0	11,6	0,012	0,09	0,26	43	0	0	43	
------	-----	----	------------	---------	-----	---	---	------	-------	------	------	----	---	---	----	--

BYT 8

223	243	21	PEX/Al/PEX	16x 2,0	9,1	0	0	6,9	0,012	0,05	0,15	63	0	0	63	
223b	437	38	PEX/Al/PEX	16x 2,0	9,5	0	0	12,4	0,012	0,09	0,27	118	0	0	180	
223c	806	69	PEX/Al/PEX	16x 2,0	4,9	0	0	22,8	0,012	0,17	0,51	112	0	0	292	
223e	1626	140	PEX/Al/PEX	18x 2,0	10,7	0	0	24,9	0,014	0,25	0,62	266	0	0	558	
223f	1626	140	Cu	12x 1,0	3,3	0	0	95,5	0,010	0,50	0,00	315	0	0	874	

222	194	17	PEX/Al/PEX	16x 2,0	3,1	0	0	5,5	0,012	0,04	0,12	17	0	0	17	
-----	-----	----	------------	---------	-----	---	---	-----	-------	------	------	----	---	---	----	--

221	369	32	PEX/Al/PEX	16x 2,0	7,1	0	0	10,5	0,012	0,08	0,23	74	0	0	74	
-----	-----	----	------------	---------	-----	---	---	------	-------	------	------	----	---	---	----	--

201a	157	13	Cu	15x 1,0	0,2	0	0	3,2	0,013	0,03	0,00	1	0	0	1	
201b	157	13	PEX/Al/PEX	16x 2,0	0,9	0	0	4,4	0,012	0,03	0,10	4	0	0	5	

DIMENZOVÁNÍ OTOPNÉ SOUSTAVY VĚTEV ÚT-J

Použité ztrátky TRV - termostatický regulační vložka F - FILTR TSV - trojcestný směšovací ventil RDT - REGULÁTOR DIFERENČNÍHO TLAKU
 HRŠ - H rohové šroubení (regulovatelné) VA - VYVÝŽOVACÍ ARMATURA ZK - zpětná klapka

Výpočtový teplotní spád 50/ 40 °C Hustota média při stř. teplotě ρ = 990,2 kg/m³

ÚSEK	Přenášený výkon Q [W]	Hmotnostní průtok M [kg/h]	Materiál potrubí	Dimenze Dxt mm x mm	Délka l [m]	Souč. místní tl. ztráty $\sum \xi_{\text{EX}} [-]$	Tl. ztráty 1 m potrubí R [Pa/m]	Vnitřní průměr d [m]	Rychlost proudění v [m/s]	$w_{\text{PEX}} [\text{m/s}]$	Třením $\Delta p_t [\text{Pa}]$	Místními odpory $\Delta p_r [\text{Pa}]$	Reg. armatury $\sum \Delta p_A [\text{Pa}]$	Celková $\Delta p_{\text{dis}} [\text{Pa}]$	Poznámka
BYT 4															
133a	170	15	PEX/Al/PEX	16x 2,0	7,5	0	0	4,8	0,012	0,04	0,11	36	0	0	36
133b	240	21	PEX/Al/PEX	16x 2,0	9,4	0	0	6,8	0,012	0,05	0,15	64	0	0	100
133c	170	15	PEX/Al/PEX	16x 2,0	1,7	0	0	4,8	0,012	0,04	0,11	8	0	0	8
134	493	42	PEX/Al/PEX	16x 2,0	8,1	0	0	14,0	0,012	0,11	0,31	113	0	0	113
134b	733	63	PEX/Al/PEX	16x 2,0	2,9	0	0	20,8	0,012	0,16	0,46	60	0	0	173
134c	798	69	PEX/Al/PEX	16x 2,0	5,5	0	0	22,6	0,012	0,17	0,50	124	0	0	298
134d	798	69	Cu	12x 1,0	2,9	0	0	46,9	0,010	0,25	0,00	136	0	0	434
132	65	6	PEX/Al/PEX	16x 2,0	5,7	0	0	1,8	0,012	0,01	0,04	10	0	0	10
BYT 3															
131	195	17	PEX/Al/PEX	16x 2,0	7,5	0	0	5,5	0,012	0,04	0,12	41	0	0	41
131b	390	34	PEX/Al/PEX	16x 2,0	10,9	0	0	11,1	0,012	0,08	0,24	120	0	0	162
131c	195	17	PEX/Al/PEX	16x 2,0	1,7	0	0	5,5	0,012	0,04	0,12	9	0	0	9
129	400	34	PEX/Al/PEX	16x 2,0	11,3	0	0	11,3	0,012	0,09	0,25	128	0	0	128
129b	790	68	PEX/Al/PEX	16x 2,0	16,5	0	0	22,4	0,012	0,17	0,50	369	0	0	497
129c	790	68	Cu	12x 1,0	5,6	0	0	46,4	0,010	0,24	0,00	260	0	0	757
BYT 2															
127b	195	17	PEX/Al/PEX	16x 2,0	3,5	0	0	5,5	0,012	0,04	0,12	19	0	0	19
127a	195	17	PEX/Al/PEX	16x 2,0	5,7	0	0	5,5	0,012	0,04	0,12	31	0	0	31
127b	390	34	PEX/Al/PEX	16x 2,0	10,9	0	0	11,1	0,012	0,08	0,24	120	0	0	152
126	400	34	PEX/Al/PEX	16x 2,0	8,3	0	0	11,3	0,012	0,09	0,25	94	0	0	94
126b	790	68	PEX/Al/PEX	16x 2,0	5,2	0	0	22,4	0,012	0,17	0,50	116	0	0	210
126c	790	68	Cu	12x 1,0	6,7	0	0	46,4	0,010	0,24	0,00	311	0	0	521
BYT 1															
122	493	42	PEX/Al/PEX	16x 2,0	6,5	0	0	14,0	0,012	0,11	0,31	91	0	0	91
122b	558	48	PEX/Al/PEX	16x 2,0	4,9	0	0	15,8	0,012	0,12	0,35	77	0	0	168
122c	927	80	PEX/Al/PEX	16x 2,0	1,1	0	0	26,3	0,012	0,20	0,58	29	0	0	197
122d	1413	121	PEX/Al/PEX	16x 2,0	5,2	0	0	40,0	0,012	0,30	0,89	208	0	0	405
122e	1413	121	Cu	12x 1,0	8,9	0	0	83,0	0,010	0,43	0,00	739	0	0	1144
121	65	6	PEX/Al/PEX	16x 2,0	3,5	0	0	1,8	0,012	0,01	0,04	6	0	0	6
123	369	32	PEX/Al/PEX	16x 2,0	11,5	0	0	10,5	0,012	0,08	0,23	120	0	0	120
124	486	42	PEX/Al/PEX	16x 2,0	14,9	0	0	13,8	0,012	0,10	0,30	205	0	0	205
OKRUH SOUPAČKA S3															
407a	557	48	PEX/Al/PEX	16x 2,0	16,1	0	0	15,8	0,012	0,12	0,35	254	0	0	254
407b	1114	96	PEX/Al/PEX	16x 2,0	12,5	0	0	31,6	0,012	0,24	0,70	395	0	0	649
407d	1420	122	PEX/Al/PEX	16x 2,0	3,3	0	0	40,2	0,012	0,30	0,89	133	0	0	781
407e	2168	186	PEX/Al/PEX	18x 2,0	10,7	0	0	33,2	0,014	0,34	0,82	355	0	0	1136
407f	2168	186	Cu	15x 1,0	6,2	0	0	44,6	0,013	0,39	0,00	277	0	0	1413
407g	3887	334	Cu	15x 1,0	5,9	0	0	80,0	0,013	0,71	0,00	472	0	0	1884
407h	5562	478	Cu	18x 1,0	5,3	0	0	49,9	0,016	0,67	0,00	264	0	0	2149
407i	6975	600	Cu	18x 1,0	3,7	0	0	62,5	0,016	0,84	0,00	231	0	0	2380
407c	557	48	PEX/Al/PEX	16x 2,0	1,3	0	0	15,8	0,012	0,12	0,35	21	0	0	21
408	306	26	PEX/Al/PEX	16x 2,0	11,1	0	0	8,7	0,012	0,07	0,19	96	0	0	96
404	103	9	PEX/Al/PEX	16x 2,0	2,3	0	0	2,9	0,012	0,02	0,06	7	0	0	7
405a	456	39	PEX/Al/PEX	16x 2,0	3,1	0	0	12,9	0,012	0,10	0,29	40	0	0	40
405b	645	55	PEX/Al/PEX	16x 2,0	3,1	0	0	18,3	0,012	0,14	0,40	57	0	0	57
405c	748	64	PEX/Al/PEX	16x 2,0	2,5	0	0	21,2	0,012	0,16	0,47	53	0	0	53
405	189	16	PEX/Al/PEX	16x 2,0	1,9	0	0	5,4	0,012	0,04	0,12	10	0	0	10
BYT 10															
314a	410	35	PEX/Al/PEX	16x 2,0	16,1	0	0	11,6	0,012	0,09	0,26	187	0	0	187
314b	820	71	PEX/Al/PEX	16x 2,0	12,7	0	0	23,2	0,012	0,17	0,51	295	0	0	482
314c	1063	91	PEX/Al/PEX	16x 2,0	3,5	0	0	30,1	0,012	0,23	0,67	105	0	0	588
314d	1719	148	PEX/Al/PEX	18x 2,0	7,8	0	0	26,3	0,014	0,27	0,65	205	0	0	793
314e	1719	148	Cu	12x 1,0	2,6	0	0	101,0	0,010	0,53	0,00	263	0	0	1055
314	410	35	PEX/Al/PEX	16x 2,0	1,3	0	0	11,6	0,012	0,09	0,26	15	0	0	15
315	243	21	PEX/Al/PEX	16x 2,0	10,9	0	0	6,9	0,012	0,05	0,15	75	0	0	75
312a	456	39	PEX/Al/PEX	16x 2,0	3,3	0	0	12,9	0,012	0,10	0,29	43	0	0	43
312b	553	48	PEX/Al/PEX	16x 2,0	3,1	0	0	15,7	0,012	0,12	0,35	49	0	0	91
312c	656	56	PEX/Al/PEX	16x 2,0	2,3	0	0	18,6	0,012	0,14	0,41	43	0	0	134
312	97	8	PEX/Al/PEX	16x 2,0	1,7	0	0	2,7	0,012	0,02	0,06	5	0	0	5
311	103	9	PEX/Al/PEX	16x 2,0	2,3	0	0	2,9	0,012	0,02	0,06	7	0	0	7
BYT 7															
215a	410	35	PEX/Al/PEX	16x 2,0	16,3	0	0	11,6	0,012	0,09	0,26	189	0	0	189
215b	820	71	PEX/Al/PEX	16x 2,0	11,9	0	0	23,2	0,012	0,17	0,51	276	0	0	466
215c	1675	144	PEX/Al/PEX	18x 2,0	9,3	0	0	25,6	0,014	0,26	0,64	238	0	0	704
215c	1675	144	Cu	12x 1,0	2,6	0	0	98,4	0,010	0,51	0,00	256	0	0	960
215	410	35	PEX/Al/PEX	16x 2,0	1,3	0	0	11,6	0,012	0,09	0,26	15	0	0	15
217	243	21	PEX/Al/PEX	16x 2,0	8,5	0	0	6,9	0,012	0,05	0,15	59	0	0	59
217b	486	42	PEX/Al/PEX	16x 2,0	9,9	0	0	13,8	0,012	0,10	0,30	136	0	0	195
216	243	21	PEX/Al/PEX	16x 2,0	3,3	0	0	6,9	0,012	0,05	0,15	23	0	0	23
218	369	32	PEX/Al/PEX	16x 2,0	10,1	0	0	10,5	0,012	0,08	0,23	106	0	0	106
218b	855	74	PEX/Al/PEX	16x 2,0	4,1	0	0	24,2	0,012	0,18	0,54	99	0	0	205

DIMENZOVÁNÍ OTOPNÉ SOUSTAVY VĚTVĚ UT-S
Použité ztráty TRV - termostatický regulační vložka F - FILTR TSV - trojcestný směšovací ventil RDT - REGULÁTOR DIFERENČNÍHO TLAKU

HRŠ - H rohové šroubení (regulovatelné)

VA - VYVÝŽOVACÍ ARMATURA

ZK - zpětná klapka

Výpočtový teplotní spád

50/ 40 °C

 hustota média při stř. teplotě $\rho =$

 990,2 kg/m³

ÚSEK	Přenášený výkon Q [W]	Hmotnostní průtok M [kg/h]	Materiál potrubí	Drsnost potrubí k [mm]	Dimenze Dxt [mm x mm]	Délka l [m]	Souč. místní tl. ztráty $\sum \zeta_{PEX} [-]$ $\sum \xi [-]$	Tlaková ztráta 1 m potrubí R [Pa/m]	Vnitřní průměr d [m]	Rychlost proudění potrubí w [m/s]	$\frac{w}{w_{PEX}}$ [m/s]	Třením Δp_t [Pa]	Místními odpory Δp_e [Pa]	Reg. armatury $\sum \Delta p_A$ [Pa]	Celková Δp_{dis} [Pa]	Poznámka
DIMENZOVÁNÍ ZÁKLADNÍHO OKRUHU																
305b	341	29	PEX/Al/PEX	0,007	16x 2,0	5,9	16,8 11,1	9,7	0,012	0,07	0,21	57	409	215	681	TRV(8), HRŠ(8)
305c	740	64	PEX/Al/PEX	0,007	16x 2,0	7,1	3,7 0	21,0	0,012	0,16	0,46	149	394	0	1 224	
305d	1378	118	PEX/Al/PEX	0,007	16x 2,0	7,3	5,5 0	39,0	0,012	0,29	0,86	285	2031	0	3 540	
305e	1747	150	PEX/Al/PEX	0,007	18x 2,0	1,1	3,7 0	26,7	0,014	0,27	0,66	29	804	0	4 373	
305f	2588	223	PEX/Al/PEX	0,007	18x 2,0	3,3	3,7 0	39,6	0,014	0,41	0,98	131	1764	0	6 267	
305g	2653	228	PEX/Al/PEX	0,007	20x 2,0	7,7	3,7 0	23,8	0,016	0,32	0,81	183	1216	0	7 667	
305h	2653	228	Cu	0,020	15x 1,0	6,8	16,8 10,8	54,6	0,013	0,48	0,00	371	1243	4674	13 954	RDT, SHARKY DN15, VA DN15(2,1)
305i	4942	425	Cu	0,020	18x 1,0	6,8	0 14,2	44,3	0,016	0,59	0,00	301	2471	0	16 727	
305j	5497	473	Cu	0,020	18x 1,0	6,8	0 15,1	49,3	0,016	0,66	0,00	335	3251	8084	28 397	ZK DN20, VA DN15(3,1), SHARKY DN20, TSV DN15, F DN20
305k	5497	191	Cu	0,020	35x 1,5	2	0 11,3	1,2	0,032	0,07	0,00	2	25	0	28 425	

305a	399	34	PEX/Al/PEX	0,007	16x 2,0	1,3	0 0	11,3	0,012	0,09	0,25	15	0	0	15	
305	638	55	PEX/Al/PEX	0,007	16x 2,0	10,7	0 0	18,1	0,012	0,14	0,40	193	0	0	193	
306	369	32	PEX/Al/PEX	0,007	16x 2,0	8,1	0 0	10,5	0,012	0,08	0,23	85	0	0	85	
309	369	32	PEX/Al/PEX	0,007	16x 2,0	4,3	0 0	10,5	0,012	0,08	0,23	45	0	0	45	
309b	472	41	PEX/Al/PEX	0,007	16x 2,0	2,1	0 0	13,4	0,012	0,10	0,30	28	0	0	73	
309c	841	72	PEX/Al/PEX	0,007	16x 2,0	3,9	0 0	23,8	0,012	0,18	0,53	93	0	0	166	
303	103	9	PEX/Al/PEX	0,007	16x 2,0	4,3	0 0	2,9	0,012	0,02	0,06	13	0	0	13	
308	369	32	PEX/Al/PEX	0,007	16x 2,0	8,9	0 0	10,5	0,012	0,08	0,23	93	0	0	93	
304	65	6	PEX/Al/PEX	0,007	16x 2,0	1,9	0 0	1,8	0,012	0,01	0,04	3	0	0	3	

BYT 6																
207b	398	34	PEX/Al/PEX	0,007	16x 2,0	7,3	0 0	11,3	0,012	0,08	0,25	82	0	0	82	
207c	603	52	PEX/Al/PEX	0,007	16x 2,0	7,1	0 0	17,1	0,012	0,13	0,38	121	0	0	204	
207d	890	77	PEX/Al/PEX	0,007	16x 2,0	7,3	0 0	25,2	0,012	0,19	0,56	184	0	0	388	
207e	1259	108	PEX/Al/PEX	0,007	16x 2,0	1,2	0 0	35,7	0,012	0,27	0,79	43	0	0	431	
207f	2224	191	PEX/Al/PEX	0,007	20x 2,0	3,1	0 0	19,9	0,016	0,27	0,68	62	0	0	492	
207g	2289	197	PEX/Al/PEX	0,007	20x 2,0	5,1	0 0	20,5	0,016	0,27	0,70	105	0	0	597	
207h	2289	197	Cu	0,020	15x 1,0	2,6	0 0	47,1	0,013	0,42	0,00	122	0	0	719	

207a	205	18	PEX/Al/PEX	0,007	16x 2,0	1,3	0 0	5,8	0,012	0,04	0,13	8	0	0	8	
207	287	25	PEX/Al/PEX	0,007	16x 2,0	10,7	0 0	8,1	0,012	0,06	0,18	87	0	0	87	
208	369	32	PEX/Al/PEX	0,007	16x 2,0	8,1	0 0	10,5	0,012	0,08	0,23	85	0	0	85	
212	493	42	PEX/Al/PEX	0,007	16x 2,0	4,7	0 0	14,0	0,012	0,11	0,31	66	0	0	66	
212b	596	51	PEX/Al/PEX	0,007	16x 2,0	2,3	0 0	16,9	0,012	0,13	0,37	39	0	0	104	
212c	965	83	PEX/Al/PEX	0,007	16x 2,0	3,9	0 0	27,3	0,012	0,21	0,60	107	0	0	211	
205	103	9	PEX/Al/PEX	0,007	16x 2,0	4,3	0 0	2,9	0,012	0,02	0,06	13	0	0	13	
206	65	6	PEX/Al/PEX	0,007	16x 2,0	1,9	0 0	1,8	0,012	0,01	0,04	3	0	0	3	
211	369	32	PEX/Al/PEX	0,007	16x 2,0	8,9	0 0	10,5	0,012	0,08	0,23	93	0	0	93	

SPOLEČNÉ PROSTORY																
107	183	16	PEX/Al/PEX	0,007	16x 2,0	17,7	0 0	5,2	0,012	0,04	0,11	92	0	0	92	
107b	311	27	PEX/Al/PEX	0,007	16x 2,0	20,3	0 0	8,8	0,012	0,07	0,19	179	0	0	271	
107c	555	48	PEX/Al/PEX	0,007	16x 2,0	5,7	0 0	15,7	0,012	0,12	0,35	90	0	0	360	
107d	555	48	Cu	0,020	12x 1,0	4,2	0 0	32,6	0,010	0,17	0,00	137	0	0	497	
101a	128	11	PEX/Al/PEX	0,007	16x 2,0	7,5	0 0	3,6	0,012	0,03	0,08	27	0	0	27	
101b	244	21	PEX/Al/PEX	0,007	16x 2,0	3,7	0 0	6,9	0,012	0,05	0,15	26	0	0	26	

DIMENZOVÁNÍ OTOPNÉ SOUSTAVY VĚTEV ÚT-PV

Použité ztráty TRV - termostatický regulační vložka F - FILTR TSV - trojcestný směšovací ventil RDT - REGULÁTOR DIFERENČNÍHO TLAKU

HŘŠ - H rohové šroubení (regulovatel) VA - VYVÝŽOVACÍ ARMATURA ZK - zpětná klapka

Vypočtový teplotní spě 37/ 31 °C Hustota média při stf. teplotě ρ = 994,6 kg/m³

vypověď tepelního spadu 37/51 °C			Hustota média při sál. teplotě p = 994,8 kg/m ³													Poznámka
ÚSEK	Přenášený výkon Q [W]	Hmotn. M [kg/h]	Materiál potrubí	Dimenze Dxt mm x mm	Délka l [m]	Souč. místní tl. ztráty $\sum \xi_{PEX} [-]$	Tl. ztráta 1 m potrubí R [Pa/m]	Vnitřní průměr d [m]	Rychlost proudění potrubí w [m/s]	w_{PEX} [m/s]	Třením Δp_A [Pa]	Místními odpory Δp_S [Pa]	Reg. armatury $\sum \Delta p_A$ [Pa]	Celková Δp_{dis} [Pa]		
	TLAKOVÁ ZTRÁTA															
DIMENZOVÁNÍ ZÁKLADNÍHO OKRUHU																
.416	678	97	RAUTHERM S	14x 1,5	72,3	0	0	56,0	0,011	0,29	0,00	4047	184	1102	5 332	SBĚRAČ, ROZDĚLOVÁČ(16) SHARKY DN15, RDT, VA DN15(2,7)
.416b	2853	409	PEX/Al/PEX	26x 3,0	9,7	19,2	0	21,5	0,020	0,36	0,74	209	5255	8653	19 449	
.416c	2853	409	Cu	18x 1,0	6,4	0	6,6	52,6	0,016	0,57	0,00	337	1059	0	20 845	
.416d	4881	700	Cu	18x 1,0	4	0	2,2	90,0	0,016	0,97	0,00	360	1033	0	22 238	
.416e	5025	720	Cu	18x 1,0	2,6	0	3,8	92,6	0,016	1,00	0,00	241	1891	0	24 370	
.416f	6779	972	Cu	22x 1,0	4	0	2,2	51,2	0,020	0,86	0,00	205	816	0	25 390	
.416g	6923	992	Cu	22x 1,0	5,6	0	7,4	52,3	0,020	0,88	0,00	293	2863	0	28 546	
.416i	7771	1114	Cu	22x 1,0	4,8	0	2,2	58,7	0,020	0,99	0,00	282	1072	0	29 900	
.416j	8539	1224	Cu	28x 1,5	10,2	0	3,2	26,4	0,025	0,70	0,00	269	771	0	30 941	
.416k	9281	1330	Cu	28x 1,5	9,2	0	3,2	28,7	0,025	0,76	0,00	264	911	0	32 116	
.416l	15275	2189	Cu	35x 1,5	5,6	0	2,2	17,6	0,032	0,76	0,00	99	632	0	32 847	
.416m	19142	2743	Cu	35x 1,5	0,2	0	2,2	22,1	0,032	0,95	0,00	4	993	0	33 844	
.416n	19730	2827	Cu	35x 1,5	5	0	4,9	22,7	0,032	0,98	0,00	114	2349	15231	51 538	
.416o	19730	446	Cu	35x 1,5	5	0	9,2	3,6	0,032	0,16	0,00	18	110	0	51 666	

BYTY															
.11	2028	291	PEX/Al/PEX	26x 3,0		0	0	15,3	0,020	0,26	0,53	0	0	0	
.301	144	21	PEX/Al/PEX	16x 2,0		0	0	8,4	0,012	0,05	0,15	0	0	0	
.08	1754	251	PEX/Al/PEX	20x 2,0		0	0	32,3	0,016	0,35	0,89	0	0	0	
.201	144	21	PEX/Al/PEX	16x 2,0		0	0	8,4	0,012	0,05	0,15	0	0	0	
.05	1258	180	Cu	15x 1,0		0	0	53,2	0,013	0,38	0,00	0	0	0	
.04	847,4	121	Cu	15x 1,0		0	0	35,8	0,013	0,26	0,00	0	0	0	
.03	768	110	Cu	12x 1,0		0	0	92,8	0,010	0,39	0,00	0	0	0	
.02	742	106	Cu	12x 1,0		0	0	89,6	0,010	0,38	0,00	0	0	0	
.01	1204	173	Cu	15x 1,0		0	0	50,9	0,013	0,36	0,00	0	0	0	
.12	2358	338	PEX/Al/PEX	26x 3,0		0	0	17,8	0,020	0,30	0,61	0	0	0	
.12a	2358	338	Cu	15x 1,0		0	0	99,7	0,013	0,71	0,00	0	0	0	
.12b	4184	600	Cu	18x 1,0		0	0	77,1	0,016	0,83	0,00	0	0	0	
.12c	5994	859	Cu	22x 1,0		0	0	45,3	0,020	0,76	0,00	0	0	0	
.10	1826	262	PEX/Al/PEX	20x 2,0		0	0	33,7	0,016	0,36	0,93	0	0	0	
.07	1810	259	PEX/Al/PEX	20x 2,0		0	0	33,4	0,016	0,36	0,92	0	0	0	
.09	1697	243	PEX/Al/PEX	20x 2,0		0	0	31,3	0,016	0,34	0,86	0	0	0	
.09a	1697	243	Cu	15x 1,0		0	0	71,8	0,013	0,51	0,00	0	0	0	
.09b	3867	554	Cu	18x 1,0		0	0	71,3	0,016	0,77	0,00	0	0	0	
.06	2170	311	PEX/Al/PEX	20x 2,0		0	0	40,0	0,016	0,43	1,11	0	0	0	
.107	191	27	PEX/Al/PEX	16x 2,0		0	0	11,1	0,012	0,07	0,20	0	0	0	
.107b	359	51	PEX/Al/PEX	16x 2,0		0	0	20,9	0,012	0,13	0,37	0	0	0	
.107c	588	84	PEX/Al/PEX	16x 2,0		0	0	34,3	0,012	0,21	0,61	0	0	0	
.101b	168	24	PEX/Al/PEX	16x 2,0		0	0	9,8	0,012	0,06	0,17	0	0	0	
.101	229	33	PEX/Al/PEX	16x 2,0		0	0	13,3	0,012	0,08	0,24	0	0	0	
.405	405	58	PEX/Al/PEX	16x 2,0		0	0	23,6	0,012	0,14	0,42	0	0	0	

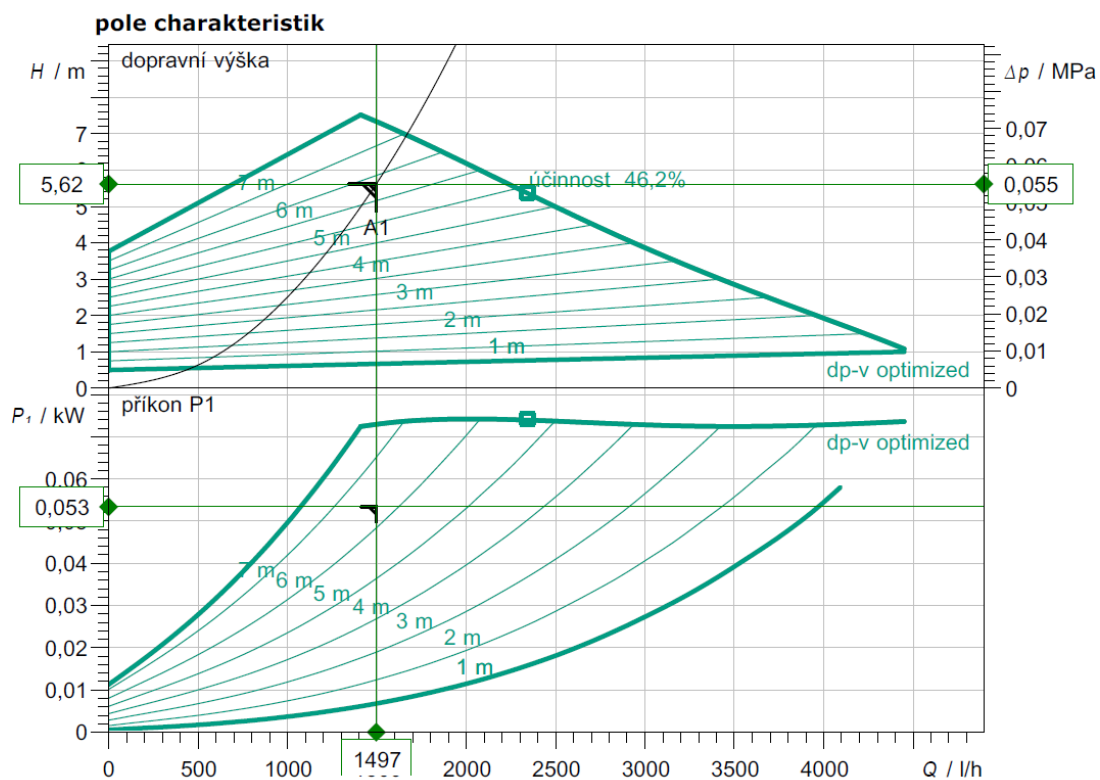
6.2 NÁVRH ČERPADEL

Přehled návrhových parametrů jednotlivých čerpadel je uveden v tabulce 6-1. Návrh čerpadel byl proveden pomocí návrhového programu WILO SELECT a GRUNDFOS Product center.

Tabulka 6-1 Přehled čerpadel

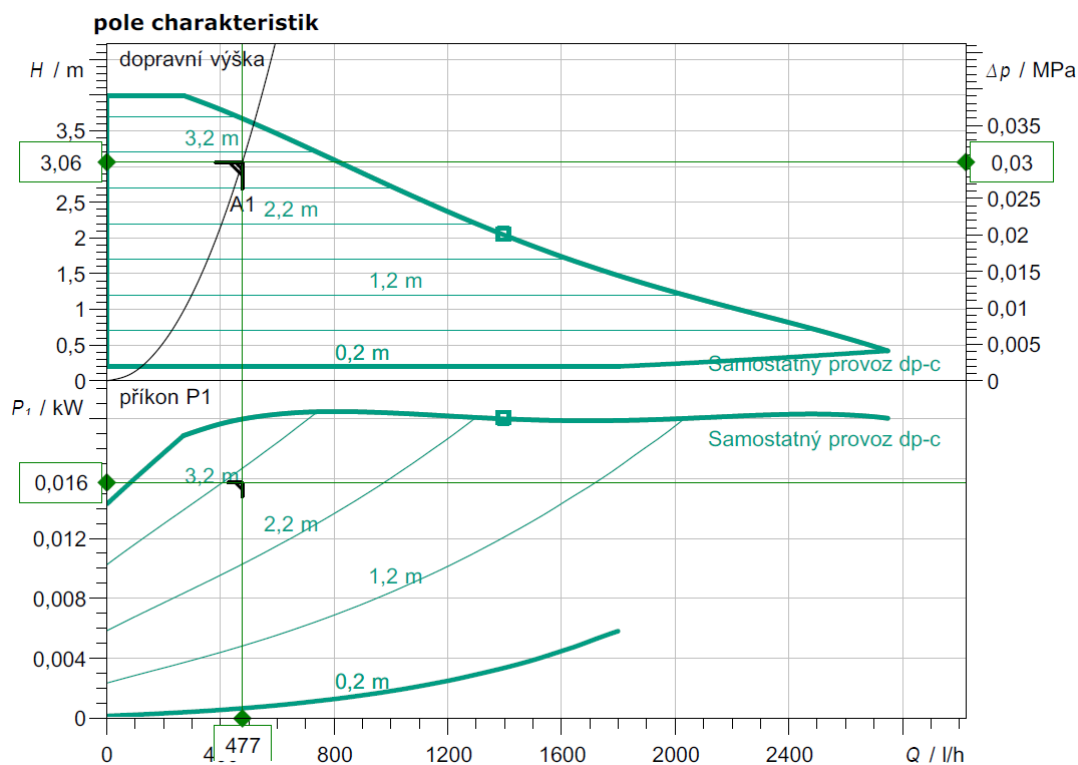
	OZNČ. ČERPADLA	PRŮTOK [l/h]	TL. ZTRÁTA [kPa]	TLAKOVÁ ZTRÁTA VČ. 5% REZERVY [kPa]
ÚT-J	Č1	1497	51,0	53,6
ÚT-S	Č2	477	28,4	29,8
ÚT-TV	Č3	666	28,7	30,2
VZT I	Č4	568	45,9	48,2
VZT II	Č5	568	10,5	11,1
ÚT-PV	Č6	2827	51,7	54,2

Pro větev ÚT-J bylo navrženo čerpadlo Č1 – WILO Yonos PICO-STG 25/1-7.5 180 s charakteristikou na obrázku níže. Čerpadlo bude provozováno v proporcionálním režimu.



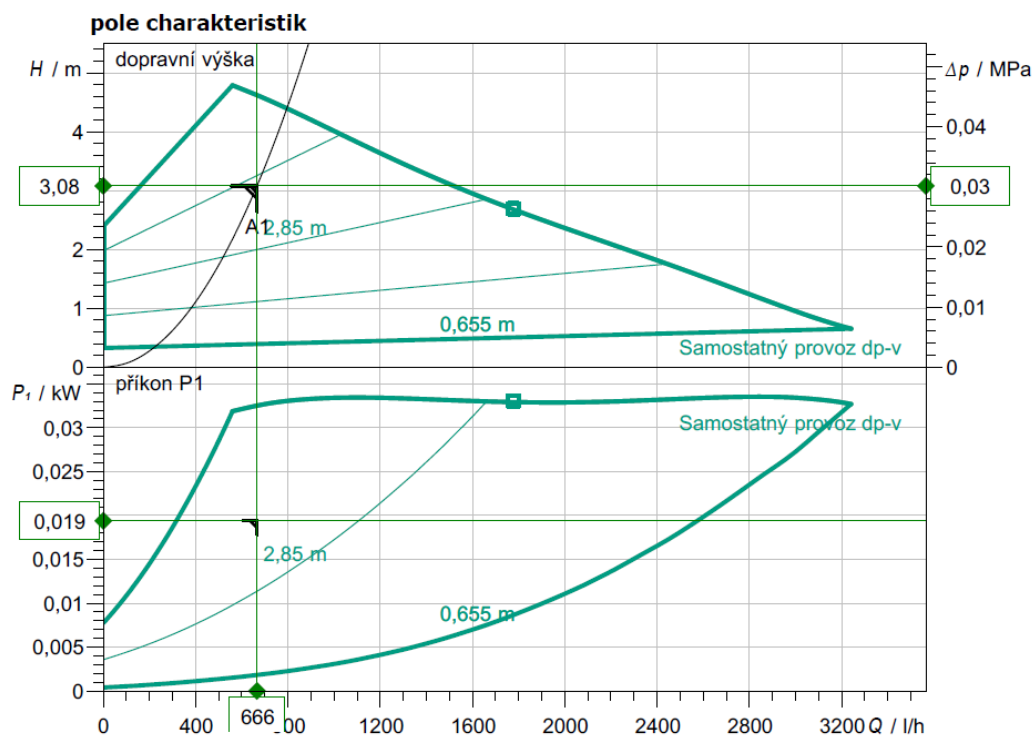
Obrázek 6-3 Charakteristika čerpadla Č1

Pro větev ÚT-S bylo navrženo čerpadlo Č2 – WILO Yonos PICO 25/1-4 s charakteristikou na obrázku níže. Čerpadlo bude provozováno v proporcionálním režimu.



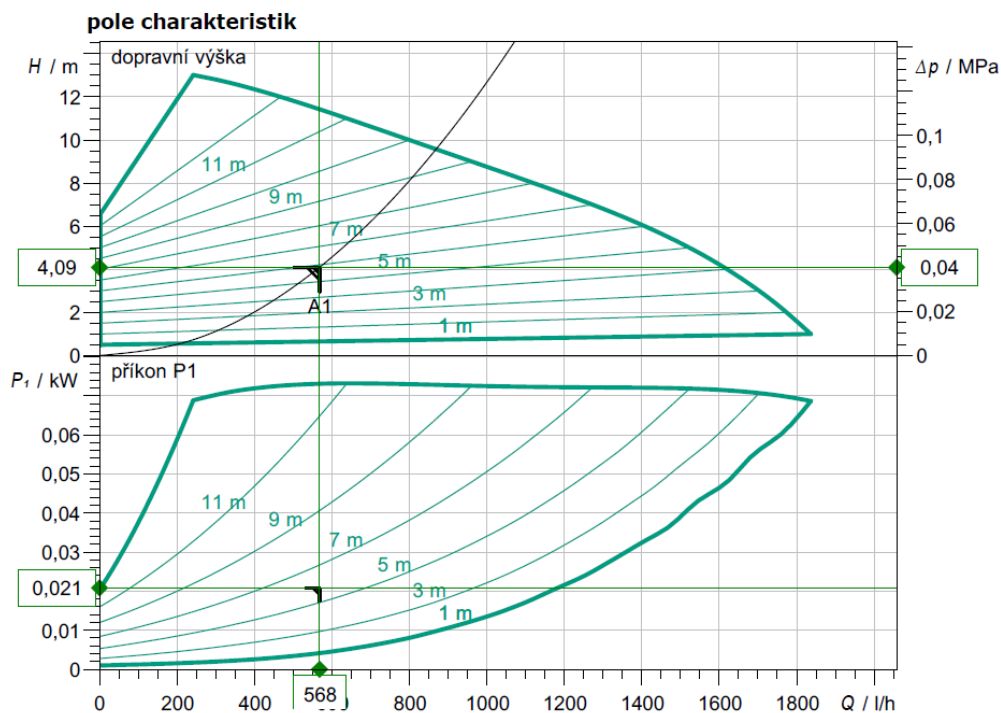
Obrázek 6-4 Charakteristika čerpadla Č2

Pro větev ÚT-TV bylo navrženo čerpadlo Č3 – WILO Yonos PICO 25/1-5-130 s charakteristikou na obrázku níže. Čerpadlo bude provozováno v konstantním režimu.



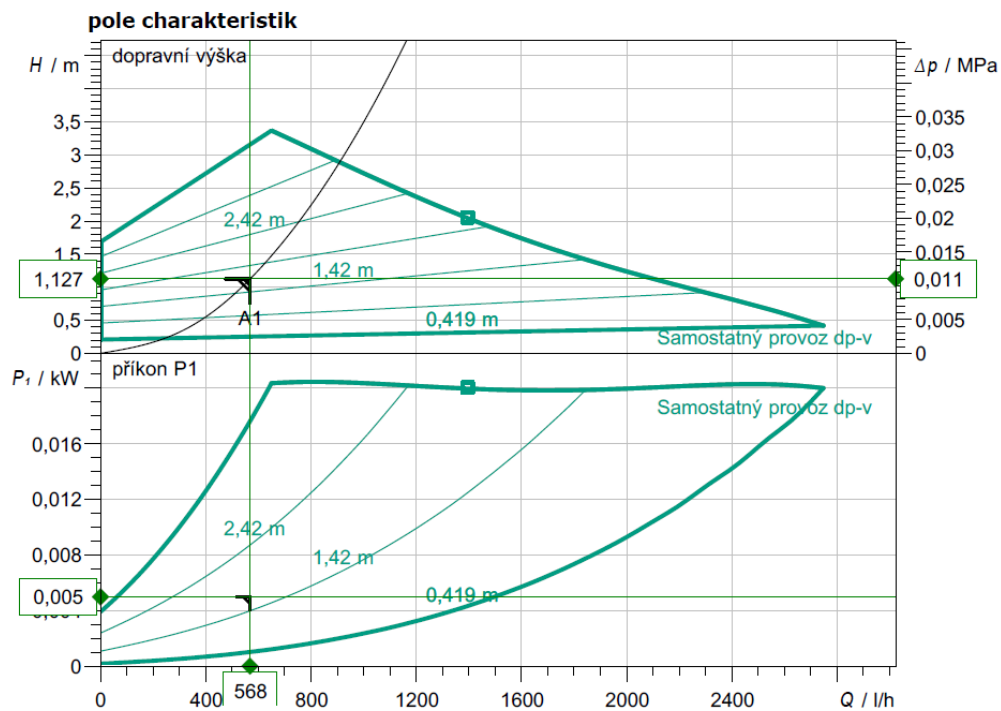
Obrázek 6-5 Charakteristika čerpadla Č3

Pro větev VZT I bylo navrženo čerpadlo Č4 – WILO Yonos PICO-STG 15/1-13 180 s charakteristikou na obrázku níže. Čerpadlo bude provozováno na konstantní tlak.



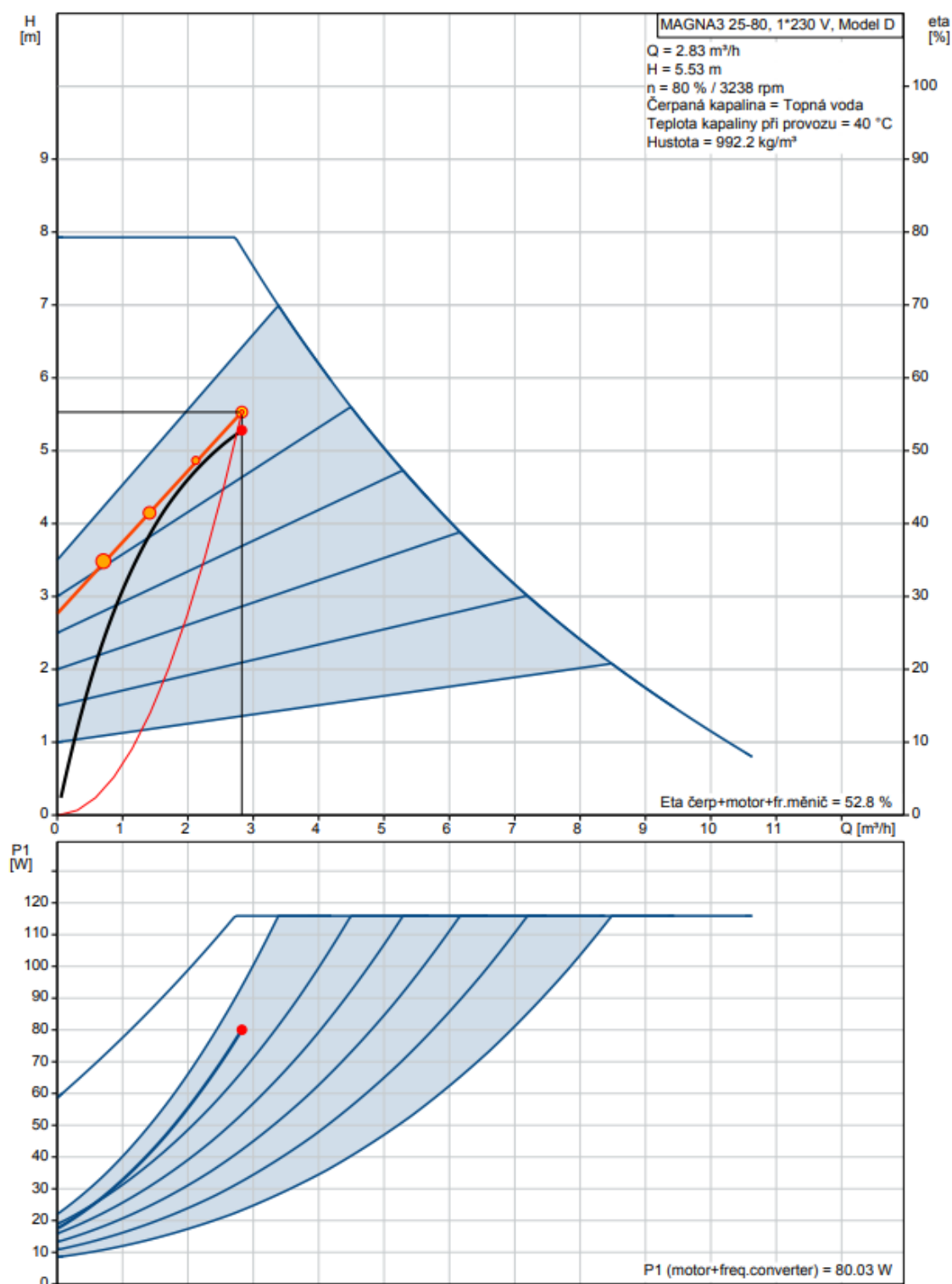
Obrázek 6-6 Charakteristika čerpadla Č4

Pro větev VZT II bylo navrženo čerpadlo Č5 – WILO Yonos PICO 30/1-4 s charakteristikou na obrázku níže. Čerpadlo bude provozováno na konstantní tlak.



Obrázek 6-7 Charakteristika čerpadla Č5

Pro větev ÚT-PV (varianta 2) bylo navrženo čerpadlo GRUNDFOS MAGNA3 25-80 s charakteristikou uvedenou na obrázku 6-8. Čerpadlo bude provozováno v proporcionálním režimu.



Obrázek 6-8 Charakteristika čerpadla Č6

7 NÁVRH ZABEZPEČOVACÍCH PRVKŮ

7.1 NÁVRH POJISTNÉHO VENTILU

[L52]

Kotel je vybaven pojistným ventilem s otevíracím přetlakem 400 kPa. Následující výpočet je pro pojistný ventil u expanzní nádoby. Maximální konstrukční přetlak expanzní nádoby je 600 kPa.

Maximální konstrukční přetlak p_{pi} nejslabšího prvku $p_{pi} = 400 \text{ kPa}$

soustavy – kotel

Kde osa kotle je $h_i = 1,325 \text{ m}$ nad manometrickou rovinou

Konstrukční přetlak p_k

Kde $\rho = 999,6 \text{ kg/m}^3$ (10°C)

Pojistný výkon Q_p pro kotel

Otevírací přetlak p_{ot}

Nejvyšší provozní přetlak p_h

Konstanta syté páry při $p_{ot} = 400 \text{ kPa}$

Výparné teplo při $p_{ot} = 350 \text{ kPa}$

Návrh – pojistný ventil MEIBES DUCO 1“×1 ¼“
(hodnoty dle výrobce)

Průřez sedla pojistného ventilu A_o pro páru

Ideální průměr sedla pojistného ventilu d_i

Součinitel zvětšení sedla a pro $\alpha_v = 0,684$

Skutečný průměr sedla pojistného ventilu d_o

Průměr sedla dle výrobce

Minimální vnitřní průměr vstupního/výstupního potrubí pojistného ventilu pro páru (směs) d_p

$$p_k = p_{pi} + h_i \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3}$$

$$p_k = 400 + 1,325 \cdot 999,6 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3}$$

$$p_k = 413,0 \text{ kPa}$$

$$Q_p = Q_{nom} = 48,6 \text{ kW}$$

$$p_{ot} = 400 \text{ kPa}$$

$$p_h = p_{ot} = 400 \text{ kPa}$$

$$K = 1,55 \text{ kW} \cdot \text{mm}^{-2}$$

$$r = 585 \text{ Wh/kg}$$

$$\text{Výtokový součinitel } \alpha_v = 0,684$$

$$\text{Nejmenší průtočný průřez } A = 380 \text{ mm}^2$$

$$A_o = \frac{Q_p}{\alpha_v \cdot K} = \frac{48,6}{0,684 \cdot 1,55}$$

$$A_o = 45,84 \text{ mm}^2$$

$$d_i = \sqrt{\frac{4 \cdot A_o}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 45,84}{\pi}}$$

$$d_i = 7,64 \text{ mm}$$

$$\text{Volím } a = 1,34$$

$$d_o = a \cdot d_i = 1,34 \cdot 7,64$$

$$d_o = 10,24 \text{ mm}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 380}{\pi}} = 22 \text{ mm}$$

Navržený ventil vyhoví

$$d_p = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{Q_p}$$

$$d_p = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{48,6}$$

$$d_p = 24,76 \text{ mm}$$

Navrženo potrubí Cu 28×1,5 mm

Byl navržen pojistný ventil **MEIBES DUCO 1“×1 ¼“** s otevíracím přetlakem 400 kPa. Vstupní potrubí bude Cu 28×1,5 a výstupní potrubí Cu 35×1,5.

7.2 NÁVRH EXPANZNÍ NÁDOBY

[L52]

Objem vody v soustavě

Zařízení	Objem [l]
Kotel	4
Potrubí	165
Otopná tělesa	416
Ohřívač VZT	2,3
Výměník TV	12
Σ	600

Celkový objem vody v otopné soustavě s rezervou 10 %
 $V_0 = 0,600 \cdot 1,1 \approx 0,660 \text{ m}^3$

Maximální teplota otopné vody t_{max}

$$t_{max} = 80 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ (na výstupu z kotle)}$$

Hustota vody ρ_{tmax} při t_{max}

$$\rho_{tmax} = 972,01 \text{ kg/m}^3$$

Součinitel zvětšení objemu n

$$n = \frac{1000}{\rho_{tmax}} - 1,0004 = 0,0284$$

Expanzní objem

$$V_e = 1,3 \cdot V_0 \cdot n = 1,3 \cdot 0,660 \cdot 0,0284$$

$$V_e = 0,0244 \text{ m}^3$$

Výška nejvyššího bodu soustavy h_s

$$h_s = 11,63 \text{ m}$$

k manometrické rovině

Rezerva výšky vodního sloupce Δh

$$\Delta h = \max(0,1 \cdot h_s; 2 \text{ m})$$

$$\Delta h = \max(0,1 \cdot 11,63; 2 \text{ m})$$

$$\Delta h = \max(1,163 \text{ m}; 2 \text{ m})$$

$$\Delta h = 2 \text{ m}$$

Nejnižší dovolený přetlak p_{ddov}

$$p_{ddov} = (h_s + \Delta h) \cdot \rho_v \cdot g$$

$$p_{ddov} = (11,63 + 2) \cdot 1000 \cdot 9,81$$

$$p_{ddov} = 133,71 \text{ kPa}$$

Nejnižší provozní přetlak p_d

$$p_d = 140 \text{ kPa (volím)}$$

Nejvyšší provozní přetlak p_h a předpokládaný nejvyšší provozní přetlak p_{hp}

$$p_{hp} = p_h = p_{ot} = 400 \text{ kPa (viz výše)}$$

Předběžný objem uzavřené expanzní nádoby

$$V_{ep} = V_e \cdot \frac{p_{hp} + 100}{p_{hp} - p_d}$$

$$V_{ep} = 0,0244 \cdot \frac{400 + 100}{400 - 140} = 0,047 \text{ m}^3$$

Návrh tlakové expanzní nádoby

REFLEX NG 50/6

$$V = 50 \text{ l} > V_{ep} = 47 \text{ l}$$

Minimální vnitřní průměr expanzního potrubí

$$d_v = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{Q_p}$$

$$d_v = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{48,6} = 14,2 \text{ mm}$$

Navrženo potrubí Cu 18x1 mm

Byla navržena expanzní nádoba **REFLEX NG 50/6** o objemu 50 l a expanzní potrubí Cu 18x1 mm. Vzhledem k neznalosti objemu vody ve variantě 2 bude pro účely dokumentace pro stavební povolení navržena o dimenzi větší expanzní nádoba REFLEX NG 80/6.

7.3 DÍLČÍ ZÁVĚR

Pro otopnou soustavu byl navržen pojistný ventil MEIBES DUCO 1“×1 ¼“ s otevíracím přetlakem 400 kPa a expanzní nádoba REFLEX N 50/6 o objemu 50 l. Vstupní pojistné potrubí bude Cu28x1,5, výstupní pojistné potrubí bude Cu35x1,5. Expanzní potrubí bude Cu18x1 mm.

8 NÁVRH DALŠÍCH ZAŘÍZENÍ SOUSTAVY

8.1 MĚŘIČ TEPLA

KOMPAKTNÍ MĚŘIČ TEPLA ULTRAZVUKOVÝ

Sharky 775 (pro topení i chlazení)

Ultrazvukový kompaktní měřič tepla SHARKY je určený pro měření energie v systémech topení a chlazení pro technologické a fakturační účely. Využívá statického principu měření bez pohyblivých částí, což výrazně snižuje opotřebení komponent měřiče. Dalšími vlastnostmi jsou nízké tlakové ztráty, vysoká dynamika měření, nízký rozběhový průtok, samočisticí schopnost a netečnost vůči magnetitu v médiu.

Základní charakteristika:

- schválení podle MID pro dynamický rozsah 1:250 ve třídě 2
- pro jmenovité průtoky od 0,6 m³/h do 60 m³/h a teploty až do 150 °C
- teplotní čidla Pt500 nebo Pt100
- PN 25 pro všechny dimenze
- napájení: bateriové / síťové 230 V AC nebo 24 V AC
- extrémně nízká spotřeba, dlouhá životnost baterie (až 16 let)
- odolnost vůči zanášení nečistotami
- modulární koncepce: integrovaný rádiod modul, M-Bus, RS-232, RS-485, analogový výstup 4–20 mA, impulsní vstupy a výstupy

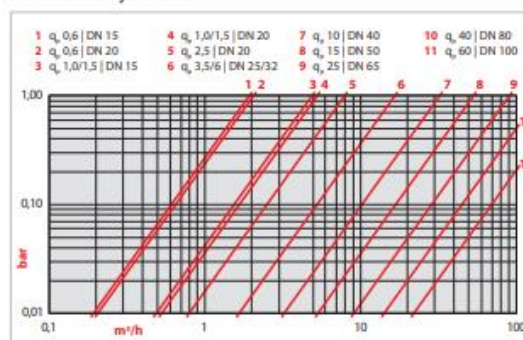
Kalorimetrická část měřiče je již ve standardním provedení vybavena rádiod modulem vysílajícím v pásmu 868 MHz podle normy Wireless M-Bus/OMS a optickým rozhraním. V případě potřeby lze kalorimetrickou část oddělit od průtokoměru a instalovat obě části odděleně. U dimenzí DN 15 a DN 20 může být jedno z teplotních čidel instalováno přímo v těle průtokoměru.

Kalorimetrická část ukládá hodnoty za 24 měsíců a až 31 informačních údajů. Zařízení umožňuje periodické ukládání dat také ve velmi krátkých intervalech (tzv. logování) - takto lze v paměti měřiče uchovat až 440 záznamů. Pro speciální aplikace lze využít schopnosti detekce úniku vody ze systému nebo naprogramování až čtyř integrovaných tarifních registrů.

Měřič je možné napájet jak síťově, tak bateriově a dále měřič umožňuje nastavit velmi krátký měřicí cyklus měření teplot i průtoku.



Křivka tlakových ztrát



Obrázek 8-1 Charakteristika měřiče tepla [L70]

Tabulka standardně dodávaných nominálních průtoků, provedení a parametrů

Jmenovitý průtok	qp	m ³ /h	0,6	1,5	2,5
Jmenovitý průměr	DN	mm	15	15	20
Celková délka	L	mm	110	110	130
Start. průtok		l/h	1	2,5	4
Min. průtok	qi	l/h	6	6	10
Max. průtok	qs	m ³ /h	1,2	3	5
Přetížení		m ³ /h	2,5	4,6	6,7
Provozní tlak	PN	bar	25 ¹	25 ¹	25 ¹
Tlak. ztráta při qp	Δp	mbar	85	75	100
Kvs			2,06	5,48	7,91
Připojení	Závit/Příruba		Z	Z	Z

qp	m ³ /h	3,5	6	6	10	15	25	40	60	100
DN	mm	25	25	32	40	50	65	80	100	100
L	mm	260	260	260	300	270	300	300	360	360
	l/h	7	7	7	20	40	50	80	120	120
qi	l/h	35	24	24	40 ³ /100	60 ³ /150	100 ³ /250	160	240 ³ /600	240 ³ /1000
qs	m ³ /h	7	12	12	20	30	50	80	120	120
	m ³ /h	18,4	18,4	18,4	24	36	60	90	132	132
PN	bar	25 ¹	25 ¹	25 ¹	25 ¹	25 ²	25 ²	25 ²	16/25 ²	16/25 ²
Δp	mbar	44	128	128	95	80	75	80	75	210
		16,69	16,77	16,77	32,44	53,03	91,29	141,42	219,09	219,09
Závit/Příruba		Z/P	Z/P	Z/P	Z/P	P	P	P	P	P

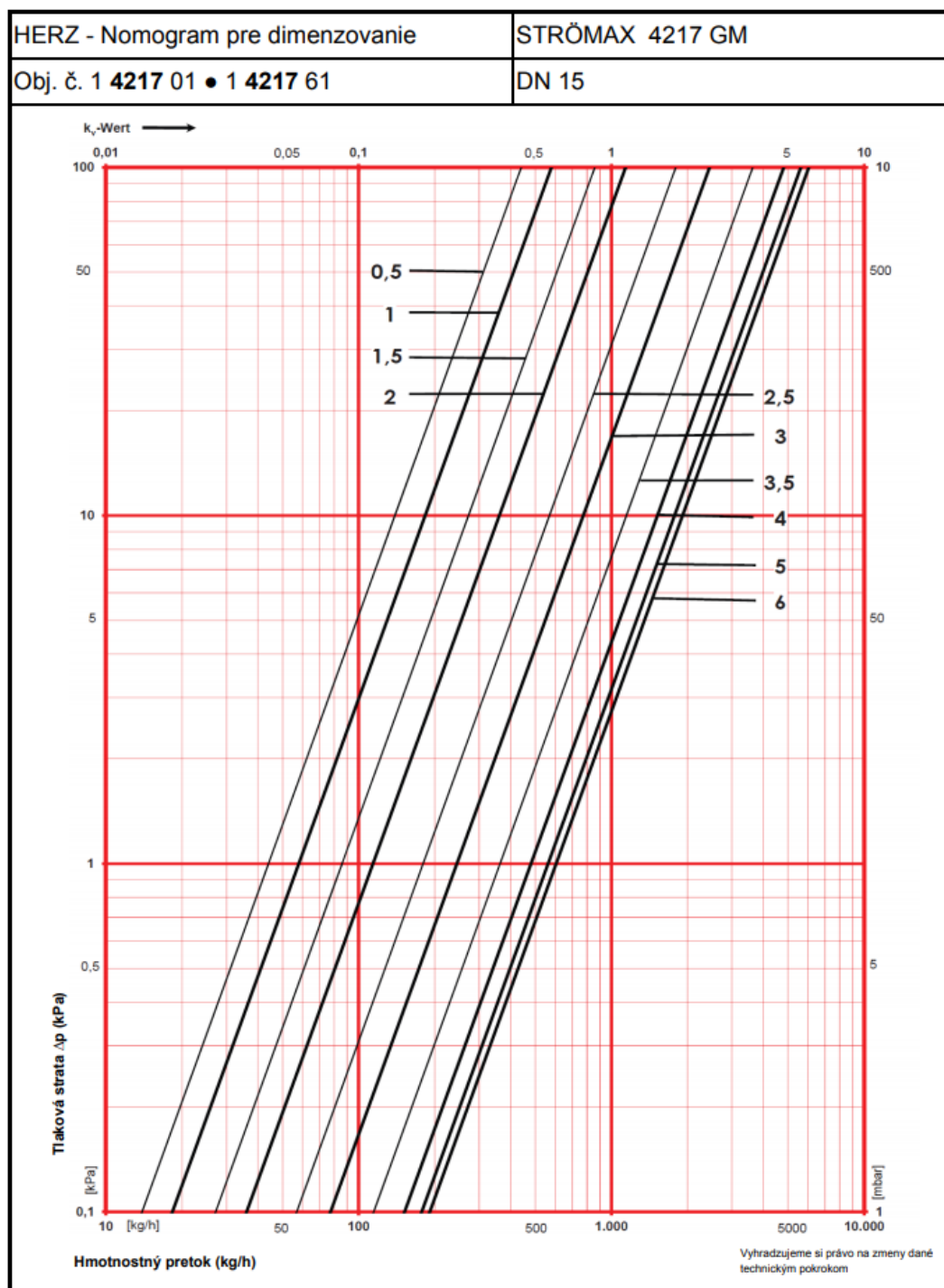
1: Možné i provedení na PN16

2: Možné i provedení na PN40

3: Pouze horizontální montážní poloha

Obrázek 8-2 Charakteristika měřiče tepla [L70]

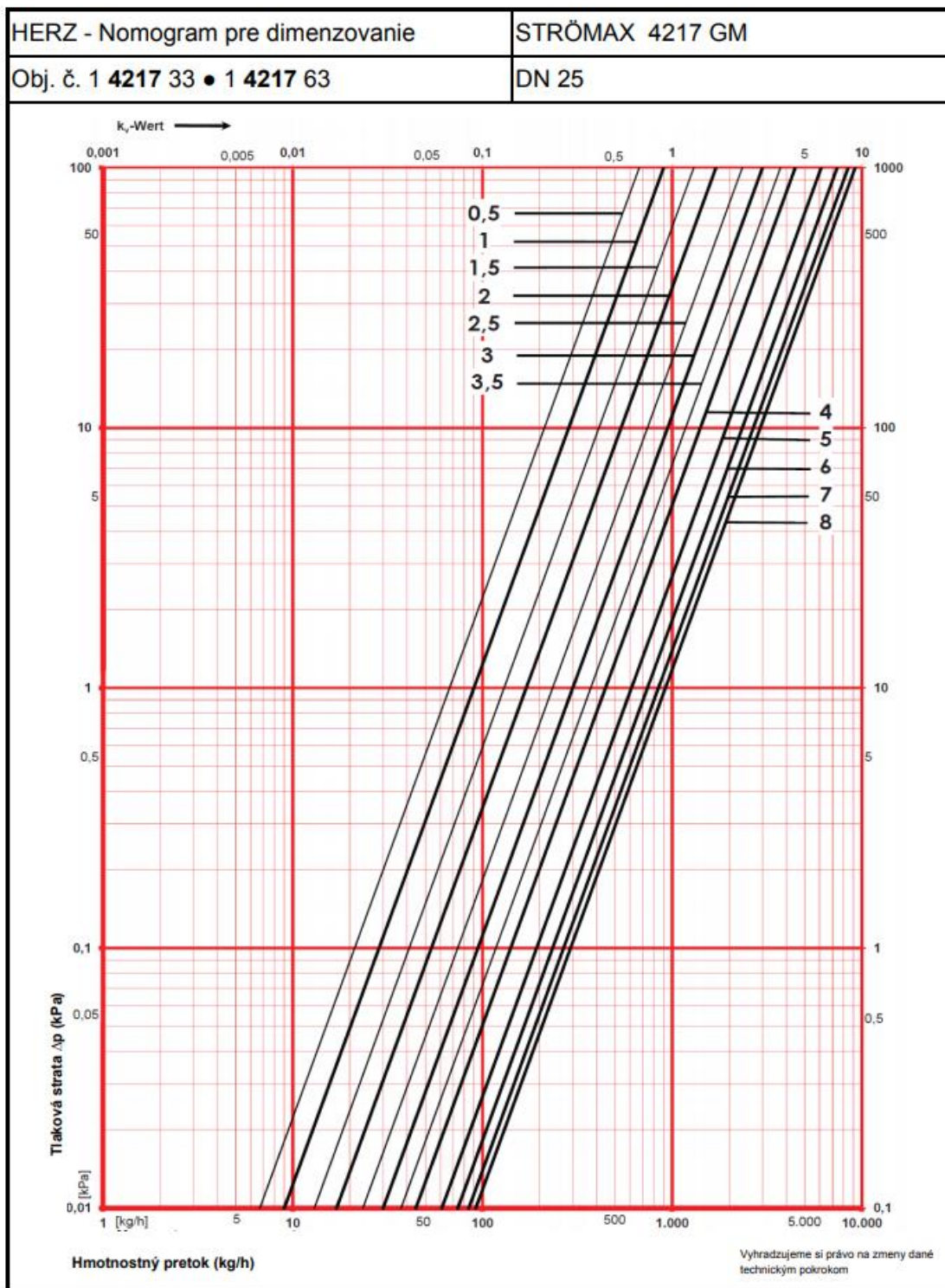
8.2 NÁVRH VYVAŽOVACÍ ARMATURY



HERZ spol. s r.o., Priemyselná 3131, 900 27 Bernolákovo
 Tel.: +42126241190 • Fax: +421262411825
 www.herz.eu • e-mail: info@herz.eu



Obrázek 8-3 Charakteristika vyvažovací armatury [L71]

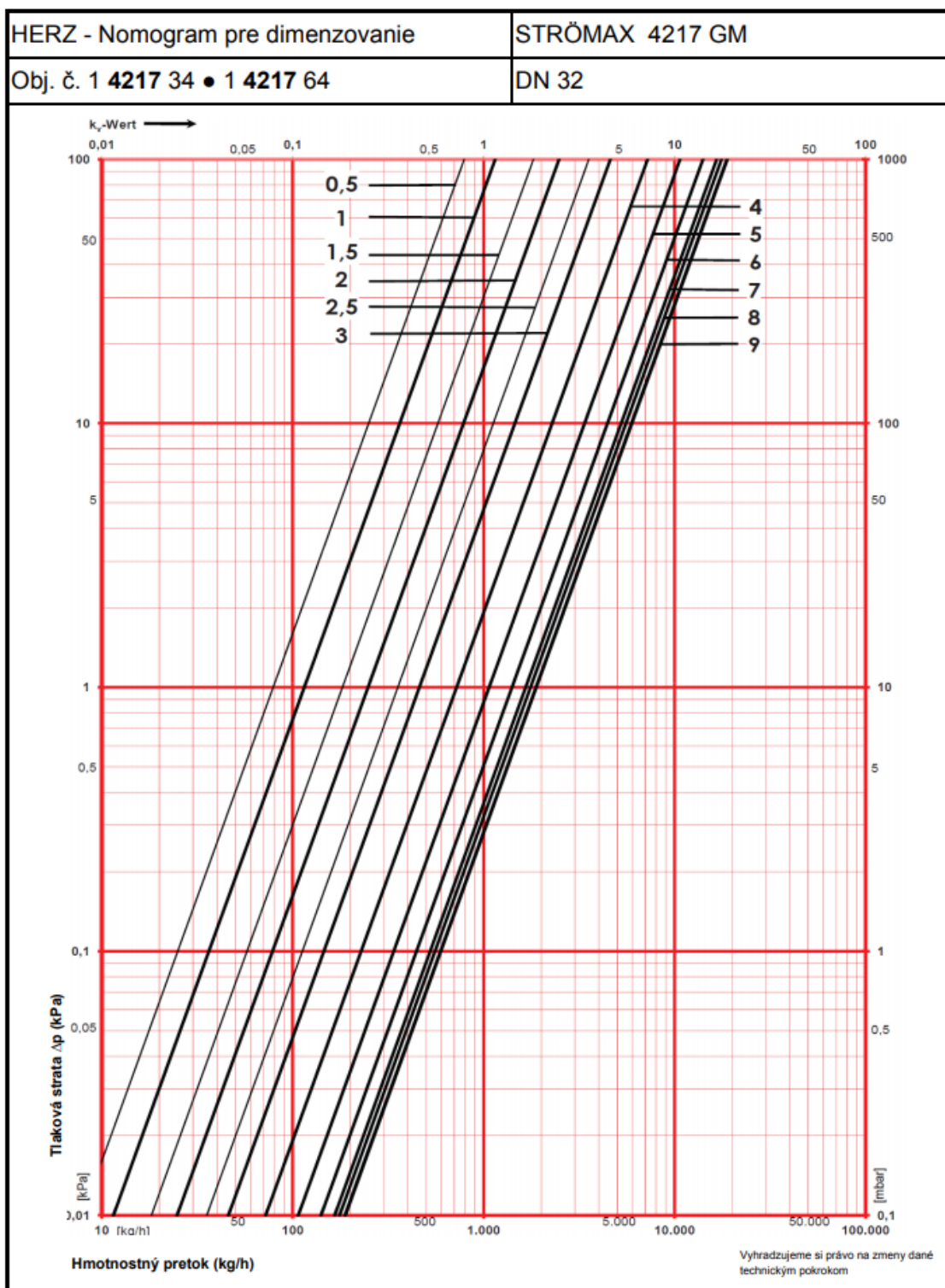


HERZ spol. s r.o., Priemyselná 3131, 900 27 Bernolákovo
 Tel.: +42126241190 • Fax: +421262411825
 www.herz.eu • e-mail: info.sk@herz.eu



9

Obrázek 8-4 Charakteristika vyvažovací armatury [L71]



HERZ spol. s r.o., Priemyselná 3131, 900 27 Bernolákovo
 Tel.: +42126241190 • Fax: +421262411825
 www.herz.eu • e-mail: info@herz.eu

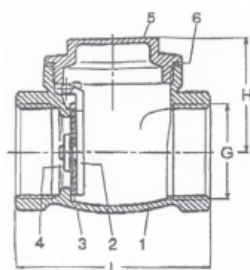


Obrázek 8-5 Charakteristika vyvažovací armatury [L71]

8.3 NÁVRH ZPĚTNÉ Klapky

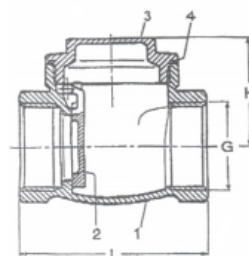


N5 - Zpětná klapka s gumovým těsněním



1. mosaz MS 58 UNI 5705
 2. mosaz MS 58 UNI 5705
 3. těsnění - neoprénová guma
 4. mosaz MS 58 UNI 5705
 5. mosaz MS 58 UNI 5705
 6. těsnění o-kroužek NBR
- od 5/4" do 4" mosaz MS 58 UNI 5035
- Maximální pracovní teplota 110°C

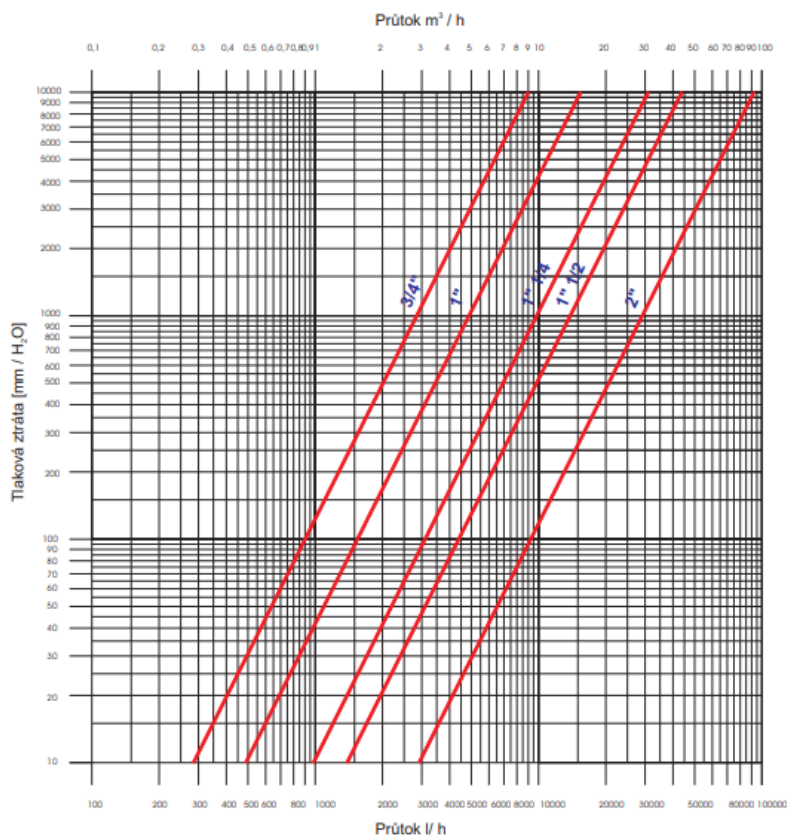
N6 - Zpětná klapka bez gumového těsnění



1. mosaz MS 58 UNI 5705
 2. mosaz MS 58 UNI 5705
 3. mosaz MS 58 UNI 5705
 4. těsnění o-kroužek NBR
- od 5/4" do 4" mosaz MS 58 UNI 5035
- Maximální pracovní teplota 130°C

G	3/8"	1/2"	3/4"	1"	5/4"	6/4"	2"	2 1/2"	3"	4"
H [mm]	31,5	31,5	35,0	39,5	46,5	50,5	59,0	67,5	76,5	91,0
L [mm]	47,0	47,0	54,5	64,5	75,5	83,0	98,0	116,5	135,0	164,0
tlak [MPa]	1,6	1,6	1,6	1,6	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0
Kv			9,03	15,76	31,34	44,03	92,4			

G	3/8"	1/2"	3/4"	1"	5/4"	6/4"	2"	2 1/2"	3"	4"
H [mm]	31,5	31,5	35,0	39,5	46,5	50,5	59,0	67,5	76,5	91,0
L [mm]	47,0	47,0	54,5	64,5	75,5	83,0	98,0	116,5	135,0	164,0
tlak [MPa]	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8
Kv			9,03	15,76	31,34	44,03	92,4			



Obrázek 8-6 Charakteristika navrženého filtru [L72]

8.4 NÁVRH TROJCESTNÉHO SMĚŠOVACÍHO VENTILU S POHONEM

Směšovací sady SXP..

Pro snadnější návrh a orientaci v sortimentu regulačních armatur jsme pro vás připravili sady sestávající z 3-cestného regulačního ventilu a servopohonu s třibodovým nebo spojitým řídicím signálem. Sady jsou navrženy pro regulaci směšovaných topných okruhů, například pro aplikace v rodinných domcích v návaznosti na ekvitermní regulaci. Sortiment pokrývá rozsah výkonů od 2 do 31,2 kW.



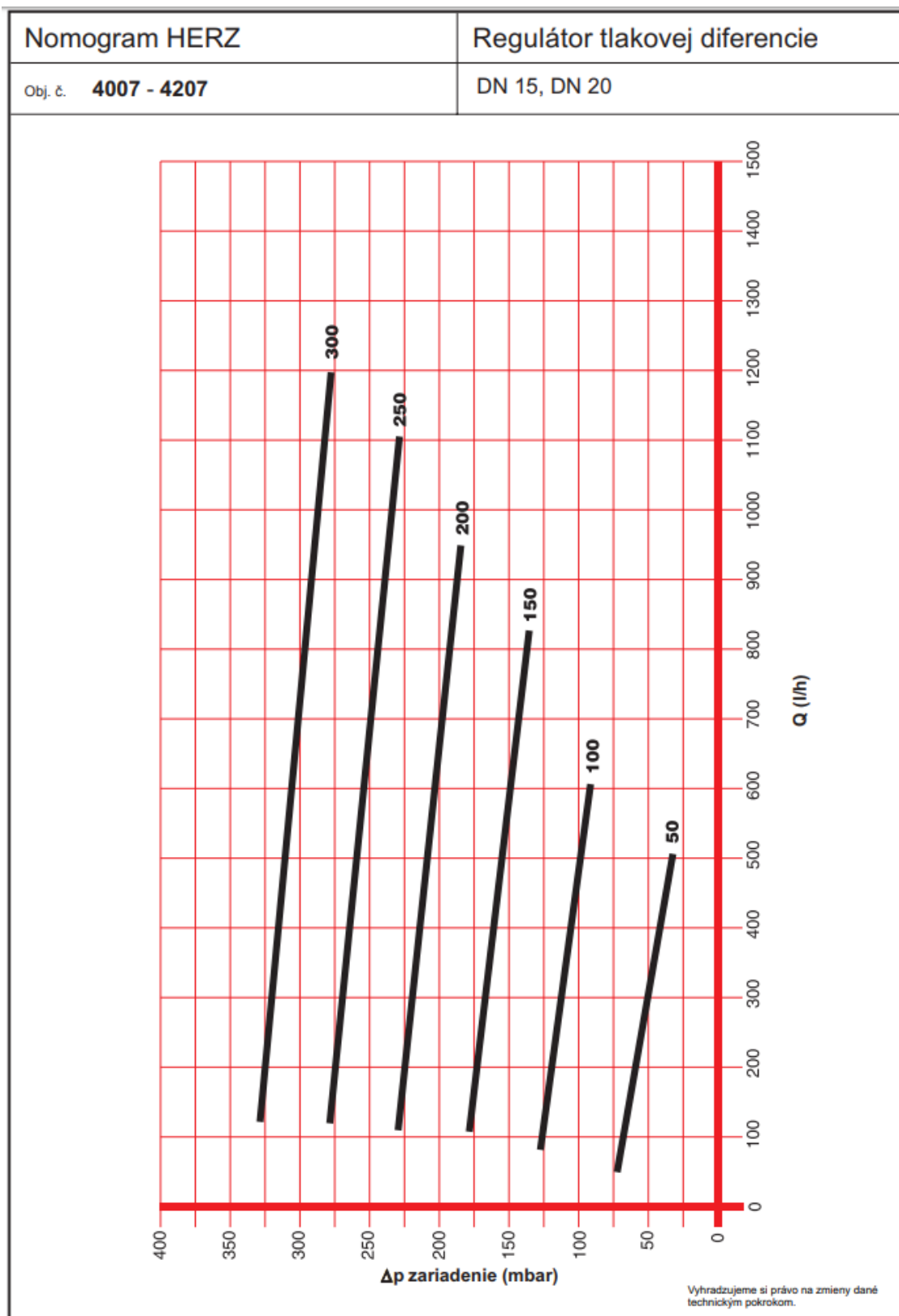
Sady je možné vybrat z následující tabulky:

Označení sady s pohonem 230 V AC	Světlost ventilu	k _v (m ³ /h)	Výkon (kW) při	
			$\Delta T = 10 K$	$\Delta T = 15 K$
			Podlahové vytápění	Radiátory
SXP45.10-1/230 ¹⁾	DN10	1,00	2,0 až 3,3	3,0 až 4,9
SXP45.10-1.6/230 ¹⁾	DN10	1,60	3,2 až 5,3	4,8 až 7,9
SXP45.15-2.5/230 ¹⁾	DN15	2,50	5,1 až 8,2	7,6 až 12,4
SXP45.20-4/230 ¹⁾	DN20	4,00	8,1 až 13,2	12,1 až 19,8
SXP45.25-6.3/230 ¹⁾	DN25	6,30	12,7 až 20,8	19,1 až 31,2
Označení sady s pohonem 24 V AC				
SXP45.10-1/24 ¹⁾	DN10	1,00	2,0 až 3,3	3,0 až 4,9
SXP45.10-1.6/24 ¹⁾	DN10	1,60	3,2 až 5,3	4,8 až 7,9
SXP45.15-2.5/24 ¹⁾	DN15	2,50	5,1 až 8,2	7,6 až 12,4
SXP45.20-4/24 ¹⁾	DN20	4,00	8,1 až 13,2	12,1 až 19,8
SXP45.25-6.3/24 ¹⁾	DN25	6,30	12,7 až 20,8	19,1 až 31,2
Označení sady s pohonem 24 V AC / DC				
SXP45.10-1/DC ²⁾	DN10	1,00	2,0 až 3,3	3,0 až 4,9
SXP45.10-1.6/DC ²⁾	DN10	1,60	3,2 až 5,3	4,8 až 7,9
SXP45.15-2.5/DC ²⁾	DN15	2,50	5,1 až 8,2	7,6 až 12,4
SXP45.20-4/DC ²⁾	DN20	4,00	8,1 až 13,2	12,1 až 19,8
SXP45.25-6.3/DC ²⁾	DN25	6,30	12,7 až 20,8	19,1 až 31,2

Pozn.: Předávané výkony jsou počítány pro teplotnou látku vodu, pro $\Delta p_{v100} = 3$ až 8 kPa.

¹⁾ Řídicí signál třibodový; ²⁾ Řídicí signál DC 0...10 V

Obrázek 8-7 Charakteristika trojcestného směšovacího ventilu [L73]



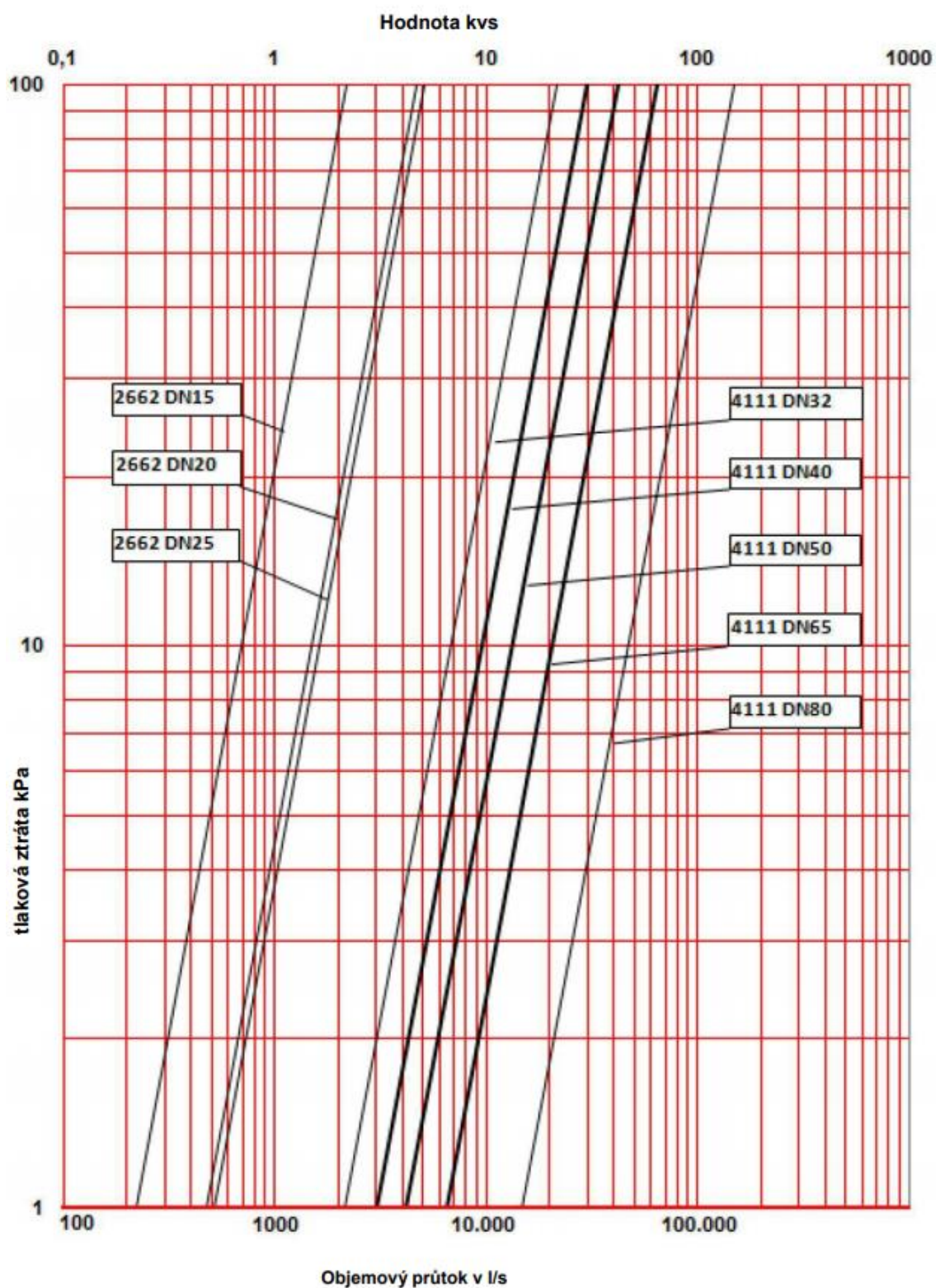
HERZ spol. s r.o., Priemyselná 3131, 900 27 Bernolákovo
 Tel.: +42126241190 • Fax: +421262411825
 www.herz.eu • e-mail: info@herz.eu



Obrázek 8-8 Charakteristika regulátoru diferenčního tlaku [L71]

8.5 NÁVRH FILTRU

HERZ - Filtr	s vnitřním závitem
Obj. č.: 2662, 4111	DN15 - DN80



Obrázek 8-9 Charakteristika filtru [L71]

8.6 DOPLŇOVÁNÍ A ZMĚKČOVÁNÍ VODY

Pro doplňování otopné vody z vodovodu bude navrženo automatické doplňovací zařízení Reflex Fillcontrol Plus compact.

Fillcontrol

Kompaktní řešení pro malé soustavy s membránovou tlakovou expanzní nádobou. Obsahuje systémový oddělovač podle DIN EN 1717, řízení funguje zcela nezávisle na základě údajů od integrovaného tlakového senzoru.

Charakteristická hodnota průtoku:	0,4 m ³ /h
Dovol. provozní teplota:	70 °C
Dovol. provozní přetlak:	10 bar
Minimální vstupní tlak:	≥ 1,3 bar



Obrázek 8-10 Charakteristika Reflex Fillcontrol Plus Compact [L76]

Pro změkčování doplňované vody do soustavy bude použita dvojice změkčovacích patron REFLEX FILLSOFT II s vodoměrem doplňované vody REFLEX FILLMETR a externím tlakovým čidlem REFLEX FE.

Fillsoft I/II

- změkčovací armatura pro první plnění a doplňování topných soustav
- Fillsoft I: změkčovací kapacita 6.000 l x °dH
- Fillsoft II: změkčovací kapacita 12.000 l x °dH
- včetně uzavírací armatury s kohoutem pro kontrolní odběry a segmentovým šroubením*
- Fillset I včetně omezovače průtoku

	Fillsoft I	Fillsoft II
Obj. číslo	6811600	6811700
Dovol. provozní přetlak	8 bar	8 bar
Dovol. provozní teplota	40 °C	40 °C
Výška	600 mm	600 mm
Šířka	260 mm	380 mm
Max. průtok	0,4 m ³ /h	0,4 m ³ /h
Hmotnost	4,1 kg	7,6 kg
Připojení vstup/výstup	Rp 1/2/Rp 1/2	Rp 1/2/Rp 1/2
Kapacita	6,000 l x °dH	12,000 l x °dH



Fillsoft I



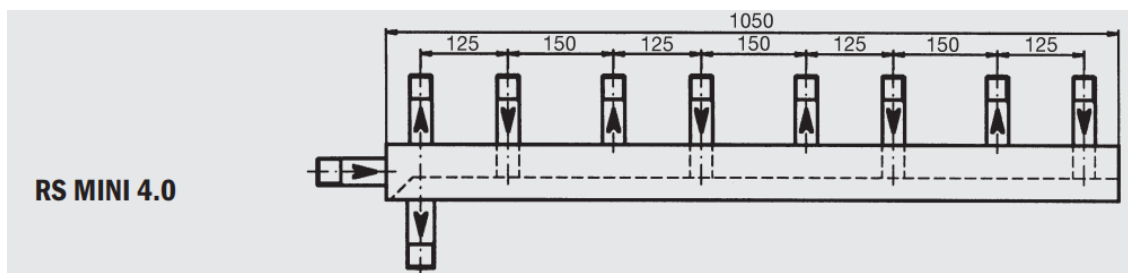
Fillsoft II

Pro sledování zbývajících změkčovací kapacity je třeba použít vodoměr, například elektronický vodoměr Fillmeter.

Obrázek 8-11 Charakteristika REFLEX Fillsoft II [L76]

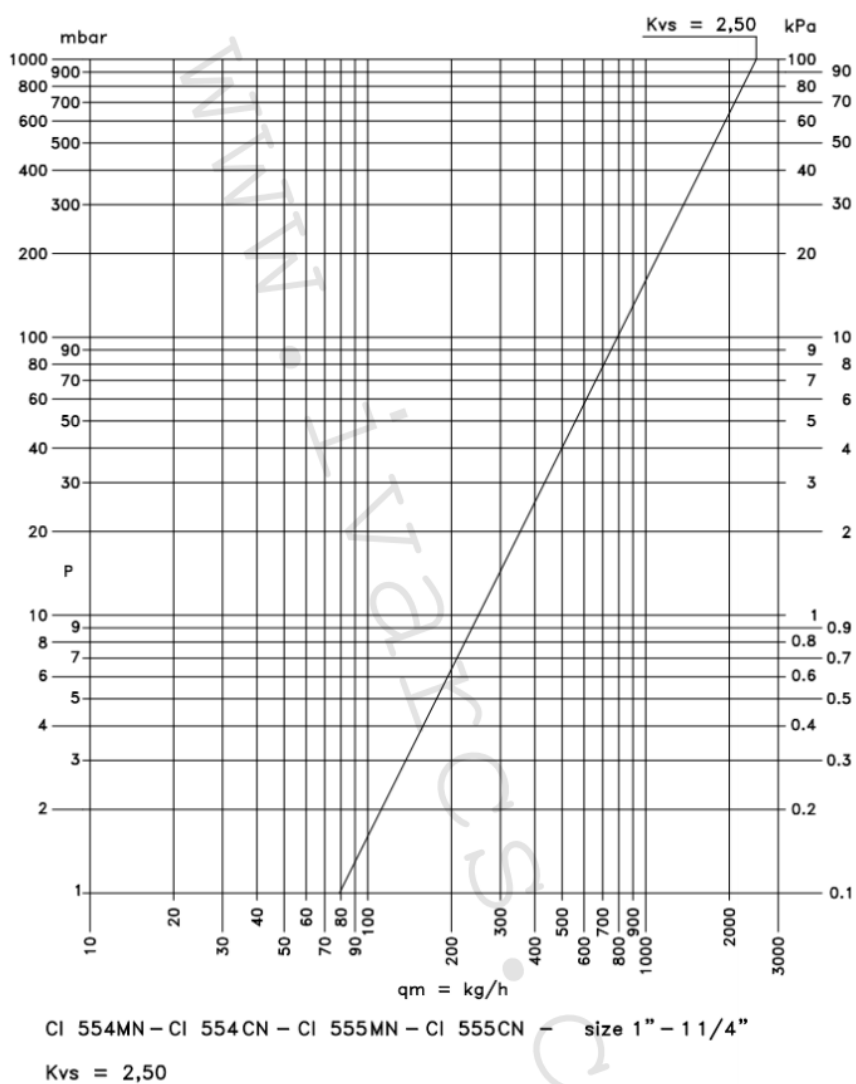
8.7 NÁVRH ROZDĚLOVAČE A SBĚRAČE

Pro dělení rozvodů jednotlivých větví v kotelně byl navržen kombinovaný rozdělovač a sběrač ETL RS MINI 4.0 se čtyřmi větvemi.

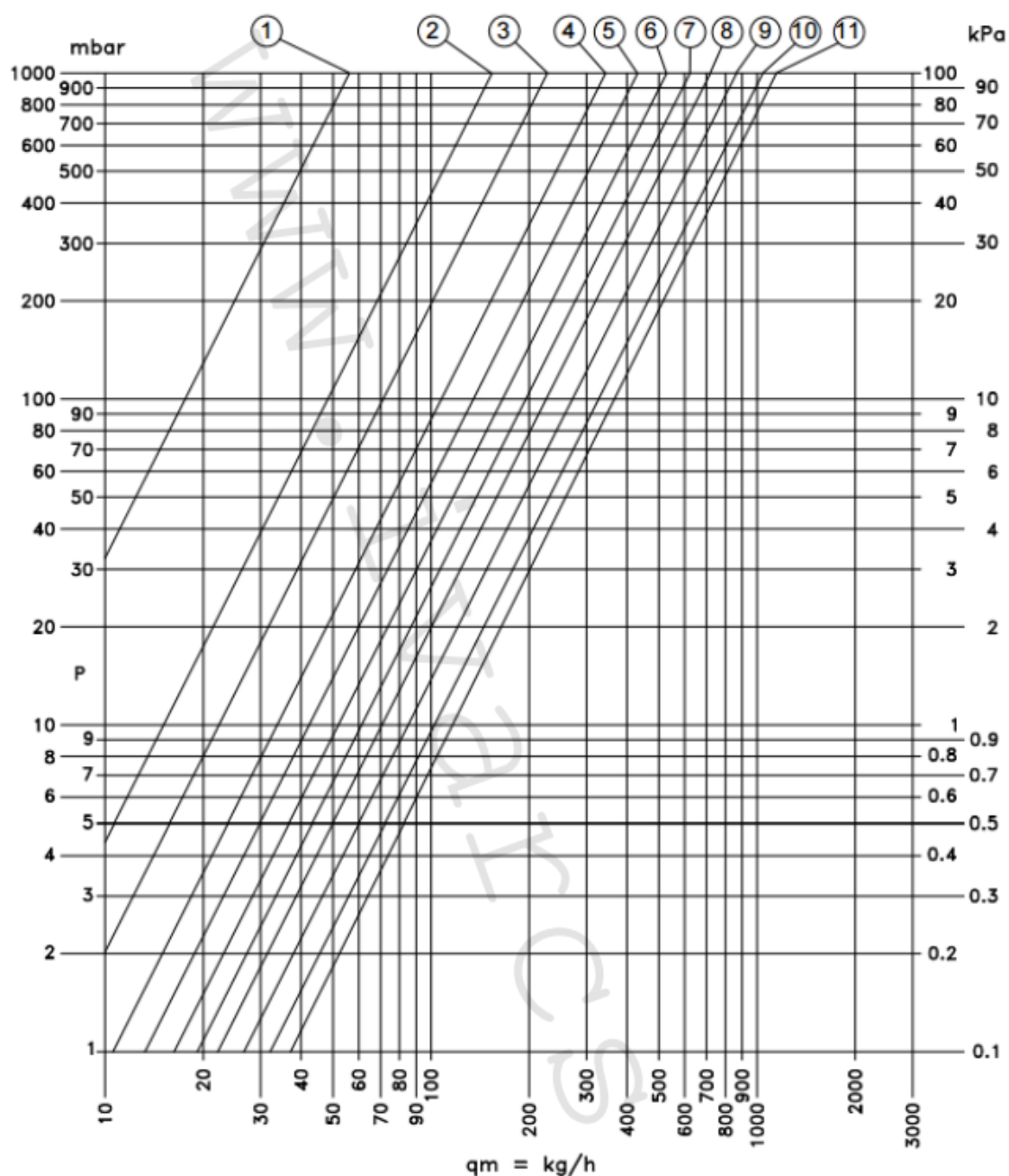


Obrázek 8-12 Náskres rozdělovače a sběrače [L74]

Jako rozdělovač a sběrač pro podlahové vytápění byl navržen IVAR.CS 553 S charakteristikami na obrázcích níže.



Obrázek 8-13 Charakteristika podlahového sběrače [L69]



FLUXER

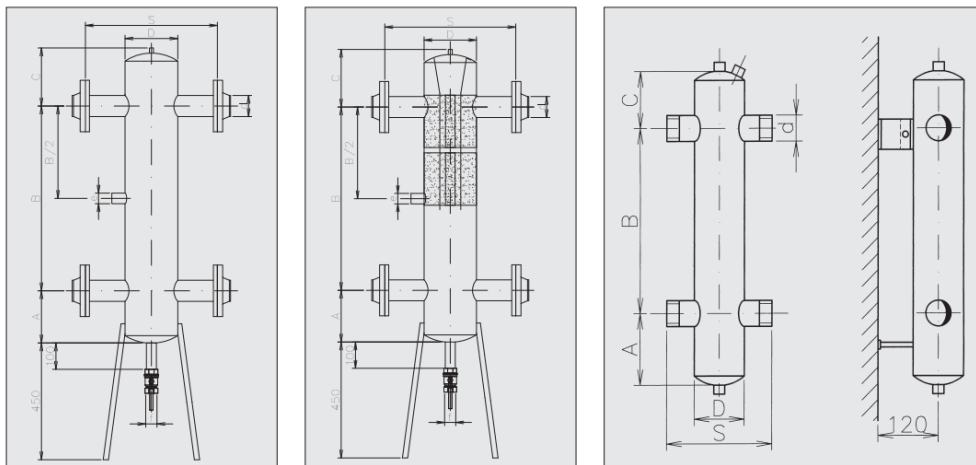
#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
↻	1	1.125	1.25	1.375	1.5	1.75	1.875	2	2.25	2.5	Max
Kv	0.05	0.15	0.22	0.32	0.41	0.51	0.61	0.71	0.87	1.02	1.16

Obrázek 8-14 Charakteristika podlahového rozdělovače [L69]

8.8 NÁVRH HVDT

Byl navržen hydraulický vyrovnávač dynamických tlaků ETL HVDT 1B s maximálním průtokem 4 m³/h. Průtok primární vody do větve ÚT-J je 599 l/h, do větve ÚT-S 191 l/h, do ÚT-TV 666 l/h a do VZT 568 l/h. Celkový průtok je tedy 2024 l/h. V kotlovém okruhu by měl být průtok o 5 až 10% větší, tj. 2226 l/h. Tato hodnota je velmi blízko horní hranice HVDT 63B. Pro účely

stavebního povolení a prostorové rezervy v technické místnosti si dovolím navrhnout o jednu řadu větší HVDT, tj. HVDT 1B s montáží na zeď. V dalším stupni na základě aktualizovaných požadavků od ostatních profesí a investora je potom možné HVDT zmenšit. U varianty s podlahovým vytápění je průtok v základním okruhu menší a bude navržen ELT HVDT 63B.



TYP HVDT	MAX. PRŮTOK (m³/hod)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	L (mm)	S (mm)	d (mm)	e (mm)	f
24B	1,8	100	300	65	89	485	169	5/4"	-	-
63B	2,5	110	380	80	108	600	208	6/4"	-	-
1B	4,0	110	400	100	108	600	208	2"	-	-
I	4,0	100	400	100	108	1050	400	57	1"	5/4"
II	8,0	150	500	100	159	1200	400	76	1"	5/4"

Obrázek 8-15 Rozměry HVDT [L75]

9 NÁVRH VĚTRÁNÍ TECHNICKÉ MÍSTNOSTI

V technické místnosti bude instalován uzavřený plynový spotřebič typu C, který odebírá spalovací vzduch z venkovního prostoru nebo ze společného komínu a od kterého se spaliny odvádí do exteriéru. Z toho důvodu nebude při výpočtu uvažováno s přívodem spalovacího vzduchu.

Větrání technické místnosti bude navrženo jako sdružené, kde přirozené větrání bude sloužit pro minimální výměnu $0,5 \text{ h}^{-1}$ a pro zajištění maximální teploty $35 \text{ }^{\circ}\text{C}$ v prostoru bude sloužit přetlakový ventilátor.

$$V'_{min} = A \cdot h \cdot I = 5 \cdot 2,7 \cdot 0,5 = 6,75 \text{ m}^3/\text{h}$$

Průtok vzduchu je příliš nízký, pro další výpočty bude uvažován průtok $V_{min} = 30 \text{ m}^3/\text{h}$.

9.1 TEPELNÁ BILANCE TECHNICKÉ MÍSTNOSTI V ZIMĚ

Uvažovaná tepelná produkce kotle činí 0,65 % $Q_{z,z} = 0,0065 \cdot 48600 = 315,9 \text{ W}$
(nejmenší) ze jmenovitého výkonu kotle

Uvažována minimální hodnota větracího vzduchu $V_{v,celk} = V_{min} = 30 \text{ m}^3/\text{h}$

Měrná tepelná ztráta větráním $H_V = 0,34 \cdot V_{v,celk} = 0,34 \cdot 30$
 $H_V = 10,2 \text{ W/K}$

Měrná tepelná ztráta prostupem tepla $H_T = -2,4 \text{ W/K}$

Teplota vzduchu v kotelně pro $t_e = -15 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$$t_{i,z} = t_e + \frac{Q_{z,z}}{H_T + H_V}$$
$$t_{i,z} = -15 + \frac{315,9}{-2,4 + 10,2}$$
$$t_{i,z} = 25,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Nejnižší přípustná teplota pro kotelny bez obsluhy je $7,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Místnost nebude třeba vytápět.

9.2 TEPELNÁ BILANCE KOTELNY V LÉTĚ

Technická místnost není vybavena oknem. V létě bude v provozu pouze ohřev teplé vody a to nabíjecím výkonem 19 kW . V technické místnosti je umístěn zásobník TV, jehož statická ztráta je 96 W (viz technické parametry). Objem nádrže a ztráty tepla dle TNI 73 0331 tabulky A.14 při tl. izolace 100 mm .

Uvažovaná tepelná produkce kotle činí 1 % $Q_{z,z} = 0,01 \cdot 48600 \cdot 0,5 = 243 \text{ W}$
(maximum) z 50% výkonu kotle

Uvažované tepelné zisky $Q_{z,L} = 96 + 243 = 339 \text{ W}$

Uvažována minimální hodnota větracího vzduchu $V_{v,celk} = V_{min} = 30 \text{ m}^3/\text{h}$

Měrná tepelná ztráta větráním $H_V = 0,34 \cdot V_{v,celk} = 0,34 \cdot 30$
 $H_V = 10,2 \text{ W/K}$

Měrná tepelná ztráta prostupem tepla $H_T = 0 \text{ W/K}$ (zanedbána)

Teplota vzduchu v kotelně pro $t_e = 30 \text{ °C}$
$$t_{i,z} = 30 + \frac{Q_{z,L}}{H_T + H_V}$$
$$t_{i,z} = 30 + \frac{339}{10,2}$$
$$t_{i,z} \gg 40 \text{ °C}$$

Nejvyšší přípustná teplota je 35 °C , která je výrazně převýšena. Je nutné zvýšit průtok vzduchu.

Nutný průtok vzduchu v létě $V_L = \frac{Q_{z,L}}{0,34 \cdot \Delta t} = \frac{339}{0,34 \cdot (35 - 30)}$
 $V_L = 200 \text{ m}^3/\text{h}$

Výměna vzduchu pro potřebný průtok $n = \frac{V_L}{O} = \frac{200}{13,5} = 14,8 \text{ h}^{-1}$

Pro pokrytí tepelné zátěže v létě bude navrženo přetlakové nucené větrání pomocí potrubního ventilátoru **TD 500/160 Ecowatt** s návrhovým průtokem $200 \text{ m}^3/\text{h}$ a $p_{\text{ext}} = 130 \text{ Pa}$. Ventilátor bude osazen v potrubí se zpětnou klapkou, kde regulace otáček bude pomocí externího regulátoru otáček REB Ecowatt.

TD 500/160 ECOWATT

Průtok vzduchu	200 m ³ /h
Výkon	49 W
Napětí	230 V
Proud	0,36 A
Nastavení otáček	Cca 8 V



Obrázek 9-1 Technické parametry navrženého ventilátoru [L53]

9.2.1 STANOVENÍ RYCHLOSTI PROUDĚNÍ V PROTIDEŠŤOVÉ ŽALUZII

Návrh protidešťové žaluzie **MANDIK PDZM 250x250 mm** $S_{ef} = 0,0242 \text{ m}^2$

Rychlost proudění $v = \frac{V_L}{S_{ef}} = \frac{200}{0,0242} = 2,3 \text{ m/s}$

Rychlost je vyhovující.

9.3 DÍLČÍ ZÁVĚR

Pro větrání kotelny bylo navrženo sdružené větrání, kde pro přirozené větrání bude navržena dvojice protidešťových žaluzií – jedna pod stropem, druhá u podlahy. Pro nucené větrání v teplém období roku, kdy teplota v kotelně bude větší než 35 °C, bude navrženo nucené přetlakové větrání pomocí potrubního ventilátoru TD 500/160 Ecowatt s přívodem vzduchu k podlaze. U přívodní protidešťové žaluzie bude dvojice klapek se servopohonem, které budou přepínány v režimu přirozené větrání/nucené větrání.

10 POTŘEBA TEPLA

10.1 MĚSÍČNÍ METODA – ROČNÍ POTŘEBA TEPLA

10.1.1 ROČNÍ POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ

10.1.1.1 MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA

Měrná tepelná ztráta prostupem H_{TR} [W/K]

$$H_{TR} = \sum (U_p \cdot A_p) + \sum ((U_n + \Delta U) \cdot A_n) + \sum (b_z \cdot U_z \cdot A_z) \quad (10.1)$$

kde index p průsvitné konstrukce;
index n neprůsvitné konstrukce;
index z zemina.

Měrná tepelná ztráta větráním H_V [W/K]:

$$H_V = (1 - 0,95 \cdot \varphi_{ZZT}) \cdot V \cdot \rho c \quad (10.2)$$

kde V je průtok vzduchu [m^3/s];
 ρc 1200 J/ $\text{m}^3 \cdot \text{K}$.

Výpočtová tepelná ztráta Q_L [W]

$$Q_L = (H_{TR} + H_V) \cdot (t_i - t_{em}) \quad (10.3)$$

Tepelná energie prostupem za den Q_{TR} [kWh]

$$Q_{TR} = H_{TR} \cdot (t_{em} - t_i) \cdot \frac{24}{1000} \quad (10.4)$$

Tepelná energie pro větrání za den Q_{VE} [kWh]

$$Q_{VE} = H_V \cdot (t_{em} - t_i) \cdot \frac{h_{pr}}{1000} \quad (10.5)$$

kde h_{pr} je provozní doba větracího systému (za den)

10.1.1.2 ZISKY

Solární zisky Q_{sol} [kWh/den]

$$Q_{sol} = \sum (A_{NET} \cdot I_i \cdot g_i) \quad (10.6)$$

kde A_{NET} je čistá plocha zasklení [m^2];
 g propustnost okna [-];
 I_i energie dopadajícího slunečního záření [$\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{den}$]

Tabulka 10-1 Energie dopadajícího slunečního záření v jednotlivých měsících dle světových stran

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Počet dní	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
S	0,323	0,581	0,783	1,143	1,453	1,651	1,542	1,251	0,901	0,613	0,3	0,234
J	1,106	1,966	2,268	2,435	2,502	2,218	2,324	2,647	2,252	1,832	1,051	0,759
V	0,468	0,867	1,34	1,952	2,873	2,852	2,671	2,615	1,618	0,985	0,45	0,347
Z	0,581	1,126	1,542	2,102	2,413	2,552	2,704	2,357	1,651	1,106	0,567	0,347

Pasivní zisky z vnitřních zdrojů:

$$Q_{int} = q_{app} \cdot A_f \cdot \frac{h_{pr}}{1000} \quad (10.7)$$

kde q_{app} je měrná dávka vnitřních zisků na m^2 .

S_p celková plocha stanovená z vnitřních rozměrů.

10.1.1.3 STUPEŇ VYUŽITÍ ZISKŮ

Podíl zisků a ztrát v topném režimu:

$$\gamma = \frac{Q_G}{Q_L} = \frac{Q_{sol} + Q_{int}}{|Q_{TR} + Q_{VE}|} \quad (10.8)$$

Vnitřní tepelná kapacita budovy C [J/K]:

$$C = C_m \cdot A_f \quad (10.9)$$

kde C_m měrná tepelná kapacita plošných konstrukcí určená z ČSN EN ISO 13790 nebo dle ČSN EN 15 603;

Časová konstanta budovy τ [h]:

$$\tau = \frac{C/3600}{H_{TR} + H_{VE}} \quad (10.10)$$

Faktor setrvačnosti budovy a :

$$a = 1 + \frac{\tau}{15} \quad (10.11)$$

Stupeň využití zisků v topném režimu pro $\gamma_H \neq 1$:

$$\eta_H = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}} \quad (10.12)$$

Stupeň využití zisků v topném režimu pro $\gamma_H = 1$:

$$\eta_H = \frac{a}{a + 1} \quad (10.13)$$

Stupeň využití zisků v topném režimu pro $\gamma_H < 1$:

$$\eta_H = \frac{1}{\gamma} \quad (10.14)$$

10.1.1.4 BILANCE POTŘEB

Denní potřeba tepla pro vytápění v kWh za den:

$$Q_{H,d} = Q_{L,H} - \eta_H \cdot Q_G \quad (10.15)$$

Měsíční potřeba tepla [kWh/den]:

$$Q_{H,m} = Q_{H,d} \cdot d_m \quad (10.16)$$

10.1.1.5 VZOROVÝ VÝPOČET PRO MĚSÍC BŘEZEN

10.1.1.5.1 MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA

Tepelná ztráta objektu prostupem $Q_p = 14584 \text{ W}$

Měrná tepelná ztráta prostupem $H_{TR} = \frac{14584}{(20 - (-15))} = 416,7 \text{ W/K}$

Množství přiváděného vzduchu do objektu $V = 2305 \text{ m}^3/\text{h}$

Uvažovaná účinnost ZZT $\varphi_{ZZT} = 60 \%$

Měrná tepelná ztráta větráním (10.2) $H_V = (1 - 0,95 \cdot 0,6) \cdot \frac{2305}{3600} \cdot 1200$
 $H_V = 330,4 = 330,4 \text{ W/K}$

Průměrná venkovní teplota v měsíci březnu $t_{e,výp} = 3,7 \text{ }^\circ\text{C}$ ([L57])

Výpočtová tepelná ztráta (10.3) $Q_L = (416,7 + 330,4) \cdot (20 - 3,7)$
 $Q_L = 12177 \text{ W}$

Tepelná energie prostupem za den $Q_{TR} = 416,7 \cdot (3,7 - 20) \cdot \frac{24}{1000}$
 $Q_{TR} = -163 \text{ W}$ (ztráta)

Doba provozu větracího zařízení $h_{pr} = 24 \text{ h/den}$

Tepelná energie pro větrání za den $Q_{VE} = 330,4 \cdot (3,7 - 20) \cdot \frac{24}{1000}$
 $Q_{VE} = -129,25 \text{ W}$ (ztráta)

10.1.1.5.2 ZISKY

10.1.1.5.3

Orientace oken		S	J	V	Z
Plocha oken	$A_o [\text{m}^2]$	18	77,46	33,652	29,652
Plocha zasklení oken	$A_{\text{NET}} [\text{m}^2]$	12,6	54,22	23,556	20,756

Solární zisky se součinitelem stínění $s = 0,7$ (trojsklo)

	$A_{NET} [m^2]$	$I_i [kWh/m^2 \cdot den]$	$Q_{sol} [W]$
S	12,6	0,783	6,91
J	54,22	2,268	86,08
V	23,556	1,34	22,10
Z	20,756	1,542	22,40
			$\Sigma 137,49$

$$Q_{sol} = 137,49 \text{ kWh/den}$$

Celková podlahová plocha obytných prostor $A_f = 966,84 \text{ m}^2$
stanovená z celkových vnitřních rozměrů

Měrné tepelné zisky od osob $q_{oc} = 2 \text{ W/m}^2$ ([L58] tab. B4)

Časový podíl přítomnosti osob $f_{oc} = 0,7$ ([L58] tab. B4)

Měrné tepelné zisky z vybavení $q_{ap} = 3 \text{ W/m}^2$ ([L58] tab. B4)

Časový podíl doby provozu $f_{ap} = 0,2$ ([L58] tab. B4)

Provozní doba užívání zóny $h_r = 17 \text{ h/den}$ ([L58] tab. B1)

Pasivní zisky z vnitřních zdrojů (10.7)

$$Q_{int} = (2 \cdot 0,7 + 3 \cdot 0,2) \cdot 966,84 \cdot \frac{24}{1000}$$

$$Q_{int} = 46,4 \text{ kWh/den}$$

10.1.1.5.4 STUPEŇ VYUŽITÍ ZISKŮ

Podíl zisků a ztrát v otopném režimu (10.8)

10.1.1.5.5

$$\gamma = \frac{137,49 + 46,4}{|-163 + (-129,25)|} = 0,629$$

Tepelná kapacita plošných konstrukcí

$$C_m = 400 \text{ kJ/m}^2 \cdot K \text{ [L59]}$$

Vnitřní tepelná kapacita budovy (10.9)

$$C = 400 \cdot 966,84 = 386736 \text{ kJ/K}$$

Časová konstanta budovy (10.10)

$$\tau = \frac{386736000/3600}{416,7 + 445,4} = 124,61 \text{ h}$$

Faktor setrvačnosti budovy (10.11)

$$a = 1 + \frac{124,61}{15} = 9,3$$

Stupeň využití zisků v topném režimu
 $\gamma = 0,55 \rightarrow \gamma_H < 1 \rightarrow (10.12)$

$$\eta_H = \frac{1 - 0,629^{9,3}}{1 - 0,629^{9,3-1}} = 1,0$$

10.1.1.5.6 BILANCE POTŘEB

10.1.1.5.7

Denní potřeba tepla na vytápění (10.15)

$$Q_{H,d} = |-163 + (-129,25)| - 1,0 \cdot (137,49 + 46,4) = 108,36 \text{ kWh/den}$$

Počet dní v měsíci březen

$$d_m = 31 \text{ dnů}$$

Měsíční potřeba tepla na vytápění (10.16)

$$Q_{H,m} = 108,36 \cdot 31 = 3359,16 \text{ kWh/měsíc}$$

10.1.1.5.8 POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ PRO VŠECHNY MĚSÍCE

V tabulce 10-2 jsou uvedeny výpočty pro všechny měsíce v roce. Průměrné venkovní teploty dle TNI 73 0331. Z tabulky 10-2 plyne, že uvažovaná roční potřeba tepla na vytápění je $Q_{VYT,r} = 34301 \text{ kWh/rok}$.

10.1.2 ROČNÍ POTŘEBA TEPLA NA OHŘEV TEPLÉ VODY

Pro stanovení potřeby tepla na ohřev teplé vody je uvažováno s průměrnou potřebou teple vody 40 l/os [L59], ztráty cirkulací $z = 0,5$, počet dní $n = 1$. Potřeba tepla na ohřev teplé vody se stanoví:

$$Q_{p,TV} = (1 + z) \cdot \frac{n \cdot V_{TV,den} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{TV} - t_{SV})}{3,6 \cdot 10^6}$$

$$Q_{p,TV} = (1 + 0,5) \cdot \frac{1 \cdot (40 \cdot 0,04) \cdot 994 \cdot 4180 \cdot (55 - 10)}{3,6 \cdot 10^6} = 124,65 \text{ kWh/den}$$

Potřeba pro denní ohřev vody je 124,65 kWh/den.

10.1.2.1 VÝPOČET PRO MĚSÍC BŘEZEN

Potřeba tepla pro ohřev TV za den

$$Q_{p,TV} = 124,65 \text{ kWh/den}$$

Potřeba teplé vody za měsíc

$$Q_{p,m,bře} = 124,65 \cdot 31$$

$$Q_{p,m,bře} = 3864,15 \text{ kWh/měs}$$

Potřeba tepla pro ohřev TV v měsíci březnu pomocí kotle je 3864,15 kWh/měs. Výsledky pro další měsíce jsou uvedeny v tabulce 10-2. Z tabulky 10-2 plyne, že roční potřeba tepla na ohřev TV pomocí kotle je $Q_{TV,r} = 45497 \text{ kWh/rok}$.

10.1.3 POTŘEBA TEPLA PRO OHŘEV VZDUCHU

[L55]

10.1.3.1 VÝPOČET PRO MĚSÍC BŘEZEN

Uvažovaná účinnost ZTT

$$\varphi = 60 \%$$

Průměrná venkovní teplota v měsíci březnu $t_{e,m} = 3,7 \text{ °C}$

Teplota vzduchu za ZZT

$$\begin{aligned}t_{ZZT} &= \varphi \cdot (t_i - t_{e,m}) + t_{e,m} \\t_{ZZT} &= 0,6 \cdot (20 - 3,7) + 3,7 \\t_{ZZT} &= 13,48 \text{ }^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

V měsíci březnu se bude vzduch ohřívat každý den $d_{VZT,m} = 31 \text{ dnů}$

Počet denostupňů za měsíc březen

$$\begin{aligned}D_{VZT,m} &= d_{VZT,m} \cdot (t_i - t_{ZZT}) \\D_{VZT,m} &= 31 \cdot (20 - 13,48) \\D_{VZT,m} &= 202,12 \text{ K} \cdot \text{den}\end{aligned}$$

Doba provozu VZT zařízení

$$24 \text{ h/den}$$

Množství přiváděno vzduchu do objektu

$$V = 2305 \text{ m}^3/\text{h}$$

Měsíční potřeba tepla na ohřev vzduchu

$$\begin{aligned}Q_{VZT,m} &= 0,34 \cdot 2305 \cdot 24 \cdot 202,12 \\Q_{VZT,m} &= 3802 \text{ kWh/měs}\end{aligned}$$

Pro měsíc březen je potřeba tepla na ohřev vzduchu 3802 kWh/měs. V tabulce 10-2 jsou uvedeny výpočty pro jiné měsíce. Z tabulky 10-2 plyne, že celková roční potřeba na ohřev vzduchu ve VZT zařízeních (258 dní provozu VZT zařízení) je **$Q_{VZT,r} = 29042 \text{ kWh/rok}$** .

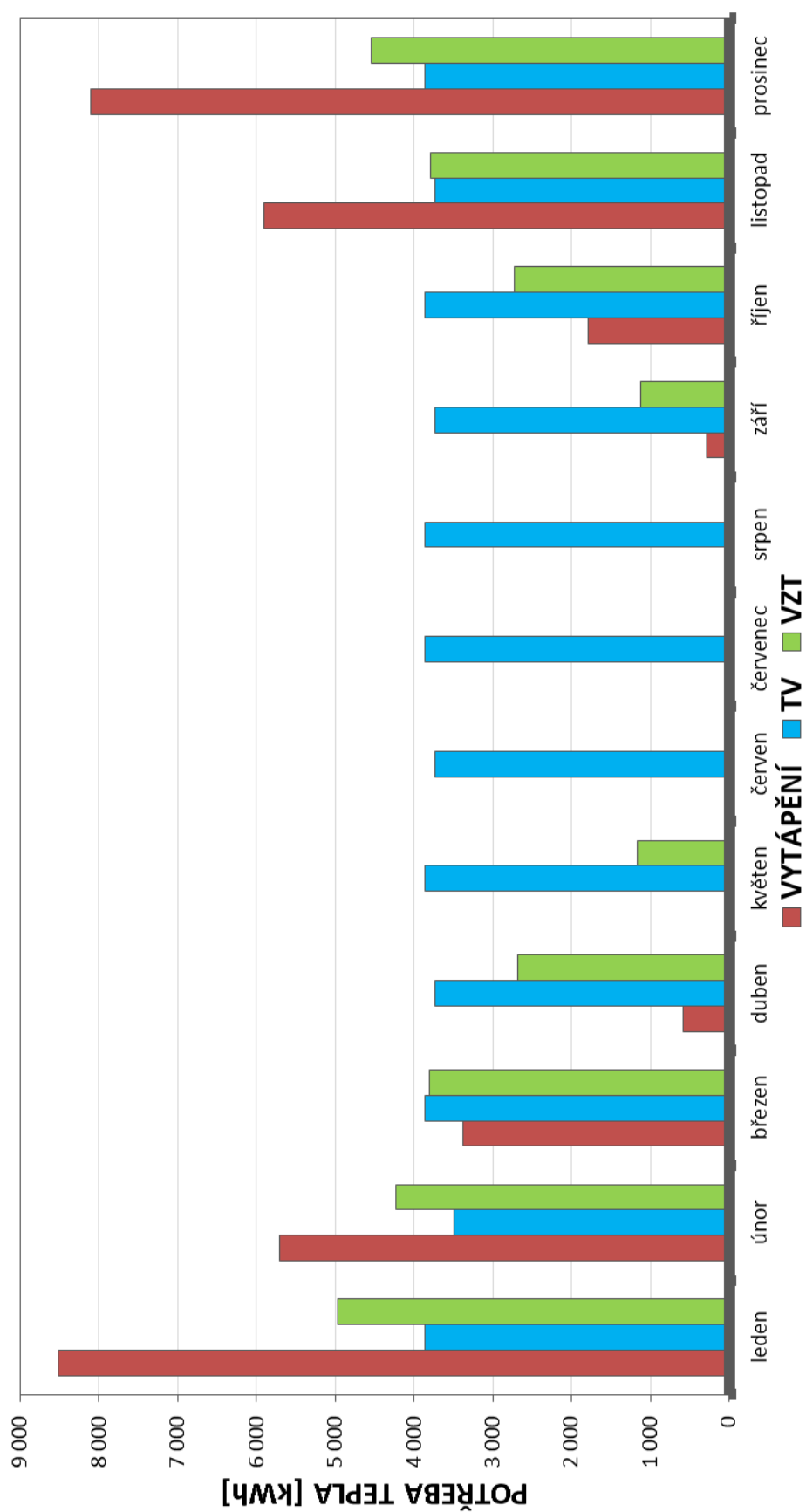
10.2 CELKOVÁ ROČNÍ POTŘEBA TEPLA

Celková roční potřeba tepla podle měsíční metody je:

$$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TV,r} + Q_{VZT,r} = 34301 + 45497 + 29042$$

$$Q_r = 108840 \text{ kWh/rok} \approx 391\,824 \text{ MJ/rok}$$

Grafický průběh potřeb tepla v jednotlivých letech je na obrázku 10-1.



Obrázek 10-1 Průběh potřeby tepla v průběhu roku

Tabulka 10-2 Roční potřeba tepla stanovená měsíční metodou

ROČNÍ POTŘEBA TEPLA																		
MĚSÍČNÍ METODA	Převažující vnitřní návrhová teplota			t _i =	20 °C			Orientace oken							S	J	V	Z
	Výpočtová venkovní teplota			t _e =	-15 °C			Plocha oken A _O [m²]							18	77,46	33,65	29,65
	Tepelná ztráta prostupem			Φ _{T,i} =	14584 W			Plocha zasklení A _{NET} [m²]							12,6	54,22	23,56	20,76
	Množství přiváděného vzduchu do objektu			V =	2305 m³/h			Stínící součinitel s [-]										
	Účinnost ZTZ			φ _{ZZT} =	60 %			Trojsklo							0,7			
	Měrná tepelná ztráta prostupem			H _{T,i} =	416,69 W/K			Počet hodin provozu větracího zaříz							24 h/den			
	Měrná tepelná ztráta větráním krytá OT			H _{V,i} =	330,38 W/K													
	Celková podlahová plocha			A =	966,84 m²													
	Měrná tepelná kapacita plošných konstrukcí			C =	386 736 kJ/K·m²													
	Časová konstanta budovy			τ =	143,7975 h													
Faktor setrvačnosti budovy			a =	10,59														
		Měsíc		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
		Počet dní		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31			
Energie dopadajícího slunečního záření [kWh/(m²·den)]		S		0,323	0,581	0,783	1,143	1,453	1,651	1,542	1,251	0,901	0,613	0,3	0,234			
		J		1,106	1,966	2,268	2,435	2,502	2,218	2,324	2,647	2,252	1,832	1,051	0,759			
		V		0,468	0,867	1,34	1,952	2,873	2,852	2,671	2,615	1,618	0,985	0,45	0,347			
		Z		0,581	1,126	1,542	2,102	2,413	2,552	2,704	2,357	1,651	1,106	0,567	0,347			
Průměrná venkovní teplota		t _{em}	[°C]	-1,3	-0,1	3,7	8,1	13,3	16,1	18	17,9	13,5	8,3	3,2	0,5			
Tepelná ztráta prostupem		Q _{TR}	[kWh/den]	-213	-201	-163	-119	-67	-39	-20	-21	-65	-117	-168	-195			
Tepelná ztráta větráním		Q _{VE}	[kWh/den]	-169	-159	-129	-94	-53	-31	-16	-17	-52	-93	-133	-155			
Stínící součinitel dle orientace a měsíce [-]		S		0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700			
		J		0,700	0,700	0,700	0,700	0,105	0,500	0,500	0,500	0,105	0,700	0,700	0,700			
		V		0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700			
		Z		0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700			
Solární zisky skrz okna		Q _{sol}	[kWh/den]	61	110	137	165	109	159	160	160	71	107	58	42			
Pasivní zisky z vnitřních zdrojů		Q _{int}	[kWh/den]	46,40	46,40	46,40	46,40	46,40	46,40	46,40	46,40	46,40	46,40	46,40	46,40			
Podíl zisků a ztrát v topném režimu		γ	[-]	0,281	0,435	0,629	0,992	1,298	2,935	5,754	5,486	1,011	0,732	0,347	0,252			
Stupeň využití zisků v topném režimu		η _H	[-]	1,0000	0,9999	0,9972	0,9174	0,7588	0,3408	0,1738	0,1823	0,9086	0,9898	1,0000	1,0000			
Denní potřeba tepla pro vytápění		Q _{H,d}	[kWh/den]	275	204	109	19	2	0	0	0	9	58	197	262			
Měsíční potřeba tepla pro vytápění		Q _{H,m}	[kWh/měs]	8 510	5 701	3 375	577	57	0	0	0	284	1 788	5 899	8 109			
TV	Měsíční potřeba tepla pro TV		Q _{p,c}	[kWh/měs]	3 864	3 490	3 864	3 740	3 864	3 740	3 864	3 864	3 740	3 864	3 740			
	Potřeba tepla na ohřev TV pomocí kotle		Q _{TV,m}	[kWh/měs]	3 864	3 490	3 864	3 740	3 864	3 740	3 864	3 864	3 740	3 864	3 740			
VZT	Teplota za ZTZ v průběhu měsíce		t _{ZZT}	[kWh/měs]	11,5	12,0	13,5	15,2	17,3	18,4	19,2	19,2	17,4	15,3	12,2			
	Počet dnů ohřevu vzduchu v měsíci		d _{VZT,m}	-	31	28	31	30	23	0	0	0	23	31	30			
	Počet denostupňů pro VZT za měsíc		D _{VZT,m}	[(K·den)/měs]	264	225	202	143	62	0	0	0	60	145	202			
	Potřeba tepla pro ohřev vzduchu		Q _{VZT,m}	[kWh/měs]	4 968	4 234	3 802	2 686	1 159	0	0	0	1 125	2 729	3 792			

10.3 DÍLČÍ ZÁVĚR

Roční potřeba tepla pro vytápění, větrání a ohřev teplé vody byla stanovena pomocí měsíční metody. Pro výpočet teplé vody bylo uvažováno se specifickou dávkou vody na osobu 40 l/os. Celková roční potřeba tepla pro objekt je 391,8 GJ/rok.

11 TECHNICKÁ ZPRÁVA

11.1 ÚVOD

11.1.1 UMÍSTĚNÍ A POPIS OBJEKTU

Předmětem projektu je zpracování vytápění čtyřpodlažního bytového domu se 13 byty a max. 40 obyvateli. Bytový dům byl situován do města Boskovice. Objekt je umístěn na rovném terénu. Hlavní vstup do objektu je z východní strany.

Zastavěná plocha činí 396 m²; čistá podlahová plocha činí 1091 m². Výška objektu je v nejvyšší části 12,945 m. Ve snížené části potom 9,63 m. Obestavěný objem je 4297 m³.

11.1.2 POPIS OBJEKTU

V 1. NP se nacházejí společné prostory pro obyvatele bytového domu se sklepními kóji, kočárkárnou, úklidovou místností a garážemi. V 1. NP je situováno 5 bytů. Ve 2. NP a 3. NP jsou v každém podlaží 3 byty. Ve 4. NP jsou situovány 2 byty.

11.1.3 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ OBJEKTU

Konstrukční systém objektu je zděný s železobetonovými stropy. Svislé obvodové stěny a příčky jsou tvořeny z keramických broušených tvárnic. Pro tepelnou izolaci obvodové stěny je použit expandovaný polystyren EPS s grafitem. U oken a dveří nebyl výrobce určen, musí však být splněny výpočtové součinitele prostupu tepla. Střecha je konstruována jako plochá jednoplášťová střecha.

11.1.4 PODKLADY PRO ZPRACOVÁNÍ PROJEKTU

Podklady pro zpracování projektu byly stavební výkresy.

11.1.5 ROZSAH PROJEKTU

Projekt řeší:

- Návrh otopné soustavy ve stupni dokumentace pro stavební povolení ve dvou variantách:
 - Vytápění pomocí otopných těles
 - Vytápění podlahovým vytápěním
- Návrh přípravy otopné vody pro celý objekt
- Návrh přípravy teplé vody

Jako zdroj tepla je navržen nástěnný kondenzační kotel BAXI LUNA DUO-TEC MP+ 1.50 o nominálním výkonu 45 kW při 80/60°C. Pro ohřev teplé vody je navržen nepřímotopný ohřev TV pomocí smíšeného ohřevu. Větrání objektu je nucené pomocí centrální rekuperační jednotky ve venkovním provedení umístěné na snížené části objektu.

Všechny byty a společné prostory jsou větrány nuceně pomocí centrální rekuperační jednotky s tzv. smartboxy umístěnými v každém bytě. Ohřev vzduchu bude pomocí potrubního ohřívače vzduchu umístěného uvnitř objektu. V projektu byla zpracována pouze studie vzduchotechniky s určením množství přiváděného a odváděného vzduchu. Samotný návrh vzduchotechnické jednotky není v projektu řešen a je dodávkou profese VZT. Pro výpočty je uvažována jednotka s rekuperací tepla s účinností 60 %.

11.2 TEPELNÉ ZTRÁTY A SPOTŘEBA TEPLA

11.2.1 KLIMATICKÉ PODMÍNKY MÍSTA STAVBY A PROVOZNÍ PODMÍNKY

Objekt penzionu se nachází ve městě Boskovice. Dle ČSN 12 831 jsou ve výpočtech uvažovány hodnoty:

Název	Uvažovaná hodnota
Výpočtová venkovní teplota	$t_e = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$
Roční průměrná venkovní teplota	$t_{m,e} = 3,7\text{ }^{\circ}\text{C}$
Počet dnů topného období	241
Korekční činitel povětrnostních vlivů	$e_k = 1$
Korekční činitel zohledňující vliv spodní vody	$G_w = 1,15$
Intenzita výměny vzduchu při rozdílu tlaků 50 Pa	$n_{50} = 1,0$ (nucené se ZZT)
Výškový korekční činitel	$\varepsilon_i = 1,0$, resp. 1,2
Stínící činitel – třída zastínění	Mírné zastínění

11.2.2 VNITŘNÍ TEPLOTY

Místnost	$t_i\text{ }[^{\circ}\text{C}]$
Obytné místnosti, chodby bytů	20
Společné chodby, hlavní schodiště	15
Klozety	20
Kočárkárna	15

11.2.3 PŘEHLED TEPELNĚ TECHNICKÝCH VLASTNOSTÍ KONSTUKCÍ

Konstrukce byly navrženy v souladu s požadavky danými normou ČSN 73 0540–2:2011

OZN.	NÁZEV	U	U _{N,20}
		[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]
SO1	OBVODOVÁ STĚNA	0,18	0,30
SN1	VNITŘNÍ PŘÍČKA 115	1,32	2,70
SN2	VNITŘNÍ NOSNÁ 250	0,71	2,70
SN3	VNITŘNÍ NOSNÁ AKU 300	0,87	2,70
SN1N	STĚNA 250 + TI K NEVYTÁPĚNÉMU PROSTORU	0,30	0,60
SN3N	VNITŘNÍ NOSNÁ AKU 300 + TI K NEVYT. PROST.	0,30	0,60
PDL1	PODLAHA DŘEVĚNÁ	0,63	2,20
PDL2	PODLAHA KERAMICKÁ DLAŽBA	0,68	2,20
PDL3	PODLAHA LINOLEUM	0,65	2,20
PDL4	PODLAHA NA TERÉNU DŘEVĚNÁ	0,22	0,45
PDL5	PODLAHA NA TERÉNU KERAMICKÁ DLAŽBA	0,22	0,45
PDL6	PODLAHA NA TERÉNU LINOLEUM	0,22	0,45
PDL7	PODLAHA NA TERÉNU KERAMICKÁ DLAŽBA GARÁŽ	4,27	<i>nedef.</i>
PDL1N	PODLAHA DŘEVĚNÁ K NEVYTÁPĚNÉMU PROSTORU	0,28	0,60
PDL2N	PODLAHA KERAMICKÁ DLAŽBA K NEVYT. PROSTORU	0,29	0,60
PDL3N	PODLAHA LINOLEUM K NEVYTÁPĚNÉMU PROSTORU	0,28	0,60
SCH1	STŘECHA	0,13	0,24
O1	OKNO 1000x1500	0,80	1,50
O2	OKNO 2000x1500	0,80	1,50
O3	OKNO 1500x1000	0,80	1,50
O4	OKNO 900x1500	0,80	1,50
O5	OKNO 1500x1500	0,80	1,50
DE1	DVEŘE VENKOVNÍ 2000x2070	0,90	1,70
DE2	DVEŘE VENKOVNÍ 1500x2070	0,90	1,70
DE3	DVEŘE VENKOVNÍ 2000x2450	0,90	1,70
DE4	DVEŘE VENKOVNÍ 950x2045	0,90	1,70
DE5	DVEŘE VENKOVNÍ 800x2100	0,90	1,70
DE6	GARÁŽOVÁ VRATA 2500x2100	1,70	<i>nedef.</i>
DI1	DVEŘE VNÍTRNÍ Š. 700	3,50	<i>nedef.</i>
DI3	DVEŘE VNÍTRNÍ DO BYTU Š. 800	3,50	<i>nedef.</i>
DI4	DVEŘE VNÍTRNÍ Š. 800	3,50	<i>nedef.</i>
DI5	DVEŘE DO NEVYTÁPĚNÉHO PROSTORU Š. 800	1,70	<i>nedef.</i>

11.2.4 TEPELNÉ ZTRÁTY BUDOVY

Celková tepelná ztráta objektu dle ČSN EN 12831 je 19,450 kW.

Při uvážení účinnosti ZZT 60 %, je potřebný výkon pro ohřev větracího vzduchu pro VZT jednotky 16,208 kW.

11.2.5 POTŘEBA TEPLA PRO VYTÁPĚNÍ, VZT A OHŘEV TV

Instalovaný výkon pro vytápění ve variantě s otopnými tělesy je 22,710 kW, ve variantě s podlahovým vytápěním 22,785 kW, instalovaný výkon na ohřev vzduchu pro VZT jednotky je 16,208 kW. Potřeba výkonu na smíšený ohřev teplé vody je 15,2 kW.

Roční potřeba tepla pro vytápění je 34301 kWh/rok, pro ohřev TV 45497 kWh/rok a pro ohřev vzduchu 29042 kWh/rok. Celková předpokládaná roční potřeba tepla je 391824 MJ/rok. Předpokládaná roční spotřeba plynu je 12319 m³/rok.

11.3 ZDROJ TEPLA

11.3.1 VÝKON ZDROJE TEPLA

Stanovení tepelného výkonu zdroje tepla:

$$Q_{PRIP,I} = 0,7 \cdot Q_{VYT} + 0,7 \cdot Q_{VZT} + Q_{TV} = 0,7 \cdot 19,450 + 0,7 \cdot 16,208 + 15,200 = 40,2 \text{ kW}$$

$$Q_{PRIP,II} = Q_{VYT} + Q_{VZT} = 19,450 + 16,208 = 35,7 \text{ kW}$$

$$Q_{PRIP} = \max(Q_{PRIP,I}; Q_{PRIP,II}) = \max(40,2; 35,7) = 40,2 \text{ kW}$$

11.3.2 PRIMÁRNÍ ENERGIE

Jako zdroj primární energie pro vytápění bude použit zemní plyn.

11.3.3 PLYNOVÝ KONDENZAČNÍ KOTEL

Plynový kondenzační kotel **BAXI LUNA DUO-TEC MP+ 1.50** o jmenovitém tepelném výkonu $Q_n = 45 \text{ kW}$ při teplotním spádu 80/60 °C. Kotel je možné regulovat v rozsahu 5-45 kW. Kondenzační kotel je umístěn v místnosti 119 – Technická místnost. Kotel bude na otopnou soustavu napojen přes HVDT 1B.

11.3.3.1 PROVOZ KOTLE

Primární okruh topné vody je od kotle po hydraulický vyrovnávač dynamických tlaků (HVDT). Sekundární okruh pokračuje do R+S k jednotlivým větvím.

11.3.3.2 SÁNÍ SPALOVACÍHO VZDUCHU A ODVOD SPALIN

Sání vzduchu bude řešeno z fasády objektu pomocí plastového potrubí Ø 80 mm. Odvod spalin z kotle je pomocí odkouření Ø 80 mm vedeném v komínových tvárnících s průduchem Ø 160 mm. Komín bude vyústěn min. 1,0 m nad atiku objektu.

11.3.3.3 PALIVO

Jako palivo bude použit zemní plyn s uvažovanou výhřevností 33,48 MJ/m³. Maximální spotřeba plynu G20-2H při maximálním tepelném výkonu je 4,9 m³/h.

11.3.3.4 VĚTRÁNÍ TECHNICKÉ MÍSTNOSTI

Plynový kondenzační kotel je v provedení typu C – uzavřený spotřebič se sáním spalovacího vzduchu pomocí samostatného potrubí z fasády. Pro zajištění hygienické výměny vzduchu v místnosti $0,5 \text{ h}^{-1}$ je navrženo přirozené větrání pomocí dvou protidešťových žaluzií MANDIK PDZM 250×250 mm, kde přívod bude osazen maximálně 300 mm nad podlahou a odvod maximálně 150 mm pod stropem.

Pro zajištění maximální přípustné teploty v kotelně bude pod stropem (max. 300 mm) instalován potrubní ventilátor TD 500/160 Ecowatt se zpětnou klapkou, který bude spínán na základě čidla umístěného v technické místnosti. Pokud teplota stoupne nad 30°C , ventilátor se sepne – zajistí profese MaR. Profese MaR bude přepínat dvojici klapek pro přirozené nebo nucené větrání. Technická místnost bude větrána přetlakově.

11.3.3.5 DOPLŇOVÁNÍ VODY

Pro odplynování a doplňování bylo zvoleno automatické doplňovací zařízení Reflex Fillcontrol Plus Compact, který bude napojen na vodovod a zajistí bezpečné oddělení vodovodu a otopné soustavy. Za doplňovacím zařízením bude osazeno dvojice změkčovacích patron Reflex Fillsoft II pro změkčení doplňované vody. Aby bylo možné sledování zbývajících změkčovacích kapacity, bude instalován REFLEX FILLMETER. Dále bude instalováno externí tlakové čidlo Reflex FE.

11.3.3.6 ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Kondenzační kotel je vybaven manometrem, vypouštěcím ventilem, pojistným ventilem s otevíracím přetlakem 400 kPa a dalšími zabezpečovacími armaturami. Jako další pojistné zařízení bude instalován pojistný ventil MEIBES DUCO 1"×1 ¼" s otevíracím přetlakem 400 kPa u expanzní nádoby. Výstup z PV bude sveden k podlaze. Jako expanzní nádoba pro variantu s otopnými tělesy je navržena REFLEX NG 50/6 o objemu 50 l. Pro variantu s podlahovým vytápěním je navržena expanzní nádoba REFLEX NG 80/6 o objemu 80 l. Napojení expanzní nádoby na otopnou větev je přes uzavírací kohout, který musí být zabezpečeny proti neúmyslnému uzavření.

Vnitřní průměr expanzního potrubí: $d_v = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{Q_p} = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{48,6} = 14,2 \text{ mm}$. Průměr expanzního potrubí bude Cu 18×1 mm.

Vnitřní průměr vstupního/výstupního potrubí pojistného ventilu $d_p = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{Q_p} = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{48,6} = 24,76 \text{ mm}$. Vstupní potrubí bude Cu 28×1,5 a výstupní potrubí Cu 35×1,5.

11.3.4 OTOPNÁ SOUSTAVA

V objektu je navrženo vytápění pomocí nástěnného plynového kondenzačního kotle. Vytápění je řešeno jako dvoutrubková soustava s nuceným oběhem vody v soustavě.

11.3.4.1 VARIANTA A – OTOPNÁ TĚLESA

Pro objekt byly navrženy čtyři otopné větve a) VZT pro ohřev větracího vzduchu; b) ÚT-J pro vytápění jižní části objektu; c) ÚT-S pro vytápění severní části objektu; d) ÚT-TV pro smíšený ohřev TV.

Pro stoupací potrubí a rozvody v podhledech bude použito měděné potrubí. Měděné potrubí v otopné soustavě bude spojováno lisovanými spoji. Pro rozvody v podlaze bude použito vícevrstvé potrubí Pex/Al/Pex se spoji pomocí lisovacích tvarovek.

V objektu budou použity otopná tělesa firmy KORADO – RADIK VENTIL KOMPAKT (VK) se spodním pravým připojením, RADIK VENTIL KOMPAKT LEVÝ (VKL) se spodním levým připojením, KORALUX RONDO MAX se spodním středovým připojením (KRMM), KORALUX LINEAR COMFORT se spodním středovým připojením (KLTM), KORALUX LINEAR MAX se spodním středovým připojením (KLMM), KORATHERM VERTIKAL se spodním středovým připojením (KxxVM).

Pro vytápění jižní části objektu byl navržen teplotní spád otopné vody 50/40 °C. Směšování bude pomocí trojcestného směšovacího ventilu s pohonem na základě ekvitermní regulace.

Pro vytápění severní části objektu byl navržen teplotní spád otopné vody 50/40 °C. Směšování bude pomocí trojcestného směšovacího ventilu s pohonem na základě ekvitermní regulace.

Potrubí k otopným tělesům, které jsou vedeny v podlaze, budou vedeny ve vrstvě tepelné izolace.

11.3.4.2 VARIANTA B – PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ

Pro objekt byly navrženy tři otopné větve a) VZT pro ohřev větracího vzduchu; b) ÚT-PV pro vytápění bytů a společných prostor objektu; c) ÚT-TV pro smíšený ohřev TV, kde na čtyř větrovém rozdělovači a sběrači bude ponechána jedna větev jako rezerva.

Potrubí bude vedeno v podlaze ve vrstvě izolace. Rozdělovače a sběrače budou schovány ve zdi. Na vratné větvi z jednotlivých místností budou instalovány elektropohony pro možnost odstavení dodávky tepla do jednotlivých místností, když nebude místnost obývána – dodávka profese MaR.

11.3.4.3 OBECNĚ PLATNÉ PRO OBĚ VARIANTY

Dilatace potrubí v otopné soustavě není nijak závažná, nedochází tak k velkým teplotním změnám. Nicméně je nutné při upevňování potrubí pomocí kluzných a pevných bodů respektovat délkovou dilataci potrubí a umožnit kompenzaci délkových změn formou úskoků nebo U kompenzátorů. Podrobná délková dilatace potrubí by byla řešena v dalším stupni projektové dokumentace.

Pro ohřev vzduchu byl navržen teplotní spád otopné vody 75/50°C. Měděné potrubí bude vedeno v podhledu, v šachtách a bude opatřeno izolací. Regulace výkonu ohřívачů bude

pomocí dvoucestného vstřikovacího ventilu s pohonem, který bude regulovat vstřikování otopné vody na základě teploty vzduchu za ohřivačem – zajistí profese MaR.

Ohřev teplé vody v objektu bude řešen jako smíšený pomocí nepřímotopného zásobníkového ohřivače s integrovaným výměníkem z hladkých trubek a hořčíkovou anodou. V případě potřeby je možné zásobník vybavit elektrickou topnou spirálou.

Před každým bytem je regulační uzel, který se skládá z regulátoru diferenčního tlaku, vyvažovací armatury a měřiče tepla s dálkovým odečtem.

11.3.4.4 OBĚHOVÁ ČERPADLA

Nucený oběh vody je zajištěn pomocí oběhových čerpadel umístěných za kombinovaným rozdělovačem a sběračem na přívodním potrubí. Oběhové kotlové čerpadlo vyhoví na požadovaný průtok otopné vody.

- Pro větev VZT I bylo navrženo čerpadlo Č4 – WILO Yonos PICO-STG 15/1-13 180;
- pro větev VZT II bylo navrženo čerpadlo Č5 – WILO Yonos PICO 30/1-4;
- pro větev ÚT-TV bylo navrženo čerpadlo Č3 – WILO Yonos PICO 25/1-5-130;
- pro větev ÚT-S bylo navrženo čerpadlo Č2 – WILO Yonos PICO 25/1-4 (varianta 1);
- pro větev ÚT-J bylo navrženo čerpadlo Č1 – WILO Yonos PICO-STG 25/1-7.5 180 (varianta 1);
- pro větev ÚT-PV bylo navrženo čerpadlo Č6 - GRUNDFOS MAGNA3 25-80 (varianta 2).

11.3.4.5 ARMATURY A ZAŘÍZENÍ

Pro soulad výpočtu a realizace projektu je nutné při realizaci dodržet uvažované armatury. Vyvažovací armatury slouží i k měření průtoku.

Kombinovaný rozdělovač a sběrač	ETL RS MINI 4.0
Hydraulický vyrovnávač dynamických tlaků	ETL HVDT 1B
Měřič tepla	EMBRA SHARKY 775
Automatické doplňovací zařízení	REFLEX Fillcontrol Plus Compact
Změkčovač doplňované vody	REFLEX Fillsoft II
Měřič doplňované vody	REFLEX Fillmetr
Vyvažovací armatura	HERZ STÖMAX 4217 GM
Regulátor tlakové difference	HERZ 4007-4207
Třícestné směšovací ventily	SIEMENS SXP45 s pohonem 24 V
Zpětná klapka	GIACOMINI N6
Filtr	HERZ 4111
R+S podlahového vytápění	IVAR.CS 553 VP

11.3.5 OTOPNÉ PLOCHY

11.3.5.1 OTOPNÁ TĚLESA

Jako otopná tělesa jsou použita otopná tělesa firmy KORADO. Velikosti a druhy otopných těles pro jednotlivé místnosti jsou popsány ve výkresu.

Desková otopná tělesa se spodním pravým připojením RADIK VK jsou opatřena integrovaným osmistupňovým vloženým ventilem, který je součástí otopného tělesa. Pro připojení otopného tělesa na potrubí bude použito H rohové šroubení VEKOLUXIVAR (IVAR DS.346). Otopné těleso bude opatřeno termostatickou hlavici. Odvzdušňovací ventil je součástí dodávky tělesa.

Trubkové koupelnové těleso KORALUX bude k potrubním rozvodům připojeno pomocí armatury HM, ve které je integrován ventil a regulační uzavírací šroubení vč. termostatické hlavice.

Designové otopné těleso KORATHERM se středním připojením bude na potrubní rozvody napojeno přes připojovací armatury HM firmy KORADO, jejíž součástí je i termostatická hlavice.

11.3.5.2 PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ

V bytech je navrženo podlahové vytápění. Podlahové vytápění je provedeno z PE-Xa REHAU RAUTHERM S 14x1,5 mm. Rozdělovač podlahového vytápění bude osazen ve stěně nebo bude přiznaný. Rozdělovač a sběrač bude dle výše uvedené specifikace. Byly navrženy plochy se zhuštěnými okrajovými zónami. Rozteče potrubí jsou uvedeny ve výkrese. Potrubí bude vedeno v roznášecí vrstvě litého potěru se síranem vápenatým CAF třídy pevnosti v tahu při ohybu F7 dle DIN 18560-2 s tepelnou vodivostí 1,2 W/(m·K) tloušťky 60 mm nebo v cementovém potěru s tepelnou vodivostí 1,7 W/(m·K). Potrubí bude vedeno na izolační desce pro podlahové vytápění a kotveno pomocí spon. V kritických místech (potrubí vedené od rozdělovače do podlahy, potrubí v místech prostupu dveřními otvory a dalšími rizikovými místy) a místech určených projektem bude potrubí vedeno v ochranné izolaci dle projektu. Potrubí bude vedeno do spirály, resp. meandru. Přívodní teplota do rozdělovače a sběrače je 37 °C. Stavba zajistí dilataci roznášecí vrstvy podlahy.

Z podlahového rozdělovače a sběrače jsou napojena i trubková otopná tělesa v koupelnách. Pro připojení k trubkovým otopným tělesům bude použito potrubí Pex/Al/Pex 16x2 mm vedeno v podlaze ve vrstvě tepelné izolace.

Vzhledem k délkovým rozdílům jednotlivých okruhů podlahového vytápění bude možné, že v dalším stupni budou muset být doplněny vyvažovací armatury pro R+S pro přesnou regulaci průtoku.

11.3.6 PLNĚNÍ A VYPOUŠTĚNÍ SOUSTAVY

Plnění bude prováděno z vodovodního řádu přes změkčovací patrony. Vypouštění soustavy bude pomocí vypouštěcích kohoutů na svislých rozvodech, HVDT, R+S, zásobníku TV. Odvodu soustavy bude v nejvyšších místech soustavy.

11.3.7 TEPELNÉ IZOLACE

Izolace potrubí budou provedena v souladu s Vyhláškou č. 193/2007 Sb. - Vyhláška, kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu. Skutečná tloušťka tepelných izolací by se stanovila v dalším stupni PD.

11.3.8 REGULACE OTOPNÉ SOUSTAVY

Větve pro otopná tělesa, resp. podlahové vytápění budou regulovány ekvitemě na základě venkovní teploty pomocí trojcestných směšovacích ventilů s pohonem. Směšovací ventily míchají otopnou vodu na požadovanou teplotu. Větev podlahového vytápění je možné navíc regulovat prediktivním způsobem regulace na základě předpovědi počasí.

Rozdělovače a sběrače podlahového vytápění budou vybaveny elektropohony, které budou regulovat průtok do jednotlivých místností na základě termostatu, který bude umístěn v místnosti – zajistí profese MaR.

Ohřívače vzduchu budou regulovány pomocí dvoucestných vstřikovacích ventilů s pohonem na základě teploty vzduchu za ohřívačem.

11.4 POŽADAVKY NA DALŠÍ PROFESE

11.4.1 STAVEBNÍ PRÁCE

Je nutno zajistit připravení skladby podlah pro vedení potrubí, zřízení prostupů pro vedení rozvodů, otvory skrz obvodovou zeď pro větrání do technické místnosti, kapsy ve stěně pro podlahové rozdělovače. Profese stavba zajistí splnění všech uvažovaných součinitelů prostupu tepla jednotlivých konstrukcí. Stavba zajistí výstavbu komínového tělesa s vnitřním průduchem $\varnothing$ 160 mm.

11.4.2 ELEKTROINSTALACE

Profese elektro zajistí napájení zařízení UT, které vyžadují ke svému provozu proud.

11.4.3 ZDRAVOTECHNIKA

Pojistné potrubí bude svedeno k podlaze (nebude spojeno s potrubím ZTI) a ZTI zajistí potrubím v podlaze zaústění do podlahové vpusti; dále profese ZTI zajistí zřízení podlahové vpusti. Dodávka profese zdravotníka je všechno potrubí SV, TV a cirkulace, zabezpečovací zařízení na straně vody. Ve výkresu „SCHÉMA ZAPOJENÍ ZDROJE TEPLA“ je jen pro názornost

tence zakreslen rozvod TV, SV a CÍRKULACE. Dodávka profese zdravotníka končí v místě tečky a textem ZTI.

11.4.4 PLYN

Profese PLYN zajistí přívod plynu pro plynový kondenzační kotel.

11.4.5 VZDUCHOTECHNIKA

Profese vzduchotechnika zajistí realizaci nuceného větrání v celém objektu.

11.4.6 MĚŘENÍ A REGULACE

Zajištění napojení všech řídicích jednotek kotle, čerpadel, třicestných ventilů, dvoucestných ventilů, uzavíracích ventilů a teplotních čidel.

11.5 ZKOUŠKY ZAŘÍZENÍ

Po montáži všech prvků soustavy je nutné všechna zařízení řádně odzkoušet dle platných norem ČSN 06 0310. O všech zkouškách a přejímkách se provedou zápisy do stavebního deníku. U zkoušek bude přítomen dodavatel a investor.

- Propláchnutí celé soustavy před uvedením do provozu a napojení zdrojů
- **ZKOUŠKA TĚSNOSTI** – zkouška těsnosti se provádí před zaizolováním potrubí nebo před zakrytím potrubí jinou konstrukcí (zazdění do drážek, zakrytím šachet, podhledů). Zkouší se nejvyšší dovolený přetlak soustavy. Soustava se naplní vodou, odvzdušní a vše se prohlédne. Soustava zůstane naplněná minimálně 6 hodin. Během této doby se nesmí objevit netěsnosti nebo dojít k poklesu tlaku v expanzní nádobě.
- **PROVOZNÍ ZKOUŠKA** – provozní zkouška se smí provádět až po zkoušce těsnosti.
 - **DILATAČNÍ ZKOUŠKA** – provádí se před zazděním drážek s provedením tepelných izolací. Teplonosná látka se ohřeje na maximální pracovní teplotu a pak se nechá vychladnout na teplotu okolního vzduchu. Tento postup se opakuje dvakrát.
 - **TOPNÁ ZKOUŠKA** – provádí se za účelem zajištění funkce, nastavení a seřízení zařízení. Kontroluje se hlavně správná funkce armatur, rovnoměrné ohřívání otopných těles, dosažení technických předpokladů a funkce MaR.

Pokud se v průběhu zkoušek vyskytnou nějaké problémy, je nutné je vyřešit.

11.6 BEZPEČNOST A OCHRANA PŘI PRÁCI

Technická zařízení pro výstavbu a následný provoz budou zajištěny proti možnému poškození a užití nepovolanou osobou odpovídajícím způsobem. Bezpečnost práce bude zajišťována technickými a organizačními opatřeními. Při provádění montáží je nutno dodržovat příslušné bezpečnostní předpisy. Bezpečnost pracovníků, pracoviště a okolí bude zajištěno technickými a organizačními opatřeními. Technická opatření budou spočívat ve striktním používání osobních ochranných pracovních pomůcek, označení komunikačních prostor pro manipulaci

zařízení, prostory s nebezpečím úrazu označit, organizační opatření budou spočívat v náležitém poučení pracovníků na možný výskyt nebezpečí úrazu.

Zařízení může být uvedeno do provozu po provedení všech předepsaných zkoušek a revizí. Zařízení musí být pravidelně kontrolováno. O těchto kontrolách budou vedeny záznamy. Veškeré zásahy do zařízení smí provádět pouze proškolené osoby.

11.7 POUŽITÉ NORMY A PŘEDPISY

Projekt je zpracován v souladu s předpisy:

- Vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby
- Vyhláška č. 193/2007 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu
- ČSN EN 12 831 – Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu
- ČSN 73 0540-2 – Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky
- ČSN 06 0320 – Tepelné soustavy v budovách - Příprava teplé vody - Navrhování a projektování
- ČSN 06 0310 – Tepelné soustavy v budovách - Projektování a montáž
- ČSN EN ISO 13790 – Energetická náročnost budov - Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení
- TNI 73 0331 – Energetická náročnost budov - Typické hodnoty pro výpočet
- ČSN EN 15603 – Energetická náročnost budov - Celková potřeba energie a definice energetických hodnocení
- ČSN EN 15 665/ZMĚNA Z1 – Větrání budov – Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov.

11.8 ZÁVĚR

Dokumentace je zpracována ve stupni pro stavební povolení. Autor je připraven poskytnout vysvětlení navrhovaného řešení a případné další doplňující informace.

V Brně leden 2019

Jakub Diatel

C. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

1 ÚVOD DO EXPERIMENTU

Byly prováděny dva experimenty. Jeden experiment se zabýval měření vnitřního prostředí dvou bytů, které jsou řešeny rozdílným způsobem vytápění z hlediska zajištění tepelného komfortu. Druhý experiment se zabýval porovnáváním spotřeby plynu v bytových domech s různou koncepcí vytápění.

Oba byty se nachází v různých bytových domech v Boskovicích, ul. Na Výsluní. Bytové domy jsou od sebe vzdáleny cca 40 m. Skladbami a prostorovým uspořádáním jsou si podobné. Pro každý bytový dům byla zvolena jiná koncepce vytápění. Vytápění bytu A je řešeno pomocí otopných těles, zatímco vytápění bytu B je řešeno pomocí podlahového vytápění. Byty, ve kterých bylo měření realizováno, mají stejnou orientaci ke světovým stranám, jsou ve stejném nadzemním podlaží. Pro měření byla vybrána místnost se stejným účelem a funkcí - obývací pokoj s kuchyní a jídelnou.

2 MĚŘENÍ VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ DVOU BYTŮ

Byt B se nachází v bytovém domě SO 06, ve kterém je celkem 13 bytů. Tepelná ztráta bytového domu činí 52 kW s okamžitým špičkovým ohřevem teplé vody 102 kW. Pro bytový dům s bytem B byl zvolen vlastní zdroj tepla, který je tvořen dvěma kondenzačními, každý o výkonu 5,1 až 45 kW. Disproporci mezi potřebou tepla a výkonem zdrojů řeší akumulční nádrž o objemu 1000 l. Z akumulční nádrže jsou rozvedeny dva vytápěcí okruhy – jeden vytápěcí okruh pro desková otopná tělesa ve společných prostorách v 1. a 2. NP, druhý vytápěcí okruh tvoří rozvodné potrubí se stoupačkami k bytovým výměňkovým stanicím Meibes LOGOtherm 44 kW. [L60]

Bytové výměňkové stanice zajišťují pokrytí tepelných ztrát bytu a ohřev teplé vody. Bytová stanice je vybavena deskovým výměníkem pro ohřev teplé vody, proporcionálním regulátorem PM3 se stoprocentním upřednostněním TV před ÚT, čerpadlem Wilo Yonos Para 15/6, VVP ventil se servopohonem, mezikus pro měřič tepla a množství studené vody, T-mix modul pro nastavení teploty TV na výstupu. [L60]

Byt A se nachází v bytovém domě SO 04, ve kterém je celkem 13 bytů. Tepelná ztráta bytového domu činí 72 kW. Pro bytový dům s bytem s otopnými tělesy byl zvolen vlastní zdroj tepla pomocí dvou závěsných kondenzačních kotlů s celkovým modulovaným výkonem 14,5 až 90,0 kW. Teplotní spád primárního topného okruhu je 70/55 °C. Sekundární okruh je od primárního oddělen přes akumulční zásobník topné vody o objemu 1000 l. Vytápění jednotlivých bytů je pomocí bytových stanic LOGOtherm, která zabezpečují nezávislé vytápění a přednostní ohřev teplé vody. Jako otopné plochy jsou použita otopná tělesa. [L64]



Obrázek C- 1 Bytový dům SO 04 [L65]



Obrázek C- 2 Bytový dům SO 06 [L65]

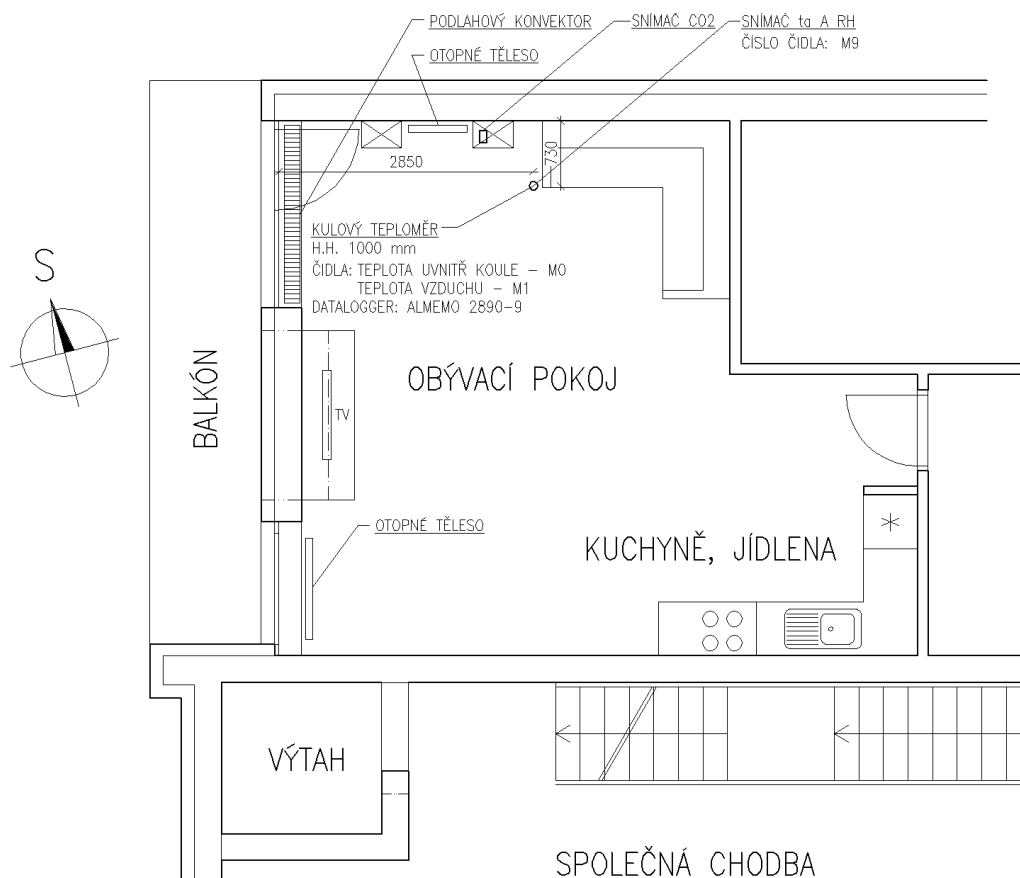
2.1 PRŮBĚH MĚŘENÍ

Měření v bytech probíhalo od 8. 1. do 16. 1., tedy 8 dní. Data byla zaznamenávána v intervalu 5 minut. V bytech bylo hlavním cílem sledování průběhu teplot. Pro zohlednění sálavé složky byl použit kulový teploměr. Teplota vzduchu, teplota výsledná (uvnitř koule) a teplota podlahy (byt B) byla měřena pomocí NiCr-Ni termodrátů. Venkovní teplota vzduchu byla měřena pomocí dataloggeru COMET S3120 Teploměr-vlhkoměr. Koncentrace CO₂ byla měřena pomocí přístrojů LUTRON MCH-383SD.

2.1.1 BYT A – OTOPNÁ TĚLESA

Měření v bytě s otopnými tělesy zahrnovalo měření teploty vzduchu, výsledné teploty (uvnitř černé koule) pomocí termodrátu NiCr-Ni a měření koncentrace CO₂ v místnosti. Data byla zaznamenávána pomocí ústředny AHLBORN ALMEMO 2890-9 s třídou přesnosti AA ($\pm 0,02\%$ z měřené hodnoty ± 1 digit). Horní hrana kulového teploměru byla umístěna 1000 mm nad podlahou. Stojan s kulovým teploměrem byl umístěn vedle pohovky. [L62]

Jako záložní přístroj pro měření teploty vzduchu a relativní vlhkosti vzduchu byl použit datalogger COMET S3120 Teploměr-vlhkoměr, který byl umístěn u obvodové stěny nad televizí. Přesnost přístroje COMET S3120 je pro měření teploty $\pm 0,4$ °C a pro měření relativní vlhkosti $\pm 2,5\%$ RH od 5 do 95% při 23°C. Detailní umístění přístrojů je zakresleno na schématu a vyobrazeno na obrázcích níže. [L63]



Obrázek C- 3 Schéma umístění přístrojů v bytě A

Pro měření koncentrace CO₂ v místnosti byl použit přístroj LUTRON MCH-383SD, který kromě koncentrace CO₂ umí měřit i teplotu vzduchu (přesnost $\pm 0,8$ °C) a relativní vlhkost (přesnost $\pm 4\%$ při RH < 70 %; při RH ≥ 70 % je přesnost $\pm (4\%$ z měřené hodnoty + 1 % RH). Přesnost měření koncentrace oxidu uhličitého do 1000 ppm je ± 40 ppm, při koncentraci větší než 1000 ppm a zároveň menší než 3000 ppm je přesnost měření ± 5 % z měřené hodnoty. Hodnoty jsou platné při 23,5 °C. [L61]



Obrázek C- 4 Měřící sestava v bytě A

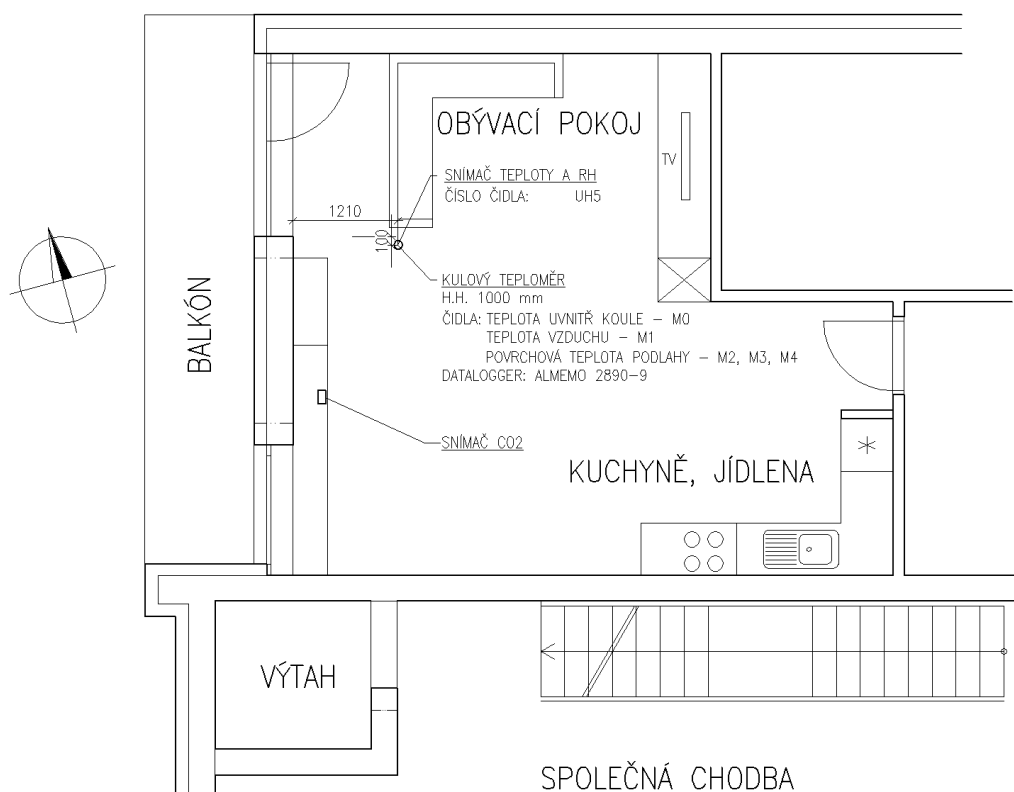
2.1.2 BYT B – PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ

Měření v bytě s podlahovým vytápěním zahrnovalo měření teploty vzduchu, výsledné teploty (uvnitř černé koule), povrchové teploty podlahy pomocí termodrátu NiCr-Ni a koncentrace CO₂. Data byla zaznamenávána pomocí ústředny AHLBORN ALMEMO 2890-9 s přesnostmi uvedených výše. Horní hrana kulového teploměru byla umístěna 1000 mm nad podlahou. Stojan s kulovým teploměrem byl umístěn vedle knihovny a sedačky. Pro měření povrchových teplot podlahy byly použity tři čidla, aby byla zjištěna teplota nad trubkou.

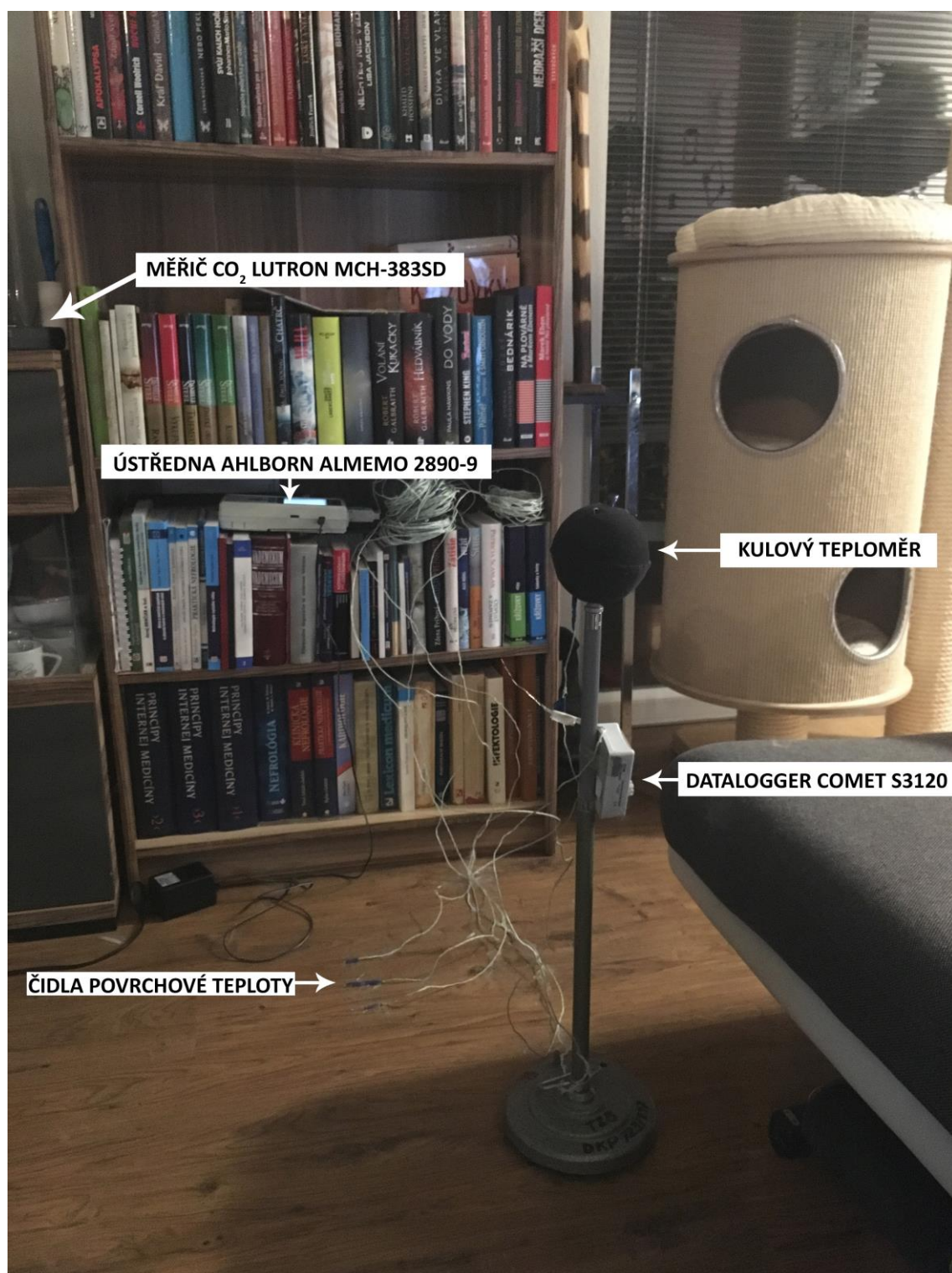
Jako záložní přístroj pro měření teploty vzduchu a relativní vlhkosti vzduchu byl použit datalogger COMET S3120 Teploměr-vlhkoměr, jehož přesnosti jsou uvedeny výše. Detailní umístění přístrojů je zakresleno na schématu a vyobrazeno na obrázcích níže.

Pro měření koncentrace CO₂ v místnosti byl použit přístroj LUTRON MCH-383SD, jehož přesnosti jsou popsány výše.

BYT B – S PODLAHOVÝM VYTÁPĚNÍM – SO 06



Obrázek C- 5 Schéma umístění přístrojů v bytě B



Obrázek C- 6 Měřící sestava v bytě B

2.2 VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ

Měření probíhalo 8 dní s intervalem záznamu dat 5 minut.

2.2.1 BYT A – OTOPNÁ TĚLESA

Při měření v bytě A došlo k problémům s přívodem elektrické energie, proto ústředna AHLBORN ALMEMO 2890-9, která měřila teplotu vzduchu a výslednou teplotu, přestala po třinácti hodinách měřit. Problém byl zapříčiněn z neznámých příčin. Jako záložní přístroj sloužil i LUTRON MCH-383 SD, který měřil teplotu vzduchu, relativní vlhkost a především koncentraci CO₂. Pro záznam dat musí být přístroj připojen ke zdroji napájení. Z dosud neznámých příčin došlo po cca 50 hodinách k odpojení od elektrické energie a tím pádem k ukončení záznamu dat. Naštěstí byl přítomen třetí přístroj COMET S3120, jehož provoz byl plně závislý na baterii, takže došlo alespoň k záznamu teploty a relativní vlhkosti po celou dobu měření.

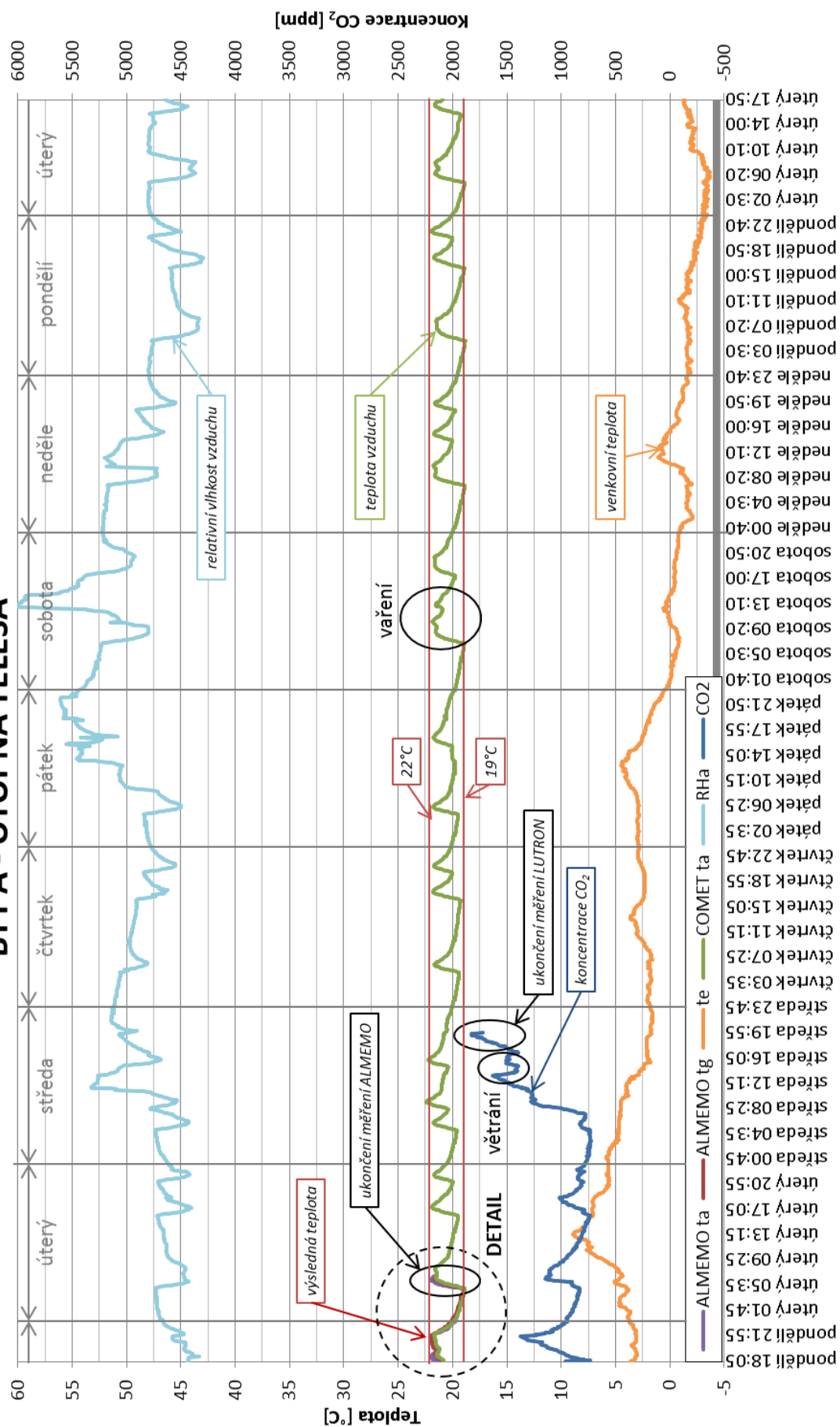
Obrázek C-7 zobrazuje průběh naměřených veličin. V grafu jsou vyznačeny okamžiky přerušení záznamu měřených veličin z ústředny ALMEMO a měřidla LUTRON. V grafu jsou pro větší přehlednost vyznačeny jednotlivé dny měření s popisky jednotlivých křivek. Je vyznačen i okamžik větrání v místnosti. Vyznačený detail je zobrazen na obrázku C-8.

Z grafu je patrné, kdy byl spuštěn zátop. Zajímavé je, že když se zvýšila teplota v místnosti, snížila se relativní vlhkost vzduchu. Důvody lze demonstrovat v HX-diagramu, kdy se otopné těleso chová jako ohřívač, kde s rostoucí teplotou klesá relativní vlhkost.

Z naměřených hodnot je patrný náběh a chladnutí otopného tělesa, kdy otopné těleso udržovalo teplotu vzduchu v místnosti mezi 19 a 22 °C. Udržovaná teplota vzduchu v místnosti je $20,5 \pm 1,5$ °C. Během jednoho dne jsou typické dva až tři náběhy otopného tělesa s tím, že je vidět v každém dni teplotní útlum během noci. Otopné těleso a podlahový konvektor jsou schopny zvednout teplotu v místnosti z 19,2 °C na 21,8 °C (tj. 2,6 K) za cca hodinu a patnáct minut. Chladnutí místnosti např. z 21,9 °C na 19,9 °C (tj. o 2 K) je za tři hodiny a 40 minut.

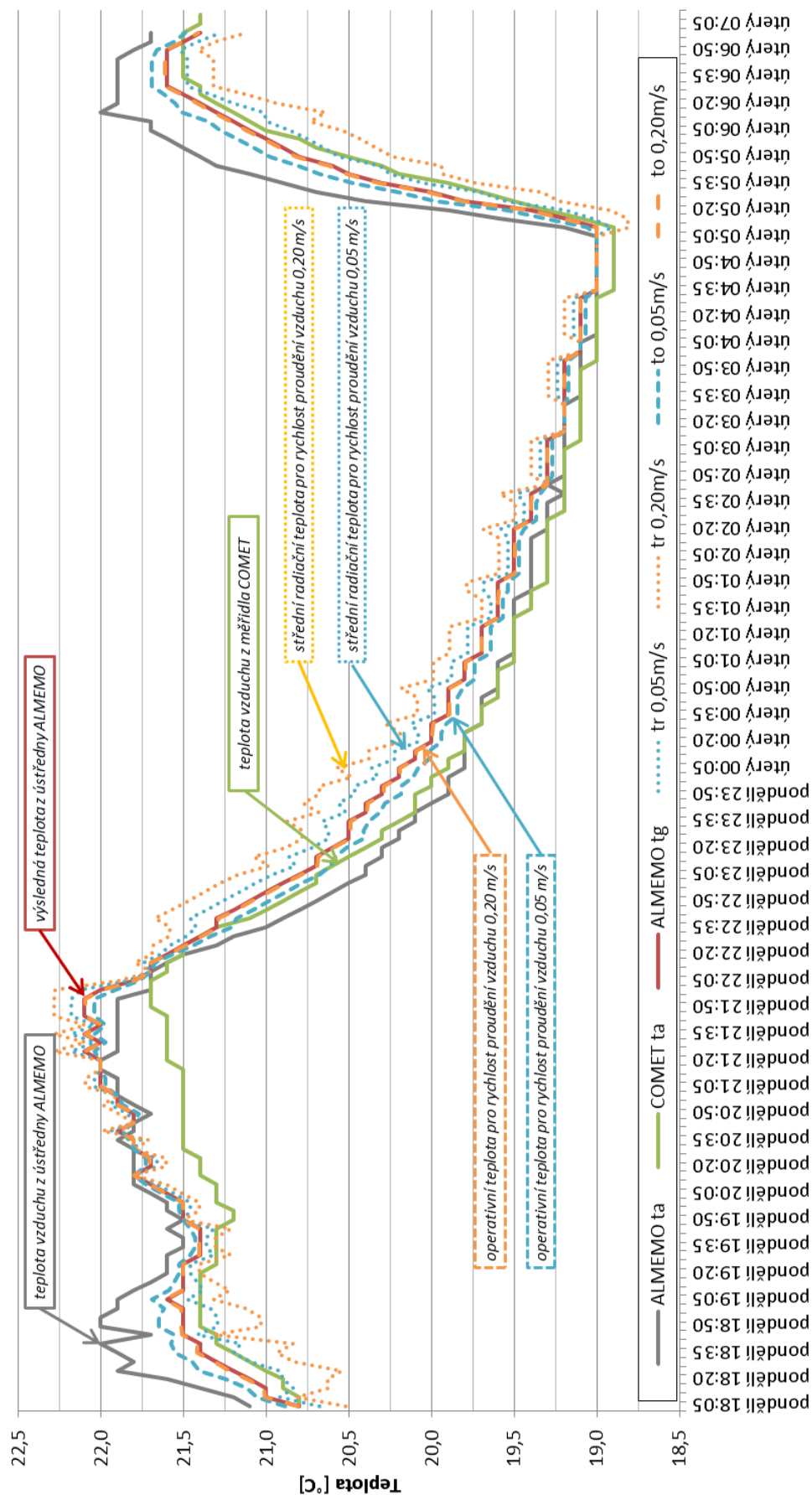
Na obrázku C-8 je zobrazen detail porovnání teplot vzduchu, výsledné teploty, střední radiační teploty a teploty operativní. Tečkované a čárkované křivky jsou hodnoty vypočtené, kde střední radiační teplota byla vypočtena dle vztahu A.19 a A.20 pro dvě hodnoty rychlosti vzduchu 0,05 a 0,2 m/s, které byly zvoleny odborným odhadem z důvodu absence měření rychlosti proudění. Z grafu je patrná odchylka teploty vzduchu měřená termodrátlem a teploty vzduchu měřené měřičem COMET. Při náběhu jsou teplotní odchylky porovnávaných teplot až 1 K. Z měření je patrné, že teplota vzduchu měřená termodrátlem roste rychleji než teplota výsledná, naproti tomu teplota vzduchu měřená pomocí přístroje COMET má podobný náběh jako teplota výsledná. Měření časový úsek je krátký pro objektivní hodnocení. Při chladnutí jsou si teploty vzduchu podobné a narůstá vliv střední radiační teploty teplých povrchů, která zvyšuje teplotu výslednou. Operativní teplota při rychlosti 0,2 m/s téměř kopíruje teplotu výslednou. Teplota operativní při rychlosti 0,05 m/s se neliší o více jak 0,21 K. Při rychlosti 0,2 m/s se teplota operativní neliší oproti teplotě výsledné o více jak 0,02 K.

BYT A - OTOPNÁ TĚLESA



Obrázek C- 7 Byt A - Průběh naměřených hodnot

BYT A - OTOPNÁ TĚLESA DETAIL POROVNÁNÍ TEPLIT t_a , t_g , t_r a t_o



Obrázek C- 8 Byt A - detail porovnání teplot

2.2.2 BYT B – PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ

Byt B je vytápěn pomocí podlahového vytápění. Pro snímání povrchové teploty podlahy byly použity tři čidla, kde v následujících grafech bude použita nejvyšší teplota, která je nejbližší trubce a nejrychleji prezentuje nárůst a chladnutí podlahového vytápění.

Během měření v bytě s podlahovým vytápěním se nevyskytly žádné problémy s měřením a naměřená data jsou celistvá. Průběh naměřených dat během osmi dní je zobrazen na obrázku C-9. V grafu jsou přehledně rozčleněny jednotlivé dny, ve kterých je zřetelný nárůst podlahového vytápění, který se dá charakterizovat jako jeden nárůst za den s typickým nočním chladnutím. Povrchová teplota podlahy nejbližší trubce se pohybuje od 22 °C do 31 °C, tj. rozdíl 9 K. Průběh výsledných teplot, resp. teplot vzduchu se bez vlivu větrání pohybuje od 22 do 26 °C, tj. teplotní difference 4 K. Z grafu je patrný provoz zapnuto/vypnuto.

V grafu je patrné větrání v místnosti, které ovlivňuje všechny měřené parametry, nejvíce však relativní vlhkost vzduchu a teplotu vzduchu, kde je zřejmý viditelný propad naměřených hodnot. Od soboty do pondělí je zřejmá změna režimu vytápění, kde je výsledná teplota udržována po dobu cca 36,5 h na teplotě $22,1 \pm 0,4$ °C i při venkovních teplotách pod 0 °C. Z grafu je patrné, že od nedělního dopoledne do pondělního večera v místnosti nikdo nebyl a nebyla potřebná vyšší teplota vzduchu.

V grafu je patrná také již dříve popisovaná závislost, že se zvýšením teploty vzduchu klesá relativní vlhkost.

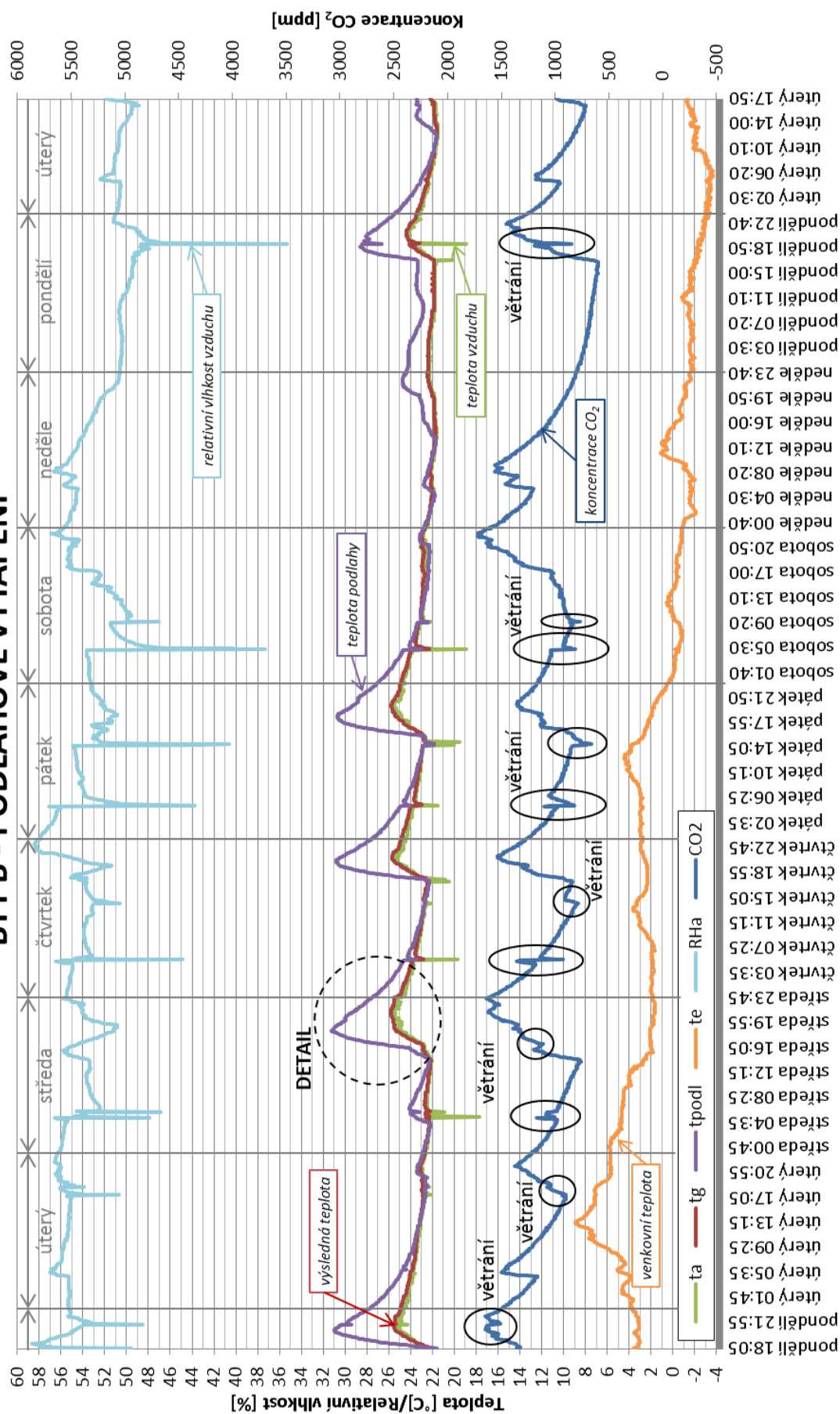
Na obrázku C-10 je zobrazen detailní průběh nárůstu a chladnutí podlahového vytápění, kde povrchová teplota podlahy z 22,3 °C stoupne na 31,2 °C, tj. o 8,9 K, za čtyři a půl hodiny. Doba chladnutí z 31,2 °C na 22,3 °C, tj. o 8,9 K, je 23 h, tzn. 0,39 K/h.

Z grafu je patrné, že výsledná teplota je vyrovnanější než teplota vzduchu a dosahuje vyšších hodnot vlivem sálavé složky podlahového vytápění. V grafu jsou prezentovány o dopočtené hodnoty střední radiační teploty (tečkované) a operativní teploty (čárkované) pro zvolené rychlosti proudění vzduchu 0,05 a 0,20 m/s. Z grafu je patrné, že vyšší odchylky střední radiační teploty od výsledné teploty je dosahováno, když je povrchová teplota podlahy maximální.

Z grafu je dále zřejmý vliv větrání na povrchovou teplotu podlahy a teploty vzduchu. Operativní teplota při rychlosti proudění vzduchu 0,05 m/s se od výsledné teploty v průměru liší maximálně o 0,05 K, u rychlosti 0,2 m/s se liší v průměru o 0,008 K. Výsledná teplota a teplota vzduchu se od sebe liší v průměru o 0,16 K.

Na obrázku C-11 je porovnání tepelné pohody v bytě s podlahovým vytápěním. Z grafu je zřejmé, že při vyšších teplotách vzduchu se nízkého PPD dosahováno pomocí menšího tepelného odporu oblečení. Naopak při nižších teplotách vzduchu je nízkého PPD dosahováno pomocí vyššího tepelného odporu oblečení.

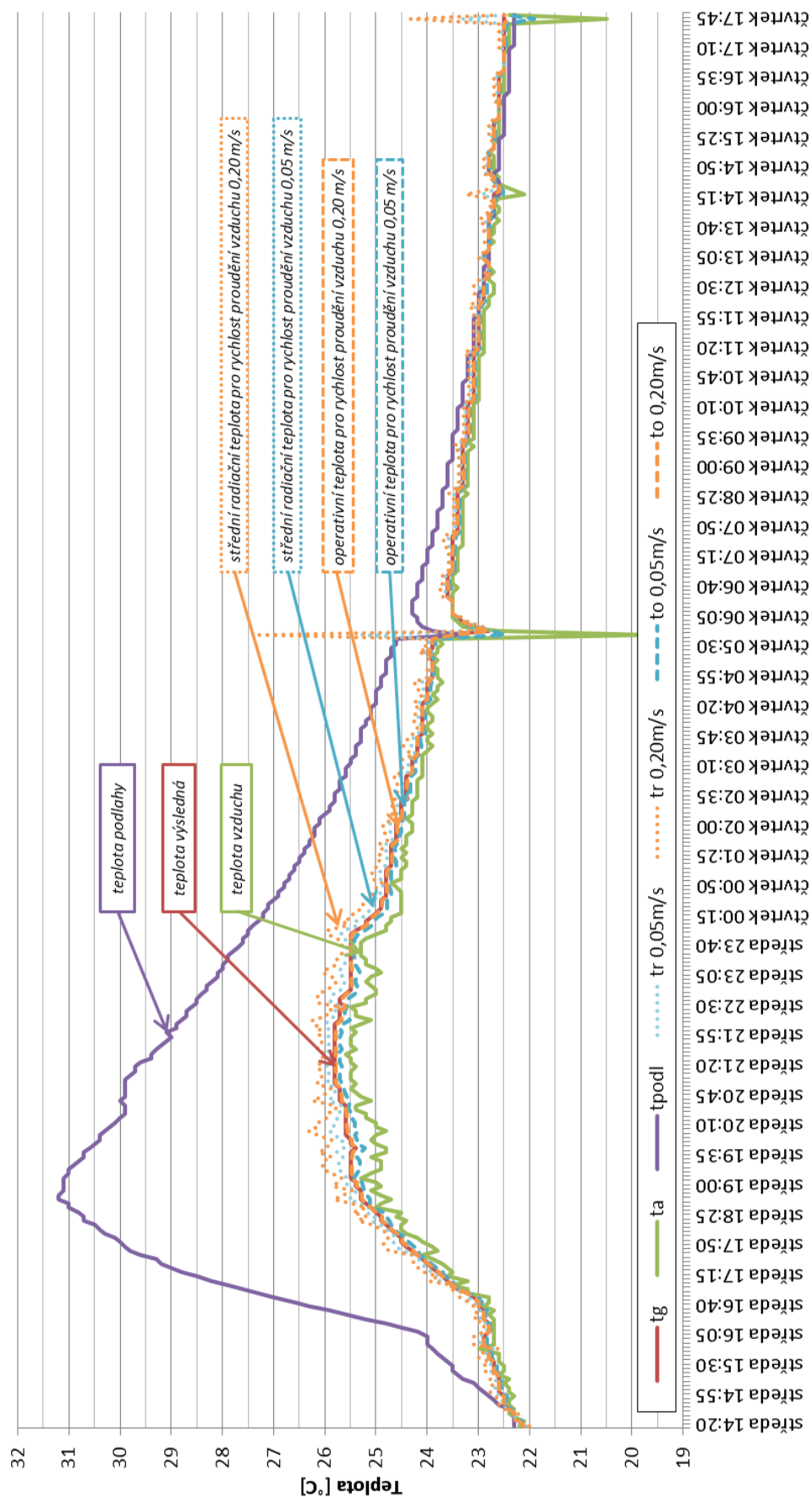
BYT B - PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ



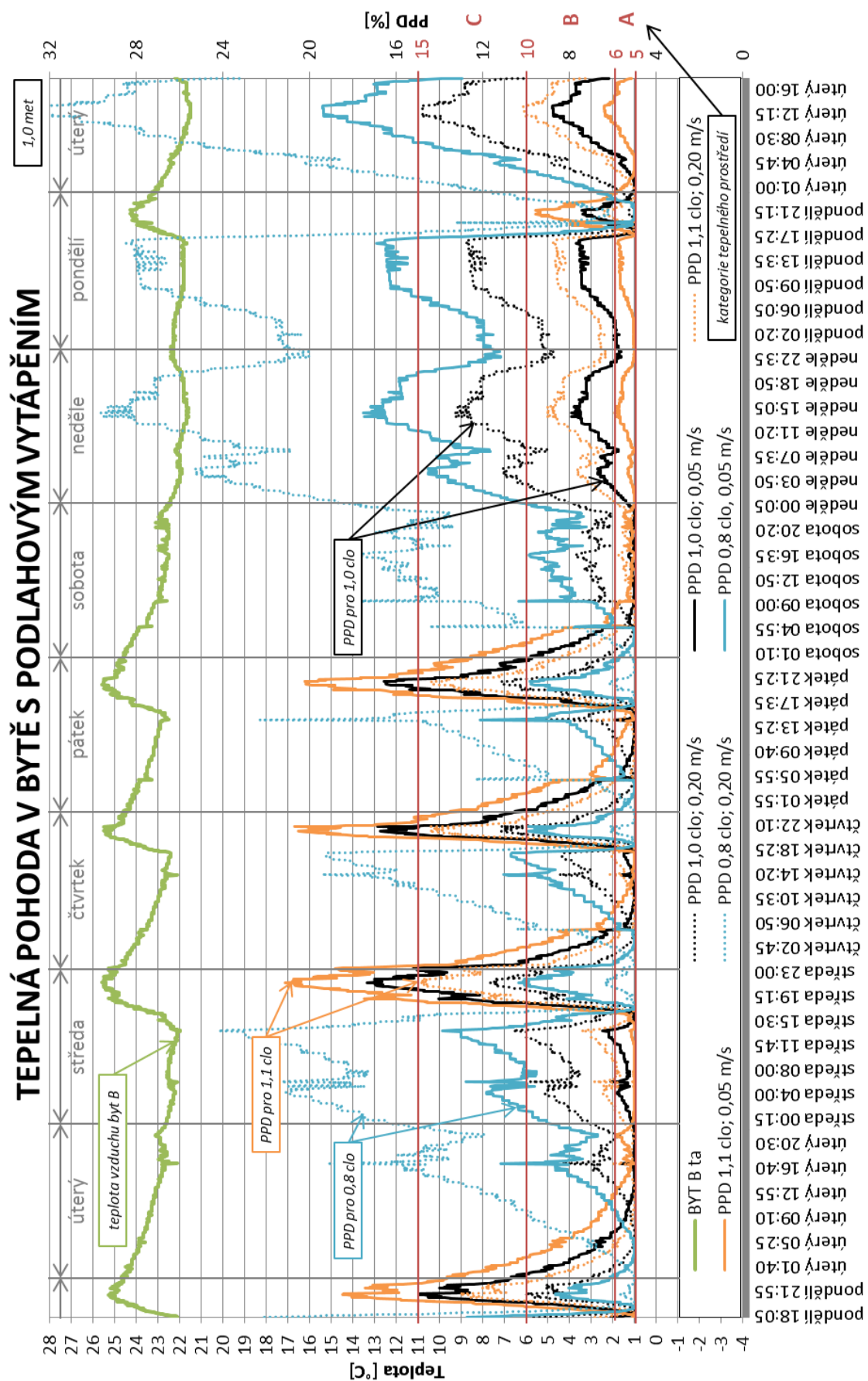
Obrázek C- 9 Byt B - průběh naměřených hodnot

BYT B - PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ

DETAIL POROVNÁNÍ TEPLIT t_a , t_g , t_{podl} , t_r , t_o



Obrázek C- 10 Byt B - detailní porovnání teplot



Obrázek C- 11 Byt B - tepelná pohoda

2.2.3 POROVNÁNÍ BYTŮ

Pro vzájemné porovnání bytů bude použita teplota vzduchu z přístroje COMET S3120, protože pomocí tohoto přístroje byly naměřeny stejné veličiny ve stejném časovém intervalu 8 dní.

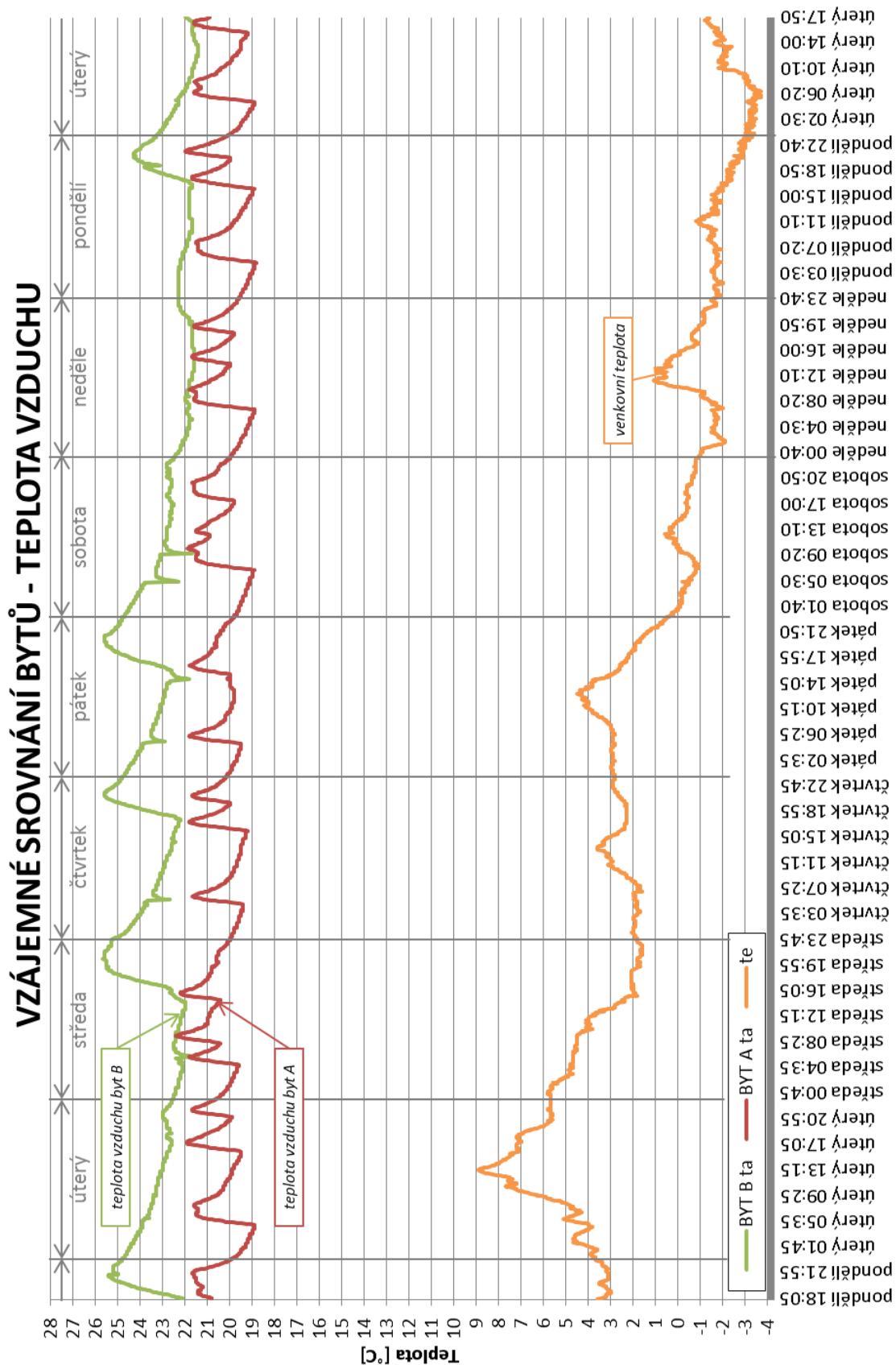
Vzájemné porovnání teplot vzduchu je vidět na obrázku C-12, za kterého je zřejmé, že v bytě A (otopná tělesa) jsou teploty nižší než v bytě B (podlahové vytápění). Toto srovnání odporuje běžně prezentovanému reklamnímu axiomu, který říká, že při použití podlahového vytápění můžeme snížit teplotu vzduchu při zachování stejné tepelné pohody a tím snížit spotřebu energie. Nutno poznamenat, že v bytě A žije muž a v bytě B žije žena.

Obecně známý fakt je, že ženy preferují vyšší teploty vzduchu než muži. Výsledky výzkumu ukazují, že při stejných podmínkách obě pohlaví preferují podobné teploty, při kterých se cítí komfortně. Teplota pokožky u žen a ztráty vypařováním jsou o něco nižší než u mužů, což vyrovnává poněkud nižší metabolismus žen. [L5]

Možným vysvětlením, proč v bytě B je vyšší teplota vzduchu než v bytě A může být menší fyzická aktivita nebo menší tepelná izolace oděvu.

V bytě A s otopnými tělesy je udržována menší teplotní diference než v bytě B s podlahovým vytápěním. Při porovnání počtu zátopů je v bytě A větší počet zátopů v průběhu dne – typicky dva až tři. V bytě B je zpravidla jeden zátop během jednoho dne s nočním chladnutím. Doba potřebná pro dosažení maximální teploty z minimální je delší u podlahového vytápění, kdy otopná tělesa mají vyšší rychlost náběhu a dokážou pružněji reagovat na změnu teploty v místnosti.

V grafu je také patrné časté větrání v bytě s podlahovým vytápěním, které je charakteristické ráno a odpoledne.



Obrázek C- 12 Vzájemné srovnání bytů

2.2.4 DÍLČÍ ZÁVĚR

Měření vnitřního prostředí probíhalo v dvou různých bytech v místnosti se stejným účelem - obývací pokoj, kuchyně a jídelna. V každém z bytů byla zvolena jiná koncepce vytápění, kde byt A byl vytápěn pomocí otopných těles a byt B pomocí podlahového vytápění. V bytě byla měřena teplota vzduchu, výsledná teplota, povrchová teplota podlahy (byt B) a koncentrace CO₂.

Z výsledků je patrný počet zátopů, kdy pro byt A s otopnými tělesy je typický zátop 2x až 3x za den, zatímco v bytě B s podlahovým vytápěním je typický jeden zátop s chladnutím přes noc.

V bytě B s podlahovým vytápěním je udržována vyšší teplotní diference než v bytě A s otopnými tělesy a zároveň je udržována vyšší teplota vzduchu.

Na základě změřených veličin byla dopočítána střední radiační teplota a operativní teplota. Pro byt B byl dopočítán parametr PPD pro 0,8 clo, 1,0 clo a 1,1 clo. Provoz podlahového vytápění zapnuto/vypnuto se jeví jako nekomfortní a pro udržení tepelného komfortu během dne by se musel měnit způsob oblékání.

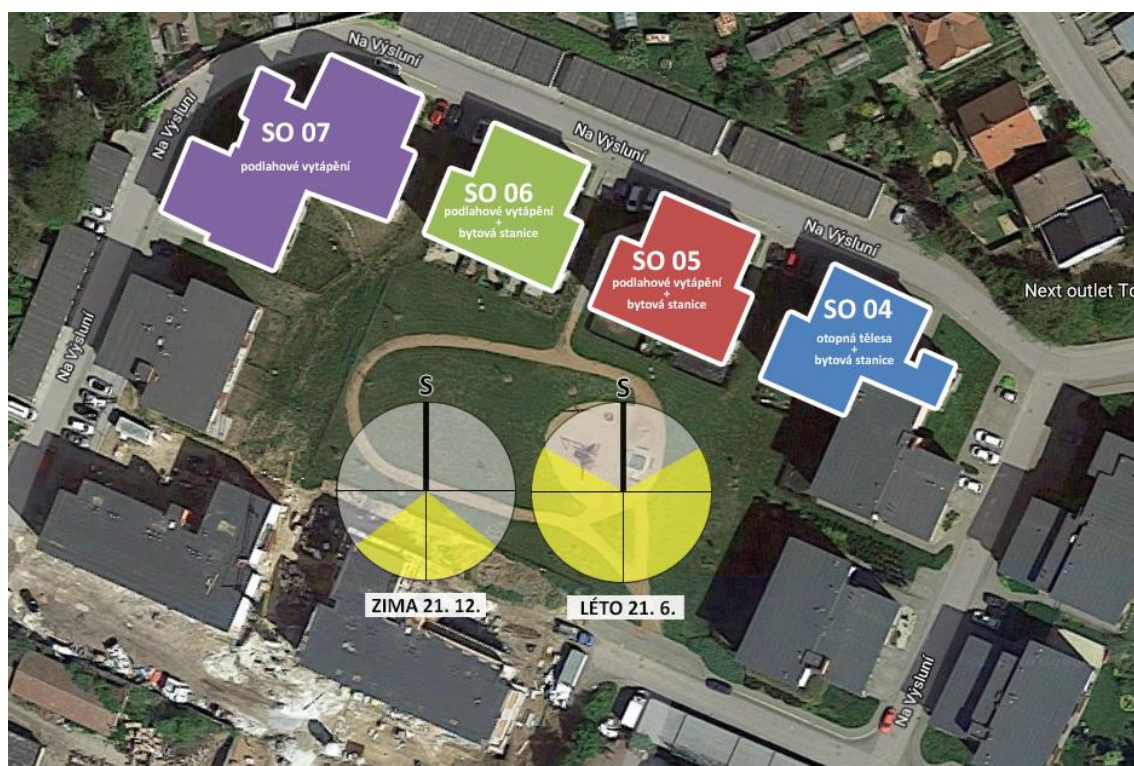
Z výsledků je patrná jiná preferovaná teplota vzduchu v každém z bytů. Určitou roli v tom může hrát pohlaví obyvatel bytu.

3 VLIV KONCEPCE VYTÁPĚNÍ NA SPOTŘEBU ENERGIE

Měření spotřeby plynu bylo prováděno na čtyřech bytových domech ve městě Boskovice a to konkrétně na objektu SO 04, SO 05, SO 06 a SO 07. Každý bytový dům má jinou koncepci vytápění. Koncepce vytápění pro bytové domy SO 04 a SO 06 byla popsána v úvodu kapitoly 2.

Bytový dům SO 07 je největší z posuzovaných objektů, ve kterém je celkem 26 bytů, a jeho tepelná ztráta je 71 kW. V bytovém domě jsou instalovány dva kondenzační kotle o celkovém modulovaném výkonu 5 až 90 kW. Primární okruh je od sekundárního okruhu oddělen pomocí vyrovnávače dynamických tlaků (HVDT). Jako otopná plocha je v objektu použito podlahové vytápění.

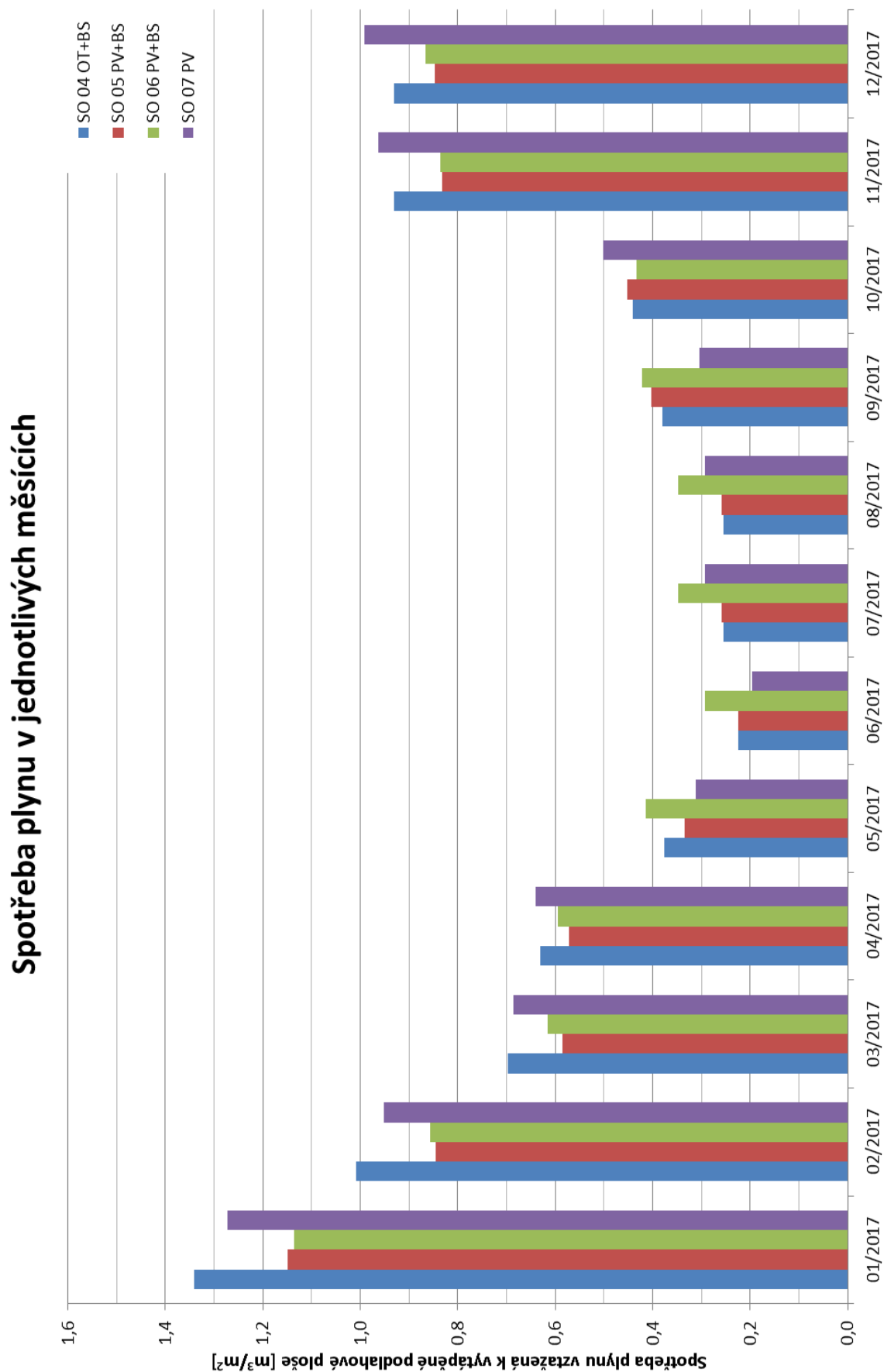
V bytovém domě SO 05 je stejná koncepce vytápění jako v bytovém domě SO 06, tedy vytápění pomocí podlahového vytápění s předávacími bytovými stanicemi, ale v bytovém domě je o jeden byt méně, tedy 12 bytů. Umístění jednotlivých objektů, orientace a vzájemná poloha je na obrázku C-13.



Obrázek C- 13 Situace [L65] se znázorněním slunečního svitu v průběhu roku

Data spotřeb plynu byla zaznamenávána jeden rok od 31. 12. 2016 do 31. 12. 2017. Stav plynoměrů byl zaznamenáván vždy na začátku měsíce. Během roku nebyl zaznamenán stav plynoměrů v měsíci srpnu, z tohoto důvodu byla zvolena stejná spotřeba jako v měsíci červenci. Při zpracování výsledků nebylo známo, jakým způsobem se vaří v jednotlivých bytových domech, jestli pomocí plynu nebo pomocí elektřiny.

Odečtené hodnoty v jednotlivých měsících byly vztaženy na podlahovou plochy vytápěné části bytového domu. Průběh spotřeb plynu je vidět na obrázku C-14. Je nutno podotknout, že objekt SO 07 byl měl před sebou první otopnou sezónu.



Obrázek C- 14 Spotřeba plynu v jednotlivých měsících vztahovaná na m² vytápěné plochy; OT – otopné těleso, BS – bytová stanice, PV – podlahové vytápění

Z grafu na obrázku C-14 je patrné, že větší spotřebu plynu mají bytové domy SO 04 a SO 07, než objekty SO 05 a SO 06. Důvod může být orientace objektu, kdy bytové domy SO 05 a SO 06 mají poměrně velkou část obvodu domu orientovanou na jižní stranu, zatímco fasáda orientovaná na jižní stranu u bytových domů SO 04 a SO 07 je k obvodu domu malá.

Při porovnání bytových domů SO 05 a SO 06, které mají stejnou koncepci vytápění, je zřejmá poměrně vyrovnaná spotřeba zvláště v otopném období, avšak spotřeba v letních měsících, kdy je pomocí plynu ohřívána jenom teplá voda (případně k přípravě jídla), je vyšší u SO 06 z důvodu vyšší obsazenosti osobami.

Z grafu je patrné, že od května do září, kde prakticky probíhá jenom ohřev teplé vody, se role obrací a objekty SO 05 a SO 06 mají vyšší spotřeby plynu, kde určitou roli hraje vliv obsazenosti objektu. Propad ve spotřebě teplé vody je vidět v červnu, kde je spotřeba. Poměrně nízká spotřeba je i v červnu a září na objektu SO 07, která je menší než v ostatních bytových domech, ale v červenci toto pravidlo neplatí.

Přehledné grafické procentní srovnání spotřeb plynu vztažených na vytápěnou podlahovou plochu je na obrázku C-15. Z obrázku je zřejmé, že nejhorší celoroční spotřebu má objekt SO 06 a to hlavně díky letnímu období a přípravě teplé vody. Naopak nejlepší celoroční účinnost má bytový dům SO 05, u něhož hraje velkou roli i orientace k jižní fasádě a menší obsazenost.

	CELÝ ROK				OTOPNÉ OBDOBÍ				LETNÍ OBDOBÍ			
	SO 04 OT+BS	SO 05 PV+BS	SO 06 PV+BS	SO 07 PV	SO 04 OT+BS	SO 05 PV+BS	SO 06 PV+BS	SO 07 PV	SO 04 OT+BS	SO 05 PV+BS	SO 06 PV+BS	SO 07 PV
01/2017	118,0%	101,1%	100,0%	112,0%	118,0%	101,1%	100,0%	112,0%				
02/2017	119,4%	100,0%	101,5%	112,7%	119,4%	100,0%	101,5%	112,7%				
03/2017	119,0%	100,0%	105,1%	117,0%	119,0%	100,0%	105,1%	117,0%				
04/2017	110,3%	100,0%	104,2%	111,9%	110,3%	100,0%	104,2%	111,9%				
05/2017	120,4%	107,1%	132,9%	100,0%					120,4%	107,1%	132,9%	100,0%
06/2017	115,2%	114,5%	149,4%	100,0%					115,2%	114,5%	149,4%	100,0%
07/2017	100,0%	101,5%	136,5%	115,0%					100,0%	101,5%	136,5%	115,0%
08/2017	100,0%	101,5%	136,5%	115,0%					100,0%	101,5%	136,5%	115,0%
09/2017	125,0%	132,5%	138,9%	100,0%	125,0%	132,5%	138,9%	100,0%				
10/2017	102,0%	104,5%	100,0%	116,1%	102,0%	104,5%	100,0%	116,1%				
11/2017	111,7%	100,0%	100,3%	115,7%	111,7%	100,0%	100,3%	115,7%				
12/2017	109,8%	100,0%	102,2%	116,9%	109,8%	100,0%	102,2%	116,9%				
Průměr	112,6%	105,2%	117,3%	111,0%	114,4%	104,8%	106,5%	112,8%	108,9%	106,1%	138,9%	107,5%

Obrázek C- 15 Grafické procentní srovnání spotřeb plynu vztažených na vytápěnou podlahovou plochu

Porovnání ročních spotřeb se zohledněním kvality použitých konstrukcí je uvedeno v tabulce C-1. Z tabulky je zřejmé, že dodané teplo za rok se pohybuje od 59,75 do 66,01 kWh/(m²rok). Jednotlivé hodnoty se od sebe neliší o více jak 10,5 %, což je rozdíl v cca 6 Kč/(m²rok). Naopak objekt SO 07 s nejlepší kvalitou stavebních konstrukcí vykazuje druhý nejhorší výsledek. Je nutno podotknout, že velký vliv tam můžou hrát solární zisky během roku a první otopná sezóna a vliv zabudované stavební vlhkosti.

Při uvážení bytu o podlahové ploše 60 m² by obyvatelé SO 04 zaplatili ve zkoumaném roce o cca 369 Kč více než obyvatelé v objektu SO 05.

Tabulka C- 1 Porovnání spotřeb se zohledněním vytápěné podlahové plochy a kvality stavebních konstrukcí

	SO 04 OT+BS	SO 05 PV+BS	SO 06 PV+BS	SO 07 PV
Vytápěná podlahová plocha [m²]	1 013	1 130	1 130	1 806
Tepelná ztráta [W]	46 244	52 000	52 000	71 000
Podlahová plošná tepelná ztráta [W/m²]	46	46	46	39
Roční spotřeba zemního plynu [m³/rok]	7 567	7 641	8 096	13 373
Roční dodané teplo [MJ/rok]	240 676	243 030	257 501	425 342
Roční dodané teplo [kWh/rok]	66 854	67 508	71 528	118 150
Roční dodané teplo [kWh/(m²rok)]	66,01	59,75	63,31	65,43
Porovnání [%]	110,5%	100,0%	106,0%	109,5%
Cena plynu za rok při 8,68 Kč/m³ [Kč]	65682	66324	70273	116078
Cena plynu za rok při 8,68 Kč/m³ [Kč/m²]	64,8	58,7	62,2	64,3
Průměrná roční platba za plyn pro byt o podlahové ploše 60 m² [Kč]	3891	3522	3732	3857

3.1.1 DÍLČÍ ZÁVĚR

Měření spotřeb plynu probíhalo na čtyřech bytových domech, kde byla zvolena různá koncepce vytápění. Bytový dům SO 04 byl vytápěn pomocí otopných těles, kde před každým bytem byla osazena bytová stanice, která zajišťovala přednostní přípravu TV a vytápění. V bytovém domě SO 05 a SO 06 byla dle informací investora zvolena stejná koncepce vytápění a to vytápění pomocí podlahového vytápění s bytovými stanicemi. Konečně v bytovém domě SO 07, která měl v době měření svou první topnou sezónu, bylo vytápění pomocí podlahového vytápění bez bytových stanic.

Při vyhodnocování výsledků je patrné, že nejmenší spotřeby plynu dosáhli bytové domy SO 05 a SO 06 s největší částí obvodu domu orientovanému na jižní stranu. Naproti tomu objekt SO 06 dosahoval nejhorších výsledků v přípravě teplé vody během letního období, což mohlo být zapříčiněno vyšším počtem obyvatel v letních měsících nebo např. jinou koncepcí přípravy teplého jídla, která nebyla známá v době zpracování výsledků.

Nejhůře dopadl bytový dům SO 04, který má poměrně malou plochu fasády orientovanou k jihu. Předposlední skončil bytový dům SO 07, ač měl nejmenší tepelnou ztrátu. Jistou roli v tom mohla hrát zabudovaná vlhkost z průběhu výstavby.

4 ZÁVĚR EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI

V experimentální části byly prováděny dva experimenty. První se zabýval měřením vnitřního prostředí v místnosti bytů s různou koncepcí vytápění – otopná tělesa vs. podlahové vytápění. Z výsledků měření je patrná různá preference vnitřních teplot, kde svou roli hraje i pohlaví obyvatel. Dále je patrný počet zátopů během dne a vysoká teplotní setrvačnost podlahového vytápění oproti dynamickému otopnému tělesu. Na místnosti s podlahovým vytápěním byl demonstrován vliv tepelného odporu oděvu na výslednou tepelnou pohodu.

Druhý experiment se zabýval porovnáním spotřeb plynu bytových domů s různou koncepcí vytápění. Na základě prvního experimentu se dalo předpokládat, že v bytovém domě s podlahovým vytápěním bude vyšší spotřeba z důvodu vyšších teplot v měřené místnosti oproti bytu s otopnými tělesy. Konečné srovnání ukázalo opak a bytové domy s podlahovým vytápěním skončily lépe než bytový dům s otopnými tělesy. Nutno podotknout, že bytový dům SO 04 s topnými tělesy měl poměrně malý obvod fasády orientovaný na jižní světovou stranu.

Roční rozdíl byl cca 6 Kč/m² vytápěné podlahové plochy. Pro byt o podlahové ploše 60 m² to dělá cca 369 Kč za rok.

Z měření je patrné, že jako provozně nejvýhodnější se jeví kombinace bytových stanic a podlahového vytápění, ale z hlediska tepelné pohody se jeví vytápění pomocí otopných těles vhodnější.

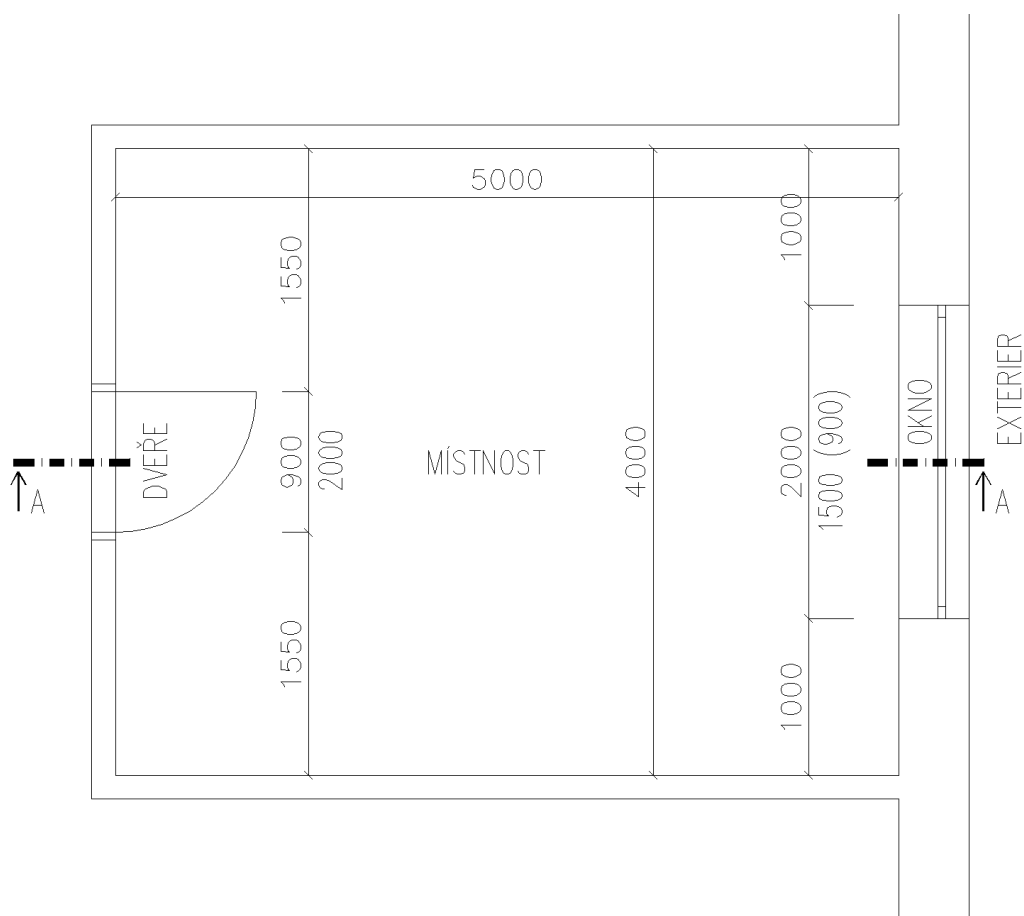
Pro vyšší vypovídající hodnotu by bylo vhodnější sledovat posuzované subjekty delší časovou dobu, protože velký vliv na výslednou spotřebu v objektu mají individuální preference obyvatel.

D. MODELOVÁNÍ ROZLOŽENÍ STŘEDNÍ RADIAČNÍ TEPLOTY V MÍSTNOSTI

1 ÚVOD

Pro výpočet středního tepelného pocitu (PMV) a předpokládaného procenta nespokojených osob (PPD) je potřeba šest vstupů – teplotu vzduchu, střední radiační teplotu, rychlost proudění vzduchu, relativní vlhkost, metabolismus a tepelný odpor oděvu.

Pro hodnocení střední radiační teploty, která je jedním ze vstupních parametrů pro hodnocení tepelného komfortu, byla zvolena typová podstřešní místnost o rozměrech 5x4 m s kratší stranou orientovanou do exteriéru, ve které je umístěno okno o rozměrech 2x1,5 m. Schématický půdorys je uveden na obrázku D-1. Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí byly voleny tak, aby byly zastoupeny stavby, které byly realizovány od roku 1962.



Obrázek D- 1 Rozměry modelované místnosti

Přehled vývoje požadavků v průběhu let je uveden v tabulce D-1, včetně povrchových teplot konstrukcí počítaných při $t_e = -12\text{ °C}$, $t_i = 20\text{ °C}$ a teplota okolní místnosti je $t_{ij} = 18\text{ °C}$. Grafické znázornění průběhu teplot je na obrázku A-10.

Tabulka D- 1 Přehled vývoje požadavků na stavební konstrukce v průběhu let [L77, L78, L79, L80]

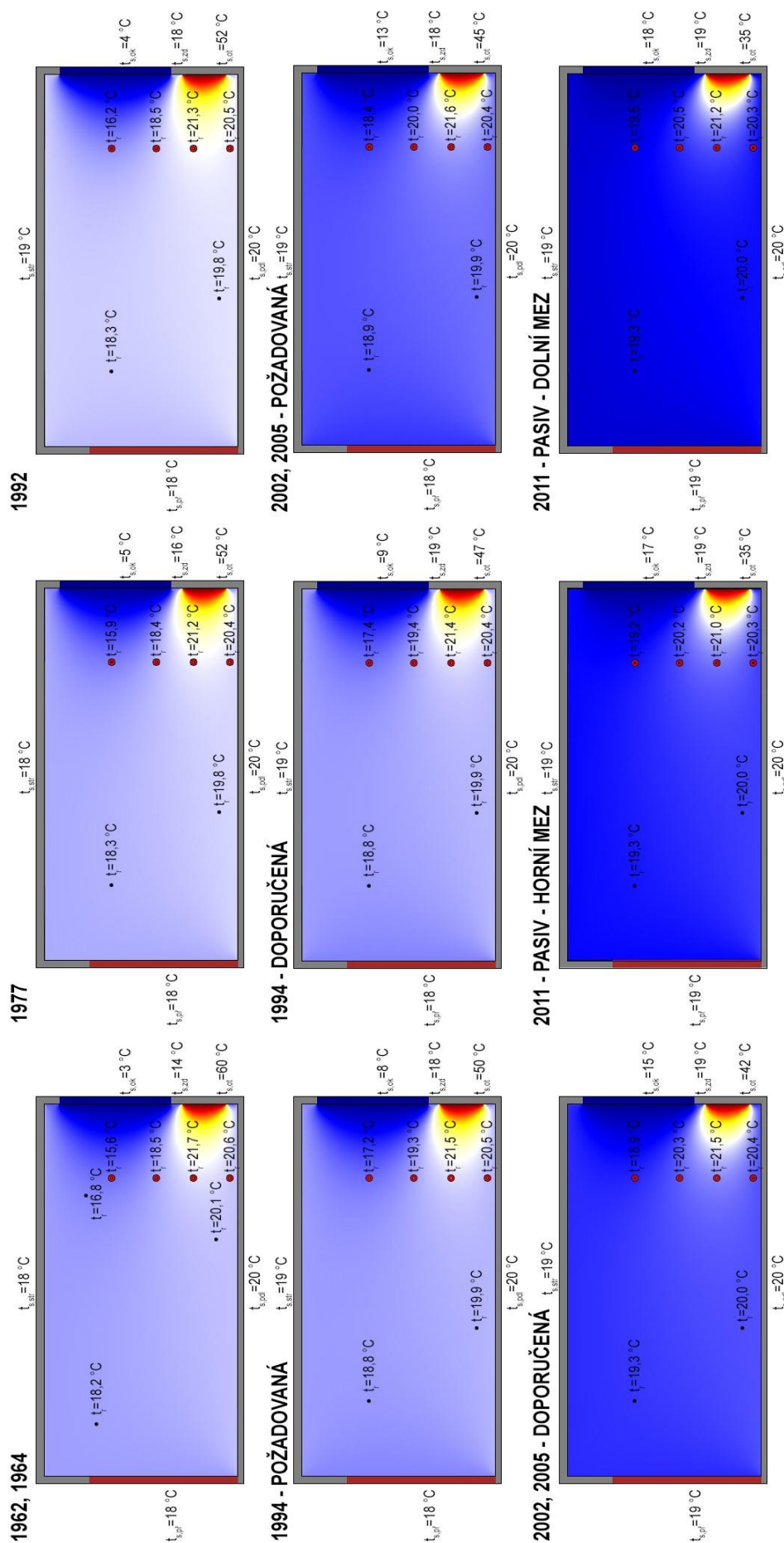
Rok vydání normy	Poznámka	Velikost	Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	Stěna vnější	Okno, dveře a jiná výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše z vytápěného prosotru do venkovního	Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 5°C včetně	Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 5°C včetně
		R_{si} [m ² K/W]	0,10	0,125	0,125	0,10	0,125
Rok 1962 Norma, vydání 1962	Požadovaná hodnota	R_{se} [m ² K/W]	0,04	0,04	0,04	0,10	0,125
	Povrchová teplota	Θ_{si} [°C]	17,50	14,29	4,00		
Rok 1964 Norma, vydání 1963	Požadovaná hodnota	U [W/(m ² K)]	0,78	1,43	4,00		
	Povrchová teplota	R [m ² K/W]	1,28	0,70	0,25		
Rok 1977 Norma, vydání 1977	Požadovaná hodnota	Θ_{si} [°C]	17,50	14,29	4,00		
	Povrchová teplota	U [W/(m ² K)]	0,56	1,05	3,70		
Rok 1992 Norma, vydání 1992	Požadovaná hodnota	R [m ² K/W]	1,80	0,95	0,27		
	Povrchová teplota	Θ_{si} [°C]	18,22	15,79	5,17		
Rok 1994 Norma, vydání 1994	Požadovaná hodnota	U [W/(m ² K)]	0,33	0,50	3,85		
	Povrchová teplota	R [m ² K/W]	3,00	2,00	0,26		
Rok 2002 Norma, vydání 2002	Požadovaná hodnota	Θ_{si} [°C]	18,93	18,00	4,62		
	Povrchová teplota	U [W/(m ² K)]	0,33	0,50	2,90*		
Rok 2005 Norma, vydání 2005 změna	Požadovaná hodnota	R [m ² K/W]	3,00	2,00	0,34		
	Povrchová teplota	Θ_{si} [°C]	18,93	18,00	8,40		
Rok 2011 Norma, vydání 2011	Požadovaná hodnota	U [W/(m ² K)]	0,23	0,34	2,70		
	Povrchová teplota	R [m ² K/W]	4,35	2,90	0,37		
Rok 2011 Norma, vydání 2011	Požadovaná hodnota	Θ_{si} [°C]	19,26	18,62	9,20		
	Povrchová teplota	U [W/(m ² K)]	0,24	0,30	1,70	2,20	2,70
Rok 2011 Norma, vydání 2011	Požadovaná hodnota	R [m ² K/W]	4,17	3,33	0,59	0,45	0,37
	Povrchová teplota	Θ_{si} [°C]	19,23	18,80	13,20	19,56	19,33
Rok 2011 Norma, vydání 2011	Požadovaná hodnota	U [W/(m ² K)]	0,16	0,25	1,20	1,45	1,80
	Povrchová teplota	R [m ² K/W]	6,25	4,00	0,83	0,69	0,56
Rok 2011 Norma, vydání 2011	Požadovaná hodnota	Θ_{si} [°C]	19,49	19,00	15,20	19,71	19,55
	Povrchová teplota	U [W/(m ² K)]	0,24	0,30	1,70	2,20	2,70
Rok 2011 Norma, vydání 2011	Požadovaná hodnota	R [m ² K/W]	4,17	3,33	0,59	0,45	0,37
	Povrchová teplota	Θ_{si} [°C]	19,23	18,80	13,20	19,56	19,33
Rok 2011 Norma, vydání 2011	Požadovaná hodnota	U [W/(m ² K)]	0,16	0,20	1,20	1,45	1,80
	Povrchová teplota	R [m ² K/W]	6,25	5,00	0,83	0,69	0,56
Rok 2011 Norma, vydání 2011	Požadovaná hodnota	Θ_{si} [°C]	19,49	19,20	15,20	19,71	19,55
	Povrchová teplota	U [W/(m ² K)]	0,24	0,30	1,50	2,20	2,70
Rok 2011 Norma, vydání 2011	Požadovaná hodnota	R [m ² K/W]	4,17	3,33	0,67	0,45	0,37
	Povrchová teplota	Θ_{si} [°C]	19,23	18,80	14,00	19,56	19,33
Rok 2011 Norma, vydání 2011	Požadovaná hodnota	U [W/(m ² K)]	0,15	0,18	0,8		
	Povrchová teplota	R [m ² K/W]	6,67	5,56	1,25		
Rok 2011 Norma, vydání 2011	Požadovaná hodnota	Θ_{si} [°C]	19,52	19,28	16,80		
	Povrchová teplota	U [W/(m ² K)]	0,1	0,12	0,6		
	Povrchová teplota	R [m ² K/W]	10,00	8,33	1,67		
	Povrchová teplota	Θ_{si} [°C]	19,68	19,52	17,60		

Pro vzorovou místnost a různé tepelně technické charakteristiky stavebních konstrukcí byly spočítány tepelné ztráty. Pro vypočtené tepelné ztráty uvedené v tabulce č. byly určeny teplotní spády pro otopná tělesa tak, aby šířka otopného tělesa byla na šířku okna, tzn. 2 m. Podmínky bilančního návrhu jsou splněny ve všech případech kromě požadavků na pasivní budovy.

Tabulka D- 2 Uvažovaný teplotní spád a rozměr otopných těles

ČÍSLO MÍSTNOSTI	NÁZEV MÍSTNOSTI	TEPELNÝ VÝKON PRO TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM $\Phi_{T,i}$ [W]	TEPELNÝ VÝKON PRO TEPELNÉ ZTRÁTY VĚTRÁNÍM $\Phi_{V,i}$ [W]	CELKOVÝ TEPELNÝ VÝKON $\Phi_{H,i}$ [W]	Tepelný spád [°C/°C]	Výška tělesa [mm]	Délka tělesa [mm]
101	1962 - POŽADOVANÉ HODNOTY	1112	294	1406	65/55	600	2000
102	1964 - POŽADOVANÉ HODNOTY	1112	294	1406	65/55	600	2000
103	1977 - POŽADOVANÉ HODNOTY	1003	294	1297	60/45	600	2000
104	1992 - POŽADOVANÉ HODNOTY	721	294	1015	60/45	600	2000
105	1994 - POŽADOVANÉ HODNOTY	630	294	924	55/45	600	2000
106	1994 - DOPORUČENÉ HODNOTY	579	294	873	55/40	600	2000
107	2002 - POŽADOVANÉ HODNOTY	475	294	769	50/40	600	2000
108	2002 - DOPORUČENÉ HODNOTY	315	294	609	46/48	600	2000
109	2005 - POŽADOVANÉ HODNOTY	455	294	749	50/40	600	2000
110	2005 - DOPORUČENÉ HODNOTY	315	294	609	46/38	600	2000
111	2011 - PASIVNÍ DOMY - MAX.	244	23	267	40/30	600	2000
112	2011 - PASIVNÍ DOMY - MIN	204	23	227	40/30	600	2000

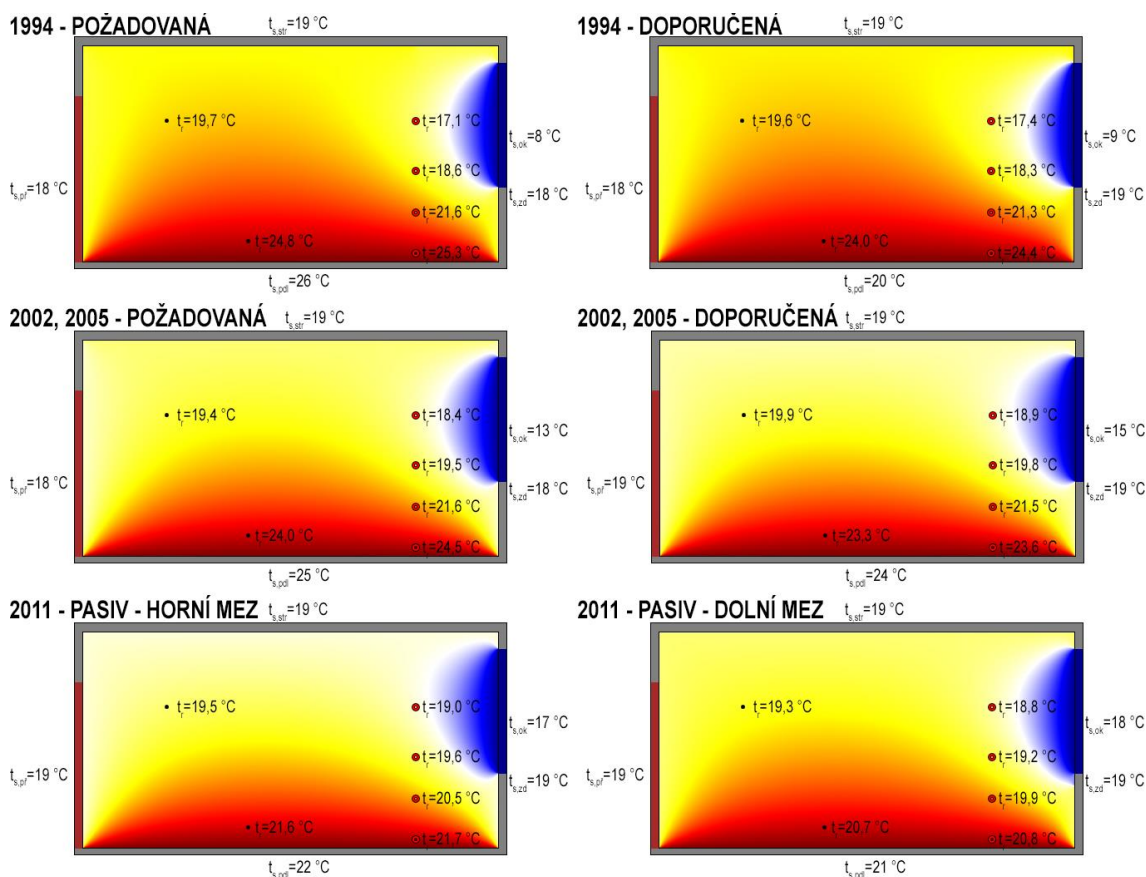
Simulace rozložení střední radiační teploty v místnosti byla prováděna v programu Radiace od autorů Plášek, Šikula. Ve vzdálenosti 1 m od fasády byly odečítány hodnoty střední radiační teploty ve výškách 0,1 m, 0,6 m, 1,1 m a 1,7 m. Povrchová teplota tělesa byla uvažována jako střední teplota topného spádu. Jednotlivé uvažované povrchové teploty jsou uvedeny na jednotlivých obrázcích. Průběh střední radiační teploty při vytápění pomocí otopných těles je na obrázku D-2.



Průběh střední radiační teploty při vytápění pomocí podlahového vytápění je na obrázku D-3. Přepočet povrchové teploty podlahy byl proveden na základě tepelných ztrát místnosti s rezervou 10 %. Výsledky jsou uvedeny v tabulce D-3.

Tabulka D- 3 Uvažovaná povrchová teplota podlahy

Číslo	Název	Tepelná ztráta [W]	Tepelná ztráta +10% [W]	Povrchová teplota podlahy [°C]
105	1994 - POŽADOVANÉ HODNOTY	924	1016,4	25,5
106	1994 - DOPORUČENÉ HODNOTY	873	960,3	25,2
107	2002 - POŽADOVANÉ HODNOTY	769	845,9	24,6
108	2002 - DOPORUČENÉ HODNOTY	609	669,9	23,6
109	2005 - POŽADOVANÉ HODNOTY	749	823,9	24,5
110	2005 - DOPORUČENÉ HODNOTY	609	669,9	23,6
111	2011 - PASIVNÍ DOMY - MAX.	267	293,7	21,6
112	2011 - PASIVNÍ DOMY - MIN	227	249,7	21,4

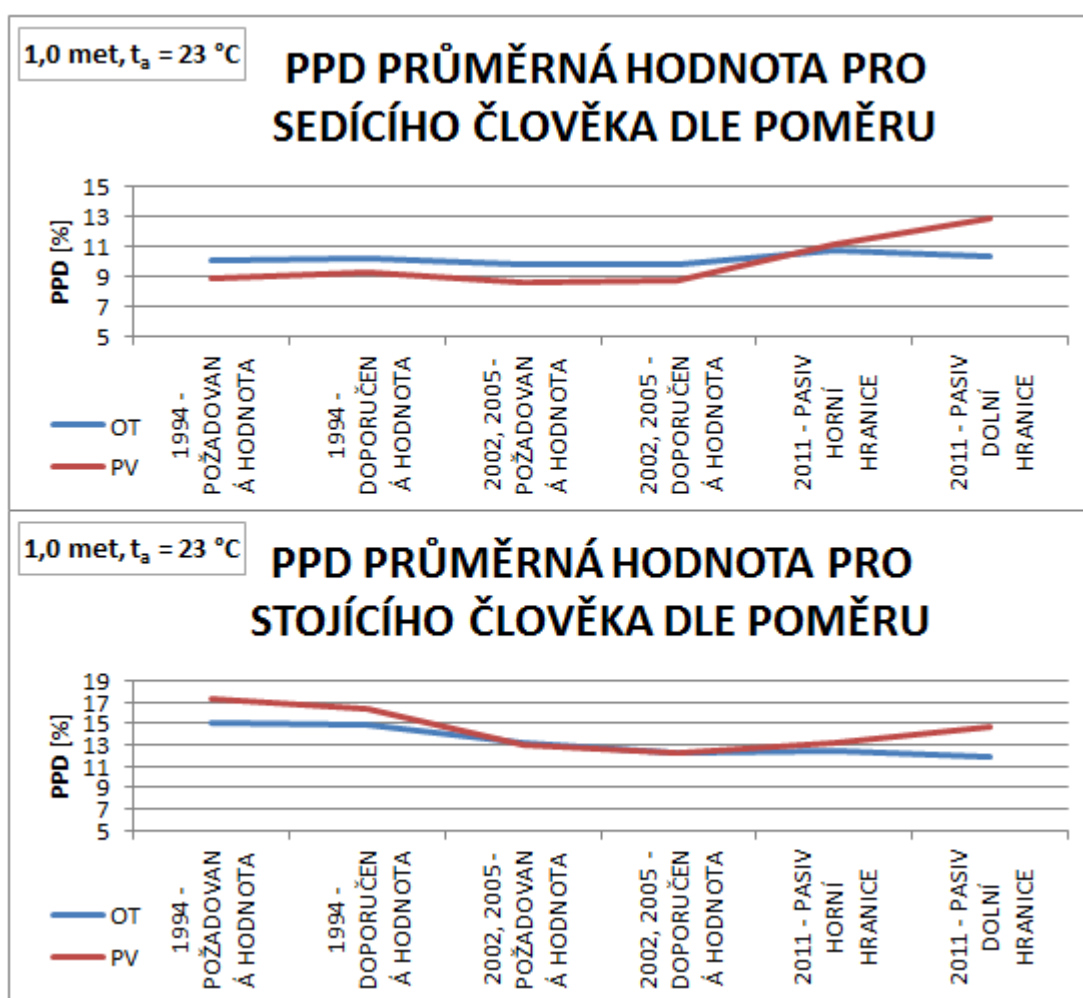


Obrázek D- 3 Průběh středních radiačních teplot při vytápění podlahovým vytápěním v závislosti na kvalitě konstrukcí v jednotlivých letech. Na obrázcích jsou vyznačeny odečítané body ve vzdálenosti 1 m od fasády ve výškách 0,1 m; 0,6 m; 1,1 m a 1,7 m.

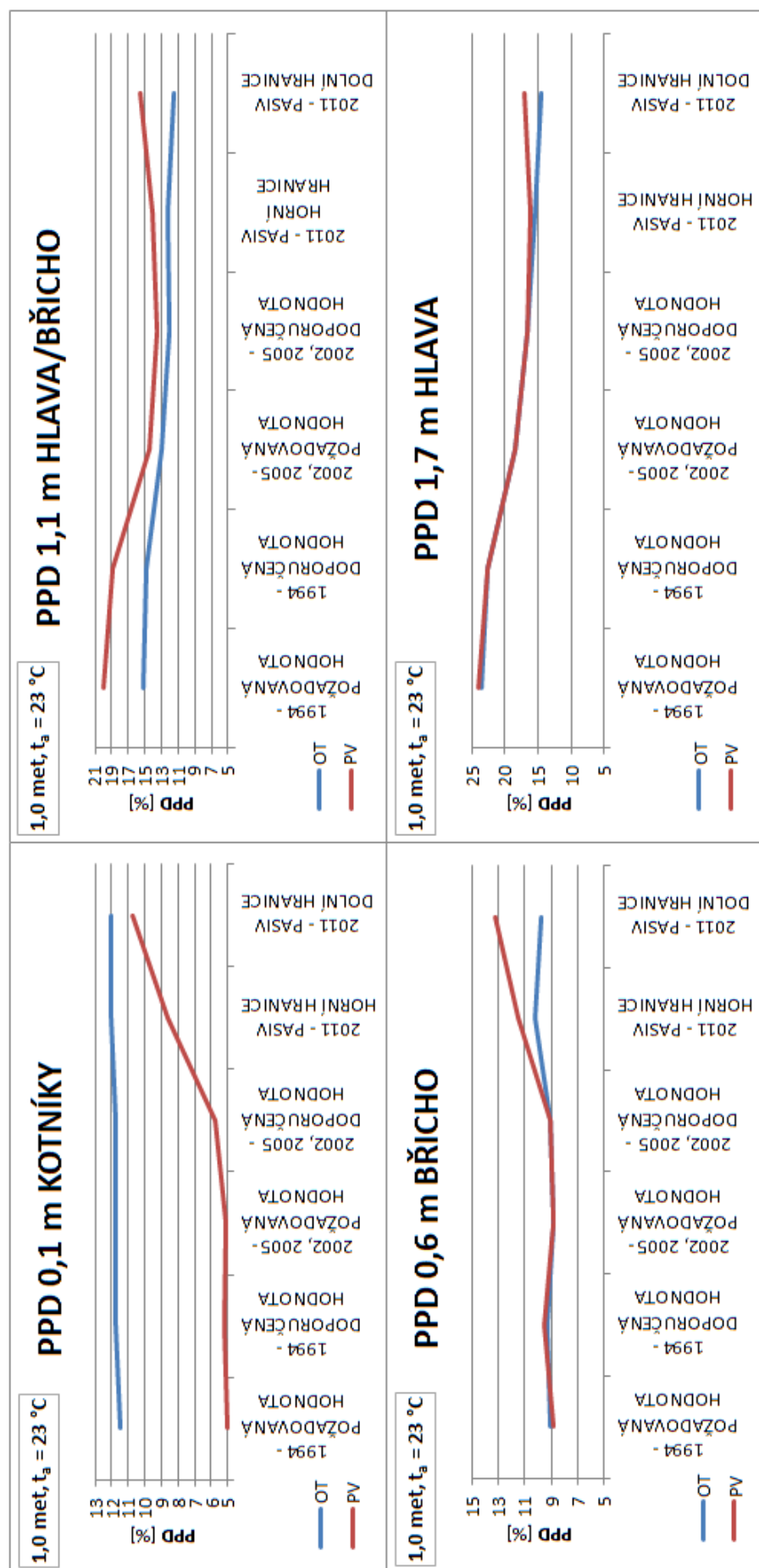
2 VÝSLEDKY

Pro porovnání různého způsobu vytápění budou porovnávána období od 1994 do současnosti. Jako vyhodnocovací kritérium je zvoleno kritérium předpokládaného procenta nespokojených osob (PPD) s tepelným prostředím. Vyhodnocení probíhalo pro dvě úrovně metabolismu – 1,0 a 1,2 met.

Při metabolismu 1,0 met bylo při výpočtu PPD (resp. PMV) bylo uvažováno s konstantními hodnotami teploty vzduchu (23 °C), relativní vlhkosti vzduchu (40 %), tepelného odporu oděvu (1,0 clo) a rychlost proudění vzduchu (0,15 m/s). Je zřejmé, že uvažováním konstantní rychlosti proudění vzduchu se dopouštíme určité chyby. Rychlosti ve vyšetřovaném místě mohou být menší. Výsledky jsou uvedeny na obrázku D-4 a D-5. Hodnoty na obrázku D-4 jsou zprůměrované podle plochy těla, kde kotníky mají váhu 0,2, břicho 0,73 a hlava 0,07.

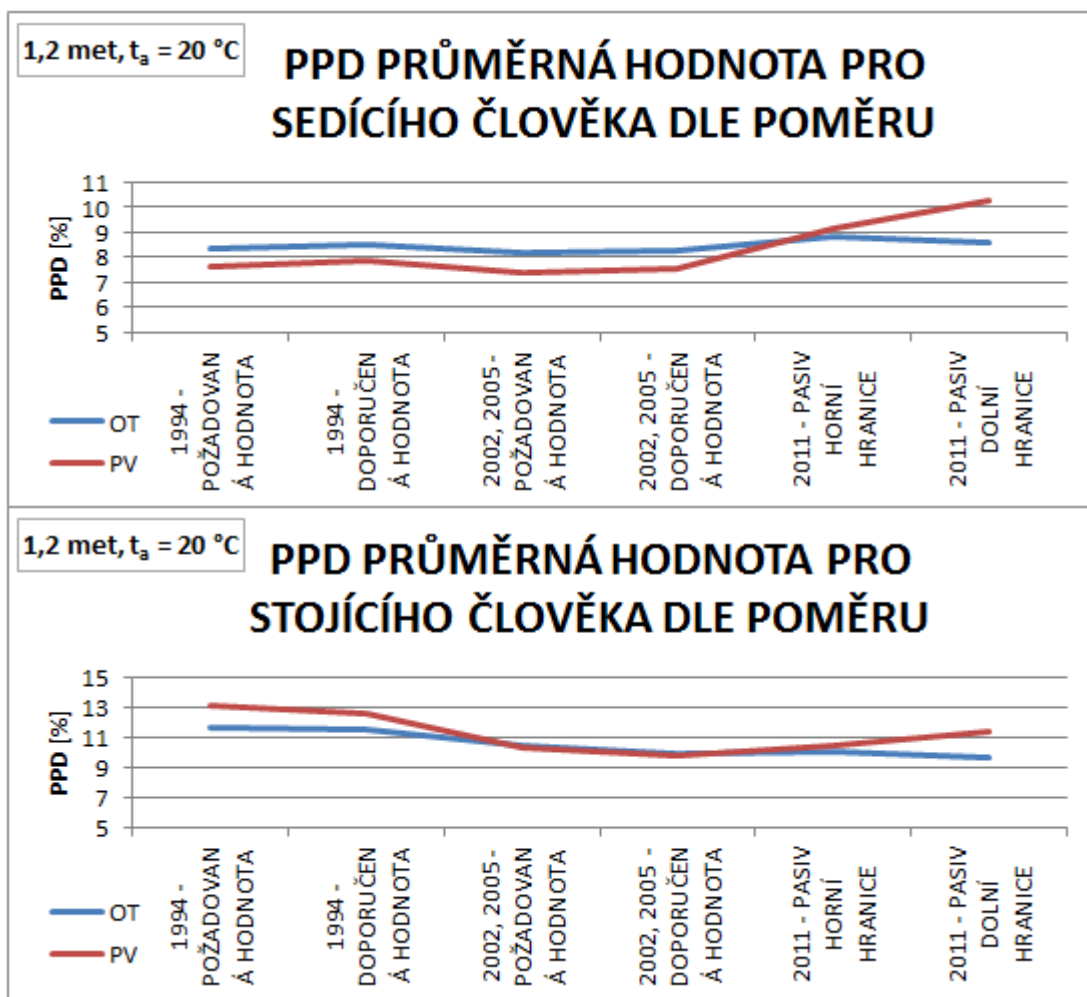


Obrázek D- 4 Zprůměrované hodnota PPD podle plochy těla pro 1,0 met a teplotu vzduchu 23 °C

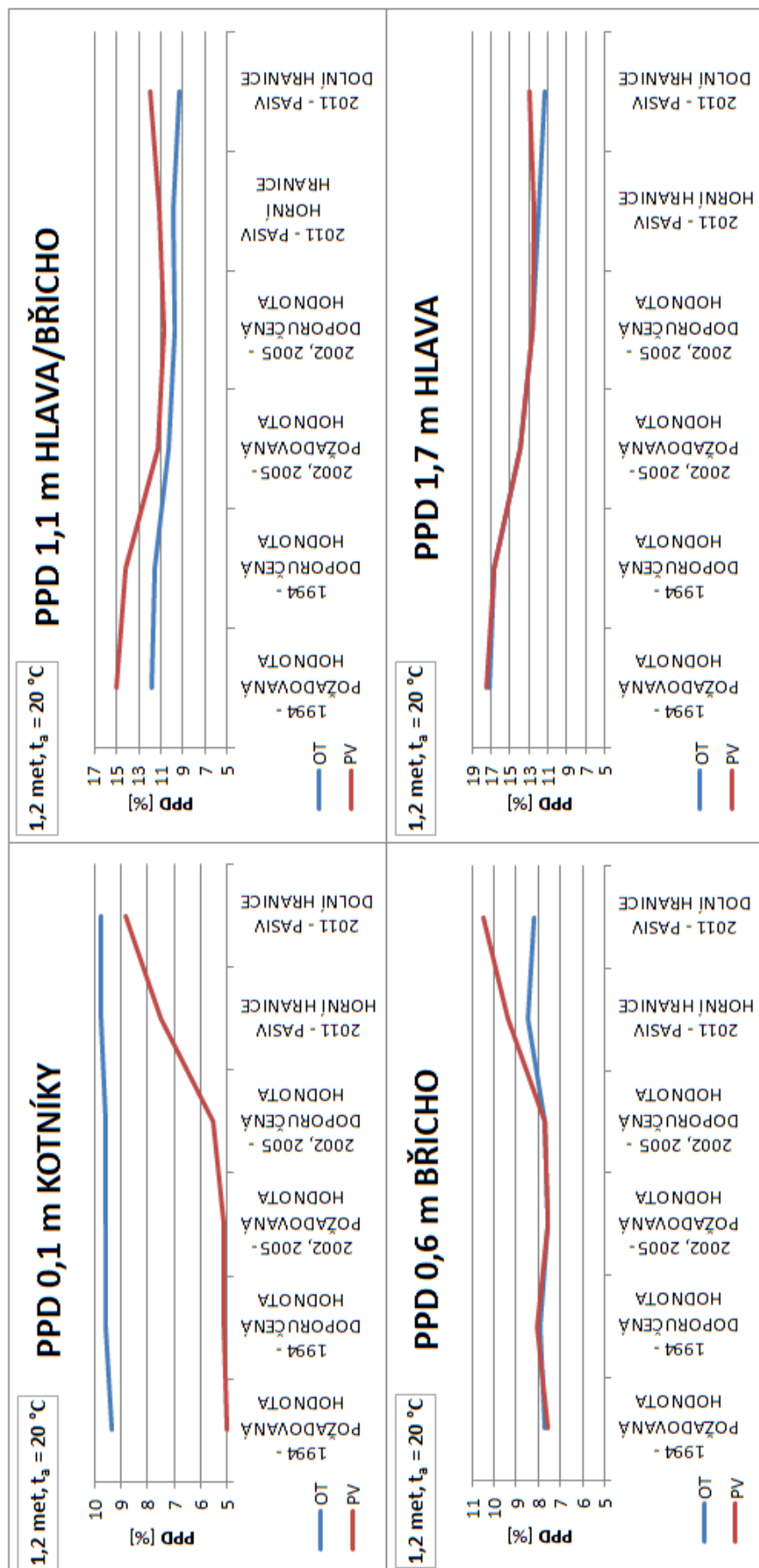


Obrázek D- 5 Detailní průběh PPD pro jednotlivé výšky odečítaných bodů pro 1,0 met a teplotu vzduchu 23 °C

Při metabolismu 1,2 met bylo při výpočtu PPD (resp. PMV) bylo uvažováno s konstantními hodnotami teploty vzduchu (20 °C), relativní vlhkosti vzduchu (40 %), tepelného odporu oděvu (1,0 clo) a rychlost proudění vzduchu (0,15 m/s). Je zřejmé, že uvažováním konstantní rychlosti proudění vzduchu se dopouštíme určité chyby. Rychlosti ve vyšetřovaném místě mohou být menší. Výsledky jsou uvedeny na obrázku D-6 a D-7. Hodnoty na obrázku D-6 jsou zprůměrované podle plochy těla, kde kotníky mají váhu 0,2, břicho 0,73 a hlava 0,07.



Obrázek D- 6 Zprůměrované hodnoty PPD podle plochy těla pro 1,2 met a teplotu vzduchu 20 °C



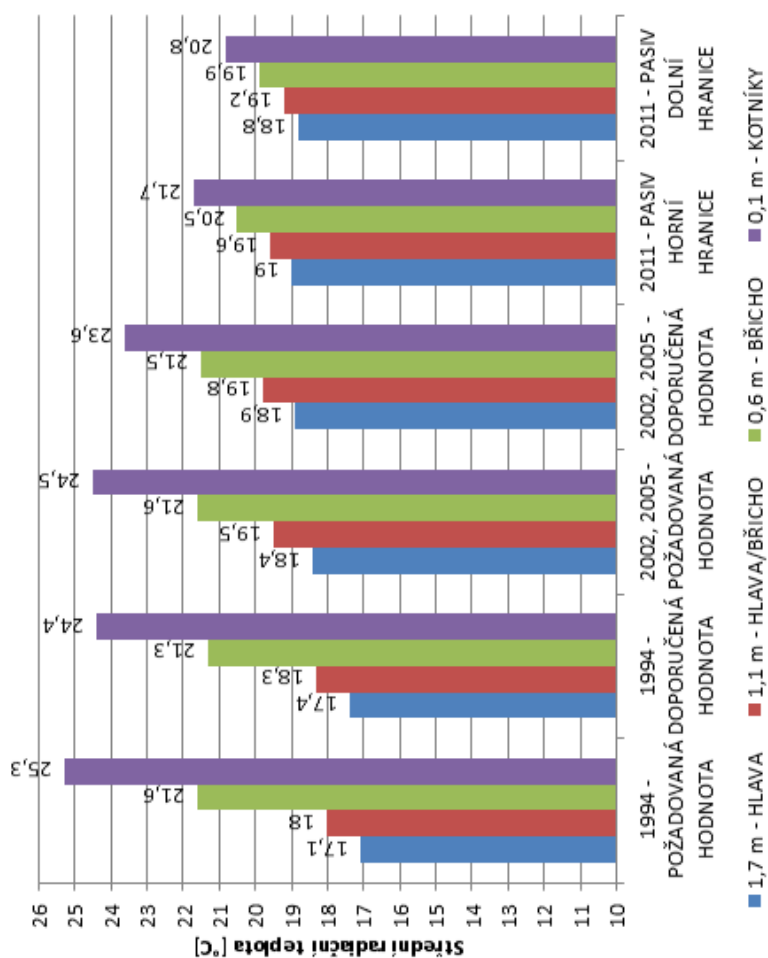
Obrázek D- 7 Detailní průběh PPD pro jednotlivé výšky odečítaných bodů pro 1,2 met a teplotu vzduchu 20°C

3 VYHODNOCENÍ

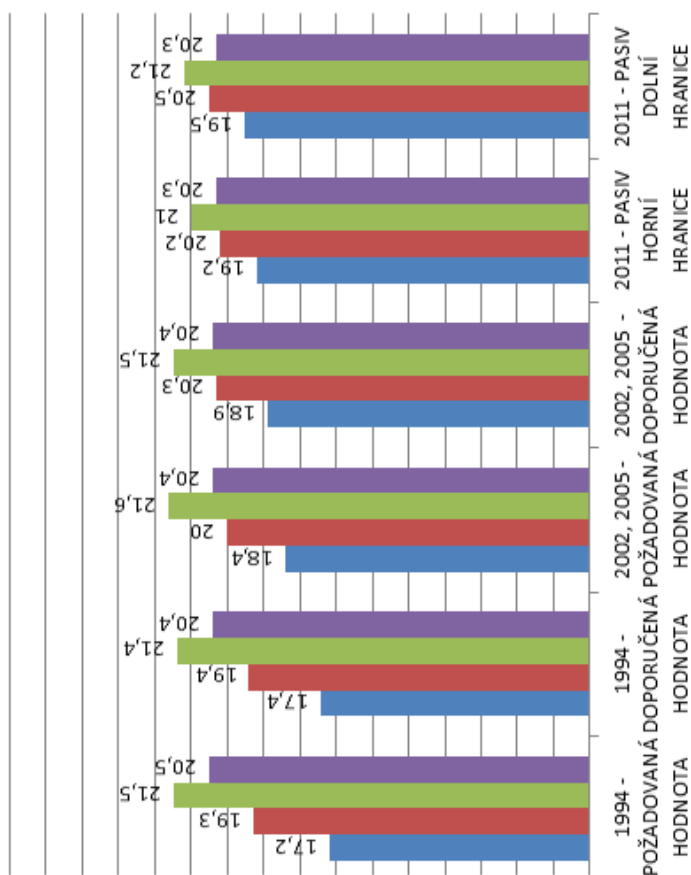
Z obrázků D-4 až D-7 je patrné, že v posuzovaném bodě v oblasti kotníků vychází lépe podlahové vytápění než otopné tělesa, ale s rostoucí výškou nad podlahou se jednotlivé rozdíly přibližují. Zvláště u dolní hranice pasivních budov je zřejmé, že otopné těleso v posuzovaném bodě vychází lépe než podlahové vytápění.

Důvodem je rozdílný průběh střední radiační teploty po výšce místnosti, kdy nejvyšší hodnoty dosahuje podlahové vytápění u podlahy a naopak nejnižší u stropu. Přehled průběhu radiačních teplot je na obrázku D-8. Největší rozdíl teplot je dosahováno právě u požadavků pro pasivní budovy – dolní mez. Teplotní rozdíl činí 1,3 K ve výšce 0,6 a 1,1 m nad podlahou.

PRŮBĚH STŘEDNÍ RADIČNÍ TEPLOTY PO VÝŠCE MÍSTNOSTI - PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ



PRŮBĚH STŘEDNÍ RADIČNÍ TEPLOTY PO VÝŠCE MÍSTNOSTI - OTOPNÁ TĚLESA



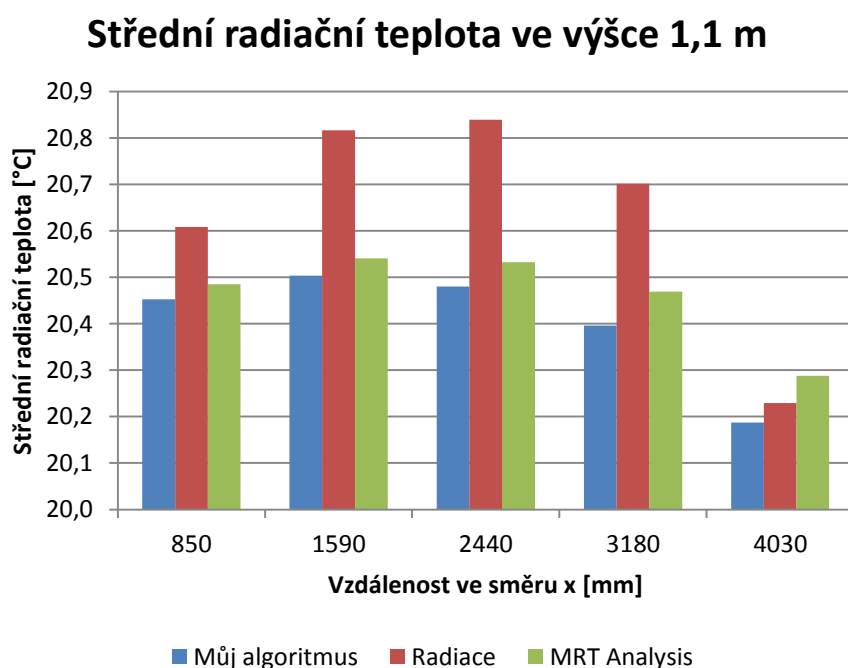
Obrázek D- 8 Průběh střední radiční teploty po výšce místnosti

4 ZÁVĚR MODELOVACÍ ČÁSTI

Z uvedených výsledků je patrné, že vlivem teplého povrchu tělesa je v posuzovaném bodě (1 m od fasády) dosahováno vyšších radiačních teplot než u podlahového vytápění zvláště u budov splňující dolní mez pasivního standardu.

Z prezentovaných výsledků je možné udělat si názor pouze o jednom bodě. Software Radiace nebo MRT Analysis neumožňuje vyšetření PPD pro konstantně zvolené hodnoty (teplota vzduchu, rychlost proudění vzduchu, tepelný odpor oděvu, metabolismus a relativní vlhkost). Je zjevné, že při konstantně zvolených hodnotách se při výpočtu dopouštíme chyby, ale při správném návrhu a správně zvolených hodnotách by se výsledky mohly blížit realitě.

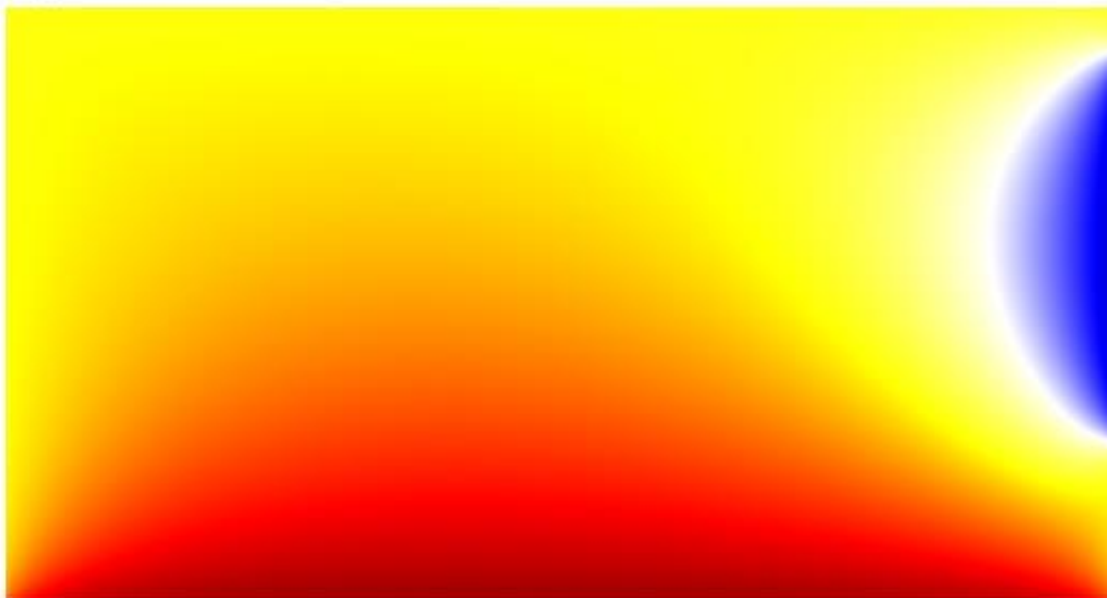
Z tohoto důvodu byl vyvinut vlastní software pro výpočet průběhu střední radiační teploty v místnosti. Výsledky byly srovnány se softwary Radiace a MRT Analysis. Výsledky jsou prezentovány na obrázku D-9. Pro porovnání bylo vybráno 5 bodů ve výšce 1,1 m nad zemí. Z Grafu je zřejmé, že vyvinutý software, který určuje poměr osálení metodou bod k úsečce, vykazuje ve zkoumaných bodech maximální odchylku 0,36 K oproti softwaru Radiace a 0,101 K oproti softwaru MRT Analysis.



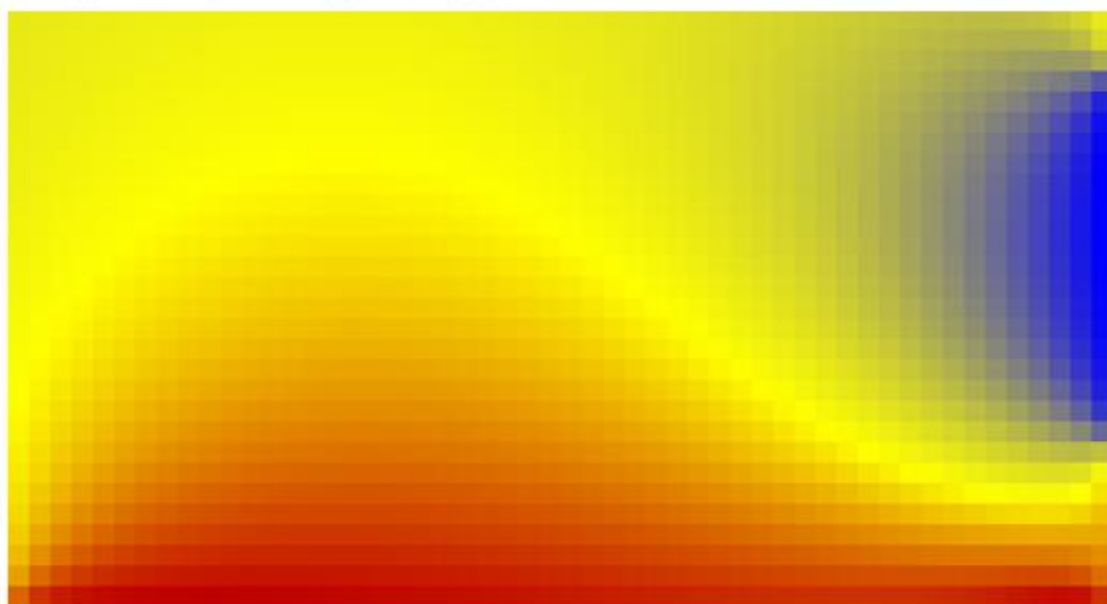
Obrázek D- 9 Porovnání výpočtu střední radiační teploty různými algoritmy

Grafické srovnání softwaru radiace a mnou vyvinutého algoritmu je na obrázku D-10. Vyvinutý software poslouží ke srovnání střední radiační teploty pro různé způsoby vytápění.

SOFTWARE RADIACE



MŮJ VYVINUTÝ ALGORITMUS



Obrázek D- 10 Grafické srovnání výstupů z programu Radiance a z mého vyvinutého algoritmu

ZÁVĚR

V teoretické části je probírána tepelná pohoda z teoretického i praktického hlediska na konkrétních případech. V teoretickém hledisku jsou definovány kritéria tepelné pohody ať už pro hodnocení celkového stavu těla (PMV, PPD) nebo kritéria místního diskomfortu (DR, PD). Dále jsou v teoretickém hledisku probírány chladné proudy od prosklených konstrukcí. Jsou prezentovány výpočetní vztahy, pomocí nichž je možné určit maximální rychlost proudění vzduchu od prosklených ploch a to i v různých vzdálenostech od fasády. Dále je rozebírána důležitost návrhu otopných těles pomocí tzv. bilanční metody.

Poměrně velká část v teoretické části je věnována praktickému hledisku vlivu způsobu vytápění na tepelný komfort ve vytápěné místnosti. Pozornost byla věnována hlavně vytápěním pomocí otopných těles a podlahovému vytápění.

Jsou prezentovány CFD simulace klasického návrhu a bilančního návrhu otopných těles pro různé umístění (pod oknem, na protější stěně, na vedlejší stěně) otopného tělesa v místnosti. Experimentem bylo prokázáno, že při správném návrhu otopného tělesa bilanční metodou je možné dosáhnout vyrovnaného teplotního profilu pod 1 K i v místnosti vytápěné otopným tělesem.

Dále jsou prezentovány CFD simulace podlahového vytápění s různou délkou a povrchovou teplotou okrajové zóny, ve kterých se ukazuje, že intenzivní okrajová zóna nemusí být nejvhodnější ve smyslu tepelného komfortu.

Další prezentovaná CFD simulace se zabývala přímým srovnáním způsobu vytápění (otopné těleso a podlahové vytápění) na jedné konkrétní místnosti, kde oba způsoby působili v rámci kritéria PPD poměrně vyrovnaně a podlahové vytápění dosahovalo lepších výsledků. Horších výsledků při posuzování stupně obtěžování průvanem dosáhlo podlahové vytápění, které nesplnilo kritéria ani pro tepelné prostředí kategorie B, zatímco otopné těleso v posuzovaném bodě kritérium splňovalo hluboko pod limitním kritériem kategorie A.

Poslední částí praktického hlediska byla prezentace výzkumného projektu zaměřující se na vliv způsobu vytápění v budovách s téměř nulovou spotřebou energie. Bylo prezentováno rozložení teplotních profilů pro místnost s podlahovým vytápěním nebo elektrickým konvektorem, kde bylo upozorněno na možný problém, proč vycházel teplotní gradient pro konvektor příliš vysoký. Kromě teplotních profilů byly prezentovány i rychlosti proudění vzduchu v okolí sálavého topného panelu a rychlosti proudění vzduchu nad podlahou při podlahovém vytápění. Bylo ukázáno, že ani v budovách s téměř nulovou spotřebou energie není možné zabránit padajícím chladným proudům vlivem chladného povrchu okna a volba způsobu vytápění má vliv na tepelný komfort v místnosti.

V praktické části je řešeno vytápění čtyřpodlažního bytového domu. Bytový dům je větrán pomocí centrální vzduchotechnické rekuperační jednotky. V každém bytě jsou tzv. smart boxy, které umožňují individuální regulaci intenzity větrání v každém z bytů.

Požadovaný instalovaný výkon otopných ploch je 19,45 kW. Potřebný výkon pro ohřev větracího vzduchu je 16,208 kW.

Vytápění objektu je řešeno pomocí dvou variant. Varianta A zahrnuje vytápění pomocí otopných těles. Varianta B pomocí podlahové vytápění. Obě varianty mají své klady a zápory. Z dostupných CFD simulací je zřejmé, že je možné dosáhnout rovnoměrného teplotního profilu po výšce místnosti i při použití otopných těles. Je však nutné dodržet určité zásady bilančního návrhu otopných těles. Ne vždy je však možné tyto podmínky dodržet. Z investičního hlediska je levnější vytápění pomocí otopných těles než vytápění pomocí podlahového vytápění. Podlahové vytápění musí být navrženo s větší rezervou z důvodu možného zakrytí nábytkem a ne každá osoba má ráda teplé nohy. Podlahové vytápění není schopné zachytit padající chladné proudy od oken a to ani v budovách s téměř nulovou spotřebou energie. Stupeň obtěžování průvanem se může pohybovat u horní hranice kategorie tepelného prostředí B. Zlepšením kvality stavebních konstrukcí výrazně snižuje rychlost proudění vzduchu od chladných povrchů a přispívá k lepšímu tepelnému komfortu ve vytápěné místnosti. Zabránění padajících chladných proudů od oken při vytápění podlahovým vytápěním je možné např. pomocí vytápěného parapetu.

V objektu byla navržena otopná tělesa firmy Korado. V obytných místnostech byly navrženy vesměs otopná tělesa RADIK VK a RADIK VKL. V koupelnách byla navržena trubková otopná tělesa. Podlahové vytápění bylo navrženo se zhuštěnými okrajovými zónami. Byl navržen potrubní teplovodní ohřívač vzduchu pro centrální vzduchotechnickou jednotku.

Návrh ohřevu TV byl proveden jako smíšený ohřev se zásobníkem teplé vody o objemu 400 l. Topný výkon pro ohřev teplé vody byl stanoven na 19,0 kW.

Jako zdroj tepla byl navržen nástěnný plynový kondenzační kotel v provedení typu C se sáním spalovacího vzduchu a odvodem spalin na střechu objektu. Výkon kotle je regulovatelný od 5 do 45 kW při teplotním spádu 80/60 °C.

Bylo provedeno základní dimenzování potrubních rozvodů. Byl proveden návrh celkem šesti čerpadel, které budou dopravovat otopnou vodu v objektu. Byl proveden návrh pojistného ventilu a expanzních nádob.

Větrání technické místnosti je navrženo jako kombinované, kdy za běžného provozu bude v provozu přirozené větrání a při překročení maximální teploty v místnosti bude pro větrání sloužit přetlakové nucené větrání pomocí ventilátoru.

Ve třetí části diplomové práce byly provedeny dva experimenty. První experiment zabývající se měřením vnitřního prostředí v místnosti s podlahovým vytápěním a v místnosti s otopnými tělesy. Bylo zjištěno, že obyvatelé každého z bytu preferují jinou teplotu vzduchu v místnosti. V bytě s podlahovým vytápěním, kde žije žena, byla teplota vzduchu udržována v rozsahu 22 až 26 °C, zatímco v bytě s otopnými tělesy, kde žije muž, byla teplota vzduchu mezi 19 až 22 °C. Pro otopné těleso byl typický větší počet zátopů během dne, zatímco pro podlahové vytápění byl typický jeden zátop za den s typickým nočním chladnutím. V bytě

s podlahovým vytápěním bylo dopočítáno kritérium PPD, které naznačovalo menší tepelný odpor oděvu při vyšší teplotě.

Druhé měření se zabývalo spotřebou plynu ve čtyřech bytových domech ve stejné lokalitě. V každém bytovém domě byla jiná koncepce vytápění – bytové stanice a otopná tělesa, bytové stanice a podlahové vytápění a podlahové vytápění bez bytových stanic. Spotřeby byly přepočítány na m^2 vytápěné podlahové plochy. Bylo zjištěno, že nejmenší spotřebu plynu mají bytové domy, kde byla zvolena koncepce vytápění s bytovými stanicemi a podlahovým vytápěním. Velkou roli na výslednou spotřebu měla orientace bytových domů. Největší spotřebu plynu měl bytový dům s bytovými stanicemi a otopnými tělesy. Tento dům měl však nejhorší poměr osluněné fasády k celkovému obvodu fasády. Výsledné spotřeby plynu se nelišily o více než 10 %, což dělá rozdíl cca $6 \text{ K}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ vytápěné plochy mezi nejlepší a nejhorší variantou.

Poslední čtvrtá část práce se věnovala modelování střední radiační teploty ve vytápěné místnosti v závislosti na zvoleném způsobu vytápění – otopná tělesa vs. podlahové vytápění. Modelování bylo prováděno v softwaru Radiace od autorů Plášek, Šíkula. Bylo zjištěno, že s rostoucí tepelnou kvalitou stavebních konstrukcí v průběhu historie se rozdíl mezi podlahovým vytápěním a otopnými tělesy snižuje. Nízká povrchová teplota podlahového vytápění, u pasivní budovy s navrženými konstrukcemi na dolní mez, způsobila vyšší procento nespokojených osob zvláště ve výšce od břicha a výše.

Z důvodu svobodnějšího vyšetřování průběhu střední radiační teploty ve vytápěné místnosti byl navržen vlastní výpočetní software, který stanovuje poměr osálení metodou bod k úsečce. Střední radiační teplota byla porovnávána v pěti bodech s výsledky z programů Radiace a MRT Analysis. Při srovnání se softwarem radiace bylo dosaženo maximální odchylky $0,36 \text{ K}$. Při srovnání se softwarem MRT Analysis bylo dosaženo maximální odchylky v pěti posuzovaných bodech $0,101 \text{ K}$.

POUŽITÉ ZDROJE

- L1 RACE, Gay Lawrence, ROEBUCK, Justin a BUTCHER, Ken. *Comfort*. CIBSE Knowledge Series: KS6. 2. vyd. London: CIBSE Publications, January 2006. ISBN-13: 978-1-903287-67-5.
- L2 TALEGHANI, Mohammad, TENPIERIK, Martin, KURVERS, Stanley a VAN DEN DOBBELSTEEN, Andy. A review into thermal comfort in buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. In: www.sciencedirect.com. [online] Elsevier Ltd., 19.06.2013. [cit. 09.01.2019]. ISSN: 1364-0321. Dostupné z: <https://sites.google.com/site/novaiso690/schema-a-priklady/elektronick-zdroje>
- L3 RUBINOVÁ, Olga, 2015. CT52 - Technika prostředí. *Hodnocení tepelně vlhkostního mikroklimatu budov*. [přednáška]. Letní semestr 2015. [cit. 09.01.2019].
- L4 HEMZAL, Karel a kol. Názvoslovný výkladový slovník z oboru techniky prostředí. In: *TZB-info*. [online]. [cit. 09.01.2019]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/115-nazvoslovnny-vykladovy-slovník-z-oboru-techniky-prostredi>
- L5 American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. *2017 ASHRAE handbook: fundamentals*. CHAPTER 9 - Thermal comfort. Atlanta, GA: ASHRAE, ©2017. ISBN-13: 978-1939200587.
- L6 ČSN EN ISO 7730. *Ergonomie tepelného prostředí - Analytické stanovení a interpretace tepelného komfortu pomocí výpočtu ukazatelů PMV a PPD a kritéria místního tepelného komfortu*. Praha: Český normalizační institut, říjen 2006.
- L7 MANZ, Heinrich. 2016. *Building Physics*. EXTERIOR CLIMATE, THERMAL COMFORT, HEAT, AIR EXCHANGE, ENERGY, DAYLIGHT. Horw: Lucerne University of Applied Sciences and Arts, 1-227.
- L8 ČSN EN ISO 8996. *Ergonomie tepelného prostředí - Určování metabolismu*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- L9 CENTNEROVÁ, Lada. Tepelná pohoda a nepohoda. In: *TZB-info*. [online]. 13.12.2000. [cit. 09.01.2019]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/404-tepelna-pohoda-a-nepohoda>
- L10 DRKAL, František a ZMRHAL, Vladimír. *Větrání*. 2.vyd.. Praha: Vydavatelství ČVUT, únor 2018. ISBN 978-80-01-06378-1.
- L11 BROŽ, Karel. *Vytápění*. 2.vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2006. ISBN 80-01-02536-5.
- L12 ZMRHAL, Vladimír. *Stanovení střední radiační teploty (I)*. In: *TZB-info*. [online]. 20.02.2006. [cit. 09.01.2019]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/teorie-a-vypocty-vetrani-klimatizace/3072-stanoveni-stredni-radiacni-teploty-i>
- L13 PLÁŠEK, Josef a ŠIKULA, Ondřej. *Modelování tepelného sálání v budovách*. 1.vyd. Brno: Vysoké učení technické, 2012. ISBN 978-80-214-4383-9.
- L14 ČSN EN ISO 7726. *Ergonomie tepelného prostředí - Přístroje pro měření fyzikálních veličin*. Praha: Český normalizační institut, 2002.
- L15 Směrnice STP – OS 01 / č. 3/2010. *Operativní teplota v praxi*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2010.

- L16 Vyhláška č. 6/2003 Sb., Vyhláška, kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb.
- L17 BAŠTA, Jiří. *Otopné plochy - otopná tělesa*. 2.vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2016. ISBN 978-80-01-05943-2.
- L18 MANZ, Heinrich and FRANK, T. Analysis of Thermal Comfort near Cold Vertical Surfaces by Means of Computational Fluid Dynamics. In: *SAGE journals*. [online] Sage Publications. 08.12.2003, Indoor Built Environ 2004; 13: 233–242. [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1420326X04043733>
- L19 POČINKOVÁ, Marcela. BT01 - TZB II - Vytápění. 4. cvičení: *Návrh otopných těles*. [online]. [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: https://www.fce.vutbr.cz/TZB/pocinkova.m/vytapeni_soubory/BT01_C4.pdf
- L20 BAŠTA, Jiří. Otopné plochy - úvod do problematiky. Teplotechnické chování otopné plochy a pohoda prostředí. In: *TZB-info*. [online]. 10.02.2006. [cit. 09.01.2019]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/otopne-plochy/3052-otopne-plochy-uvod-do-problematiky>
- L21 PETR, Miroslav. Výzkumné projekty Fenix ve spolupráci s UCEEB. In: *ASB-portal*. [online]. 22.02.2018. [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/vytapeni/vyzkumne-projekty-fenix-ve-spolupraci-s-uceeb>
- L22 BAŠTA, Jiří, POSPÍŠILOVÁ, Vendula a SCHWARZER, Jan. Vytápěný prostor a varianty návrhu otopných těles. *Vytápění Větrání Instalace*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, Příloha časopisu VVI 3/2009, str. 109-114.
- L23 GOOSANG, Joe, DONGWOO, Kim, SANGHOON, Park, SOJEONG, Park, MYOUNGSOUK, Yeo and KWANGWOO, Kim. Dwindraft Assessment of Glass Curtain Wall Buildings with a Radiant Floor Heating System. In: *MDPI - Applied Sciences*. [online]. Applied Sciences 2017, 7(10), 1075. [cit. 09.01.2019]. EISSN 2076-3417. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2076-3417/7/10/1075>
- L24 MYHREN, John Are and HOLMBERG, Sture. Flow patterns and thermal comfort in a room with panel, floor and wall heating. In: *www.sciencedirect.com*. [online] Elsevier Ltd. 13.04.2007, Energy and Buildings 2008, pages 524-536. [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778807001351>
- L25 Fenix Trading s.r.o. Vytápění – podlahové, nebo stropní?. In: *TZB-info*. [online]. 21.10.2018. [cit. 09.01.2019]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-elektrinou/18083-vytapeni-podlahove-nebo-stropni>
- L26 KABELE, Karel. *Kvalita vnitřního prostředí v budovách s téměř nulovou spotřebou energie*. [online]. ©2018 [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/cs/download/kvalita-vnitriho-prostredi-v-budovach-s-temer-nulovou-spotrebou-energie-kabele.pdf>
- L27 PETR, Miroslav. Výzkumné projekty Fenix ve spolupráci s UCEEB. In: *ASB-portal*. [online]. 22.02.2018. [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/vytapeni/vyzkumne-projekty-fenix-ve-spolupraci-s-uceeb>

- L28 ŠOVČÍK, Peter. Měření účinnosti distribuce tepla v objektu s podlahovým a stropním sálavým vytápěním. In: *ASB-portal*. [online]. 13.09.2017. [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/vytapeni/mereni-ucinnosti-distribuce-tepla-vobjektu-spodlahovym-astropnim-salavym-vytapenim>
- L29 ECOFLEX - konvektory. In: *shop.fenixgroup.cz*. [online]. [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: <https://shop.fenixgroup.cz/k22-internetovy-obchod-ecoflex-konvektory>
- L30 Integrální laserová anemometrie. In: *cs.wikipedia.org*. [online]. 06.12.2016 [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Integrální_laserová_anemometrie
- L31 KUDELKA, Pavel. Omezení proudění chladného vzduchu od okna. In: *www.fenixgroup.cz*. [online]. 31.08.2018. [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: <https://www.fenixgroup.cz/cs/aktuality/omezeni-proudeni-chladneho-vzduchu-od-okna>
- L32 ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*. Praha: Český normalizační institut, říjen 2011.
- L33 KOLÁŘ, Radim. BH10 - Tepelná technika budov. *Výpočet součinitele prostupu tepla U_w okenního otvoru*. [online]. ©2012. [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: https://www.fce.vutbr.cz/pst/kolar.r/souc_prostupu_okno.htm
- L34 ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. Praha: Český normalizační institut, březen 2005.
- L35 ČSN 06 1101. *Otopná tělesa pro ústřední vytápění*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- L36 *Katalogový list - RADIK: desková otopná tělesa*. In: KORADO®. [online katalogový list]. Květen 2018 [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/common/downloads/radik-deskova-otopna-telesa-1527232839.pdf>
- L37 *Katalogový list - KORALUX: trubková otopná tělesa*. In: KORADO®. [online katalogový list]. Červenec 2017 [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/common/downloads/koralux-trubkova-otopna-telesa.pdf>
- L38 *Katalogový list - KORATHERM: designová otopná tělesa*. In: KORADO®. [online katalogový list]. Červenec 2018 [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/common/downloads/koratherm-designova-otopna-telesa-1531134052.pdf>
- L39 BAŠTA, Jiří. Podlahové vytápění (III). Projektování - Výpočet. In: *TZB-info*. [online]. 07.08.2006. [cit. 09.01.2019]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3449-podlahove-vytapeni-iii>
- L40 POČINKOVÁ, Marcela. *Otopné plochy integrované ve stavebních konstrukcích*. Brno, 2008. Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Karel Čupr CSc.
- L41 TREUOVÁ, Lea. *VELKOPLOŠNÉ PŘEVÁŽNĚ SÁLAVÉ VYTÁPĚNÍ*. [přednáška - podklady]. srt. 1-18, str. 1-3. [cit. 09.01.2019].
- L42 BAŠTA, Jiří. *Velkoplošné sálavé vytápění: podlahové, stěnové a stropní vytápění a chlazení*. 1. vyd. Praha: Grada, 2010. Stavitel. ISBN 978-80-247-3524-5.
- L43 PETRÁŠ, Dušan. *Podlahové teplovodné vykurovanie*. 1. vyd. Bratislava: Jaga, 1998. ISBN 80-967-6766-6.

- L44 POČINKOVÁ, Marcela. *Podlahové a stěnové vytápění, stropní chlazení*. Vyd. 2. Brno: Computer Press, 2009. Stavíme. Zařízení budov. ISBN 978-80-251-2746-9.
- L45 Atrea Teplovodní ohřívač TPO. In: www.atreaeshop.cz [online]. [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: <https://www.atreaeshop.cz/23672,teplovodni-ohrivac-tpo-125-ec-thv-a160212.html>
- L46 ČSN 06 0320. *Tepelné soustavy v budovách - Příprava teplé vody - Navrhování a projektování*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- L47 ČSN EN 15 316-3. *Energetická náročnost budov - Metoda výpočtu potřeb energie a účinností soustav - Část 3: Části soustav pro rozvod (teplé vody, vytápění a chlazení), Modul M3-6, M4-6, M8-6*. Praha: Český normalizační institut, 2018.
- L48 VAVŘIČKA, Roman a kol. *Příprava teplé vody*. 1.vyd.. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2017, 151 s. Sešit projektanta - pracovní podklady, 3. ISBN 978-80-02-02713-3.
- L49 ČSN EN 12831-3. *Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu - Část 3: Tepelný výkon pro soustavy přípravy teplé vody a charakteristika potřeb, Modul M8-2, M8-3*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.
- L50 Regulus - Úsporné řešení pro vaše topení. [online]. © Copyright Regulus s r.o. 2015-2019 [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: <https://www.regulus.cz>
- L51 *Katalogový list - Luna Duo-tec MP+*. TECHNICKÉ PODKLADY PRO PROJEKČNÍ A MONTÁŽNÍ ČINNOST. In: www.baxi.cz [online katalogový list]. Říjen 2018 [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: file:///C:/Users/user/Desktop/Luna_DuoTec_MP+Projekce_1.35-1.150-2018.pdf
- L52 VALENTA, Vladimír a kol. *Topenářská příručka 3*. 1. vyd. Praha: Agentura ČSTZ, 2007. ISBN 978-80-86028-13-2.
- L53 Diagonální ventilátory do kruhového potrubí. In: *ELEKTRODESIGN ventilátory s.r.o. ©2003-2009*. [online]. [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/td-500-160-ecowatt-ip44-usporny-ventilator>
- L54 POČINKOVÁ, Marcela. *Návody do cvičení - BT56 Obnovitelné a alternativní zdroje energie: VUT FAST v Brně*. Brno
- L55 Projekční podklady a pomůcky - Tepelná bilance objektu - denostupňová metoda. Roční potřeba tepla. In: *Katedra technických zařízení budov K11125*. [online]. [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=podklady&id=1>
- L56 ČSN EN ISO 13790. *Energetická náročnost budov - Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- L57 TNI 73 0331. *Energetická náročnost budov - Typické hodnoty pro výpočet*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
- L58 ČSN EN 15603. *Energetická náročnost budov - Celková potřeba energie a definice energetických hodnocení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- L59 TNI 73 0302. *Energetické hodnocení solárních tepelných soustav - Zjednodušený výpočtový postup*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.

- L60 Technická zpráva SO 06 - Obytný soubor Boskovice, Viladomy "Terasy Na Výsluní". [nepublikovaná práce].
- L61 *Katalogový list - CO₂/HUMIDITY/TEMP. DATA RECORDER*. In: *www.sunwe.com.tw*. [online katalogový list]. [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: <http://www.sunwe.com.tw/lutron/MCH-383SDeop.pdf>
- L62 *Katalogové listy dataloggerů Ahlborn*. [online]. AHLBORN měřicí a regulační technika spol. s r.o. [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: <https://www.ahlborn.cz/pristroje/dataloggery/>
- L63 *Katalogový list - Teploměr-vlhkoměr S3120*. In: ©2019 COMET SYSTEM, s.r.o. [online katalogový list]. [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: <https://www.cometsystem.cz/produkty/reg-s3120>
- L64 Technická zpráva profese F 1.4.a. - Zařízení pro vytápění staveb pro objekt SO 04. [nepublikovaná práce].
- L65 *Mapy Google*. [online mapa]. Mapová data ©2019 Google [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: <https://www.google.com/maps>
- L66 VAVŘIČKA, Roman. Metody návrhu zásobníku teplé vody. In: *TZB-info*. [online]. 03.10.2011. [cit. 09.01.2019]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/7885-metody-navrhu-zasobniku-teple-vody>
- L67 Buderus - projekční podklady. [online]. © Buderus. [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: <https://www.buderus.com/cz/cs/dokumenty/projekcni-podklady.html>
- L68 Regulaci umožnila až hodnota Kv!. In: *CENTROTHERM / www.usporyteplaets.cz*. [online]. [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: http://www.usporyteplaets.cz/new_page_10.htm
- L69 IVAR CS - komponenty pro vodu, vytápění, plyn a čerpadla [online]. © IVAR CS spol. s r. o., 2019, [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: <https://www.ivarcs.cz>
- L70 *Katalogový list - KOMPAKTNÍ MĚŘIČ TEPLA ULTRAZVUKOVÝ. Sharky 775 (pro topení i chlazení)*. In: ENBRA, a.s., © 2017 [online katalogový list]. [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: https://www.enbra.cz/data/file/5/755-174_384_209046.pdf
- L71 HERZ - Technické listy. HERZ - Specialista na podlahové vytápění a regulační techniku [online]. © HERZ s.r.o. [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: <https://www.herz.cz/technicke-listy>
- L72 *Katalogový list - Zpětná klapka bez gumového těsnění N6*. In: GIACOMINI. [online katalogový list]. [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: <http://www.giacomini.cz/n6-zpetna-klapka>
- L73 *Katalogový list - Směšovací a regulační sady a kulové ventily s el. pohony*. In: © Siemens, s.r.o., 2014 [online katalogový list]. [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: https://w5.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/produkty_a_sluzby/IBT/mereni_a_regulace/ventily_a_pohony/Documents/Brozura_Smesovaci_sady-2014_listopad.pdf
- L74 *Katalogový list - Kombinovaný rozdělovač se sběračem: RS KOMBI, RS MINI a RS UNIVERSAL*. In: ETL - Ekotherm® a.s. [online katalogový list]. [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: https://www.etl.cz/prilohy/ETL_407_2012%2001.pdf
- L75 *Katalogový list - Svařence (HVDT)*. In: ETL - Ekotherm® a.s. [online katalogový list]. [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: https://www.etl.cz/prilohy/ETL_511_2012%2001.pdf
- L76 Reflex - Expanzní systémy, zásobníkové ohřivače vody a výměníky tepla. [online]. Reflex CZ, s.r.o., © 2019. [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: <http://www.reflexcz.cz>

- L77 Normové hodnoty součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$ jednotlivých konstrukcí dle ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky. In: *TZB-info*. [online]. [cit. 09.01.2019]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/136-normove-hodnoty-soucinitele-prostupu-tepla-un-20-jednotlivych-konstrukci-dle-csn-73-0540-2-2011-tepelna-ochrana-budov-cast-2-pozadavky>
- L78 Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla U_N Změna k ČSN 73 0540-2:2002 Tepelná ochrana budov platí od 1.4.2005. In: *TZB-info*. [online]. [cit. 09.01.2019]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/104-pozadovane-a-doporucene-hodnoty-soucinitele-prostupu-tepla-un-zmena-k-csn-73-0540-2-2002-tepelna-ochrana-budov-plati-od-1-4-2005>
- L79 VÝVOJ A ZÁVAZNOS TEPELNĚ-TECHNICKÝCH POŽADAVKŮ. [online]. © DocPlayer.cz 2019, str. 34-42. [cit. 09.01.2019]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/243361-Vyvoj-a-zavaznos-tepelne-technickych-po.html>
- L80 ŠUBRT, Roman. Požadavky norem na tepelné izolace. In: *TZB-info*. [online]. 23.01.2006. [cit. 09.01.2019]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/3015-pozadavky-norem-na-tepelne-izolace>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ

ZKRATKY

AOV – automatický odvzdušňovací ventil
CFD – computational fluids dynamics
Č – čerpadlo
EN – expanzní nádoba
MaR – měření a regulace
MRT – mean radiative temeperature
NP – nadzemní podlaží
OT – otopné těleso
PIV – particle image velocimetry
PV – pojistný ventil/ podlahové vytápění
PG – propylenglykol
R – regulátor
RV – regulační ventil
TSV – trojcestný směšovací ventil
TH – termostatická hlavice
VT – výměník tepla
VZT – vzduchotechnika
ZK – zpětná klapka
ZTI – zdravotně technické instalace

FYZIKÁLNÍ VELIČINY

A – plocha/konstanta
a – tloušťka/směr a/faktor setrvačnosti budovy
B' – charakteristický parametr
b – korekční činitel/tloušťka/směr b
c – měrná tepelná kapacita
d – průměr
D – denostupně
e – korekční činitel/stínící činitel
f – teplotní součinitel/opravný součinitel/procento pokrytí
G – sluneční ozáření/korekční činitel
g – gravitační zrychlení
h – výška
I – energie dopadajícího slunečního záření
L – rozteč
l – obvod
K – konstanta
k – součinitel drsnosti
l – délka
M – hmotnostní průtok

m – charakteristické číslo podlahy
 n – intenzita výměny vzduchu/teplotní exponent
 O – obvod/objem místnosti
 P – obvod/roční spotřeba paliva
 p – tlak
 Pr – Prandtlovo číslo
 Q – výkon
 q – měrná dávka
 R – tlakový spád/ tepelný odpor
 r – šířka okraje
 Re – Reynoldsovo číslo
 S – plocha
 t – teplota
 T – termodynamická teplota
 U – součinitel prostupu tepla
 V – objem
 v – zvětšení objemu
 W – podíl vody
 w – rychlost proudění
 z – přírážka zahrnutí tepelných ztrát
 α – výtokový součinitel/součinitel přestupu tepla/sklon
 β – součinitel roztažnosti
 ν – viskozita
 η – účinnost
 ξ – hmotnostní koncentrace/místní odpor
 ε – výškový činitel
 λ – tepelná vodivost/součinitel třecí ztráty
 ρ – hustota
 μ – dynamická viskozita
 Δ – rozdíl
 ψ – lineární činitel prostupu tepla
 γ – podíl zisků
 Φ – tepelná ztráta
 τ – časová konstant budovy
 θ – teplota
 $\int$ – korekční faktor

INDEXY

0 – za studena/plnicí
 1 – lineární
 2 – kvadratický
 20 – převažující návrhová teplota 20 °C
 50 – rozdíl tlaků 50 Pa

A – armatur
c – celkový
č – čerpadlo
d – minimální/dávka/suchý stav
e – exteriér/za tepla
equiv – ekvivalentní
em – průměrná exteriérová
EN – expanzní nádoba
ef – efektivní
f – rám
g – sklo
HL – celkový
i – interiér
int – interiér
inf – infiltrace
j – jiná
k – konstrukční/kolektor
kc – korigovaný součinitel
L – léto
m – průměrná/střední
max – maximální
mech – mechanická
min – minimální
N – normové
NET – čistá
nom – nominální
o – optická
p – pojistný
pas – pasivní
PV – pojistný ventil
R – referenční
rec – doporučené
MR – manometrická rovina
s – statická/přestup tepla
skut – skutečný
su – přiváděný
t – tuhnutí
tr – potrubí
T – prostup
u – nevytápěný
V – větrání
v – výtokový/předtlak
VE – větrání

VZT – vzduchotechnika
w – zaklení/voda
Z – zima
zař – zařízení
zhuš. – zhuštěné
ZZT – zpětné získávání tepla
 λ – tření

SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

Seznamy obrázků, tabulek a grafů se generují automaticky podle titulků v textu.

OBRÁZKY

Obrázek A-1 Tepelná interakce lidského těla a prostředí [L5].....	25
Obrázek A-2 Stanovení poměru osálení integrační metodou [L13].....	33
Obrázek A-3 Geometrické vzdálenosti a, b, c [L12].....	34
Obrázek A-4 PPD jako funkce PMV	36
Obrázek A-5 Stupeň obtěžování průvanem pro jednotlivé kategorie tepelného prostředí	37
Obrázek A-6 Výšky měřících bodů pro stojící a sedící osobu [L3].....	38
Obrázek A-7 Předpokládaný počet nespokojených osob s vertikálním rozdílem teplot mezi hlavou a kotníky	39
Obrázek A-8 Předpovídaný počet nespokojených osob s teplotou podlahy	40
Obrázek A-9 Předpovídaný počet nespokojených osob s asymetrickou radiací	41
Obrázek A-10 Historický vývoj povrchových teplot stavebních konstrukcí pro $t_i = 20^\circ\text{C}$, $t_e = -12^\circ\text{C}$	42
Obrázek A-11 Padající chladné proudy od prosklených fasád [L18]	44
Obrázek A-12 Proudění vzduchu ve vytápěném prostoru A – eventuální podlahový konvektor; B – intenzivní okrajová zóna; C – podlahová otopná plocha [L20]	46
Obrázek A-13 Rychlost chladného proudu vzduchu od prosklené plochy ve vzdálenosti x od prosklené plochy	47
Obrázek A-14 Vliv umístění otopného tělesa na rozložení teplot v místnosti [L22].....	48
Obrázek A-15 Vliv umístění otopného tělesa - rychlostní pole [L22]	49
Obrázek A-16 Vertikální teplotní profil vedený po výšce místnosti [L22]	49
Obrázek A-17 Výsledky CFD simulace okrajové zóny u podlahového vytápění [L23]	50
Obrázek A-18 Otopné těleso vs. podlahové vytápění [L24]	52
Obrázek A-19 Rozložení teplot po výšce místnosti při vytápění konvektorem [L25]	53
Obrázek A-20 Rozložení teplot po výšce místnosti při použití podlahového vytápění [L25].....	54
Obrázek A-21 Ukázka z PIV měření [L26]	55
Obrázek A-22 Rychlost proudění vzduchu v okolí sálavého topného panelu [L21].....	56
Obrázek A-23 Rychlost proudění vzduchu v místnosti s podlahovým vytápěním [L21]	56
Obrázek 3-1 Hodnoty opravných součinitelů na umístění otopného tělesa v prostoru f_p [L35] ..	81
Obrázek 3-2 Teplotní exponent n pro RADIK VK a RADIK VKL [L36]	82
Obrázek 3-3 Technické informace výrobce otopného tělesa [L36]	83
Obrázek 3-4 Technické informace výrobce otopného tělesa [L36]	84
Obrázek 3-5 Technické informace výrobce otopného tělesa [L36]	85
Obrázek 3-6 Technické informace výrobce otopného tělesa [L36]	86
Obrázek 3-7 Technické informace výrobce otopného tělesa [L37]	87
Obrázek 3-8 Technické informace výrobce otopného tělesa [L37]	88
Obrázek 3-9 Technické informace výrobce otopného tělesa [L37]	89
Obrázek 3-10 Technické informace výrobce otopného tělesa [L38]	90
Obrázek 3-11 Rozměry navrženého teplovodního ohříváče [L45].....	103

Obrázek 3-12 Tlakové ztráty navrženého výměníku [L45]	103
Obrázek 4-1 Odběrový diagram.....	105
Obrázek 4-2 Zásobníkový ohřívač vody REGULUS RBC 400 [L50].....	107
Obrázek 4-3 Zvýšený výkon kotle v závislosti na výkonovém čísle [L66].....	108
Obrázek 4-4 Technické parametry zásobníku [L67].....	108
Obrázek 4-5 Technické parametry [L67]	109
Obrázek 5-1 Hydraulická charakteristika kotle s plynule modulovaným čerpadlem s ECM motory [L51]	111
Obrázek 5-2 Technické parametry navrženého kotle [L51].....	113
Obrázek 5-3 Konstrukční uspořádání a schéma navrženého kotle [L51].....	114
Obrázek 6-1 Technické charakteristiky TRV RADIK VK [L36]	116
Obrázek 6-2 HRŠ VEKOLUXIVAR (IVAR DS.346) [L69]	117
Obrázek 6-3 Charakteristika čerpadla Č1	123
Obrázek 6-4 Charakteristika čerpadla Č2	124
Obrázek 6-5 Charakteristika čerpadla Č3	124
Obrázek 6-6 Charakteristika čerpadla Č4	125
Obrázek 6-7 Charakteristika čerpadla Č5	125
Obrázek 6-8 Charakteristika čerpadla Č6	126
Obrázek 8-1 Charakteristika měřiče tepla [L70]	130
Obrázek 8-2 Charakteristika měřiče tepla [L70]	131
Obrázek 8-3 Charakteristika vyvažovací armatury [L71]	132
Obrázek 8-4 Charakteristika vyvažovací armatury [L71]	133
Obrázek 8-5 Charakteristika vyvažovací armatury [L71]	134
Obrázek 8-6 Charakteristika navrženého filtru [L72].....	135
Obrázek 8-7 Charakteristika trojcestného směšovacího ventilu [L73].....	136
Obrázek 8-8 Charakteristika regulátoru diferenčního tlaku [L71].....	137
Obrázek 8-9 Charakteristika filtru [L71].....	138
Obrázek 8-10 Charakteristika Reflex Fillcontrol Plus Compact [L76]	139
Obrázek 8-11 Charakteristika REFLEX Fillsoft II [L76]	139
Obrázek 8-12 Nákras rozdělovače a sběrače [L74].....	140
Obrázek 8-13 Charakteristika podlahového sběrače [L69].....	140
Obrázek 8-14 Charakteristika podlahového rozdělovače [L69].....	141
Obrázek 8-15 Rozměry HVDT [L75]	142
Obrázek 9-1 Technické parametry navrženého ventilátoru [L53]	144
Obrázek 10-1 Průběh potřeby tepla v průběhu roku	152
Obrázek C- 1 Bytový dům SO 04 [L65]	168
Obrázek C- 2 Bytový dům SO 06 [L65]	168
Obrázek C- 3 Schéma umístění přístrojů v bytě A	169
Obrázek C- 4 Měřicí sestava v bytě A	170
Obrázek C- 5 Schéma umístění přístrojů v bytě B.....	171
Obrázek C- 6 Měřicí sestava v bytě B.....	172
Obrázek C- 7 Byt A - Průběh naměřených hodnot.....	174

Obrázek C- 8 Byt A - detail porovnání teplot	175
Obrázek C- 9 Byt B - průběh naměřených hodnot	177
Obrázek C- 10 Byt B - detailní porovnání teplot	178
Obrázek C- 11 Byt B - tepelná pohoda	179
Obrázek C- 12 Vzájemné srovnání bytů	181
Obrázek C- 13 Situace [L65] se znázorněním slunečního svitu v průběhu roku	183
Obrázek C- 14 Spotřeba plynu v jednotlivých měsících vztažená na m ² vytápěné plochy; OT – otopné těleso, BS – bytová stanice, PV – podlahové vytápění.....	185
Obrázek C- 15 Grafické procentní srovnání spotřeb plynu vztažených na vytápěnou podlahovou plochu	186
Obrázek D- 1 Rozměry modelované místnosti	191
Obrázek D- 2 Průběh středních radiačních teplot při vytápění otopnými tělesy v závislosti na kvalitě konstrukcí v jednotlivých letech. Na obrázcích jsou vyznačeny odečítané body ve vzdálenosti 1 m od fasády ve výškách 0,1 m; 0,6 m; 1,1 m a 1,7 m.....	194
Obrázek D- 3 Průběh středních radiačních teplot při vytápění podlahovým vytápěním v závislosti na kvalitě konstrukcí v jednotlivých letech. Na obrázcích jsou vyznačeny odečítané body ve vzdálenosti 1 m od fasády ve výškách 0,1 m; 0,6 m; 1,1 m a 1,7 m.....	195
Obrázek D- 4 Zprůměrované hodnota PPD podle plochy těla pro 1,0 met a teplotu vzduchu 23 °C.....	196
Obrázek D- 5 Detailní průběh PPD pro jednotlivé výšky odečítaných bodů pro 1,0 met a teplotu vzduchu 23 °C.....	197
Obrázek D- 6 Zprůměrované hodnoty PPD podle plochy těla pro 1,2 met a teplotu vzduchu 20 °C.....	198
Obrázek D- 7 Detailní průběh PPD pro jednotlivé výšky odečítaných bodů pro 1,2 met a teplotu vzduchu 20 °C.....	199
Obrázek D- 8 Průběh střední radiační teploty po výšce místnosti.....	201
Obrázek D- 9 Porovnání výpočtu střední radiační teploty různými algoritmy.....	202
Obrázek D- 10 Grafické srovnání výstupů z programu Radiace a z mého vyvinutého algoritmu.....	203

TABULKY

Tabulka A-1 Sedmibodová stupnice tepelných pocitů	26
Tabulka A-2 Typické hodnoty metabolismu pro různé aktivity [L5, L8]	28
Tabulka A- 3 Úrovně pro stanovení metabolismu [L8]	29
Tabulka A-4 Tepelná izolace oděvu typické kombinace oblečení [L6]	30
Tabulka A-5 Tepelná izolace oděvních součástí oděvu [L6]	31
Tabulka 2-1 Kategorie tepelného prostředí [L6]	36
Tabulka 2-1 Hodnoty tepelného odporu při přestupu tepla na vnitřní a vnější straně konstrukce.....	63
Tabulka 2-2 Přehled součinitelů prostupu tepla konstrukcí s normovými hodnotami	70
Tabulka 2-3 Hodnoty korekčního součinitele ΔU	72
Tabulka 2-4 Minimální intenzita výměny vzduchu [L34]	74

Tabulka 2-5 Doporučené hodnoty $n_{50,N}$ [L34]	74
Tabulka 2-6 Hodnot výškového korekčního činitele ϵ_i [L34]	75
Tabulka 2-7 Hodnoty stínícího součinitele e_i [L34]	75
Tabulka 2-8 Výpočtové vnitřní teploty pro jednotlivé místnosti	75
Tabulka 3-1 Potřebné a instalované množství tepla	103
Tabulka 4-1 Rozložení odběru tepla v čase	104
Tabulka 5-1 Technické parametry navrženého kotle [L51]	112
Tabulka 6-1 Přehled čerpadel	123
Tabulka 10-1 Energie dopadajícího slunečního záření v jednotlivých měsících dle světových stran	147
Tabulka 10-2 Roční potřeba tepla stanovená měsíční metodou	153
 Tabulka C- 1 Porovnání spotřeb se zohledněním vytápěné podlahové plochy a kvality stavebních konstrukcí	187
 Tabulka D- 1 Přehled vývoje požadavků na stavební konstrukce v průběhu let [L77, L78, L79, L80]	192
Tabulka D- 2 Uvažovaný teplotní spád a rozměr otopných těles	193
Tabulka D- 3 Uvažovaná povrchová teplota podlahy	195

PŘÍLOHY

ČÍSLO VÝKRESU	NÁZEV VÝKRESU	MĚŘÍTKO
101	PŮDORYS 1. NP – VARIANTA A – OT	M 1:75
102	PŮDORYS 2. NP – VARIANTA A – OT	M 1:75
103	PŮDORYS 3. NP – VARIANTA A – OT	M 1:75
104	PŮDORYS 4. NP – VARIANTA A – OT	M 1:75
105	SCHÉMA ZAPOJENÍ ZDROJE TEPLA – VARIANTA A – OT	M 1:20
111	PŮDORYS 1. NP – VARIANTA B – PV	M 1:75
112	PŮDORYS 2. NP – VARIANTA B – PV	M 1:75
113	PŮDORYS 3. NP – VARIANTA B – PV	M 1:75
114	PŮDORYS 4. NP – VARIANTA B – PV	M 1:75
115	SCHÉMA ZAPOJENÍ ZDROJE TEPLA – VARIANTA B – PV	M 1:20
201	STUDIE ROZVODŮ VZT 1. NP	M 1:100
202	STUDIE ROZVODŮ VZT 2. NP	M 1:100
203	STUDIE ROZVODŮ VZT 3. NP	M 1:100
204	STUDIE ROZVODŮ VZT 4. NP	M 1:100