



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

NÍZKOTEPLTNÍ VYTÁPĚNÍ S TEPELNÝMI ČERPADLY

LOW TEMPERATURE HEATING WITH HEAT PUMPS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Miroslav Bros

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARCELA POČINKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2024



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Ústav: Ústav technických zařízení budov
Student: **Bc. Miroslav Bros**
Vedoucí práce: **Ing. Marcela Počinková, Ph.D.**
Akademický rok: 2023/24
Studijní program: N0732A260023 Stavební inženýrství – pozemní stavby

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

NÍZKOTEPLTNÍ VYTÁPĚNÍ S TEPELNÝMI ČERPADLY

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Řešení zadaného tématu z oblasti TZB za využití literární rešerše, zpracování variantního technického návrhu řešení zadané části specializace systému TZB a dílčího úkolu ze zadaného tématu řešeného experimentálními nebo teoretickými prostředky, příp. prováděcího projektu.

Cíle a výstupy diplomové práce:

A. Analýza tématu, cíle a metody řešení (podíl 20 %)
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 (podíl 40 %)

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.

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

C. Dílčí úkol ze zadaného tématu (podíl 40 %) zpracovaný teoretickými či experimentálními metodami, příp. prováděcí projekt zadané profese. Konkrétní náplň stanoví vedoucí práce.

Seznam doporučené literatury a podklady:

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

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 16. 3. 2023

L. S.

prof. Ing. Jiří Hirš, CSc.
vedoucí ústavu

Ing. Marcela Počinková, Ph.D.
vedoucí práce

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.
děkan

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá návrhem a porovnáním dvou variant nízkoteplotního vytápění plošnými sálavými systémy a tepelnými čerpadly. Budova slouží pro administrativní účely. Teoretická část popisuje hodnocení tepelných čerpadel. Výpočtová část řeší výpočet tepelných ztrát budovy, návrhy vytápění, systému přípravy teplé vody, zdroje tepla, všech potřebných doplňkových zařízení a výpočet roční spotřeby tepla a paliva pro vytápění a ohřev teplé vody budovy. Systém vytápění se skládá z podlahového vytápění a stropního vytápění. Pro přípravu teplé vody je navržen nepřímo ohříváný stacionární zásobník teplé vody. Zdrojem tepla je kaskáda dvou tepelných čerpadel vzduch/voda. Experimentální část se zabývá měřením a posouzením tlakové ztráty, tepelného výkonu a účinnosti stropní sálavé systémové desky.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vytápění, nízkoteplotní vytápění, plošný sálavý systém, podlahové vytápění, stropní vytápění, součinitel prostupu tepla, tepelná ztráta, tepelný výkon, tepelné čerpadlo, tepelné čerpadlo vzduch/voda, kaskáda dvou tepelných čerpadel, nepřímo ohříváný stacionární zásobník teplé vody, akumulací zásobník, expanzní nádoba, stropní sálavá systémová deska.

ABSTRACT

The master's thesis deals with design and comparison of two variants of low temperature heating with radiant systems and heat pumps. Building is used for administrative purposes. The theoretical part describes the evaluation of heat pumps. The calculation part deals with the calculation of heat loss of the building, the design of the heating system, the hot water preparation system, the heat source, all necessary supplementary devices, and the calculation of yearly heat and fuel consumption for heating and hot water preparation of the building. Heating system consists of floor heating and ceiling heating. For hot water preparation an indirect fired hot water storage tank is designed. The source of heat is a cascade of two air/water heat pumps. Experimental part is focused on measuring and assessment of pressure loss, heat output and efficiency of radiant ceiling panel.

KEYWORDS

Heating, low temperature heating, radiant heating, floor heating, ceiling heating, thermal heat transfer coefficient, heat loss, heat output, heat pump, air/water heat pump, cascade of two heat pumps, indirect fired hot water preparation storage tank, accumulation tank expansion tank, radiant ceiling panel.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BROS, Miroslav. *Nízkoteplotní vytápění s tepelnými čerpadly*. Brno, 2024. 154 s., 12 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Marcela Počinková.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem Nízkoteplotní vytápění s tepelnými čerpadly je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 11. 1. 2024

Bc. Miroslav Bros
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem Nízkoteplotní vytápění s tepelnými čerpadly zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 11. 1. 2024

Bc. Miroslav Bros
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval paní Ing. Marcele Počinkové za odbornou pomoc při vedení mé diplomové práce. Kolegům z práce za cenné zkušenosti a Bc. Simoně Kselíkové za jazykovou korekturu této práce a obdivuhodnou morální podporu během celého studia.

Obsah

ÚVOD	15
A. TEORETICKÁ ČÁST	16
1. Primární energie	16
2. Hodnoticí parametry	17
2.1. Hranice soustavy s tepelným čerpadlem.....	17
2.2. Topný faktor tepelného čerpadla COP	18
2.3. Sezónní topný faktor tepelného čerpadla SCOP.....	19
2.4. Sezónní topný faktor soustavy s tepelným čerpadlem SPF	20
2.5. Účinnost využití primární energie PER	21
3. Zkoušení tepelných čerpadel	22
3.1. Zkušební podmínky podle ČSN EN 14511.....	22
3.2. Zkušební podmínky podle ČSN EN 14825	23
3.3. Postup zkoušky topného výkonu	25
3.3.1. Topný výkon.....	25
3.3.2. Elektrický příkon	26
3.3.3. Průběh zkoušky a sběru dat.....	26
3.4. Ostatní zkoušky.....	27
3.5. Akustické zkoušky	27
4. Štítkování a ekodesign tepelných čerpadel	28
4.1. Sezónní energetická účinnost vytápění	29
4.2. Roční potřeba energie	29
4.3. Třídy sezónní energetické účinnosti	29
4.4. Energetický štítek tepelného čerpadla pro vytápění	31
4.5. Energetický štítek kombinovaného tepelného čerpadla.....	32
5. Značka kvality Q-Label	33
5.1. Historie.....	33
5.2. Hodnoticí kritéria	33
5.3. Minimální hodnoty COP.....	34
5.4. Platnost značky kvality	34
5.5. Význam značky kvality.....	34
Závěr	34

B. VÝPOČTOVÁ ČÁST	35
1. Analýza objektu	35
2. Součinitel prostupu tepla	36
2.1. Výpočet součinitele prostupu tepla stavebních konstrukcí	37
2.1.1. Svislé konstrukce	37
2.1.2. Vodorovné konstrukce	38
2.1.3. Výplně otvorů	41
2.1.4. Výsledky	41
2.2. Posouzení průměrného součinitele prostupu tepla budovy	42
3. Výpočet tepelných ztrát	47
3.1. Výpočet potřebného tepelného výkonu jednotlivých místností	49
3.2. Přehled potřebných tepelných výkonů místností	78
4. Návrh vzduchotechniky	79
4.1. Objemový průtok vzduchu	79
4.2. Teplota vzduchu za výměníkem ZZT	80
5. Potřeba teplé vody	80
5.1. Vstupní výpočtové hodnoty	80
5.2. Průběžný ohřev teplé vody – 14 h/den	81
5.3. Smíšený ohřev teplé vody	81
5.4. Zvolená varianta ohřevu teplé vody	82
I. VARIANTA VYTÁPĚNÍ	82
6. Návrh podlahového vytápění	82
6.1. Hlavní výstupní hodnoty návrhu podlahového vytápění	83
6.2. Rozdělovací stanice podlahového vytápění	83
6.3. Výkon a příkon podlahového vytápění	86
7. Návrh zdroje tepla	87
7.1. Vstupní výpočtové hodnoty	87
7.2. Návrh zařízení	87
8. Dimenzování a hydraulická regulace soustavy	90
8.1. Regulace jednotlivých okruhů topné soustavy	90
8.2. Výpočet tlakové ztráty okruhů	90
9. Návrh oběhových čerpadel	93
10. Návrh technických zařízení soustavy	94
10.1. Akumulační zásobník	94

10.2. Rozdělovač a sběrač.....	94
11. Návrh zabezpečovacího zařízení.....	94
11.1. Objem vody v topné soustavě	94
11.2. Návrh expanzní nádoby	95
11.3. Návrh expanzního potrubí.....	96
12. Návrh tepelné izolace potrubí.....	96
13. Roční potřeba a spotřeba tepelné a elektrické energie	97
13.1. Příprava teplé vody	97
13.2. Vytápění	97
13.3. Roční spotřebovaná tepelná energie	98
13.4. Roční spotřebovaná elektrická energie	98
II. VARIANTA VYTÁPĚNÍ.....	99
14. Návrh stropního vytápění	99
14.1. Výpočet střední teploty topné vody.....	101
14.2. Výpočet tlakových ztrát okruhů.....	102
14.3. Rozdělovací stanice stropního vytápění.....	116
14.4. Shrnutí výsledků	119
15. Návrh zdroje tepla	119
15.1. Vstupní výpočtové hodnoty	119
15.2. Návrh zařízení	119
16. Dimenzování a hydraulická regulace soustavy	120
16.1. Regulace jednotlivých okruhů topné soustavy	120
16.2. Výpočet tlakové ztráty okruhů.....	120
17. Návrh oběhových čerpadel	124
18. Návrh technických zařízení soustavy.....	125
18.1. Akumulační zásobník.....	125
18.2. Rozdělovač a sběrač.....	125
19. Návrh zabezpečovacího zařízení	125
19.1. Objem vody v topné soustavě	125
19.2. Návrh expanzní nádoby	126
19.3. Návrh expanzního potrubí.....	127
20. Návrh tepelné izolace potrubí.....	127
21. Roční potřeba a spotřeba tepelné a elektrické energie	127
21.1. Příprava teplé vody	127

21.2. Vytápění	128
21.3. Roční spotřebovaná tepelná energie	128
21.4. Roční spotřebovaná elektrická energie	128
22. Porovnání variant.....	129
C. PROJEKT	131
TECHNICKÁ ZPRÁVA – I.VARIANTA	131
1. Úvod.....	131
1.1. Popis objektu.....	131
1.2. Technické řešení – obecné informace	131
1.3. Podklady projektu	131
2. Základní technické údaje.....	131
2.1. Klimatické poměry – lokalita Ostrava	131
2.2. Vnitřní návrhové teploty	131
2.3. Tepelně-technické parametry stavebních konstrukcí	132
2.4. Roční potřeba a spotřeba tepelné a elektrické energie.....	132
3. Technické řešení.....	132
3.1. Zdroj tepelné energie	132
3.2. Příprava teplé vody	132
3.3. Zabezpečovací zařízení	132
4. Topná soustava.....	133
4.1. Popis topné soustavy.....	133
4.2. Čerpací technika.....	133
4.3. Topné plochy.....	133
4.4. Regulace a měření.....	133
4.5. Izolace potrubí topné vody.....	134
5. Požadavky na ostatní profese	134
5.1. Stavební práce	134
5.2. Zdravotechnika	134
5.3. Elektroinstalace	134
5.4. Vzduchotechnika.....	134
6. Montáž a uvedení do provozu.....	135
6.1. Zdroj tepelné energie	135
6.2. Topná soustava.....	135
6.3. Tlaková zkouška podlahového vytápění.....	135

6.4. Zkouška těsnosti.....	135
6.5. Topná zkouška.....	135
6.6. Revize technických zařízení.....	135
7. Ochrana zdraví a životního prostředí.....	136
7.1. Vliv na životní prostředí	136
7.2. Hospodaření s odpady	136
8. Bezpečnost práce a požární ochrana	136
8.1. Požární ochrana.....	136
8.2. Bezpečnost práce při realizaci díla.....	136
8.3. Bezpečnost při provozu zařízení	136
TECHNICKÁ ZPRÁVA – II.VARIANTA.....	137
1. Úvod	137
1.1. Popis objektu.....	137
1.2. Technické řešení – obecné informace	137
1.3. Podklady projektu	137
2. Základní technické údaje.....	137
2.1. Klimatické poměry – lokalita Ostrava	137
2.2. Vnitřní návrhové teploty	137
2.3. Tepelně-technické parametry stavebních konstrukcí	138
2.4. Roční potřeba a spotřeba tepelné a elektrické energie	138
3. Technické řešení.....	138
3.1. Zdroj tepelné energie	138
3.2. Příprava teplé vody	138
3.3. Zabezpečovací zařízení	138
4. Topná soustava.....	139
4.1. Popis topné soustavy.....	139
4.2. Čerpací technika.....	139
4.3. Topné plochy.....	139
4.4. Regulace a měření.....	140
4.5. Izolace potrubí topné vody.....	140
5. Požadavky na ostatní profese	140
5.1. Stavební práce	140
5.2. Zdravotechnika	140
5.3. Elektroinstalace.....	140

5.4. Vzduchotechnika.....	141
6. Montáž a uvedení do provozu.....	141
6.1. Zdroj tepelné energie	141
6.2. Topná soustava.....	141
6.3. Tlaková zkouška podlahového vytápění.....	141
6.4. Zkouška těsnosti.....	141
6.5. Topná zkouška.....	141
6.6. Revize technických zařízení.....	142
7. Ochrana zdraví a životního prostředí.....	142
7.1. Vliv na životní prostředí	142
7.2. Hospodaření s odpady	142
8. Bezpečnost práce a požární ochrana	142
8.1. Požární ochrana.....	142
8.2. Bezpečnost práce při realizaci díla.....	142
8.3. Bezpečnost při provozu zařízení	142
D. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	143
1. Základní informace	143
2. Popis měření.....	143
3. Průběh měření	145
4. Měřicí aparát.....	145
5. Výsledky měření	145
5.1. Měrný tepelný výkon systémové desky	145
5.2. Tlaková ztráta systémové desky	146
5.3. Časová odezva systémové desky	147
5.4. Účinnost systémové desky	147
6. Hodnocení měření.....	148
Závěr	149
Použité zdroje.....	150
Seznam použitých obrázků	152
Seznam použitých tabulek	153
Seznam příloh	153
Legenda	154

ÚVOD

Jedním z nejdůležitějších témat 21. století je ekologie. Rychlý nárůst populace odhalil hned několik nedostatků naší společnosti. Způsob, jakým vyrábíme energii, produkty, jak přepravujeme osoby, čím a jak se stravujeme, naše konzumace a mnohé jiné nedílné aspekty našich životů jsou zkrátka neudržitelné v aktuálním měřítku a růstu. Člověk je tvor pohodlný, a proto než se uskromnit, radši vynalezne způsob, jak fungovat efektivněji. Ideálním ukazatelem tohoto trendu je stavebnictví a technické zařízení budov. Postupně se vyžadují vyšší a vyšší požadavky na realizaci a provoz budov, což vede k vývoji efektivnějších zařízení a k trendům, mezi které momentálně patří i nízkoteplotní sálavé systémy a tepelná čerpadla.

Tato diplomová práce je zaměřena na řešení vytápění prostor teplovodním plošným sálavým vytápěním. Její obsah je rozdělen do čtyř částí.

A. Teoretická část pojednává o hodnocení tepelných čerpadel pro vytápění a ohřev teplé vody.

B. Výpočtová část se zabývá dvěma návrhy vytápění, a sice podlahovým vytápěním a stropním vytápěním. Dále návrhem přípravy teplé vody, zdroje tepla, zabezpečovacího zařízení, oběhových čerpadel a dimenzováním celého systému včetně hydraulického posouzení.

C. Projektová část obsahuje projektovou dokumentaci pro zhotovení systému vytápění spolu s ohřevem teplé vody a příslušnou technickou zprávou. Pro každou z výše uvedených variant je vypracovaný samostatný projekt.

D. Experimentální část popisuje měření tlakové ztráty, tepelného výkonu a účinnosti stropní sálavé systémové desky v laboratoři.

A. TEORETICKÁ ČÁST

V uplynulých letech se tepelná čerpadla dostala do popředí v oblasti vytápění, ohřevu teplé vody a chlazení. Jsou ideálním zdrojem pro novou výstavbu. Lze jimi topit, ohřívat teplou vodu i chladit. Jejich nevýhodou jsou vysoké pořizovací náklady oproti jiným typům zdrojů tepla. Hlavními argumenty pro podporu tepelných čerpadel jsou však energetická nezávislost na neobnovitelných zdrojích a lepší životní prostředí.

1. Primární energie

I když jsou tepelná čerpadla efektivní ve využívání dodané energie, nelze opomíjet fakt, že většina elektrické energie se v České republice vyrábí z fosilních paliv v elektrárnách s účinností kolem 30 %. Tento trend platí i napříč většinou Evropy. Elektrická energie je z hlediska emisí nejhorší energonositel.

Ergonositel	Tuhé látky [kg/MWh]	SO ₂ [kg/MWh]	NO _x [kg/MWh]	CO [kg/MWh]	CO ₂ [kg/MWh]	Org. látky [kg/MWh]
Hnědé uhlí	2,03	4,34	0,61	9,2	360	1,82
Černé uhlí	0,56	1,12	0,18	5,29	330	1,05
Zemní plyn	0,00	0,00	0,17	0,03	200	0,01
Biomasa	3,15	0,25	0,76	0,25	0	0,22
Elektrická energie	0,09	1,76	1,5	0,14	1170	0,11

Tab. 1 Emisní faktory energonositelů [1]

Jiným měřítkem je neobnovitelná primární energie. Tou se rozumí energie, kterou je potřeba k těžbě, zpracování, uskladnění, dopravě, výrobě, transportaci, šíření, vedení a jakýmkoliv dalším procesům potřebným pro dodávku do budovy. [1]

Náročnost přeměny neobnovitelné energie na energii energonositele je vyjádřena konverzním faktorem neobnovitelné primární energie. Z hodnot definovaných vyhláškou 78/2013 Sb. například vyplývá, že využití elektrické energie je 3x náročnější než využití zemního plynu. [1]

Ergonositel	Konverzní faktor [-]
Hnědé a černé uhlí	1,0
Zemní plyn	1,0
Biomasa – kusové dřevo	0,1
Biomasa – pelety	0,2
Elektrická energie	2,6
Energie okolního prostředí	0,0

Tab. 2 Faktory neobnovitelné primární energie pro vybrané energonositele [2]

Popularita tepelných čerpadel je nepřímo dána i současným hodnocením budov, kde použití tepelného čerpadla s vysokou účinností může umožnit zařazení do vyšší kategorie energetické třídy z pohledu energetického štítku budovy. [1]

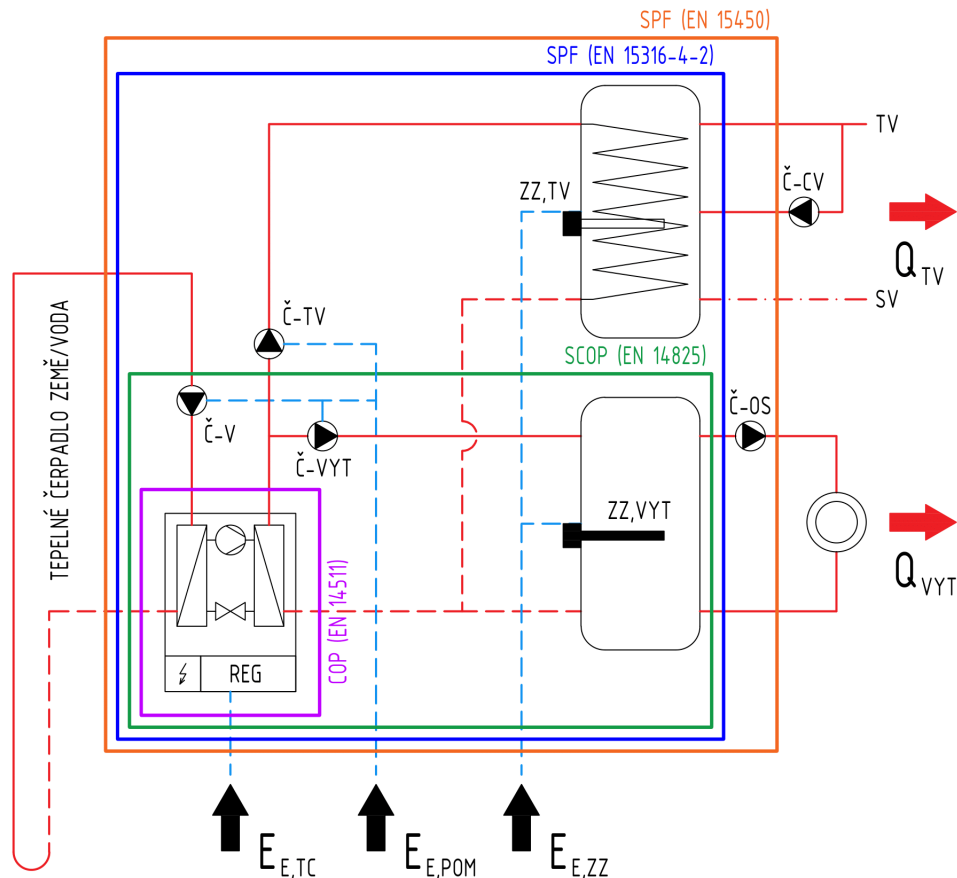
Dodatečně poměr obnovitelných zdrojů elektrické energie v rozvodné síti neustále roste a v budoucnosti vyústí do snížení faktorů neobnovitelné primární energie pro elektrickou energii. Což znamená, že v budoucnosti bude možné považovat za obnovitelné zdroje i tepelná čerpadla s nižší vlastní efektivitou využití elektrické energie. [1]

2. Hodnoticí parametry

Pro posouzení tepelných čerpadel a porovnání jednotlivých tepelných čerpadel mezi sebou jako produktů nebo porovnání tepelných čerpadel s jinými zdroji tepla se používá celá řada parametrů lišících se úhlem pohledu a způsobem hodnocení provozu. [1]

2.1. Hranice soustavy s tepelným čerpadlem

Energetická efektivita provozu tepelného čerpadla sleduje množství tepla vydané soustavou v poměru k elektrické energii do soustavy přivedené. Pro hodnocení této efektivity je proto důležité nejprve stanovit, kde vlastně leží hranice soustavy. Kde leží hranice samotného tepelného čerpadla je jasné, jsou to hranice výrobku. Nicméně u soustavy se zemním vrtem, akumulací, zásobníkem teplé vody, oběhovými čerpadly nebo záložním zdrojem tepla je vytyčení hranice již náročnější a závisí na posuzovaném parametru. Zjednodušeně jsou na obr. 1 tyto hranice znázorněny. [1]



Obr. 1 Hranice hodnocení v soustavě s tepelným čerpadlem země/voda [1]

2.2. Topný faktor tepelného čerpadla COP

Topný faktor COP neboli **coefficient of performance** je jako parametr energetické efektivity samotného tepelného čerpadla definován v normě pro laboratorní zkoušení tepelných čerpadel a chladicích zařízení ČSN EN 14511. Topný faktor je poměr topného výkonu k celkovému elektrickému příkonu jednotky za ustálených provozních podmínek a hranicemi hodnocení je samotná funkční jednotka. [1]

$$\text{COP} = \frac{\Phi}{P_c + P_{\text{aux}}} [-]$$

kde: Φ tepelný výkon tepelného čerpadla [kW]
 P_c elektrický příkon kompresoru [kW]
 P_{aux} elektrický příkon potřebný pro překonání tlakové ztráty výparníku a kondenzátoru, odtávání výparníku a vlastní regulaci [kW] [1]

Tepelný výkon a topný faktor se stanovují z laboratorního měření při různých provozních podmínkách. V současnosti jsou definovány primárně požadavkem na body potřebné pro výpočet SCOP, účely štítkování a ekodesignu. [1]

Množství měřených bodů závisí taky na typu tepelného čerpadla. Největší množství bodů se měří při vzduchových tepelných čerpadlech, která mají velký rozsah provozních teplot na vstupu do výparníku (-15 až 12 °C). Naopak tepelná čerpadla odebírající teplo z vody se zpravidla zkouší pouze pro dvě teploty (10 a 15 °C). Podrobnější informace ke zkoušení tepelných čerpadel a vyhodnocení jejich COP jsou uvedeny v normě. [1]

Nejčastěji se uvádí tzv. jmenovité topné faktory COP. Termín jmenovitý topný faktor není legislativně ani normově definován. Jde o historickou snahu zavést jednotné podmínky pro porovnání efektivity jednotlivých typů od různých výrobců. Tyto podmínky dnes odpovídají podmínkám zkoušky pro nízkoteplotní vytápění. [1]

vzduch/voda A2/W35 (teplota vzduchu na vstupu do výparníku 2 °C, teplota topné vody na výstupu z kondenzátoru 35 °C)

země/voda B0/W35 (teplota solanky na vstupu do výparníku 0 °C, teplota topné vody na výstupu z kondenzátoru 35 °C)

voda/voda W10/W35 (teplota vody na vstupu do výparníku 10 °C, teplota topné vody na výstupu z kondenzátoru 35 °C)

Přestože současná verze normy uvádí u tepelného čerpadla vzduch/voda pro nízkoteplotní vytápění jako standardní podmínky A7/W35, používají se i podmínky A2/W35. Topný faktor za těchto podmínek se používá v rámci dotačních programů, jakým je například Nová zelená úsporám, nebo při udělení značky kvality Q-label. [1]

2.3. Sezónní topný faktor tepelného čerpadla SCOP

Sezónní topný faktor neboli **seasonal coefficient of performance** je definován normou ČSN EN 14825. Protože topný faktor COP je stanovený pouze pro jednu kombinaci ustálených provozních podmínek, nevyjadřuje dostatečně věrohodně provozní efektivitu tepelného čerpadla provozovaného celý rok v měnících se teplotních podmínkách. [1]

Výpočet SCOP vychází z bilance produkce tepla daným tepelným čerpadlem a krytím potřeby tepla budovy definované návrhovou tepelnou ztrátou v topné sezóně se standardizovanými provozními a klimatickými podmínkami. Do SCOP se zahrnují i energetické ztráty vlivem cyklování, energetická potřeba záložního elektrokotle, energetická spotřeba v pohotovostním režimu nebo při náběhu, ztráty vychládáním výměníku v době mimo provoz, udržování kompresoru na požadované teplotě apod. [1]

Pro výpočet je nutné mít k dispozici hodnoty topného faktoru měřeného v laboratoři při různých kombinacích provozních podmínek podle ČSN EN 14511 a ČSN EN 14825. Pro výpočet jsou definovány tři klimatické oblasti, které charakterizují klimatické podmínky v Evropě. [1]

teplejší – Atény s návrhovou venkovní teplotou +2 °C a trváním topné sezóny 3590 h

průměrná – Štrasburk s návrhovou venkovní teplotou -10 °C a topnou sezónou 4910 h

chladnější – Helsinky s návrhovou venkovní teplotou -22 °C a topnou sezónou 6446 h



Obr. 2 Ilustrativní mapa klimatických oblastí Evropy [3]

Protože se hodnota SCOP počítá pro konkrétní návrhovou tepelnou ztrátu budovy, pro kterou je tepelné čerpadlo určeno, je nutné ve zkušebně naměřit navíc tzv. bod bivalence. Čím menší se zvolí návrhová tepelná ztráta pro dané tepelné čerpadlo, tím menší bude dohřev záložním zdrojem, ale narostou energetické ztráty vlivem nadměrného výkonu tepelného čerpadla a naopak. Hranicemi hodnocení je tepelné čerpadlo se záložním zdrojem tepla. [1]

2.4. Sezónní topný faktor soustavy s tepelným čerpadlem SPF

Efektivita projektované nebo realizované tepelné soustavy se vyjadřuje sezónním topným faktorem soustavy neboli **seasonal performance factor**. Ten je definován v normách týkajících se návrhu a hodnocení soustav s tepelnými čerpadly. [1]

Co se týče vymezení hranic pro započtení toků energie, norma ČSN EN 15450, určená pro projektování soustav s tepelnými čerpadly, do spotřeby energie soustavy zahrnuje i oběhové čerpadlo rozvodu vytápění, zatímco norma ČSN EN 15316-4-2, určená pro hodnocení instalací soustav s tepelnými čerpadly, oběhové čerpadlo rozvodu vytápění nepovažuje za součást soustavy. O zahrnutí cirkulačního čerpadla teplé vody se ani jedna norma nezmiňuje. SPF se za hodnocený časový úsek stanoví jako:

$$SPF = \frac{Q}{E_{E,TC} + E_{E,ZZ} + E_{E,POM}} [-]$$

kde: $E_{E,TC}$ potřeba elektrické energie pro pohon tepelného čerpadla [kWh]
 $E_{E,ZZ}$ potřeba elektrické energie záložního zdroje tepla [kWh]
 $E_{E,POM}$ potřeba pomocné energie pro oběhová čerpadla, regulaci apod. [kWh]
 Q teplo dodané soustavou pro danou aplikaci [kWh] [1]

Množství tepla dodané soustavou s tepelným čerpadlem do budovy je počítáno na hranici soustavy a veškeré tepelné ztráty akumulční nádoby, zásobníku teplé vody a rozvodů uvnitř hranic soustavy jsou zahrnuty v sezónním topném faktoru soustavy. Sezónní topný faktor soustavy se stanovuje buď výpočtem, nebo z dlouhodobého měření provedeného na reálné instalaci. Výpočet se provádí v souladu s ČSN EN 15316-4-2 nebo zjednodušeným způsobem podle TNI 73 0351. [1]

Norma pro projektování tepelných soustav s tepelnými čerpadly ČSN EN 15450 uvádí v příloze i minimální a cílové hodnoty SPF. Nejedná se o závazné nebo vynutitelné hodnoty, pouze o ukazatele, jestli je navržený systém efektivní. [1]

	Zdroj energie	Minimální hodnoty	Cílové hodnoty
Vytápění a příprava teplé vody v renovacích	vzduch/voda	2,7	3,0
	země/voda	3,5	4,0
	voda/voda	3,8	4,5
Vytápění a příprava teplé vody v novostavbách	vzduch/voda	2,5	2,8
	země/voda	3,3	3,7
	voda/voda	3,5	4,2
Samotná příprava teplé vody	vzduch/voda	2,3	2,8
	země/voda	3,0	3,5
	voda/voda	3,2	3,8

Tab. 3 Minimální a cílové hodnoty SPF pro soustavy s tepelnými čerpadly [4]

Požadavek má však evropská směrnice 2018/2001 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů. Ta definuje minimální hodnotu SPF jako:

$$\text{SPF} > 1,15 * \frac{1}{\eta_E} [-]$$

kde: η_E celková účinnost výroby elektrické energie EU

Podle rozhodnutí komise 2013/114/EU se pro stanovení minimálního SPF používá od roku 2013 hodnota $\eta_E = 45,5 \%$ jako evropský průměr. [5]

2.5 Účinnost využití primární energie PER

Z hlediska trvale udržitelného rozvoje, ekologie a snížení závislosti na těžbě a dovozu neobnovitelných zdrojů energie je žádoucí vztáhnout produkci užitečného tepla k potřebě neobnovitelné primární energie a zavést tak účinnost využití primární energie neboli **primary energy ratio**. [1]

Při hodnocení provozu tepelného čerpadla v porovnání s jinými zdroji tepla využívajícími i jiné zdroje energie jako například plyn, obnovitelné zdroje energie apod. musí být hranice soustavy rozšířena až ke vstupu primárního energonositele. [1]

$$\text{PER} = \frac{Q}{\text{PE}} = \frac{\text{SPF}}{F} [-]$$

kde: Q teplo dodané soustavou pro danou aplikaci [kWh]
PE potřeba neobnovitelné primární energie [kWh]
F faktor neobnovitelné primární energie (konverzní faktor) [-] [1]

Při porovnávání s jinými zdroji se pro srovnávané zdroje použije vztah zohledňující veškerou potřebu neobnovitelné primární energie. Například u plynového kotle by se počítalo se zemním plynem jako palivem a s elektrickou energií pro oběhové čerpadlo. [1]

$$\text{PER} = \frac{Q}{\text{PE}} = \frac{Q}{\sum_i E_i * F_i} [-]$$

kde: E_i dodaná energie po jednotlivých energonositelích [kWh]
 F_i faktor neobnovitelné primární energie (konverzní faktor) [-] [1]

3. Zkoušení tepelných čerpadel

Od září 2015 vstoupila v platnost povinnost opatřování tepelných čerpadel pro vytápění a kombinovaných tepelných čerpadel pro vytápění a ohřev teplé vody energetickými štítky a změnila podmínky zkoušení tepelných čerpadel. Štítkování se netýká speciálních tepelných čerpadel určených například pro ohřev bazénové vody, průmyslových tepelných čerpadel či větracích jednotek s tepelnými čerpadly. [1]

Tepelná čerpadla pro vytápění se zkouší postupy v souladu s evropskou normou ČSN EN 14511 a normou ČSN EN 14825. [1]

3.1. Zkušební podmínky podle ČSN EN 14511

ČSN EN 14511 je hlavním dokumentem pro zkušebny. Pro tepelná čerpadla stanovuje norma komplexní nároky na měření a určování topného výkonu, elektrického příkonu, stanovení topného faktoru z naměřených veličin a dalšího zkoušení provozního chování. V části 2 této normy jsou uvedeny standardní a uživatelské podmínky pro zkoušení výkonu tepelných čerpadel. [1]

Podmínky		Venkovní výměník		Vnitřní výměník	
		Vstupní teplota	Výstupní teplota	Vstupní teplota	Výstupní teplota
Standardní	Voda	10	7	30	35
	Země	0	-3	30	35
Uživatelské	Voda	15	*	*	35
	Země	10	*	*	35
	Voda	5	*	*	35
	Země	-5	*	*	35

Tab. 4 Zkušební podmínky pro tepelná čerpadla voda/voda a země/voda pro nízké teploty [6]

Podmínky		Venkovní výměník		Vnitřní výměník	
		Vstupní teplota	Výstupní teplota	Vstupní teplota	Výstupní teplota
Standardní	Voda	10	7	47	55
	Země	0	-3	47	55
Uživatelské	Voda	15	*	*	55
	Země	10	*	*	55
	Voda	5	*	*	55
	Země	-5	*	*	55

Tab. 5 Zkušební podmínky pro tepelná čerpadla voda/voda a země/voda pro vysoké teploty [6]

Podmínky		Venkovní výměník		Vnitřní výměník	
		Vstupní teplota	Výstupní teplota	Vstupní teplota	Výstupní teplota
Standardní	Venk. vzduch	7	6	30	35
	Odváděný vz.	20	12	30	35
Uživatelské	Venk. vzduch	2	1	*	35
	Venk. vzduch	-7	-8	*	35
	Venk. vzduch	-15	–	*	35
	Venk. vzduch	12	11	*	35

Tab. 6 Zkušební podmínky pro tepelná čerpadla vzduch/voda pro nízké teploty [6]

Podmínky		Venkovní výměník		Vnitřní výměník	
		Vstupní teplota	Výstupní teplota	Vstupní teplota	Výstupní teplota
Standardní	Venk. vzduch	7	6	47	55
	Odváděný vz.	20	12	47	55
Uživatelské	Venk. vzduch	2	1	*	55
	Venk. vzduch	-7	-8	*	55
	Venk. vzduch	-15	–	*	55
	Venk. vzduch	12	11	*	55

Tab. 7 Zkušební podmínky pro tepelná čerpadla vzduch/voda pro vysoké teploty [6]

3.2. Zkušební podmínky podle ČSN EN 14825

Vzhledem k požadavku na zkoušení tepelných čerpadel pro účely štítkování a ekodesignu jsou v současnosti ve zkušebnách měřená tepelná čerpadla podle ČSN EN 14511 především při standardních podmínkách pro určení hmotnostního průtoku topné vody, který se použije pro další zkoušky v dané aplikaci. Ostatní zjišťované body jsou definovány za podmínek částečného zatížení v souladu s ČSN EN 14825. [1]

Tato norma stanovuje teplotní podmínky tak, aby z výsledků zkoušky mohlo být postupem definovaným v normě stanoveno $SCOP_{on}$ v aktivním režimu. [1]

Bod zkoušky	Koeficient částečného zatížení PL		Výparník	Kondenzátor
	Vztah	[-]	Vstupní/výstupní teplota t_{v1}/t_{v2} [°C]	Vstupní/výstupní teplota t_{k1}/t_{k2} [°C]
A	$(-7 - 16)/(t_{design} - 16)$	0,88	0 / a	b / 34
B	$(+2 - 16)/(t_{design} - 16)$	0,54	0 / a	b / 30
C	$(+7 - 16)/(t_{design} - 16)$	0,35	0 / a	b / 27
D	$(+12 - 16)/(t_{design} - 16)$	0,15	0 / a	b / 24
E	$(t_{design} - 16)/(t_{design} - 16)$	1,00	0 / a	b / 35
F	$(t_{biv} - 16)/(t_{design} - 16)$	stanoví se podle t_{biv}	0 / a	stanoví se interpolací

Tab. 8 Zkušební podmínky v částečném zatížení pro tepelná čerpadla země/voda pro průměrnou oblast ($t_{design} = -10^{\circ}\text{C}$) a pro nízkoteplotní aplikaci [7]

Bod zkoušky	Koeficient částečného zatížení PL		Výparník	Kondenzátor
	Vztah	[-]	Vstupní/výstupní teplota t_{v1}/t_{v2} [°C]	Vstupní/výstupní teplota t_{k1}/t_{k2} [°C]
A	$(-7 - 16)/(t_{design} - 16)$	0,88	0 / a	b / 34
B	$(+2 - 16)/(t_{design} - 16)$	0,54	0 / a	b / 30
C	$(+7 - 16)/(t_{design} - 16)$	0,35	0 / a	b / 27
D	$(+12 - 16)/(t_{design} - 16)$	0,15	0 / a	b / 24
E	$(t_{design} - 16)/(t_{design} - 16)$	stanoví se podle TOL	TOL	stanoví se interpolací nebo extrapolací
F	$(t_{biv} - 16)/(t_{design} - 16)$	stanoví se podle t_{biv}	t_{biv}	stanoví se interpolací

Tab. 9 Zkušební podmínky v částečném zatížení pro tepelná čerpadla vzduch/voda pro průměrnou oblast ($t_{design} = -10^{\circ}\text{C}$) a pro nízkoteplotní aplikaci [7]

Z důvodu dodržení stejného průtoku topné vody jako u standardních podmínek není definována vstupní teplota do kondenzátoru a výstupní teplota z výparníku. Navíc je potřeba dodržet srovnatelné podmínky pro tepelné čerpadlo s plynulou regulací výkonu i pro tepelné čerpadlo bez regulace výkonu. Toho se dosáhne zajištěním stejné průměrované výstupní teploty při kontinuálním provozu u tepelného čerpadla s regulací výkonu i při cyklování tepelného čerpadla bez ní. Z této podmínky vyplývá způsob určení nastavení vstupní teploty na vstupu do kondenzátoru, která je shodná pro zkoušku tepelného čerpadla s regulací výkonu i bez regulace výkonu. V případě tepelného čerpadla s ideálně proměnným výkonem v celém rozsahu od návrhového tepelného zatížení (návrhové tepelné ztráty budovy) $\Phi_{design,h}$ při návrhové teplotě t_{design} až do nulového výkonu při venkovní teplotě 16°C se požadovaná vstupní teplota do kondenzátoru určí jako: [1]

$$t_{k1} = t_{k2} - \frac{\Phi_H}{m * c} = t_{k2} - \frac{\Phi_{design,h} * PL}{m * c} = t_{k2} - \frac{\Phi_{design,h}}{m * c} * \frac{(t_e - 16)}{(t_{design} - 16)} \text{ [}^\circ\text{C]}$$

kde	t_{k2}	teplota na výstupu z kondenzátoru, uvedená např. v tab. 8	
	$\Phi_{design,h}$	jmenovitý tepelný výkon tepelného čerpadla, tzn. návrhová tepelná ztráta budovy [W]	
	m	hmotnostní průtok topné vody kondenzátorem [kg/s]	
	PL	koeficient částečného zatížení [-]	
	c	měrná tepelná kapacita vody [J/kg.K]	[1]

Potom musí platit, že výstupní teplota topné vody z kondenzátoru zprůměrována podle času je pro tepelné čerpadlo s regulací výkonu a bez regulace výkonu stejná, a stanoví se jako:

$$t_{k2,prumer} = t_{k1,m} + (t_{k2,m} - t_{k1,m}) * CR \text{ [}^\circ\text{C]}$$

kde	$t_{k1,m}$	teplota vody na vstupu do kondenzátoru nastavená při zkoušce [°C]	
	$t_{k2,m}$	teplota vody na výstupu z kondenzátoru měřená při zkoušce [°C]	
	CR	výkonový průměr, poměr tepelného zatížení Φ_H k topnému výkonu tepelného čerpadla Φ [-]	[1]

3.3. Postup zkoušky topného výkonu

V ČSN 14511 v části 3 jsou stanoveny metody měření a požadavky na měřicí zařízení. Norma stanovuje metodiku výpočtu hlavních parametrů tepelného čerpadla, určuje formu výstupu z měření ve zkušební a v neposlední řadě i postup měření.

3.3.1. Topný výkon

Topný výkon tepelného čerpadla s jedním kondenzátorem se stanoví z kalorimetrické rovnice pomocí naměřených hodnot teplot a průtoku na kondenzátoru.

$$\Phi = m * c * (t_{k2} - t_{k1}) = V * \rho * c * (t_{k2} - t_{k1}) \text{ [W]}$$

kde	m	hmotnostní průtok topné vody [kg/s]	
	V	objemový průtok topné vody [m ³ /s]	
	ρ	objemová hmotnost topné vody [kg/m ³]	
	c	měrná tepelná kapacita vody [J/kg.K]	
	t_{k2}	teplota vody na výstupu z kondenzátoru [°C]	
	t_{k1}	teplota vody na vstupu do kondenzátoru [°C]	[1]

S ohledem na odtávání námrazy z výparníku tepelných čerpadel vzduch/voda během zkoušek se topný výkon určuje integrací z množiny aktuálních topných výkonů zaznamenaných během periody sběru dat. Topný výkon na kondenzátoru stanovený z výše uvedené rovnice se dále koriguje.

Pokud je oběhové čerpadlo součástí měřené jednotky, tak se jeho elektrický příkon přemění na tepelný tok, který ohřívá protékající topnou vodu a zvyšuje měrný tepelný výkon. Ideálně by součástí topného výkonu měla být pouze ta část tepelného toku, která je úměrná překonání tlakových ztrát kondenzátoru při měřeném průtoku. Příkon odpovídající naměřenému rozdílu vnějších statických tlaků se tedy od topného výkonu odečítá. Pokud však oběhové čerpadlo není součástí měřené jednotky, jeho tepelný příspěvek odpovídající překonání tlakových ztrát kondenzátoru při měřeném průtoku se k topnému výkonu přičítá. Tento elektrický příkon se spočítá jako: [1]

$$P_e = \frac{V * \Delta p}{\eta_{\zeta}} \text{ [W]}$$

kde V objemový průtok topné vody [m^3/s]
 Δp rozdíl statických tlaků [Pa]

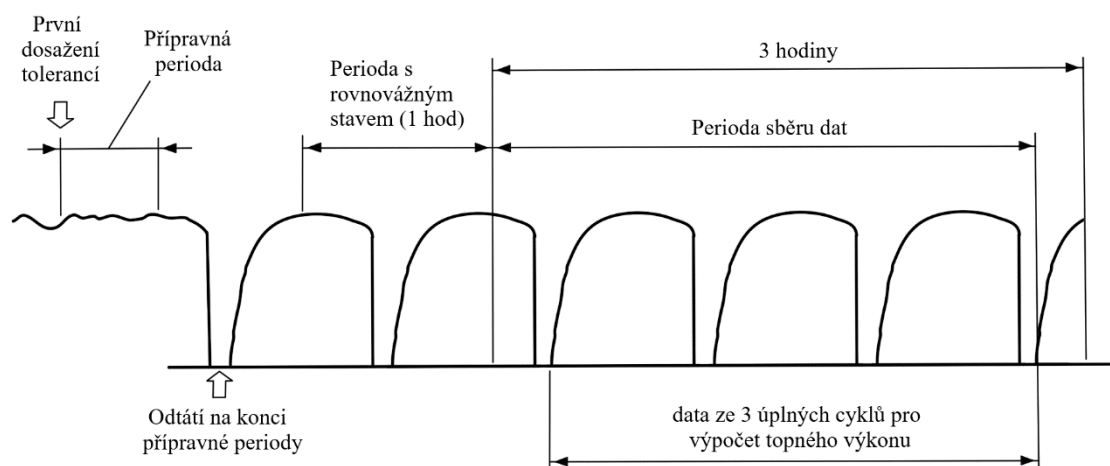
η_{ζ} předpokládaná účinnost oběhového čerpadla uvedená v normě ČSN EN 14511-3 jako funkce průtoku [-] [1]

3.3.2. Elektrický příkon

Elektrický příkon jednotky je měřen přímo a podobně jako topný výkon se také koriguje o příkon oběhového čerpadla na straně kondenzátoru, případně ventilátoru či oběhového čerpadla na straně výparníku. Dle normy ČSN EN 14511 se měří i příkony v pohotovostním a vypnutém stavu pro výpočet SCOP dle ČSN EN 14825. [1]

3.3.3. Průběh zkoušky a sběru dat

Zatímco u tepelných čerpadel voda/voda a země/voda probíhá zkouška topného výkonu v ustáleném stavu po dobu 30 minut, při tepelných čerpadlech vzduch/voda je zkouška složena ze tří částí, které zohledňují i neustálený stav v případě odtávání výparníku. Přípravná perioda (nejméně 10 minut), perioda s rovnovážným stavem (1 hodina) a perioda sběru dat: 3 hodiny. [1]



Obr. 3 Zkouška topného výkonu v neustáleném stavu se třemi úplnými cykly během periody sběru naměřených dat [1]

3.4. Ostatní zkoušky

Z důvodu provozní bezpečnosti je tepelné čerpadlo zkoušeno také v různých provozních stavech. Jednotka musí být schopna provozu ve všech výrobcem deklarovaných provozních stavech a režimech, proto se provádí následující zkoušky: [1]

- a) Pracovní oblast teplot: tepelné čerpadlo musí být schopno pracovat 30 minut bez výpadku při maximálních teplotách na výparníku i na kondenzátoru a při nejnižších provozních teplotách na výparníku a kondenzátoru.
- b) Mimo pracovní oblast: tepelné čerpadlo musí mít zabezpečovací zařízení pro zabránění poškození jednotky při překročení mezí pracovní oblasti teplot a zůstat schopné dalšího provozu, pokud se vrátí zpět do pracovní oblasti teplot.
- c) Přerušování průtoku pracovní látky
- d) Celkový výpadek dodávky energie
- e) Zkouška odvodu kondenzátu a orosení skříně (tepelná čerpadla vzduch/voda a vzduch/vzduch)
- f) Zkouška odtávání (tepelná čerpadla vzduch/voda a vzduch/vzduch), při sérii po sobě jdoucích režimů odtávání nesmí docházet k trvale se zhoršujícím podmínkám pro přenos tepla. [1]

3.5. Akustické zkoušky

Norma ČSN EN 12012 stanovuje požadavky na určení hladiny akustického výkonu vyzářovaného do okolí tepelnými čerpadly s elektricky poháněnými kompresory. Norma uvažuje pouze hluk přenášený vzduchem. V normě jsou uvedeny způsoby určení hladin akustického výkonu přizpůsobené použití ve specializovaných laboratořích s nízkou nejistotou měření. [1]

Hladina akustického výkonu je závislá na provozních podmínkách jednotky, ale měření se provádí za standardizovaných podmínek při zapojení jednotky v souladu s ČSN EN 14511. Jednotka musí být udržována v ustáleném provozním stavu a měření nesmí být zahájeno dříve než 30 minut po jeho dosažení. Délka vlastního měření je závislá na volbě metody měření. Během měření se nesmí regulovat vlhkost a výparník musí být bez ledu. Některá měření mohou trvat déle než perioda mezi odtávacími cykly, a proto nelze měřit v ustálených podmínkách. [1]

4. Štítkování a ekodesign tepelných čerpadel

Energetické štítky byly doménou především domácích spotřebičů, jako jsou pračky, myčky, ledničky nebo svítidla. Významným krokem bylo zavedení štítků pro budovy. Se zaváděním štítku jsou přímo spjaté technické požadavky, které musí produkt splňovat, aby je bylo možné zavést na trh. V roce 2009 byla novelizována evropská směrnice 2005/32/ES o stanovení rámce pro určení požadavků na ekodesign. Z této směrnice vychází i směrnice 2009/125/ES, která zavádí pojem **energy related products** neboli ErP. [1]

Z uvedených směrnic vychází čtyři zásadní Nařízení Komise 811/2013 až 814/2013. Smyslem štítků a uvedených nařízení je zjednodušit orientaci spotřebitele a zamezit uvádění energeticky neefektivních zařízení na evropský trh. Pod tato nařízení spadají i tepelná čerpadla pro vytápění a ohřivače vody s tepelným čerpadlem. [1]

Směrnice rozlišují mezi tepelnými čerpadly pro vytápění, ohřivači vody s tepelným čerpadlem a tepelnými čerpadly kombinovanými pro ohřev teplé vody a vytápění. Speciální kategorií jsou nízkoteplotní tepelná čerpadla, která při -7 °C nejsou schopna dodávat teplou vodu o teplotě vyšší 52 °C , a nejsou tedy určena pro ohřev vody. [1]

- a) tepelná čerpadla pro vytápění podléhají štítkování v souladu s Nařízením Komise 811/2013 a ekodesignu v souladu s Nařízením Komise 813/2013
- b) ohřivače vody s tepelným čerpadlem podléhají štítkování v souladu s Nařízením Komise 812/2013 a ekodesignu v souladu s Nařízením Komise 814/2013
- c) kombinovaná tepelná čerpadla podléhají štítkování v souladu s Nařízením Komise 811/2013 a ekodesignu v souladu s Nařízením Komise 813/2013
- d) tepelná čerpadla pro vytápění a ohřev teplé vody v externím zásobníku podléhají štítkování pouze jako tepelná čerpadla pro vytápění v souladu s Nařízením Komise 811/2013 a ekodesignu v souladu s Nařízením Komise 813/2013. Příprava teplé vody není hodnocena. [1]

Pokud tepelné čerpadlo nemá samostatný přívod studené vody, nelze jej řadit mezi ohřivače vody, ani mezi kombinované ohřivače. [1]

Zatímco v normě ČSN EN 14511 jsou tepelná čerpadla voda/voda a vzduch/voda rozlišovány dle teploty vody na výstupu jako nízkoteplotní (35 °C), středněteplotní (45 °C), vysokoteplotní (55 °C) a velmi vysokoteplotní (65 °C), Nařízením Komise 811/2013 a norma ČSN EN 14825 rozlišují pouze nízkoteplotní (35 °C) a středněteplotní (55 °C). [1]

Pro účely štítkování a ekodesignu tepelných čerpadel se tedy hodnotí nízkoteplotní tepelná čerpadla s návrhovou teplotou topné vody 35 °C a středněteplotní tepelná čerpadla s návrhovou teplotou topné vody 35 °C a 55 °C . [1]

4.1 Sezónní energetická účinnost vytápění

Základním hodnotícím kritériem všech zdrojů tepla popsaných v Nařízení Komise 811/2013 je sezónní energetická účinnost vytápění, která určuje efektivitu zdroje z hlediska využití neobnovitelné primární energie. Stanoví se jako: [8]

$$\eta_s = \frac{\text{SCOP}}{\text{CC}} - \sum F(i) \quad [\%]$$

- kde
- SCOP sezónní topný faktor [-]
 - CC převodní koeficient o hodnotě 2,5, odpovídá průměrnému evropskému faktoru neobnovitelné primární energie pro elektrickou energii [-]
 - F(1) korekční faktor, který zahrnuje negativní vliv regulace teploty uživatelem. Dle Sdělení Komise 2014/C 207/02 je v běžných aplikacích 1 až 5 %, předepsaná hodnota je 3 % [-]
 - F(2) korekční faktor, který zachycuje negativní vliv elektrického příkonu oběhových čerpadel použitých v okruhu výparníku. U tepelných čerpadel země/voda a voda/voda je uvažováno 5 %, vzduch/vzduch 0 %. [8]

4.2. Roční potřeba energie

V informačním listu tepelného čerpadla se uvádí roční potřeba elektrické energie pro vytápění, která se vyjádří v jednotkách neobnovitelné primární energie jako: [1]

$$Q_{HE} = \frac{Q_H}{\eta_s} \text{ [kWh]}$$

- kde
- Q_H roční potřeba tepla, stanovená pro hodnocené tepelné zatížení a klimatické podmínky [kWh]
 - η_s sezónní energetická účinnost vytápění [%]

4.3. Třídy sezónní energetické účinnosti

Na základě výsledků zkoušení a výpočtů uvedených výše se stanoví sezónní energetická účinnost pro průměrné klimatické podmínky a tepelnému čerpadlu se přiřadí třída sezónní energetické účinnosti. [1]

Dle Nařízení Komise 811/2013 se musí tepelné čerpadlo hodnotit i pro teplejší a chladnější klimatické podmínky z důvodu jednotného evropského trhu. Česká republika patří formálně do chladnější klimatické oblasti. [1]

Energetická třída v sobě nezahrnuje ekonomické náklady, ale deklaruje efektivitu využití neobnovitelné primární energie. Hodnoty energetické třídy jsou společné pro všechny zdroje tepla. Lze tedy porovnávat zdroje tepla s odlišnými primárními energiemi mezi sebou. Limity sezónní energetické účinnosti pro jejich uvedení na trh se však mohou lišit podle druhu. [1]

Tepelná čerpadla		Nízkoteplotní tepelná čerpadla	
Třída sezónní energetické účinnosti	Sezónní energetická účinnost vytápění [%]	Třída sezónní energetické účinnosti	Sezónní energetická účinnost vytápění [%]
A+++	$\eta_s \geq 150$	A+++	$\eta_s \geq 175$
A++	$125 \leq \eta_s < 150$	A++	$150 \leq \eta_s < 175$
A+	$98 \leq \eta_s < 125$	A+	$123 \leq \eta_s < 150$
A	$90 \leq \eta_s < 98$	A	$115 \leq \eta_s < 123$
B	$82 \leq \eta_s < 90$	B	$107 \leq \eta_s < 115$
C	$75 \leq \eta_s < 82$	C	$100 \leq \eta_s < 107$
D	$36 \leq \eta_s < 75$	D	$61 \leq \eta_s < 100$
E	$34 \leq \eta_s < 36$	E	$59 \leq \eta_s < 61$
F	$30 \leq \eta_s < 34$	F	$55 \leq \eta_s < 59$
G	$\eta_s < 30$	G	$\eta_s < 55$

Tab. 10 Rozdělení tepelných čerpadel do tříd energetické účinnosti [8]

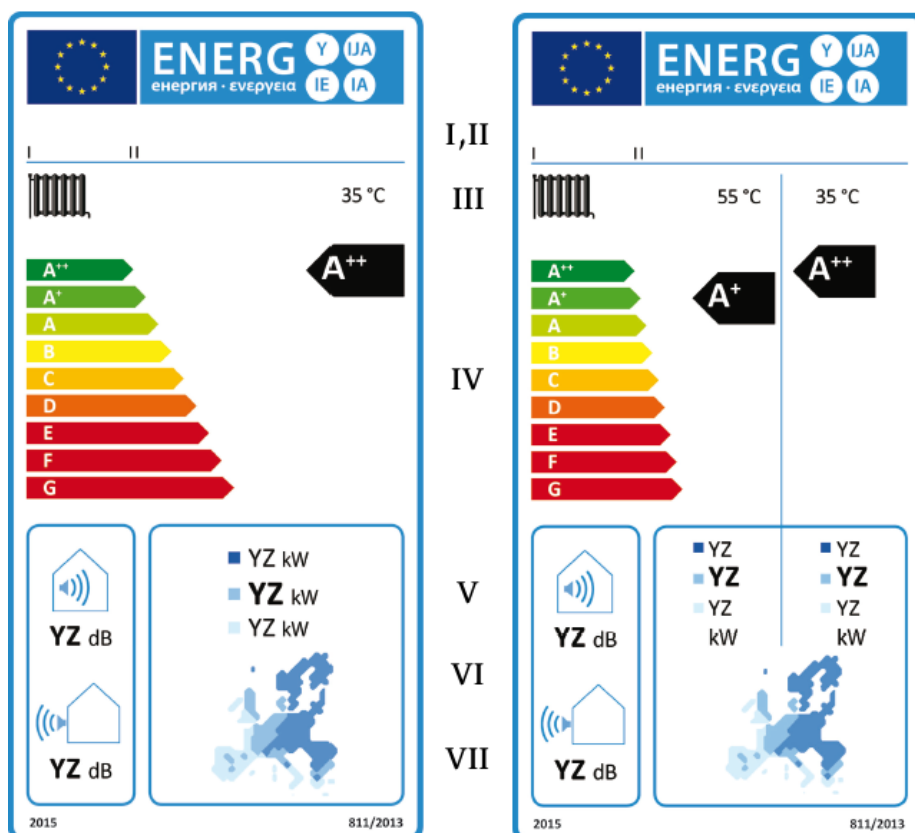
Třída sezónní energetické účinnosti	XS	S	M	L	XL
	Energetická účinnost ohřevu vody η_{wh} [%]				
A+++	$\eta_s \geq 69$	$\eta_s \geq 90$	$\eta_s \geq 163$	$\eta_s \geq 188$	$\eta_s \geq 200$
A++	$61 \leq \eta_s < 69$	$72 \leq \eta_s < 90$	$130 \leq \eta_s < 163$	$150 \leq \eta_s < 188$	$160 \leq \eta_s < 200$
A+	$53 \leq \eta_s < 61$	$55 \leq \eta_s < 72$	$100 \leq \eta_s < 130$	$115 \leq \eta_s < 150$	$123 \leq \eta_s < 160$
A	$38 \leq \eta_s < 53$	$38 \leq \eta_s < 55$	$65 \leq \eta_s < 100$	$75 \leq \eta_s < 115$	$80 \leq \eta_s < 123$
B	$35 \leq \eta_s < 38$	$35 \leq \eta_s < 38$	$39 \leq \eta_s < 65$	$50 \leq \eta_s < 75$	$55 \leq \eta_s < 80$
C	$32 \leq \eta_s < 35$	$32 \leq \eta_s < 35$	$36 \leq \eta_s < 39$	$37 \leq \eta_s < 50$	$38 \leq \eta_s < 55$
D	$29 \leq \eta_s < 32$	$29 \leq \eta_s < 32$	$33 \leq \eta_s < 36$	$34 \leq \eta_s < 37$	$35 \leq \eta_s < 38$
E	$26 \leq \eta_s < 29$	$26 \leq \eta_s < 29$	$30 \leq \eta_s < 33$	$30 \leq \eta_s < 34$	$30 \leq \eta_s < 35$
F	$23 \leq \eta_s < 26$	$23 \leq \eta_s < 26$	$27 \leq \eta_s < 30$	$37 \leq \eta_s < 30$	$37 \leq \eta_s < 30$
G	$\eta_s < 23$	$\eta_s < 23$	$\eta_s < 27$	$\eta_s < 27$	$\eta_s < 27$

Tab. 11 Rozdělení kombinovaných tepelných čerpadel do tříd energetické účinnosti [8]

4.4. Energetický štítek tepelného čerpadla pro vytápění

Na energetickém štítku musí být následující informace:

- I název a ochranná známka dodavatele
- II identifikační známka modelu
- III funkce vytápění pro:
 - a) u tepelného čerpadla středněteplotní a nízkoteplotní soustavu
 - a) u nízkoteplotního tepelného čerpadla nízkoteplotní soustavu
- IV třída sezónní energetické účinnosti za průměrných klimatických podmínek pro:
 - b) u tepelného čerpadla středněteplotní a nízkoteplotní soustavu
 - a) u nízkoteplotního tepelného čerpadla nízkoteplotní soustavu
- V jmenovitý tepelný výkon = návrhové tepelné zatížení $\Phi_{\text{design,h}}$ [kW] tepelného čerpadla, včetně jmenovitého výkonu všech přídatných ohříváčů za teplejších, průměrných a chladnějších klimatických podmínek pro:
 - c) u tepelného čerpadla středněteplotní a nízkoteplotní soustavu
 - d) u nízkoteplotního tepelného čerpadla nízkoteplotní soustavu
- VI teplotní mapa Evropy
- VII hladina akustického výkonu L_{WA} [dB] ve vnitřním prostoru (má-li význam) a ve vnějším prostoru

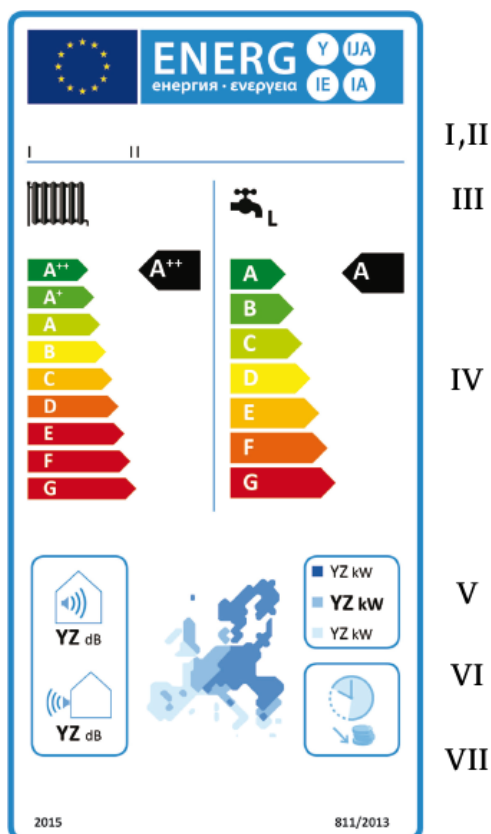


Obr. 4 Energetický štítek tepelného čerpadla pro vytápění, nízkoteplotní (vlevo), středněteplotní (vpravo) [8]

4.5. Energetický štítek kombinovaného tepelného čerpadla

Na energetickém štítku musí být následující informace:

- I název a ochranná známka dodavatele
- II identifikační známka modelu
- III funkce vytápění pro použití ve středněteplotní soustavě a funkce ohřevu vody včetně deklarovaného zátěžového profilu vyjádřeného příslušným písmenem
- IV třída sezónní energetické účinnosti vytápění samostatně pro použití ve středněteplotní soustavě při průměrných klimatických podmínkách a pro ohřev teplé vody při průměrných klimatických podmínkách
- V jmenovitý tepelný výkon = návrhové tepelné zatížení $\Phi_{\text{design,h}}$ [kW] tepelného čerpadla, včetně jmenovitého výkonu všech přídatných ohřivačů při teplejších, průměrných a chladnějších klimatických podmínkách
- VI teplotní mapa Evropy
- VII hladina akustického výkonu L_{WA} [dB] ve vnitřním prostoru (má-li význam) a ve vnějším prostoru
- VIII u kombinovaných ohřivačů v systémech s tepelným čerpadlem schopným pracovat pouze v období mimo špičku se může přidat uvedený piktogram [8]



Obr. 5 Energetický štítek kombinovaného tepelného čerpadla pro ohřev teplé vody a pro vytápění [8]

5. Značka kvality Q-label

Mimo povinného legislativního hodnocení tepelných čerpadel existuje v Evropě systém hodnocení známý jako Evropská značka kvality pro tepelná čerpadla Q-label, který byl vyvinutý Evropskou asociací pro tepelná čerpadla. Značka může být udělena tepelným čerpadlům poháněným elektrickou energií, určeným pro vytápění s možností ohřevu teplé vody i bez, odebírajícím teplo ze země, vzduchu nebo vody a výkonem do 100 kW. [1]

5.1. Historie

První značkou kvality tepelných čerpadel byla D-A-CH Label vyvinutá Německem, Rakouskem a Švýcarskem. Nezávisle si značku kvality vytvořila i Francie a Švédsko. Tyto značky však nebyly kompatibilní a nebylo tedy možná tepelná čerpadla z různých zemí mezi sebou porovnávat. Po založení Evropské asociace tepelných čerpadel v roce 2000 bylo v roce 2005 na konferenci v Paříži dohodnuto vytvoření jednotného systému posuzování tepelných čerpadel v celé Evropě. Byl pověřen tým špičkových odborníků pod vedením prof. Halozana z TU Graz, aby vypracoval a vydal jednotné metodické pokyny, jak se budou tepelná čerpadla zkoušet, jak se budou zpracovávat naměřené hodnoty a také jakým způsobem hodnotit z hlediska sledovaných parametrů. Jako základ byla použita již zmiňovaná D-A-Ch Label, protože byla nejpropracovanější. V roce 2008 byl pak zaveden jednotný evropský hodnoticí systém European Quality Label for Heat Pumps neboli Q-label. [1]



Obr. 6 Grafické provedení značky kvality pro tepelná čerpadla od EHPA [9]

5.2. Hodnoticí kritéria

- a) shoda všech komponent s předpisy EU
- b) minimální hodnota COP
- c) existence odborného prodeje, instalace a servisu, doložení servisní a provozní dokumentace v místním jazyce
- d) funkční servisní síť s 24hodinovou reakcí na reklamace
- e) záruka minimálně 2 roky a deklarace 10leté garance dostupnosti náhradních dílů

5.3. Minimální hodnoty COP

země/voda	B0/W35	4,3	(v souladu s EN 14511)
voda/voda	W10/W35	5,1	(v souladu s EN 14511)
vzduch/voda	A2/W35	3,1	(v souladu s EN 14511)
země/voda (přímé vypařování)	E4/W35	4,3	(v souladu s EN 15879-1)

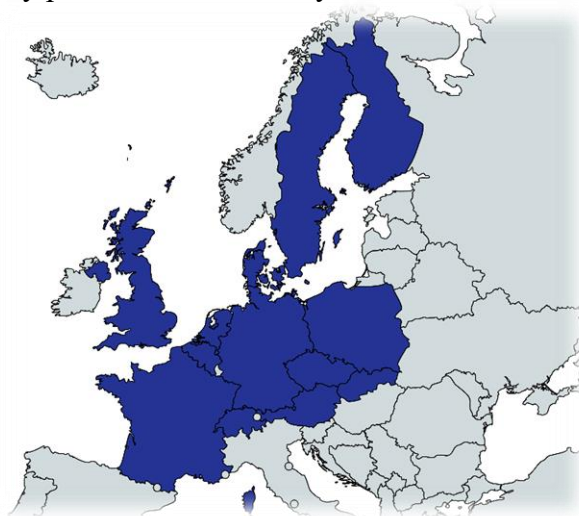
Zároveň platí, že hodnocená tepelná čerpadla musí vyhovovat požadavkům ekodesignu.

Označení: B – teplota solanky, W – teplota vody, A – teplota vzduchu [1]

5.4. Platnost značky kvality

Značka kvality se přiděluje na dobu 3 let a její platnost je uvedena v příslušném certifikátu. Důvodem je, že v průběhu doby mohou být provedeny změny v normách, ale i změny v předepsaných parametrech a pak je snahou, aby se upravily výrobky v souladu s těmito změnami a byla potvrzena platnost přidělené značky. [1]

Jednou přidělená značka v členské zemi EHPA je přenosná i do jiných členských zemí s tím, že se uznávají výsledky měření, ale národní komise v cílové zemi musí ověřit, zda jsou splněny i podmínky potřebné k uvedení výrobku na trh. [1]



Obr. 7 Mapa států podílejících se na hodnocení tepelných čerpadel v rámci Evropské značky kvality Q-Label, informace [9]

5.5. Význam značky kvality

Značka kvality Q-Label je dokumentem, který poskytuje zájemci garanci, že takto označený produkt prošel objektivním měřením parametrů, splňuje všechny předpisy zajišťující bezpečnost, ale disponuje i adekvátním servisem a náhradními díly. [1]

Závěr

Tepelná čerpadla jsou prezentována jako ekologická alternativa zdrojů tepla. Vzhledem k tomu, jak se momentálně vyrábí většina elektrické energie, je potřeba tepelná čerpadla důsledně vyrábět, provozovat a dimenzovat, aby ekologickými skutečně byla.

B. VÝPOČTOVÁ ČÁST

1. Analýza objektu

Tato práce řeší novostavbu administrativní budovy. Jedná se o dvoupodlažní nepodsklepený objekt s plochou střechou a celkovou zastavěnou plochou 503,2 m². Budova se nachází v Moravskoslezském kraji v městě Ostrava na ulici Mezi Domky v nadmořské výšce 220 metrů nad mořem. Výpočtová venkovní teplota v zimním období je -15 °C.

Konstrukční systém budovy je smíšený. Hlavní nosnou konstrukcí jsou ocelové sloupy a nosníky tvaru H. Stropní konstrukci tvoří prefabrikovaný předpjatý panel a zdivo tvoří pórobetonové tvarovky YTONG. Obvodový plášť je zateplen fasádním polystyrénem ISOVER EPS 70F. Příčky jsou zhotoveny z ocelových profilů, sádkartónu a minerální vaty. Výplně otvorů tvoří plastová okna a dveře s izolačním trojsklem.

Větrání celé budovy je řešeno centrální vzduchotechnickou jednotkou umístěnou na třetím nadzemním podlaží. Jednotka je vybavena výměníkem pro zpětné získávání tepla.

V prvním nadzemním podlaží se nachází kanceláře. Nacházejí se tady i prostory pro školení a předvádění produktů spolu s technickým zázemím, hygienickým zázemím a skladovacími prostory.

V druhém nadzemním podlaží se nachází jedna zasedací místnost a kanceláře spolu s hygienickým zázemím.

Ve třetím nadzemním podlaží se nachází pouze technická místnost pro vzduchotechnickou jednotku a vchod na střechu.

Zdrojem tepla je kaskáda tepelných čerpadel a teplou vodu zabezpečuje nepřímě ohřívání stacionární zásobník.

Systém vytápění je navržen ve dvou variantách. První variantou je systém mokrého podlahového vytápění a druhou variantou systém suchého stropního vytápění.

2. Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla udává množství tepla, které projde plochou 1 m² konstrukce, při rozdílu teplot prostředí před a za konstrukcí 1 K. Pro jeho výpočet je potřeba znát skladbu konstrukce, tloušťku a součinitele tepelné vodivosti jednotlivých vrstev a umístění konstrukce v budově. [10]

Tepelný odpor jedné vrstvy konstrukce

$$R_i = \frac{d_i}{\lambda_i} [\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}]$$

kde: d_i tloušťka vrstvy v konstrukci [m]
 λ_i součinitel tepelné vodivosti materiálu vrstvy [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$]

Tepelný odpor konstrukce

$$R = \sum_1^n \frac{d_i}{\lambda_i} [\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}]$$

Součinitel prostupu tepla konstrukcí

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_1^n \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{R_{si} + \sum_1^n \frac{d_i}{\lambda_i} + R_{se}} = \frac{1}{R_T} [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$$

kde: α_i součinitel přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]
 α_e součinitel přestupu tepla na vnější straně konstrukce [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]
 R_{si} tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$]
 R_{se} tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$]
 R_T celkový tepelný odpor konstrukce při prostupu tepla [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$]

[11]

2.1. Výpočet součinitele prostupu tepla stavebních konstrukcí

2.1.1. Svislé konstrukce

STN-1 Vnější stěna obvodová – 500 mm				
Interiér	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce, $R_{si} = 0,130$ [m ² K/W]			
Č.v.	Název materiálu	d_i [m]	λ_i [W/mK]	R_i [m ² K/W]
1	Vápenocementová omítka	0,015	0,990	0,015
2	YTONG LAMBDA YQ P2-300 PDK	0,375	0,213	1,761
3	Lepicí malta	0,002	0,220	0,009
4	Fasádní polystyrén ISOVER EPS 70 F	0,100	0,039	2,564
5	Perlitová omítka	0,005	0,051	0,098
Exteriér	Tepelný odpor při přestupu na vnější straně konstrukce, $R_{se} = 0,040$ [m ² K/W]			
	Celkový tepelný odpor konstrukce R_T	4,617	[m ² K/W]	
	Součinitel prostupu tepla konstrukcí U	0,217	[W/m ² K]	Posouzení:
	Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$	0,300	[W/m ² K]	Vyhovuje
	Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla $U_{rec,20}$	0,200	[W/m ² K]	Nevyhovuje

STN-2 Vnitřní stěna dělicí – 400 mm				
Interiér	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce, $R_{si} = 0,130$ [m ² K/W]			
Č.v.	Název materiálu	d_i [m]	λ_i [W/mK]	R_i [m ² K/W]
1	Vápenocementová omítka	0,015	0,990	0,015
2	YTONG LAMBDA YQ P2-300 PDK	0,375	0,213	1,761
3	Perlitová omítka	0,005	0,051	0,098
Exteriér	Tepelný odpor při přestupu na vnější straně konstrukce, $R_{se} = 0,040$ [m ² K/W]			
	Celkový tepelný odpor konstrukce R_T	2,044	[m ² K/W]	
	Součinitel prostupu tepla konstrukcí U	0,489	[W/m ² K]	Posouzení:
	Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$	2,700	[W/m ² K]	Vyhovuje
	Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla $U_{rec,20}$	1,800	[W/m ² K]	Vyhovuje

STN-3 Vnitřní stěna dělicí – 150 mm				
Interiér	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce, $R_{si} = 0,130$ [m ² K/W]			
Č.v.	Název materiálu	d_i [m]	λ_i [W/mK]	R_i [m ² K/W]
1	Sádrokartón	0,025	0,220	0,114
2	Minerální vata UNIROL PROFI	0,100	0,033	3,030
3	Sádrokartón	0,025	0,220	0,114
Exteriér	Tepelný odpor při přestupu na vnější straně konstrukce, $R_{se} = 0,040$ [m ² K/W]			
	Celkový tepelný odpor konstrukce R_T	3,428	[m ² K/W]	
	Součinitel prostupu tepla konstrukcí U	0,292	[W/m ² K]	Posouzení:
	Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$	2,700	[W/m ² K]	Vyhovuje
	Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla $U_{rec,20}$	1,800	[W/m ² K]	Vyhovuje

2.1.2. Vodorovné konstrukce

STR-1 Plochá střecha				
Interiér	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce, $R_{si} = 0,100$ [m ² K/W]			
Č.v.	Název materiálu	d_i [m]	λ_i [W/mK]	R_i [m ² K/W]
1	Vápenocementová omítka	0,015	0,990	0,015
2	Předpjatý železobetonový panel	0,200	1,050	0,190
3	Penetrace	-	-	-
4	Parozábrana z SBS mod. asf. pásu	0,004	0,210	0,019
5	Minerální vlna ve spádu 300 až 560 mm	0,300	0,040	7,5
6	Geotextílie	-	-	-
7	Hydroizolační fólie z měkčeného PVC	0,002	0,160	0,013
Exteriér	Tepelný odpor při přestupu na vnější straně konstrukce, $R_{se} = 0,040$ [m ² K/W]			
	Celkový tepelný odpor konstrukce R_T	7,877	[m ² K/W]	
	Součinitel prostupu tepla konstrukcí U	0,127	[W/m ² K]	Posouzení:
	Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$	0,240	[W/m ² K]	Vyhovuje
	Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla $U_{rec,20}$	0,160	[W/m ² K]	Vyhovuje

STR-2 Strop nad 1.NP – Keramická dlažba				
Interiér	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce, $R_{si} = 0,170$ [m ² K/W]			
Č.v.	Název materiálu	d_i [m]	λ_i [W/mK]	R_i [m ² K/W]
1	Keramická dlažba	0,005	1,010	0,005
2	Lepicí tmel	0,005	0,990	0,005
3	Penetrační nátěr	-	-	-
4	Litý potěr	0,060	1,160	0,052
5	Systémová deska podlahového vytápění	0,028	0,034	0,814
6	Předpjatý železobetonový panel	0,200	1,050	0,190
Exteriér	Tepelný odpor při přestupu na vnější straně konstrukce, $R_{se} = 0,170$ [m ² K/W]			
	Celkový tepelný odpor konstrukce R_T	1,406	[m ² K/W]	
	Součinitel prostupu tepla konstrukcí U	0,711	[W/m ² K]	Posouzení:
	Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$	2,200	[W/m ² K]	Vyhovuje
	Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla $U_{rec,20}$	1,450	[W/m ² K]	Vyhovuje

STR-3 Strop nad 1.NP – PVC				
Interiér	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce, $R_{si} = 0,170$ [m ² K/W]			
Č.v.	Název materiálu	d_i [m]	λ_i [W/mK]	R_i [m ² K/W]
1	PVC krytina	0,005	0,230	0,022
2	Mirelon	0,005	0,046	0,109
3	Vyrovnávací stěrka	0,002	1,200	0,002
4	Litý potěr	0,060	1,160	0,052
5	Systémová deska podlahového vytápění	0,028	0,034	0,814
6	Předpjatý železobetonový panel	0,200	1,050	0,190
Exteriér	Tepelný odpor při přestupu na vnější straně konstrukce, $R_{se} = 0,170$ [m ² K/W]			
	Celkový tepelný odpor konstrukce R_T	1,529	[m ² K/W]	
	Součinitel prostupu tepla konstrukcí U	0,654	[W/m ² K]	Posouzení:
	Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$	2,200	[W/m ² K]	Vyhovuje
	Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla $U_{rec,20}$	1,450	[W/m ² K]	Vyhovuje

PDL-1 Podlaha na zemině – Keramická dlažba				
Interiér	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce, $R_{si} = 0,170$ [m ² K/W]			
Č.v.	Název materiálu	d_i [m]	λ_i [W/mK]	R_i [m ² K/W]
1	Keramická dlažba	0,005	1,010	0,005
2	Lepicí tmel	0,005	0,990	0,005
3	Penetrační nátěr	-	-	-
4	Litý potěr	0,060	1,160	0,052
5	Systémová deska podlahového vytápění	0,028	0,034	0,814
6	Podlahový polystyrén ISOVER EPS 100	0,070	0,037	1,892
7	Hydroizolace z SBS mod. asf. pásů	0,007	0,210	0,033
Exteriér	Tepelný odpor při přestupu na vnější straně konstrukce, $R_{se} = 0,000$ [m ² K/W]			
	Celkový tepelný odpor konstrukce R_T	2,971	[m ² K/W]	
	Součinitel prostupu tepla konstrukcí U	0,337	[W/m ² K]	Posouzení:
	Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$	0,450	[W/m ² K]	Vyhovuje
	Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla $U_{rec,20}$	0,300	[W/m ² K]	Nevyhovuje

PDL-2 Podlaha na zemině – PVC				
Interiér	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce, $R_{si} = 0,170$ [m ² K/W]			
Č.v.	Název materiálu	d_i [m]	λ_i [W/mK]	R_i [m ² K/W]
1	PVC krytina	0,005	0,230	0,022
2	Mirelon	0,005	0,046	0,109
3	Vyrovnávací stěrka	0,002	1,200	0,002
4	Litý potěr	0,060	1,160	0,052
5	Systémová deska podlahového vytápění	0,028	0,034	0,814
6	Podlahový polystyrén ISOVER EPS 100	0,070	0,037	1,892
7	Hydroizolace z SBS mod. asf. pásů	0,007	0,210	0,033
Exteriér	Tepelný odpor při přestupu na vnější straně konstrukce, $R_{se} = 0,000$ [m ² K/W]			
	Celkový tepelný odpor konstrukce R_T	3,292	[m ² K/W]	
	Součinitel prostupu tepla konstrukcí U	0,304	[W/m ² K]	Posouzení:
	Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$	0,450	[W/m ² K]	Vyhovuje
	Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla $U_{rec,20}$	0,300	[W/m ² K]	Nevyhovuje

2.1.3. Výplně otvorů

$U_g = 0,76 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_f = 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\Psi_g = 0,032 \text{ W/mK}$	$U_{N,20} = 1,50 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{N20, rec} = 1,20 \text{ W/m}^2\text{K}$
------------------------------------	------------------------------------	-------------------------------	---	---

Ozn.	Rozměry	A_g	A_f	l_g	U	Posouzení
	[š/v, mm]	[m ²]	[m ²]	[m]	[W/m ² K]	
O-1	1200/2700	2,400	0,840	8,700	0,908	Vyhovuje
O-2	2000/750	1,235	0,265	5,100	0,911	Vyhovuje
O-3	2400/1750	3,596	0,604	10,900	0,877	Vyhovuje
O-4	450/1500	0,490	0,185	3,500	0,992	Vyhovuje
D-1	3150/2700	6,410	2,095	29,960	0,932	Vyhovuje
D-2	1000/2700	1,920	0,780	8,000	0,924	Vyhovuje
D-3	1950/2700	4,010	1,255	15,400	0,911	Vyhovuje
D-4	900/2100	0,000	1,890	0,000	1,000	Vyhovuje
D-5	-	-	-	-	2,000	Vyhovuje

2.1.4. Výsledky

Ozn.	Název konstrukce	U [W/m ² K]
STN-1	Vnější stěna obvodová – 500 mm	0,217
STN-2	Vnitřní stěna dělicí – 400 mm	0,489
STN-3	Vnitřní stěna dělicí – 150 mm	0,292
STR-1	Plochá střecha	0,127
STR-2	Strop nad 1.NP – Keramická dlažba	0,711
STR-3	Strop nad 1.NP – PVC	0,654
PDL-1	Podlaha na zemině – Keramická dlažba	0,337
PDL-2	Podlaha na zemině – PVC	0,304
O-1	Okno 1200/2700 mm	0,908
O-2	Okno 2000/750 mm	0,911
O-3	Okno 2400/1750 mm	0,877
O-4	Okno 450/1500 mm	0,992
D-1	Dveře 3150/2700 mm	0,932
D-2	Dveře 1000/2700 mm	0,924
D-3	Dveře 1950/2700 mm	0,911
D-4	Dveře 900/2100 mm	1,000
D-5	Vnitřní dveře	2,000

2.2 Posouzení průměrného součinitele prostupu tepla budovy

PODROBNÝ PROTOKOL K VÝPOČTU U_{am}

Základní informace o hodnocené budově

Identifikační údaje budovy	
Adresa budovy (místo, ulice, popisné číslo, PSČ):	Brno, Kořenského 25, 621 00
Katastrální území:	611646
Parcelní číslo:	1
Datum uvedení budovy do provozu (nebo předpokládané datum uvedení do provozu):	
Vlastník nebo stavebník:	VUT Brno Fakulta stavební
Adresa:	Veveří 331 602 00 Brno-Veveří
IČ:	420
Tel./e-mail:	/

Návrhové teploty

Parametr	jednotky	hodnota
Venkovní návrhová teplota v zimním období v místě stavby θ_e	[°C]	-15
Z1 - Administrativní budova	[°C]	20

Podíl prosklených ploch

Parametr	jednotky	hodnota
A_w : Výplně + prosklené části LOP k exteriéru se sklonem $\pm 30^\circ$ od svislé roviny	[m ²]	117,6
A_f : A_w + konstrukce k exteriéru se sklonem $\pm 30^\circ$ od svislé roviny	[m ²]	781,9
Poměr: A_w/A_f	[%]	15,0

Geometrické charakteristiky budovy

Parametr	jednotky	hodnota
Objem budovy V (objem částí budovy s upravovaným vnitřním prostředím vymezený vnějšími povrchy konstrukcí obálky budovy)	[m ³]	3 790,0
Celková plocha obálky budovy A (součet vnějších ploch konstrukcí ohraničujících objem budovy V)	[m ²]	1 790,3
Objemový faktor tvaru budovy A/V	[m ² /m ³]	0,47
Celková energeticky vztažná plocha budovy A_c	[m ²]	1 050,0

Měrná tepelná ztráta a součinitel prostupu tepla

Konstrukce obálky budovy (ZÓNA Z1)	Referenční budova $\theta_i = 20\text{ °C}$				Hodnocená budova $\theta_i = 20\text{ °C}$			
	Plocha A [m ²]	Součinitel prostupu tepla U_R [W/(m ² K)]	Redukční činitel b [-]	Měrná ztráta prostupem tepla H_T [W/K]	Plocha A [m ²]	Součinitel prostupu tepla U [W/(m ² K)]	Redukční činitel b [-]	Měrná ztráta prostupem tepla H_T [W/K]
STN-1 1-EXT STN-1 S Vnější stěna obvodová - 500 mm	164,1	0,21	1,00	34,47	164,1	0,22	1,00	35,62
STR-2 1-EXT STR-1 Plochá střecha	504,2	0,17	1,00	84,71	504,2	0,13	1,00	64,03
VYP-5 1-EXT O-1 V Okno 1200/2700 mm	3,2	1,05	1,00	3,40	3,2	0,91	1,00	2,94
VYP-6 1-EXT O-2 S Okno 2000/750 mm	3,0	1,05	1,00	3,15	3,0	0,91	1,00	2,73
VYP-7 1-EXT O-3 S Okno 2400/1750 mm	33,6	1,05	1,00	35,28	33,6	0,88	1,00	29,48
VYP-8 1-EXT O-4 V Okno 450/1500 mm	2,7	1,05	1,00	2,84	2,7	0,99	1,00	2,68
VYP-9 1-EXT D-1 S Dveře 3150/2700 mm	7,6	1,05	1,00	7,94	7,6	0,93	1,00	7,05
VYP-10 1-EXT D-2 J Dveře 1000/2700 mm	2,7	1,05	1,00	2,84	2,7	0,92	1,00	2,50
VYP-11 1-EXT D-3 J Dveře 1950/2700 mm	5,3	1,05	1,00	5,53	5,3	0,91	1,00	4,80
VYP-12 1-EXT O-2 V Okno 2000/750 mm	1,5	1,05	1,00	1,58	1,5	0,91	1,00	1,37
VYP-13 1-EXT O-3 V Okno 2400/1750 mm	12,6	1,05	1,00	13,23	12,6	0,88	1,00	11,05
VYP-14 1-EXT O-3 J Okno 2400/1750 mm	25,2	1,05	1,00	26,46	25,2	0,88	1,00	22,11

Měrná tepelná ztráta a součinitel prostupu tepla

VYP-15 1-EXT O-3 Z Okno 2400/1750 mm	8,4	1,05	1,00	8,82	8,4	0,88	1,00	7,37
VYP-16 1-EXT O-4 J Okno 450/1500 mm	10,1	1,05	1,00	10,64	10,1	0,99	1,00	10,05
STN-17 1-EXT STN-1 V Vnější stěna obvodová - 500 mm	157,6	0,21	1,00	33,09	157,6	0,22	1,00	34,19
STN-18 1-EXT STN-1 J Vnější stěna obvodová - 500 mm	173,4	0,21	1,00	36,42	173,4	0,22	1,00	37,64
STN-19 1-EXT STN-1 Z Vnější stěna obvodová - 500 mm	169,2	0,21	1,00	35,53	169,2	0,22	1,00	36,72
VYP-20 1-EXT D-4 J Dveře 900/2100 mm	1,7	1,05	1,00	1,76	1,7	1,00	1,00	1,68
Přirážky na tepelné vazby	$\Delta U_{em} = 0,014$ [W/(m ² K)] $\Delta U_{em} = 0,014 * 1$ 286,1		1,00	18,01	$\Delta U_{em} = 0,020$ [W/(m ² K)] $\Delta U_{em} = 0,020 * 1$ 286,1		1,00	25,72
PDL(z)-3 1-ZEM PDL-1 Podlaha na zemini - Keramická dlažba	185,2	0,32	0,43	25,00	185,2	0,34	0,43	26,75
Přirážky na tepelné vazby	$\Delta U_{em} = 0,014$ $\Delta U_{em} = 0,014 * 185,2$		0,43	1,11	$\Delta U_{em} = 0,020$ [W/(m ² K)] $\Delta U_{em} = 0,020 * 185,2$		0,43	1,59
PDL(z)-4 1-ZEM PDL-2 Podlaha na zemini - PVC	319,0	0,32	0,43	43,07	319,0	0,30	0,43	41,56
Přirážky na tepelné vazby	$\Delta U_{em} = 0,014$ $\Delta U_{em} = 0,014 * 319,0$		0,43	1,91	$\Delta U_{em} = 0,020$ [W/(m ² K)] $\Delta U_{em} = 0,020 * 319,0$		0,43	2,73
Celkem bez vlivu ΔU_{em}	1 790,3	-	-	415,74	1 790,3	-	-	382,30
tepelné vazby ²⁾	$\Sigma \Delta U_{em}$			21,03	$\Sigma \Delta U_{em}$			30,04
celková měrná tepelná ztráta prostupem tepla	-	-	-	436,77	-	-	-	412,35

- 1) Hodnota referenčního součinitele prostupu tepla U_R těchto konstrukcí byla zastropena maximální hodnotou $U_{R,max}$ v důsledku podílu zasklení obvodového pláště hodnocené budovy více jak 40%.
- 2) V případě referenční budovy je vliv tepelných vazeb u obalových konstrukcí stanoven přírážkou $f_R * 0,02 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$.
- 3) V případě, že vnitřní návrhová teplota zóny Θ_i je mimo interval $18^\circ\text{C} \leq \Theta_{im} \leq 22^\circ\text{C}$, přenásobí se (kromě činitelem f_R dle typu referenční budovy) součinitel prostupu tepla konstrukce $U_{N,20}$ i činitelem $e=16/ABS(\Theta_i - 4)$. Současně platí, že $e_{MAX}=1,75$ a $e_{MIN}=0,75$ z důvodu generování reálných referenčních hodnot pro referenční budovu. V případě, že vnitřní návrhová teplota zóny Θ_i je v intervalu $18^\circ\text{C} \leq \Theta_{im} \leq 22^\circ\text{C}$ je činitel $e=1,00$. V případě, že u konstrukce byl zvolen normový požadavek na součinitel prostupu tepla $U_{N,20}$ „z temperovaného prostoru do exteriéru“ nebo „z temperovaného prostoru k nevytápěnému prostoru“, přenásobení požadovaného součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$ činitelem „e“ se neprovádí, resp. $e=1,00$. Stejně tak se požadavek nepřepočítává ($e=1,00$), pokud u konstrukce byl zvolen normový požadavek na součinitel prostupu tepla na konstrukci $U_{N,20}$ „stěna/strop mezi prostory s rozdílem do 10°C , resp. do 5°C “. Tento požadavek také není závislý na výši teploty v posuzované zóně, pouze na rozdílu teplot mezi prostory.
- 4) Plocha a měrná ztráta nebo měrný zisk této vnitřní dělicí konstrukce se nezahrnují dle vyhlášky o ENB do výpočtu průměrného součinitele prostupu tepla budovy.
- 5) Plocha a měrný zisk této konstrukce k sousední budově/prostoru se nezahrnují dle vyhlášky o ENB do výpočtu průměrného součinitele prostupu tepla budovy (platí pro konstrukce s $H_T \leq 0,00 \text{ W/K}$).
- 6) Minimální referenční měrná tepelná ztráta konstrukcí přilehlých k zemině byla omezena dle podmínky vyhlášky o ENB: $H_{T,R,min} = \Sigma (A \cdot U_R \cdot (\theta_i - 5) / (\theta_i - \theta_e))$.
- 7) Konstrukce s adiabatickou okrajovou podmínkou se nezapočítává do výpočtu průměrného součinitele prostupu tepla.

Průměrný součinitel prostupu tepla budovy

Zóna / budova	$U_{em,Z,R}$	$U_{em,Z}$	Poměr $U_{em} / U_{em,R}$
	$\text{W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	$\text{W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	
Z1 - Administrativní budova	0,244	0,230	94,41 %
budova celkem	0,244	0,230	94,41 %
budova splňuje požadavek $U_{em,R}$ vybrané referenční budovy:			ANO

Budova	Průměrný součinitel prostupu tepla budovy		
	$U_{em,R,class}$	U_{em}	Klasifikační třída
	$\text{W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	$\text{W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	
Budova celkem	0,244	0,230	C

Klasifikační třídy	Průměrný součinitel prostupu tepla budovy	Slovní vyjádření klasifikační třídy
A	$U_{em} \leq 0,70 * U_{em,R,class}$	mimořádně úsporná
B	$0,70 * U_{em,R,class} < U_{em} \leq 0,90 * U_{em,R,class}$	velmi úsporná
C	$0,90 * U_{em,R,class} < U_{em} \leq 1,20 * U_{em,R,class}$	úsporná
D	$1,20 * U_{em,R,class} < U_{em} \leq 1,70 * U_{em,R,class}$	méně úsporná
E	$1,70 * U_{em,R,class} < U_{em} \leq 2,30 * U_{em,R,class}$	nehospodárná
F	$2,30 * U_{em,R,class} < U_{em} \leq 2,90 * U_{em,R,class}$	velmi nehospodárná
G	$U_{em} > 2,90 * U_{em,R,class}$	mimořádně nehospodárná

KLASIFIKACE PRŮMĚRNÉHO SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA OBÁLKY BUDOVY		
Typ budovy:	Administrativní budova	Hodnocení obálky budovy
Adresa budovy (místo, ulice, popisné číslo, PSČ):	Kořenského 25 621 00, Brno	
Katastrální území:	611646	
Parcelní číslo:	1	
Celková podlahová plocha $A_c = 1050$ [m ²]	hodnocená	doporučení
<p>mimořádně úsporná</p> <p>0,17</p> <p>0,22</p> <p>0,29</p> <p>0,41</p> <p>0,56</p> <p>0,71</p> <p>mimořádně neekonomická</p>	0,230	
KLASIFIKACE	C	-
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{em} [W/(m ² K)] $U_{em} = H_t/A$	0,230	-
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy $U_{em,R,class}$ W/(m ² .K) typu referenční budovy určené vyhláškou o ENB pro klasifikaci.	0,244	-
Platnost štítku do (datum):	20.12.2033 (nebo do změny obálky budovy)	
Jméno a příjmení:	Bc. Miroslav Bros	

3. Výpočet tepelných ztrát

Pro návrh topných ploch je potřebný přesný výpočet tepelných ztrát, který stanoví tepelnou ztrátu, nebo zisk každé jednotlivé místnosti v budově a jejich součtem pak celkovou tepelnou ztrátu budovy. [10]

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí

$$H_{T,ie} = \sum A_k * U_{kc} * e_k \text{ [W.K}^{-1}\text{]}$$

- kde: A_k plocha konstrukce [m^2]
 U_{kc} opravený součinitel prostupu tepla zahrnující lineární tepelné mosty
 $U_{kc} = U_k + \Delta U_{tb}$ [$\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$]
 U_k součinitel prostupu tepla konstrukce [$\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$]
 ΔU_{tb} korekční součinitel [$\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$]
 e_k korekční součinitel pro klimatické podmínky [-]

Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou

$$H_{T,ij} = \sum f_{ij} * A_k * U_{kc} \text{ [W.K}^{-1}\text{]}$$

- kde: f_{ij} činitel teplotní redukce zahrnující rozdíl mezi teplotou přilehlého prostoru a venkovní výpočtovou teplotou $f_{ij} = (\theta_{int,i} - \theta_{int,j}) / (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [-]
 $\theta_{int,i}$ výpočtová vnitřní teplota místnosti [$^{\circ}\text{C}$]
 $\theta_{int,j}$ výpočtová vnitřní teplota přilehlé místnosti [$^{\circ}\text{C}$]
 θ_e výpočtová venkovní teplota v zimním období [$^{\circ}\text{C}$]

Měrná tepelná ztráta do zeminy

$$H_{T,ig} = f_{g1} * f_{g2} * \left(\sum A_k * U_{equiv,k} \right) * G_w \text{ [W.K}^{-1}\text{]}$$

- kde: f_{g1} opravný součinitel uvažující vliv roční změny venkovní teploty (1,45) [-]
 f_{g2} opravný teplotní součinitel zahrnující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou
 $f_{g2} = (\theta_{int,i} - \theta_{m,e}) / (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [-]
 $U_{equiv,k}$ ekvivalentní součinitel prostupu tepla konstrukce v styku se zeminou [-]
 G_w opravný součinitel vlivu spodní vody [-]
 $\theta_{m,e}$ průměrná teplota v topném období [$^{\circ}\text{C}$]

Tepelná ztráta prostupem

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

Tepelná ztráta infiltrací

$$\Phi_{V,inf,i} = \frac{\rho * c}{3600} * 2 * V_{m,i} * n_{50} * e_i * \varepsilon_i * (\theta_{int,i} - \theta_e) \text{ [W]}$$

- kde: $V_{m,i}$ objem místnosti [m^3]
 n_{50} intenzita výměny vzduchu jako výsledek rozdílu tlaku mezi vnitřním a venkovním prostředím 50 Pa. [-]
 e_i stínící součinitel [-]
 ε_i korekční součinitel na výšku od úrovně terénu [-]
 ρ měrná hmotnost vzduchu [$kg \cdot m^{-3}$]
 c měrná tepelná kapacita vzduchu [$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$]

Tepelná ztráta minimálního objemového toku z hygienických důvodů

$$\Phi_{V,min,i} = \frac{\rho * c}{3600} * n_{min} * V_{m,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e) \text{ [m}^3 \cdot h^{-1}]$$

- kde: n_{min} nejmenší intenzita výměny vzduchu [h^{-1}]

Tepelná ztráta nuceným větráním

$$\Phi_{V,n,i} = \frac{\rho * c}{3600} * V_{n,i} * (\theta_{int,i} - \theta_{n,i}) \text{ [W]}$$

- kde: $V_{n,i}$ objemový tok vzduchu nuceného větrání [$m^3 \cdot h^{-1}$]
 $\theta_{n,i}$ teplota přiváděného vzduchu [-]

Tepelná ztráta větráním v místnosti s přirozeným větráním

$$\Phi_{V,i} = \max\{\Phi_{V,inf,i}, \Phi_{V,min,i}\} \text{ [W]}$$

Tepelná ztráta větráním v místnosti s větracím systémem

$$\Phi_{V,i} = \Phi_{V,inf,i} + \Phi_{V,n,i} \text{ [W]}$$

Potřebný tepelný výkon místnosti

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

[11]

3.1. Výpočet potřebného tepelného výkonu jednotlivých místností

Místnosti č. 101 - Zádveří

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$H_{T,ie,k}$
O-1	Okno 1200/2700 mm	3,78	0,908	0,00	0,908	1,00	3,43
D-1	Dveře 3150/2700 mm	9,11	0,932	0,00	0,932	1,00	8,49
STN-1	Vnější stěna	3,82	0,217	0,02	0,237	1,00	0,91
Celková měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí $H_{T,ie}$							12,83

Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou						
Ozn.	Popis	A_k	U_{kc}	$\theta_{int,j}$	f_{ij}	$H_{T,ij,k}$
D-1	Dveře 3150/2700 mm	8,37	0,932	15	-0,20	-1,56
STN-2	Vnitřní stěna 400 mm	10,40	0,509	15	-0,20	-1,06
STR-2	Strop nad 1.NP – KD	6,00	0,731	15	-0,20	-0,88
Celková měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou $H_{T,ij}$						-3,5

Měrná tepelná ztráta do zeminy						
Ozn.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL-1	Podlaha na zemině – KD	6,00	0,206	1,45	0,2	1,00
Celková měrná tepelná ztráta do zeminy $H_{T,ig}$						0,36

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
10	-15	25	9,69	242 W

Tepelná ztráta infiltrací				
$V_{m,i}$	n_{50}	e_i	ϵ_i	$\Phi_{V,inf,i}$
13,77	1	0,02	1	4,68 W

Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$				5 W
--------------------------------------	--	--	--	------------

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i				247 W
---	--	--	--	--------------

Místnosti č. 102+201+301 – Recepce se schodištěm

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{ke}	e_k	$H_{T,ie,k}$
STN-1	Vnější stěna 500 mm	149,57	0,217	0,02	0,237	1,00	35,45
O-2	Okno 2000/750 mm	4,5	0,911	0,00	0,911	1,00	4,10
D-4	Dveře 900/2100 mm	1,89	1,000	0,00	1,000	1,00	1,89
STR-1	Plochá střecha	20,89	0,127	0,02	0,147	1,00	3,07
Celková měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí $H_{T,ie}$							44,51

Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou						
Ozn.	Popis	A_k	U_{ke}	$\theta_{int,j}$	f_{ij}	$H_{T,ij,k}$
STN-2	Vnitřní stěna 400 mm	10,40	0,509	10	0,17	0,90
D-1	Dveře 3150/2700 mm	8,37	0,932	10	0,17	1,33
STR-2	Strop nad 1.NP – KD	6,00	0,731	10	0,17	0,75
STN-2	Vnitřní stěna 400 mm	54,64	0,509	20	-0,17	-4,73
D-5	Vnitřní dveře	7,50	2,000	20	-0,17	-2,55
Celková měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou $H_{T,ij}$						-4,3

Měrná tepelná ztráta do zeminy						
Ozn.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL-1	Podlaha na zemině – KD	37,62	0,206	1,45	0,33	1,00
Celková měrná tepelná ztráta do zeminy $H_{T,ig}$						3,71

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
15	-15	30	43,92	1318 W

Tepelná ztráta infiltrací				
$V_{m,i}$	n_{50}	e_i	ϵ_i	$\Phi_{V,inf,i}$
173,66	1	0,02	1	71 w

Tepelná ztráta nuceným větráním				
$V_{n,i}$	$\theta_{int,i}$	$\theta_{n,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_{n,i}$	$\Phi_{V,n,i}$
100	15	9,5	5,5	187 W

Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$				258 W
--------------------------------------	--	--	--	--------------

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i				1576 W
---	--	--	--	---------------

Místnosti č. 103 – Chodba

Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou						
Ozn.	Popis	A_k	U_{kc}	$\theta_{int,i}$	f_{ij}	$H_{T,ij,k}$
STN-2	Vnitřní stěna 400 mm	14,48	0,509	15	0,14	1,03
STN-3	Vnitřní stěna 150 mm	5,38	0,312	15	0,14	0,23
D-5	Vnitřní dveře	5,7	2,000	15	0,14	1,60
Celková měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou $H_{T,ij}$						2,86

Měrná tepelná ztráta do zeminy						
Ozn.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL-2	Podlaha na zemině – PVC	58,72	0,192	1,45	0,43	1,00
Celková měrná tepelná ztráta do zeminy $H_{T,ig}$						7,03

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
20	-15	35	9,89	346 W

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i	346 W
---	--------------

Místnosti č. 104 – Kancelář

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$H_{T,ie,k}$
STN-1	Vnější stěna 500 mm	29,31	0,217	0,02	0,237	1,00	6,95
O-3	Okno 2400/1750 mm	4,20	0,877	0,00	0,877	1,00	3,68
Celková měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí $H_{T,ie}$							10,63

Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou						
Ozn.	Popis	A_k	U_{kc}	$\theta_{int,j}$	f_{ij}	$H_{T,ij,k}$
STN-2	Vnitřní stěna 400 mm	2,42	0,509	15	0,14	0,17
Celková měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou $H_{T,ij}$						0,17

Měrná tepelná ztráta do zeminy						
Ozn.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL-2	Podlaha na zemině – PVC	25,08	0,192	1,45	0,43	1,00
Celková měrná tepelná ztráta do zeminy $H_{T,ig}$						3,00

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
20	-15	35	13,8	483 W

Tepelná ztráta infiltrací				
$V_{m,i}$	n_{50}	e_i	ϵ_i	$\Phi_{V,inf,i}$
51,3	1	0,02	1	24 W

Tepelná ztráta nuceným větráním				
$V_{n,i}$	$\theta_{int,i}$	$\theta_{n,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_{n,i}$	$\Phi_{V,n,i}$
100	20	9,5	10,5	357 W

Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$				381 W
--------------------------------------	--	--	--	--------------

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i				864 W
---	--	--	--	--------------

Místnosti č. 105 – Kancelář

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$H_{T,ie,k}$
STN-1	Vnější stěna 500 mm	11,38	0,217	0,02	0,237	1,00	2,70
O-3	Okno 2400/1750 mm	4,2	0,877	0,00	0,877	1,00	3,68
Celková měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí $H_{T,ie}$							6,38

Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou						
Ozn.	Popis	A_k	U_{kc}	$\theta_{int,j}$	f_{ij}	$H_{T,ij,k}$
STR-3	Strop nad 1.NP – PVC	8,9	0,674	15	0,14	0,84
Celková měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou $H_{T,ij}$						0,84

Měrná tepelná ztráta do zeminy						
Ozn.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL-2	Podlaha na zemině – PVC	25,92	0,192	1,45	0,43	1,00
Celková měrná tepelná ztráta do zeminy $H_{T,ig}$						3,10

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
20	-15	35	10,32	361 W

Tepelná ztráta infiltrací				
$V_{m,i}$	n_{50}	e_i	ϵ_i	$\Phi_{V,inf,i}$
59,4	1	0,02	1	28 W

Tepelná ztráta nuceným větráním				
$V_{n,i}$	$\theta_{int,i}$	$\theta_{n,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_{n,i}$	$\Phi_{V,n,i}$
100	20	9,5	10,5	357 W

Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$				385 W
--------------------------------------	--	--	--	--------------

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i				746 W
---	--	--	--	--------------

Místnosti č. 106 – Kancelář

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$H_{T,ie,k}$
STN-1	Vnější stěna 500 mm	12,6	0,217	0,02	0,237	1,00	2,99
O-3	Okno 2400/1750 mm	4,2	0,877	0,00	0,877	1,00	3,68
Celková měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí $H_{T,ie}$							6,67

Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou						
Ozn.	Popis	A_k	U_{kc}	$\theta_{int,j}$	f_{ij}	$H_{T,ij,k}$
STR-2	Strop nad 1.NP – KD	14,64	0,731	15	0,14	1,50
Celková měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou $H_{T,ij}$						1,50

Měrná tepelná ztráta do zeminy						
Ozn.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL-2	Podlaha na zemině – PVC	27,85	0,192	1,45	0,43	1,00
Celková měrná tepelná ztráta do zeminy $H_{T,ig}$						3,33

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
20	-15	35	11,5	403 W

Tepelná ztráta infiltrací				
$V_{m,i}$	n_{50}	e_i	ϵ_i	$\Phi_{V,inf,i}$
64,8	1	0,02	1	31 W

Tepelná ztráta nuceným větráním				
$V_{n,i}$	$\theta_{int,i}$	$\theta_{n,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_{n,i}$	$\Phi_{V,n,i}$
100	20	9,5	10,5	357 W

Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$				388 W
--------------------------------------	--	--	--	--------------

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i				791 W
---	--	--	--	--------------

Místnosti č. 107 – WC Ženy

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$H_{T,ie,k}$
STN-1	Vnější stěna 500 mm	24,93	0,217	0,02	0,237	1,00	5,91
O-4	Okno 450/1500 mm	2,03	0,992	0,00	0,992	1,00	2,01
Celková měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí $H_{T,ie}$							7,92

Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou						
Ozn.	Popis	A_k	U_{kc}	$\theta_{int,j}$	f_{ij}	$H_{T,ij,k}$
STN-3	Vnitřní stěna 150 mm	9,36	0,312	15	0,14	0,41
Celková měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou $H_{T,ij}$						0,41

Měrná tepelná ztráta do zeminy						
Ozn.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL-1	Podlaha na zemině – KD	14,6	0,206	1,45	0,43	1,00
Celková měrná tepelná ztráta do zeminy $H_{T,ig}$						1,88

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
20	-15	35	10,21	357 W

Tepelná ztráta infiltrací				
$V_{m,i}$	n_{50}	e_i	ϵ_i	$\Phi_{V,inf,i}$
27	1	0,02	1	13 W

Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$				13 W
--------------------------------------	--	--	--	-------------

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i				370 W
---	--	--	--	--------------

Místnosti č. 108 – Úklidová místnost

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$H_{T,ie,k}$
STN-1	Vnější stěna 500 mm	6,50	0,217	0,02	0,237	1,00	1,54
O-4	Okno 450/1500 mm	0,68	0,992	0,00	0,992	1,00	0,67
Celková měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí $H_{T,ie}$							2,21

Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou						
Ozn.	Popis	A_k	U_{kc}	$\theta_{int,j}$	f_{ij}	$H_{T,ij,k}$
STR-2	Strop nad 1.NP – KD	8,9	0,731	20	-0,17	-1,11
STN-3	Vnitřní stěna 150 mm	5,38	0,312	20	-0,17	-0,29
D-5	Vnitřní dveře	1,8	2,000	20	-0,17	-0,61
Celková měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou $H_{T,ij}$						-2,01

Měrná tepelná ztráta do zeminy						
Ozn.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL-1	Podlaha na zemině – KD	5,50	0,206	1,45	0,33	1,00
Celková měrná tepelná ztráta do zeminy $H_{T,ig}$						0,54

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
15	-15	30	0,74	22 W

Tepelná ztráta infiltrací				
$V_{m,i}$	n_{50}	e_i	ϵ_i	$\Phi_{V,inf,i}$
10,26	1	0,02	1	4 W

Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$				4 W
--------------------------------------	--	--	--	------------

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i				26 W
---	--	--	--	-------------

Místnosti č. 109 – WC Invalidi

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$H_{T,ie,k}$
STN-1	Vnější stěna 500 mm	5,83	0,217	0,02	0,237	1,00	1,38
O-4	Okno 450/1500 mm	1,35	0,992	0,00	0,992	1,00	1,34
Celková měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí $H_{T,ie}$							2,72

Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou						
Ozn.	Popis	A_k	U_{kc}	$\theta_{int,j}$	f_{ij}	$H_{T,ij,k}$
STN-3	Vnitřní stěna 150 mm	9,36	0,312	15	0,14	0,41
Celková měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou $H_{T,ij}$						0,41

Měrná tepelná ztráta do zeminy						
Ozn.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL-1	Podlaha na zemině – KD	5,48	0,206	1,45	0,43	1,00
Celková měrná tepelná ztráta do zeminy $H_{T,ig}$						0,70

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
20	-15	35	3,83	134 W

Tepelná ztráta infiltrací				
$V_{m,i}$	n_{50}	e_i	ϵ_i	$\Phi_{V,inf,i}$
10,26	1	0,02	1	5 W

Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$				5 W
--------------------------------------	--	--	--	------------

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i				139 W
---	--	--	--	--------------

Místnosti č. 110 – WC Muži

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{ke}	e_k	$H_{T,ie,k}$
STN-1	Vnější stěna 500 mm	10,92	0,217	0,02	0,237	1,00	2,59
O-4	Okno 450/1500 mm	2,03	0,992	0,00	0,992	1,00	2,01
Celková měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí $H_{T,ie}$							4,60

Měrná tepelná ztráta do zeminy						
Ozn.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL-1	Podlaha na zemině – KD	16,00	0,206	1,45	0,43	1,00
Celková měrná tepelná ztráta do zeminy $H_{T,ig}$						2,06

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
20	-15	35	6,66	233 W

Tepelná ztráta infiltrací				
$V_{m,i}$	n_{50}	e_i	ϵ_i	$\Phi_{V,inf,i}$
35,1	1	0,02	1	17 W

Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$				17 W
--------------------------------------	--	--	--	-------------

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i			250 W
---	--	--	--------------

Místnosti č. 111 - Kuchyňka

Měrná tepelná ztráta do zeminy						
Ozn.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL-1	Podlaha na zemině – KD	17,76	0,206	1,45	0,43	1,00
Celková měrná tepelná ztráta do zeminy $H_{T,ig}$						2,28

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
20	-15	35	2,28	80 W

Tepelná ztráta nuceným větráním				
$V_{n,i}$	$\theta_{int,i}$	$\theta_{n,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_{n,i}$	$\Phi_{V,n,i}$
100	20	9,5	10,5	357 W

Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$				357 W
--------------------------------------	--	--	--	--------------

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i			437 W
---	--	--	--------------

Místnosti č. 112 – Chodba

Měrná tepelná ztráta do zeminy						
Ozn.	Popis	A_k	$U_{equiv.k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL-2	Podlaha na zemině – PVC	7,40	0,192	1,45	0,43	1,00
Celková měrná tepelná ztráta do zeminy $H_{T,ig}$						0,89

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
20	-15	35	0,89	31 W

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i	31 W
---	-------------

Místnosti č. 113 – Malá zasedací místnost

Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou						
Ozn.	Popis	A_k	U_{kc}	$\theta_{int,j}$	f_{ij}	$H_{T,ij,k}$
STN-2	Vnitřní stěna 400 mm	12,95	0,509	15	0,14	0,92
Celková měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou $H_{T,ij}$						0,92

Měrná tepelná ztráta do zeminy						
Ozn.	Popis	A_k	$U_{equiv.k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL-2	Podlaha na zemině – PVC	23,63	0,192	1,45	0,43	1,00
Celková měrná tepelná ztráta do zeminy $H_{T,ig}$						2,83

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
20	-15	35	3,75	131 W

Tepelná ztráta nuceným větráním				
$V_{n,i}$	$\theta_{int,i}$	$\theta_{n,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_{n,i}$	$\Phi_{V,n,i}$
150	20	9,5	10,5	536 W

Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$	536 W
--------------------------------------	--------------

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i	667 W
---	--------------

Místnosti č. 114 -Praktická učebna

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{ke}	e_k	$H_{T,ie,k}$
STN-1	Vnější stěna 500 mm	10,90	0,271	0,02	0,237	1,00	2,58
O-3	Okno 2400/1750 mm	4,20	0,887	0,00	0,887	1,00	3,68
Celková měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí $H_{T,ie}$							6,26

Měrná tepelná ztráta do zeminy						
Ozn.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL-2	Podlaha na zemině – PVC	53,24	0,192	1,45	0,43	1,00
Celková měrná tepelná ztráta do zeminy $H_{T,ig}$						6,37

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
20	-15	35	12,63	442 W

Tepelná ztráta infiltrací				
$V_{m,i}$	n_{50}	e_i	ϵ_i	$\Phi_{V,inf,i}$
131,22	1	0,02	1	62 W

Tepelná ztráta nuceným větráním				
$V_{n,i}$	$\theta_{int,i}$	$\theta_{n,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_{n,i}$	$\Phi_{V,n,i}$
300	20	9,5	10,5	1071 W

Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$				1133 W
--------------------------------------	--	--	--	---------------

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i				1575 W
---	--	--	--	---------------

Místnosti č. 115 – Konferenční místnost

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$H_{T,ie,k}$
STN-1	Vnější stěna 500 mm	55,91	0,217	0,02	0,237	1,00	13,25
O-3	Okno 2400/1750	12,6	0,877	0,00	0,877	1,00	11,05
Celková měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí $H_{T,ie}$							24,3

Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou						
Ozn.	Popis	A_k	U_{kc}	$\theta_{int,j}$	f_{ij}	$H_{T,ij,k}$
STN-2	Vnitřní stěna 400 mm	1,66	0,509	15	0,14	0,12
STN-3	Vnitřní stěna 150 mm	17,76	0,312	15	0,14	0,78
Celková měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou $H_{T,ij}$						0,90

Měrná tepelná ztráta do zeminy						
Ozn.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL-2	Podlaha na zemině – PVC	97,13	0,192	1,45	0,43	1,00
Celková měrná tepelná ztráta do zeminy $H_{T,ig}$						11,63

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
20	-15	35	36,83	1289 W

Tepelná ztráta infiltrací				
$V_{m,i}$	n_{50}	e_i	ε_i	$\Phi_{V,inf,i}$
228,42	1	0,02	1	109 W

Tepelná ztráta nuceným větráním				
$V_{n,i}$	$\theta_{int,i}$	$\theta_{n,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_{n,i}$	$\Phi_{V,n,i}$
600	20	9,5	10,5	2142 W

Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$				2251 W
--------------------------------------	--	--	--	---------------

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i				3540 W
---	--	--	--	---------------

Místnosti č. 116 - Chodba

Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou						
Ozn.	Popis	A_k	U_{kc}	$\theta_{int,i}$	f_{ij}	$H_{T,ij,k}$
STN-3	Vnitřní stěna 150 mm	15,95	0,312	15	0,14	0,70
D-5	Vnitřní dveře	5,40	2,000	15	0,14	1,51
Celková měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou $H_{T,ij}$						2,21

Měrná tepelná ztráta do zeminy						
Ozn.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL-1	Podlaha na zemině – KD	11,76	0,206	1,45	0,43	1,00
Celková měrná tepelná ztráta do zeminy $H_{T,ig}$						1,51

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
20	-15	35	3,72	130 W

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i	130 W
---	--------------

Místnosti č. 117 – Praktická učebna

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$H_{T,ie,k}$
STN-1	Vnější stěna 500 mm	11,83	0,217	0,02	0,237	1,00	2,80
D-2	Dveře 1000/2700	2,7	0,924	0,00	0,924	1,00	2,49
Celková měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí $H_{T,ie}$							5,29

Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou						
Ozn.	Popis	A_k	U_{kc}	$\theta_{int,i}$	f_{ij}	$H_{T,ij,k}$
STN-3	Vnitřní stěna 150 mm	14,79	0,312	15	0,14	0,65
Celková měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou $H_{T,ij}$						0,65

Měrná tepelná ztráta do zeminy						
Ozn.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL-1	Podlaha na zemině – KD	17,53	0,206	1,45	0,43	1,00
Celková měrná tepelná ztráta do zeminy $H_{T,ig}$						2,25

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
20	-15	35	8,19	287 W

Tepelná ztráta infiltrací				
$V_{m,i}$	n_{50}	e_i	ϵ_i	$\Phi_{V,inf,i}$
38,61	1	0,02	1	18 W

Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$	18 W
--------------------------------------	-------------

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i	305 W
---	--------------

Místnosti č. 118 – Sklad

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$H_{T,ie,k}$
STN-1	Vnější stěna 500 mm	30,13	0,217	0,02	0,237	1,00	7,14
O-4	Okno 450/1500 mm	1,35	0,877	0,00	0,877	1,00	1,18
D-3	Dveře 1950/2700 mm	5,27	0,911	0,00	0,911	1,00	4,80
Celková měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí $H_{T,ie}$							13,12

Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou						
Ozn.	Popis	A_k	U_{kc}	$\theta_{int,j}$	f_{ij}	$H_{T,ij,k}$
STN-3	Vnitřní stěna 150 mm	17,19	0,312	20	-0,17	-0,91
D-5	Vnitřní dveře	1,8	2,000	20	-0,17	-0,61
STR-3	Strop nad 1.NP – PVC	26,51	0,674	20	-0,17	-3,04
Celková měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou $H_{T,ij}$						-4,56

Měrná tepelná ztráta do zeminy						
Ozn.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL-1	Podlaha na zemině – KD	26,51	0,206	1,45	0,33	1,00
Celková měrná tepelná ztráta do zeminy $H_{T,ig}$						2,61

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
15	-15	30	10,72	322 W

Tepelná ztráta infiltrací				
$V_{m,i}$	n_{50}	e_i	ϵ_i	$\Phi_{V,inf,i}$
54,27	1	0,02	1	22 W

Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$	22 W
--------------------------------------	-------------

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i	344 W
---	--------------

Místnosti č. 119 - Sklad

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$H_{T,ie,k}$
STN-1	Vnější stěna 500 mm	7,9	0,217	0,02	0,237	1,00	1,87
O-4	Okno 450/1500 mm	0,68	0,992	0,00	0,992	1,00	0,67
Celková měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí $H_{T,ie}$							2,54

Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou						
Ozn.	Popis	A_k	U_{kc}	$\theta_{int,j}$	f_{ij}	$H_{T,ij,k}$
STN-3	Vnitřní stěna 150 mm	6,78	0,312	20	-0,17	-0,36
D-5	Vnitřní dveře	1,8	2,000	20	-0,17	-0,61
STR-3	Strop nad 1.NP – PVC	12,43	0,674	20	-0,17	-1,42
Celková měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou $H_{T,ij}$						-2,39

Měrná tepelná ztráta do zeminy						
Ozn.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL-1	Podlaha na zemině – KD	12,43	0,206	1,45	0,33	1,00
Celková měrná tepelná ztráta do zeminy $H_{T,ig}$						1,23

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
15	-15	30	1,38	41 W

Tepelná ztráta infiltrací				
$V_{m,i}$	n_{50}	e_i	ϵ_i	$\Phi_{V,inf,i}$
27,54	1	0,02	1	11 W

Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$	11 W
--------------------------------------	-------------

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i	52 W
---	-------------

Místnosti č. 120 – Sklad

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$H_{T,ie,k}$
STN-1	Vnější stěna 500 mm	8,00	0,217	0,02	0,237	1,00	1,90
O-4	Okno 450/1500 mm	0,68	0,992	0,00	0,992	1,00	0,67
Celková měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí $H_{T,ie}$							2,57

Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou						
Ozn.	Popis	A_k	U_{kc}	$\theta_{int,j}$	f_{ij}	$H_{T,ij,k}$
STN-3	Vnitřní stěna 150 mm	6,86	0,312	20	-0,17	-0,36
D-5	Vnitřní dveře	1,8	2,000	20	-0,17	-0,61
STR-3	Strop nad 1.NP – PVC	12,43	0,674	20	-0,17	-1,42
Celková měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou $H_{T,ij}$						-2,39

Měrná tepelná ztráta do zeminy						
Ozn.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL-1	Podlaha na zemině – KD	12,43	0,206	1,45	0,33	1,00
Celková měrná tepelná ztráta do zeminy $H_{T,ig}$						1,23

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
15	-15	30	1,41	42 W

Tepelná ztráta infiltrací				
$V_{m,i}$	n_{50}	e_i	ϵ_i	$\Phi_{V,inf,i}$
27,27	1	0,02	1	11 W

Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$	53 W
--------------------------------------	-------------

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i	95
---	-----------

Místnosti č. 202 - Sklad

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$H_{T,ie,k}$
STN-1	Vnější stěna 500 mm	24,15	0,217	0,02	0,237	1,00	5,72
Celková měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí $H_{T,ie}$							5,72

Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou						
Ozn.	Popis	A_k	U_{kc}	$\theta_{int,j}$	f_{ij}	$H_{T,ij,k}$
STN-2	Vnitřní stěna 400 mm	8,70	0,509	20	-0,17	-0,75
Celková měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou $H_{T,ij}$						-0,75

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
15	-15	30	4,97	149 W

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i	149 W
---	--------------

Místnosti č. 203 – Chodba

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$H_{T,ie,k}$
STR-1	Plochá střecha	45,23	0,127	0,02	0,147	1,00	6,65
Celková měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí $H_{T,ie}$							6,65

Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou						
Ozn.	Popis	A_k	U_{kc}	$\theta_{int,j}$	f_{ij}	$H_{T,ij,k}$
D-5	Vnitřní dveře	3,6	2,000	15	0,14	1,01
Celková měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou $H_{T,ij}$						1,01

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
20	-15	35	7,66	268 W

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i	268 W
---	--------------

Místnosti č. 204 – Kancelář

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{ke}	e_k	$H_{T,ie,k}$
STN-1	Vnější stěna 500 mm	37,1	0,217	0,02	0,237	1,00	8,79
O-3	Okno 2400/1750 mm	4,2	0,877	0,00	0,877	1,00	3,68
STR-1	Plochá střecha	48,79	0,127	0,02	0,147	1,00	7,17
Celková měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí $H_{T,ie}$							19,64

Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou						
Ozn.	Popis	A_k	U_{ke}	$\theta_{int,i}$	f_{ij}	$H_{T,ij,k}$
STN-2	Vnitřní stěna 400 mm	8,70	0,509	15	0,14	0,62
STN-3	Vnitřní stěna 150 mm	11,76	0,312	15	0,14	0,51
D-5	Vnitřní dveře	1,8	2,000	15	0,14	0,50
Celková měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou $H_{T,ij}$						1,63

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
20	-15	35	21,27	744 W

Tepelná ztráta infiltrací				
$V_{m,i}$	n_{50}	e_i	ϵ_i	$\Phi_{V,inf,i}$
110,16	1	0,02	1	52 W

Tepelná ztráta nuceným větráním				
$V_{n,i}$	$\theta_{int,i}$	$\theta_{n,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_{n,i}$	$\Phi_{V,n,i}$
150	20	9,5	10,5	536 W

Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$				588 W
--------------------------------------	--	--	--	--------------

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i			1332 W
---	--	--	---------------

Místnosti č. 205 – Sklad

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$H_{T,ie,k}$
STN-1	Vnější stěna 500 mm	8,05	0,217	0,02	0,237	1,00	1,91
STR-1	Plochá střecha	8,91	0,127	0,02	0,147	1,00	1,31
Celková měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí $H_{T,ie}$							3,22

Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou						
Ozn.	Popis	A_k	U_{kc}	$\theta_{int,j}$	f_{ij}	$H_{T,ij,k}$
STN-3	Vnitřní stěna 150 mm	19,81	0,312	20	-0,17	-1,05
STR-3	Strop nad 1.NP – PVC	8,91	0,674	20	-0,17	-1,02
D-5	Vnitřní dveře	1,8	2,000	20	-0,17	-0,61
Celková měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou $H_{T,ij}$						-2,68

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
15	-15	30	0,54	16 W

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i	16 W
---	-------------

Místnosti č. 206 – Kuchyňka

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$H_{T,ie,k}$
STR-1	Plochá střecha	17,02	0,127	0,02	0,147	1,00	2,50
Celková měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí $H_{T,ie}$							2,50

Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou						
Ozn.	Popis	A_k	U_{kc}	$\theta_{int,j}$	f_{ij}	$H_{T,ij,k}$
STN-3	Vnitřní stěna 150 mm	16,1	0,312	15	0,14	0,70
Celková měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou $H_{T,ij}$						0,70

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
20	-15	35	3,20	112 W

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i	112 W
---	--------------

Místnosti č. 207 - Chodba

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$H_{T,ie,k}$
STR-1	Plochá střecha	13,78	0,127	0,02	0,147	1,00	2,03
Celková měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí $H_{T,ie}$							2,03

Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou						
Ozn.	Popis	A_k	U_{kc}	$\theta_{int,i}$	f_{ij}	$H_{T,ij,k}$
STN-3	Vnitřní stěna 150 mm	11,19	0,312	15	0,14	0,49
D-5	Vnitřní dveře	3,6	2,000	15	0,14	1,01
Celková měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou $H_{T,ij}$						1,50

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
20	-15	35	1,50	53 W

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i	53 W
---	-------------

Místnosti č. 208 – Sklad

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$H_{T,ie,k}$
STN-1	Vnější stěna 500 mm	8,05	0,217	0,02	0,237	1,00	1,91
STR-1	Plochá střecha	8,90	0,127	0,02	0,147	1,00	1,31
Celková měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí $H_{T,ie}$							2,22

Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou						
Ozn.	Popis	A_k	U_{kc}	$\theta_{int,i}$	f_{ij}	$H_{T,ij,k}$
STN-3	Vnitřní stěna 150 mm	12,03	0,312	20	-0,17	-0,64
STR-2	Strop nad 1.NP – KD	8,90	0,731	20	-0,17	-1,11
D-5	Vnitřní dveře	1,8	2,000	20	-0,17	-0,61
Celková měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou $H_{T,ij}$						-2,36

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
15	-15	30	-0,14	-4 W

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i	-4 W
---	-------------

Místnosti č. 209 – Úklidová místnost

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$H_{T,ie,k}$
STN-1	Vnější stěna 500 mm	9,01	0,217	0,02	0,237	1,00	2,14
STR-1	Plochá střecha	5,70	0,127	0,02	0,147	1,00	0,84
Celková měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí $H_{T,ie}$							2,98

Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou						
Ozn.	Popis	A_k	U_{kc}	$\theta_{int,j}$	f_{ij}	$H_{T,ij,k}$
STN-3	Vnitřní stěna 150 mm	15,00	0,312	20	-0,17	-0,80
D-5	Vnitřní dveře	1,80	2,000	20	-0,17	-0,61
STR-2	Strop nad 1.NP – KD	5,70	0,731	20	-0,17	-0,71
Celková měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou $H_{T,ij}$						-2,12

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
15	-15	30	0,86	26 W

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i	26 W
---	-------------

Místnosti č. 210 – WC Ženy

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$H_{T,ie,k}$
STN-1	Vnější stěna 500 mm	26,15	0,217	0,02	0,237	1,00	6,20
O-4	Okno 450/1500 mm	2,03	0,992	0,00	0,992	1,00	2,01
STR-1	Plochá střecha	16,18	0,127	0,02	0,147	1,00	2,38
Celková měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí $H_{T,ie}$							10,59

Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou						
Ozn.	Popis	A_k	U_{kc}	$\theta_{int,j}$	f_{ij}	$H_{T,ij,k}$
STN-3	Vnitřní stěna 150 mm	7,79	0,312	15	0,14	0,34
STR-2	Strop nad 1.NP – KD	1,34	0,731	15	0,14	0,14
Celková měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou $H_{T,ij}$						0,48

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
20	-15	35	11,07	387 W

Tepelná ztráta infiltrací				
$V_{m,i}$	n_{50}	e_i	ϵ_i	$\Phi_{V,inf,i}$
30,78	1	0,02	1	15 W

Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$	15 W
--------------------------------------	-------------

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i	402 W
---	--------------

Místnosti č. 211 – WC Muži

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$H_{T,ie,k}$
STN-1	Vnější stěna 500 mm	10,93	0,217	0,02	0,237	1,00	2,58
O-4	Okno 450/1500 mm	2,03	0,992	0,00	0,992	1,00	2,01
STR-1	Plochá střecha	15,45	0,127	0,02	0,147	1,00	2,27
Celková měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí $H_{T,ie}$							6,86

Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou						
Ozn.	Popis	A_k	U_{kc}	$\theta_{int,i}$	f_{ij}	$H_{T,ij,k}$
STR-2	Strop nad 1.NP – KD	4,15	0,731	15	0,14	0,42
Celková měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou $H_{T,ij}$						0,42

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
20	-15	35	7,28	255 W

Tepelná ztráta infiltrací				
$V_{m,i}$	n_{50}	e_i	ϵ_i	$\Phi_{V,inf,i}$
33,75	1	0,02	1	16 W

Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$				16 W
--------------------------------------	--	--	--	-------------

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i				271 W
---	--	--	--	--------------

Místnosti č. 212 – Kancelář

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{ke}	e_k	$H_{T,ie,k}$
STN-1	Vnější stěna 500 mm	8,4	0,217	0,02	0,237	1,00	1,99
O-3	Okno 2400/1750 mm	4,2	0,877	0,00	0,877	1,00	3,68
STR-1	Plochá střecha	18,09	0,127	0,02	0,147	1,00	2,66
Celková měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí $H_{T,ie}$							8,33

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
20	-15	35	8,33	292 W

Tepelná ztráta infiltrací				
$V_{m,i}$	n_{50}	e_i	ε_i	$\Phi_{V,inf,i}$
40,77	1	0,02	1	19 W

Tepelná ztráta nuceným větráním				
$V_{n,i}$	$\theta_{int,i}$	$\theta_{n,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_{n,i}$	$\Phi_{V,n,i}$
50	20	9,5	10,5	179 W

Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$				198 W
--------------------------------------	--	--	--	--------------

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i				490 W
---	--	--	--	--------------

Místnosti č. 213 – Kancelář

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{ke}	e_k	$H_{T,ie,k}$
STN-1	Vnější stěna 500 mm	8,4	0,217	0,02	0,237	1,00	1,99
O-3	Okno 2400/1750 mm	4,2	0,877	0,00	0,877	1,00	3,68
STR-1	Plochá střecha	18,09	0,127	0,02	0,147	1,00	2,66
Celková měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí $H_{T,ie}$							8,33

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
20	-15	35	8,33	292 W

Tepelná ztráta infiltrací				
$V_{m,i}$	n_{50}	e_i	ε_i	$\Phi_{V,inf,i}$
40,77	1	0,02	1	19 W

Tepelná ztráta nuceným větráním				
$V_{n,i}$	$\theta_{int,i}$	$\theta_{n,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_{n,i}$	$\Phi_{V,n,i}$
50	20	9,5	10,5	179 W

Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$				198 W
--------------------------------------	--	--	--	--------------

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i				490 W
---	--	--	--	--------------

Místnosti č. 214 – Kancelář

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{ke}	e_k	$H_{T,ie,k}$
STN-1	Vnější stěna 500 mm	8,4	0,217	0,02	0,237	1,00	1,99
O-3	Okno 2400/1750 mm	4,2	0,877	0,00	0,877	1,00	3,68
STR-1	Plochá střecha	18,09	0,127	0,02	0,147	1,00	2,66
Celková měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí $H_{T,ie}$							8,33

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
20	-15	35	8,33	292 W

Tepelná ztráta infiltrací				
$V_{m,i}$	n_{50}	e_i	ε_i	$\Phi_{V,inf,i}$
40,77	1	0,02	1	19 W

Tepelná ztráta nuceným větráním				
$V_{n,i}$	$\theta_{int,i}$	$\theta_{n,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_{n,i}$	$\Phi_{V,n,i}$
50	20	9,5	10,5	179 W

Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$				198 W
--------------------------------------	--	--	--	--------------

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i				490 W
---	--	--	--	--------------

Místnosti č. 215 – Kancelář

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$H_{T,ie,k}$
STN-1	Vnější stěna 500 mm	35,35	0,217	0,02	0,237	1,00	8,38
O-3	Okno 2400/1750 mm	12,60	0,877	0,00	0,877	1,00	11,05
STR-1	Plochá střecha	46,69	0,127	0,02	0,147	1,00	6,86
Celková měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí $H_{T,ie}$							26,29

Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou						
Ozn.	Popis	A_k	U_{kc}	$\theta_{int,i}$	f_{ij}	$H_{T,ij,k}$
STR-3	Strop nad 1.NP – PVC	36,82	0,674	15	0,14	3,47
Celková měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou $H_{T,ij}$						3,47

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
20	-15	35	29,76	1042 W

Tepelná ztráta infiltrací				
$V_{m,i}$	n_{50}	e_i	ε_i	$\Phi_{V,inf,i}$
102,6	1	0,02	1	49 W

Tepelná ztráta nuceným větráním				
$V_{n,i}$	$\theta_{int,i}$	$\theta_{n,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_{n,i}$	$\Phi_{V,n,i}$
100	20	9,5	10,5	357 W

Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$				406 W
--------------------------------------	--	--	--	--------------

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i				1448 W
---	--	--	--	---------------

Místnosti č. 216 – Kancelář

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$H_{T,ie,k}$
STN-1	Vnější stěna 500 mm	50,23	0,217	0,02	0,237	1,00	11,90
O-3	Okno 2400/1750 mm	16,8	0,877	0,00	0,877	1,00	14,73
STR-1	Plochá střecha	87,27	0,127	0,02	0,147	1,00	12,83
Celková měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí $H_{T,ie}$							39,45

Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou						
Ozn.	Popis	A_k	U_{kc}	$\theta_{int,i}$	f_{ij}	$H_{T,ij,k}$
STR-3	Strop nad 1.NP – PVC	14,72	0,674	15	0,14	1,39
Celková měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou $H_{T,ij}$						1,39

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
20	-15	35	40,84	1429 W

Tepelná ztráta infiltrací				
$V_{m,i}$	n_{50}	e_i	ϵ_i	$\Phi_{V,inf,i}$
202,77	1	0,02	1	97 W

Tepelná ztráta nuceným větráním				
$V_{n,i}$	$\theta_{int,i}$	$\theta_{n,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_{n,i}$	$\Phi_{V,n,i}$
200	20	9,5	10,5	714 W

Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$				811 W
--------------------------------------	--	--	--	--------------

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i			2240 W
---	--	--	---------------

Místnosti č. 217 – Zasedací místnost

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$H_{T,ie,k}$
STR-1	Plochá střecha	52,00	0,127	0,02	0,147	1,00	7,64
Celková měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí $H_{T,ie}$							7,64

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
20	-15	35	7,64	267 W

Tepelná ztráta nuceným větráním				
$V_{n,i}$	$\theta_{int,i}$	$\theta_{n,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_{n,i}$	$\Phi_{V,n,i}$
300	20	9,5	10,5	1071 W

Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$				1071 W
--------------------------------------	--	--	--	---------------

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i			1338 W
---	--	--	---------------

Místnosti č. 218 – Kancelář

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$H_{T,ie,k}$
STN-1	Vnější stěna 500 mm	7,44	0,217	0,02	0,237	1,00	1,76
O-3	Okno 2400/1750 mm	4,2	0,877	0,00	0,877	1,00	3,68
STR-1	Plochá střecha	39,09	0,127	0,02	0,147	1,00	5,74
Celková měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí $H_{T,ie}$							11,18

Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou						
Ozn.	Popis	A_k	U_{kc}	$\theta_{int,i}$	f_{ij}	$H_{T,ij,k}$
STN-2	Vnitřní stěna 400 mm	19,90	0,509	15	0,14	1,42
Celková měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou $H_{T,ij}$						1,42

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
20	-15	35	12,6	441 W

Tepelná ztráta infiltrací				
$V_{m,i}$	n_{50}	e_i	ε_i	$\Phi_{V,inf,i}$
93,69	1	0,02	1	45 W

Tepelná ztráta nuceným větráním				
$V_{n,i}$	$\theta_{int,i}$	$\theta_{n,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_{n,i}$	$\Phi_{V,n,i}$
100	20	9,5	10,5	357 W

Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$				402 W
--------------------------------------	--	--	--	--------------

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i				843 W
---	--	--	--	--------------

Místnosti č. 302 – Technická místnost

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí							
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU_{tb}	U_{kc}	e_k	$H_{T,ie,k}$
STN-1	Vnější stěna 500 mm	49,95	0,217	0,02	0,237	1,00	11,84
STR-1	Plochá střecha	28,19	0,127	0,02	0,147	1,00	4,14
Celková měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí $H_{T,ie}$							15,98

Tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$\Sigma H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
15	-15	30	15,98	479 W

Potřebný tepelný výkon místnosti Φ_i				479 W
---	--	--	--	--------------

3.2 Přehled potřebných tepelných výkonů místností

Číslo místnosti	Název místnosti	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\Phi_{T,i}$ [W]	$\Phi_{V,i}$ [W]	Φ_i [W]
101	Zádveří	10	242	5	247
102+201+301	Recepce + schodiště	15	1318	258	1576
103	Chodba	20	346	0	346
104	Kancelář	20	483	381	864
105	Kancelář	20	361	385	746
106	Kancelář	20	403	388	791
107	WC Ženy	20	357	13	370
108	Úklidová místnost	15	22	4	26
109	WC Invalidi	20	134	5	139
110	WC Muži	20	233	17	250
111	Kuchyňka	20	80	357	437
112	Chodba	20	31	0	31
113	Malá zasedací místnost	20	131	536	667
114	Praktická učebna	20	442	1133	1575
115	Konferenční sál	20	1289	2251	3540
116	Chodba	20	130	0	130
117	Praktická učebna	20	287	18	305
118	Sklad	15	322	22	344
119	Sklad	15	41	11	52
120	Sklad	15	42	53	95
202	Sklad	15	149	0	149
203	Chodba	20	268	0	268
204	Kancelář	20	744	588	1332
205	Sklad	15	16	0	16
206	Kuchyňka	20	112	0	112
207	Chodba	20	53	0	53
208	Sklad	15	-4	0	-4
209	Úklidová místnost	15	26	0	26
210	WC Ženy	20	387	15	402
211	WC Muži	20	255	16	271
212	Kancelář	20	292	198	490
213	Kancelář	20	292	198	490
214	Kancelář	20	292	198	490
215	Kancelář	20	1042	406	1448
216	Kancelář	20	1429	811	2240
217	Zasedací místnost	20	267	1071	1338
218	Kancelář	20	441	402	843
302	Technická místnost	15	479	0	479

Potřebný tepelný výkon budovy [W]

22 974

4. Návrh vzduchotechniky

V budově je navržena jedna centrální vzduchotechnická jednotka v technické místnosti na třetím nadzemním podlaží. Pro vedení rozvodů jsou uvažovány podhledy v užitných podlažích a svislá šachta vedle schodiště.

Jednotka je vybavena výměníkem zpětného získávání tepla s účinností 70 %.

4.1 Objemový průtok vzduchu

Číslo místnosti	Účel místnosti	Přívod vzduchu [m ³ /h]	Odvod vzduchu [m ³ /h]
102+201+301	Recepce + schodiště	100	50
104	Kancelář	100	0
105	Kancelář	100	0
106	Kancelář	100	0
107	WC Ženy	0	200
108	Úklidová místnost	0	75
109	WC Invalidi	0	75
110	WC Muži	0	200
111	Kuchyňka	100	0
113	Malá zasedací místnost	150	0
114	Praktická učebna	300	0
115	Konferenční sál	600	600
117	Praktická učebna	0	100
118	Technická místnost	0	100
119	Sklad	0	50
120	Sklad	0	50
202	Sklad	0	50
204	Kancelář	150	0
205	Sklad	0	50
206	Kuchyňka	0	100
208	Sklad	0	75
209	Úklidová místnost	0	75
210	WC Ženy	0	200
211	WC Muži	0	200
212	Kancelář	50	0
213	Kancelář	50	0
214	Kancelář	50	0
215	Kancelář	100	0
216	Kancelář	200	0
217	Zasedací místnost	300	300
218	Kancelář	100	0
Suma		2550	2550

4.2. Teplota vzduchu za výměníkem ZZT

$$t_{zzt} = \frac{\eta * (t_i - t_e)}{100} + t_e = \frac{70 * (20 - (-15))}{100} - 15 = 9,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

kde: η účinnost výměníku ZZT [%]
 t_i vnitřní výpočtová teplota [$^\circ\text{C}$]
 t_e vnější výpočtová teplota v zimním období [$^\circ\text{C}$]

5. Potřeba teplé vody

5.1. Vstupní výpočtové hodnoty

50 zaměstnanců, kapacita 30 osob na školení

240 mytí rukou za den, 2 l na jedno mytí, 950 m² užitné plochy, 20 l na 100 m²

Denní potřeba teplé vody:

$$V_{2p} = 240 * 2 + 20 * 9,5 = 670 \text{ l/den}$$

Teplo odebrané:

$$Q_{2t} = 1,163 * V_{2p} * (\theta_1 - \theta_2) = 1,163 * 0,67 * (50 - 10) = 31,17 \text{ kWh}$$

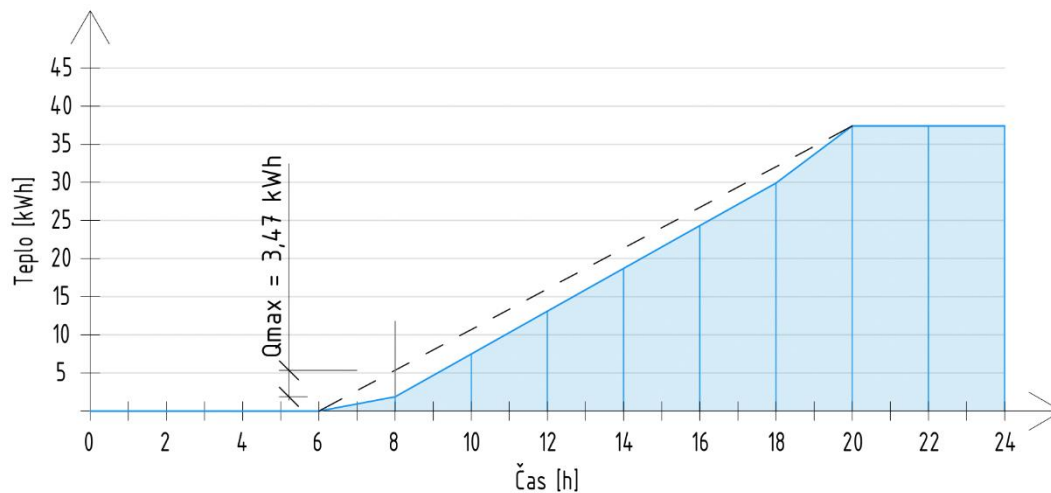
Teplo ztracené cirkulací:

$$Q_{2z} = Q_{2t} * t = 31,17 * 0,2 = 6,234 \text{ kWh}$$

Celkové potřebné teplo:

$$Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} = 31,17 + 6,23 = 37,4 \text{ kWh}$$

Časový rozsah [h]	Podíl odběru [%]	Teplo odebrané [kWh]	Teplo cirkulační [kWh]	Teplo celkem [kWh]
6-8	5	1,56	0,31	1,87
8-10	15	4,68	0,94	5,61
10-12	15	4,68	0,94	5,61
12-14	15	4,68	0,94	5,61
14-16	15	4,68	0,94	5,61
16-18	15	4,68	0,94	5,61
18-20	20	6,23	1,25	7,48



Obr. 8 Křivka odběru tepla pro ohřev teplé vody za den

5.2 Průběžný ohřev teplé vody – 14 h/den

Velikost zásobníku teplé vody:

$$V_z = \frac{\Delta Q_{\max}}{1,163 * \Delta\theta} = \frac{3,47}{1,163 * (50 - 10)} = 0,075 \text{ [m}^3\text{]}$$

Jmenovitý výkon ohřevu teplé vody:

$$Q_{1n} = \frac{Q_1}{t} = \frac{37,4}{14} = 2,67 \text{ [kW]}$$

Potřebná teplosměnná plocha:

$$\Delta t = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}} = \frac{(55 - 50) - (45 - 10)}{\ln \frac{(55 - 50)}{(45 - 10)}} = 12,85 \text{ K}$$

$$A = \frac{Q_{1n} * 10^3}{U * \Delta t} = \frac{2,67 * 10^3}{420 * 12,85} = 0,495 \text{ m}^2$$

5.3. Smíšený ohřev teplé vody

Hodinová špička: odhad mezi 18h – 20 h (20 % denního odběru teplé vody)

Odběr teplé vody během hodinové špičky:

$$V_{\xi} = \frac{V_{2p} * n}{t} = \frac{0,67 * 0,20}{2} = 0,067 \text{ m}^3$$

Požadavek výkonu ohřevu se zahrnutím ztraceného tepla:

$$Q_p = V_{\xi} * 1,163 * \Delta\theta * (1 + z) = 0,067 * 1,163 * (50 - 10) * (1 + 0,2) = 3,74 \text{ kW}$$

Potřebná teplosměnná plocha:

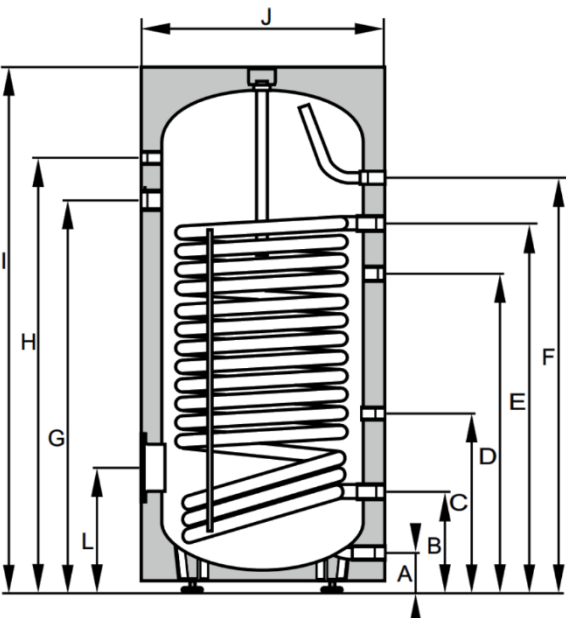
$$A = \frac{Q_p * 10^3}{U * \Delta t} = \frac{3,74 * 10^3}{420 * 12,85} = 0,693 \text{ m}^2$$

Skutečný výkon zásobníku:

$$Q_p = \frac{A * U * \Delta t}{10^3} = \frac{2,0 * 420 * 12,85}{10^3} = 10,8 \text{ kW}$$

5.4 Zvolená varianta ohřevu teplé vody

Volím smíšený ohřev teplé vody a volím zásobník SEW-2-200 s užitnou teplosměnnou plochou výměníku 2,0 m².

	TYP	SEW	2-200
	Objem ohřivače	l	190
	Pohotovostní tepelná ztráta	kWh/24h	1,55
	Trvalý výkon ohřivače t _v 80/60°C	kW - l/h	20/490
	Výkonové číslo [vytápění]	N _{L60}	3,0
	Výkonové číslo [vytápění]	N _{L50}	1,6
	Doba ohřevu 14 kW - 10-50 °C	min	60
	Přípojka studené vody	A mm	95
	Vratná voda vytápění/solár	B mm	245
	Snímač teploty vytápění/solár	C mm	435
	Cirkulace	D mm	780
	Otopná voda vytápění/solár	E mm	905
	Přípojka teplé vody	F mm	1015
	Přídavné elektrické vytápění	G mm	960
	Přípojka teploměru	H mm	1065
	Celková výška	I mm	1290
	Průměr s tepelnou izolací	J mm	605
	Servisní příruba	L mm	302
	Klopná výška	mm	1410
	Primární otopná voda	bar/°C	10/110
	Sekundární užitková voda	bar/°C	10/95
	Vnitřní průměr příruby	mm	DN 110
	Plocha výměníku tepla, vytápění	m ²	2,0/-
	Objem výměníku tepla vytápění	l	12/-
	Hmotnost	kg	75

Obr. 9 Zásobníkový ohřivač teplé vody WOLF SEW-2-200 [12]

I. VARIANTA VYTÁPĚNÍ

6. Návrh podlahového vytápění

Podlahové vytápění je navrženo jako mokrá systém 1.2.3. Gabotherm. Polybutenové potrubí Gabotherm PB 15x1,5 mm je uchyceno mezi puky v systémové desce Gabotherm 1.2.3 30-2 mm.

Výpočetní vztahy pro stanovení tepelného výkonu a příkonu podlahového vytápění vycházejí z normy ČSN EN 1264. Detailní popis výpočtu je k nalezení v bakalářské práci: Vytápění víceúčelové budovy. [13]

Jednotlivé okruhy jsou regulovány na jednotlivých rozdělovacích stanicích. Nedílnou součástí těchto stanic jsou průtokoměry na rozdělovači a regulační ventily na sběrači. Nastavení ventilů je uvedeno u každého okruhu samostatně.

Pro návrh podlahového vytápění jsem použil software TechCON X (9.2) od společnosti Atcon Systems s.r.o.

6.1. Hlavní výstupní hodnoty návrhu podlahového vytápění

Celková topná plocha:	730 m ²
Celková plocha okruhů:	598 m ²
Celková plocha přípojek:	132 m ²
Celková délka potrubí:	3 758 m
Výkon potřebný na vytápění:	22 620 W
Výkon podlahového vytápění:	27 135 W
Výkon topných okruhů:	25 350 W
Výkon přípojek:	1 785 W
Příkon podlahového vytápění:	31 113 W
Maximální tlaková ztráta okruhů:	6 908 Pa
Maximální rychlost topné vody v okruhu:	0,24 m. s ⁻¹
Celkový objemový průtok okruhů:	3 768 kg.h ⁻¹
Maximální přívodní teplota:	35 °C
Objem vody v soustavě:	0,428 m ³

6.2. Rozdělovací stanice podlahového vytápění

Ozn. rozd. stanice	Počet okruhů	t _{w1} [°C]	Δt [K]	Mh [kg.h ⁻¹]	Max. tlak. ztráta [Pa]	Q _{pc} [W]
RZ-1	12	35	6,8	1 033,3	6 908	8 202
RZ-2	8	35	6,8	614,6	4 258	4 880
RZ-3	6	35	6,4	446,9	5 187	3 342
RZ-4	10	35	10	385,1	1 390	4 470
RZ-5	8	35	6,3	664,2	6 434	4 895
RZ-6	8	35	7,3	559,2	4 366	4 712
RZ-7	1	35	7	64,9	1 517	527

Dále jsou uvedeny výpočtové hodnoty jednotlivých okruhů podlahového vytápění rozdělených podle rozdělovacích stanic. Při návrhu okruhů podlahového vytápění by neměl být rozdíl tlakových ztrát okruhů vyšší než 5 kPa na rozdělovací stanici.

Rozdělovací stanice RZ-1 1.NP											
Číslo okruhu	t_p [°C]	Δt [K]	S [m ²]	r [mm]	l-celk [m]	Mh [kg/h]	w [m/s]	R*1+z [Pa]	ΔP_s [Pa]	ΔP_{dif} [Pa]	Nast. ventilu
1	24	8,0	14,3	225	69,3	81,42	0,20	6 301	603	4	0,90
2	24	8,0	12,3	225	70,0	75,02	0,19	4 921	1 964	23	0,42
3	24	8,0	13,7	225	76,3	82,06	0,20	9 742	152	14	1,60
4	24	8,0	14,8	225	71,0	83,56	0,21	6 908	0	0	2,50
5	24	8,0	12,3	225	73,2	76,40	0,19	5 308	1 471	128	0,50
6	24	8,0	14,3	225	73,5	83,06	0,21	6 884	20	4	2,30
7	21	6,0	8,5	225	49,2	96,42	0,24	5 405	1 404	99	0,70
8	25	5,0	14,3	225	75,8	98,00	0,24	6 085	767	56	0,95
9	24	6,0	11,5	225	71,9	90,47	0,22	6 275	571	62	1,00
10	24	6,0	11,2	225	67,3	84,12	0,21	5 218	1 641	49	0,55
11	24	6,0	11,5	225	70,9	90,29	0,22	6 167	651	91	0,95
12	24	6,0	12,6	225	64,8	90,50	0,22	5 749	1 091	68	0,75

Rozdělovací stanice RZ-2 1.NP											
Číslo okruhu	t_p [°C]	Δt [K]	S [m ²]	r [mm]	l-celk [m]	Mh [kg/h]	w [m/s]	R*1+z [Pa]	ΔP_s [Pa]	ΔP_{dif} [Pa]	Nast. ventilu
1	23,9	6,0	10,9	225	61,3	80,78	0,20	4 088	161	9	1,55
2	23,9	6,0	10,9	225	59,1	81,44	0,20	4 052	201	5	1,45
3	23,7	7,0	10,8	225	65,9	70,09	0,17	2 991	1 239	29	0,50
4	23,7	7,0	11,1	225	72,8	75,21	0,19	3 889	364	6	1,05
5	23,9	6,0	9,5	225	64,1	79,28	0,20	4 037	212	9	1,40
6	23,9	6,0	9,1	225	56,2	72,35	0,18	2 869	1 320	69	0,50
7	21,4	11,0	12,2	150	87,6	74,13	0,18	4 259	0	-1	2,50
8	19,8	6,0	4,2	150	41,2	81,34	0,20	3 039	1 134	86	0,65

Rozdělovací stanice RZ-3 1.NP											
Číslo okruhu	t_p [°C]	Δt [K]	S [m ²]	r [mm]	l-celk [m]	Mh [kg/h]	w [m/s]	R*1+z [Pa]	ΔP_s [Pa]	ΔP_{dif} [Pa]	Nast. ventilu
1	23,6	7,5	14,3	225	68,0	75,4	0,19	3 685	1 433	80	0,50
2	26,5	7,0	6,8	75	102,4	72,2	0,18	4 694	474	30	0,90
3	27,1	5,0	3,8	75	65,4	67,9	0,17	2 776	2 292	131	0,35
4	26,8	6,0	5,2	75	87,3	73,1	0,18	4 252	915	31	0,65
5	23,8	6,5	11,3	225	57,4	74,2	0,18	3 105	1 923	170	0,42
6	23,8	6,5	12,0	225	70,4	84,9	0,21	5 199	0	0	2,50

Rozdělovací stanice RZ-4 2.NP											
Číslo okruhu	t_p [°C]	Δt [K]	S [m ²]	r [mm]	l-celk [m]	Mh [kg/h]	w [m/s]	R*I+z [Pa]	ΔP_s [Pa]	ΔP_{dif} [Pa]	Nast. ventilu
1	23,1	10,0	12,2	225	62,4	39,1	0,10	1 267	122	1	0,95
2	23,1	10,0	11,4	225	65,8	39,3	0,10	1 334	52	3	1,40
3	23,1	10,0	12,9	225	58,1	38,6	0,10	1 173	198	18	0,75
4	23,1	10,0	12,9	225	65,0	41,1	0,10	1 390	0	0	2,50
5	23,1	10,0	11,3	225	58,1	36,4	0,09	1 097	292	0	0,55
6	23,1	10,0	12,7	225	58,3	38,4	0,09	1 172	197	21	0,75
7	23,1	10,0	12,0	225	64,5	39,8	0,10	1 332	53	4	1,40
8	23,1	10,0	12,1	225	64,4	39,4	0,10	1 313	70	6	1,25
9	23,1	10,0	12,0	225	53,8	35,9	0,09	1 014	362	14	0,47
10	23,1	10,0	12,4	225	55,7	37,2	0,09	1 084	305	0	0,55

Rozdělovací stanice RZ-5 2.NP											
Číslo okruhu	t_p [°C]	Δt [K]	S [m ²]	r [mm]	l-celk [m]	Mh [kg/h]	w [m/s]	R*I+z [Pa]	ΔP_s [Pa]	ΔP_{dif} [Pa]	Nast. ventilu
1	23,8	6,5	15,1	225	71,9	88,7	0,22	5 915	506	6	1,05
2	23,6	7,5	15,1	225	79,6	75,3	0,19	4 191	2 218	18	0,40
3	26,5	7,0	6,3	75	109,9	67,8	0,17	4 236	2 021	170	0,38
4	26,8	6,0	5,7	75	105,7	77,6	0,19	5 879	548	1	0,90
5	24,0	5,8	11,6	225	70,7	88,5	0,22	5 856	547	25	1,00
6	24,0	5,8	12,6	225	70,2	92,0	0,23	6 427	0	0	2,50
7	24,0	5,8	12,7	225	64,7	88,6	0,22	5 444	922	62	0,80
8	23,8	6,7	15,1	225	72,2	85,4	0,21	5 384	971	72	0,75

Rozdělovací stanice RZ-6 2.NP											
Číslo okruhu	t_p [°C]	Δt [K]	S [m ²]	r [mm]	l-celk [m]	Mh [kg/h]	w [m/s]	R*I+z [Pa]	ΔP_s [Pa]	ΔP_{dif} [Pa]	Nast. ventilu
1	23,7	7,0	11,6	225	56,7	62,12	0,15	1 952	2 179	234	0,32
2	23,7	7,0	11,6	225	65,4	62,48	0,15	2 221	1 942	203	0,35
3	23,7	7,0	11,6	225	72,3	62,84	0,16	2 444	1 739	184	0,38
4	23,7	7,0	13,4	225	70,9	73,78	0,18	3 623	725	18	0,75
5	23,7	7,0	13,4	225	72,2	74,17	0,18	3 727	569	70	0,85
6	23,7	7,0	13,6	225	76,5	77,38	0,19	4 366	0	0	2,50
7	21,3	6,0	6,5	225	39,8	73,67	0,18	2 304	1 895	166	0,42
8	20,5	10,0	13,8	225	66,8	72,78	0,18	3 259	1 029	77	0,60

Rozdělovací stanice RZ-7 3.NP											
Číslo okruhu	t_p [°C]	Δt [K]	S [m ²]	r [mm]	l-celk [m]	Mh [kg/h]	w [m/s]	R*1+z [Pa]	ΔP_s [Pa]	ΔP_{dif} [Pa]	Nast. ventilu
1	21,1	7,0	7,7	225	34,7	64,9	0,16	1,517	0	0	2,50

6.3. Výkon a příkon podlahového vytápění

Číslo místnosti	t_p [°C]	S [m ²]	q [W/m ²]	q' [W/m ²]	Q _p [W]	Q _{pc} [W]
101	19,8	4,2	109,3	7,2	456	486
102	21,5	12,6	70,2	7,1	888	978
103	20,9	54,8	7,9	5,8	433	750
104	23,9	19,0	40,6	7,8	770	918
105	23,7	22,2	38,4	7,8	854	1027
106	23,8	24,0	39,7	7,7	952	1136
107	26,8	5,2	73,8	9,0	387	434
109	27,1	3,9	77,5	9,2	298	334
110	26,5	6,8	70,0	8,8	478	538
111	23,6	14,3	37,1	7,6	531	639
113	23,9	21,7	40,2	7,8	873	1043
114	24,0	48,6	40,9	7,8	1986	2367
115	24,2	84,6	43,8	8,0	3703	4380
116	22,2	10,7	21,1	6,3	226	293
117	24,8	9,3	49,8	7,8	461	533
118	21,3	8,5	67,9	6,9	580	639
201	20,6	14,1	59,1	2,2	831	862
202	21,3	6,5	67,9	3,0	441	460
203	21,0	42,0	9,1	1,0	382	424
204	23,7	40,8	38,3	4,4	1561	1741
207	20,6	12,6	4,9	0,6	62	69
210	26,8	5,7	73,8	6,7	422	460
211	26,5	6,3	70,0	6,5	441	482
212	23,6	15,1	37,1	4,2	559	623
213	23,8	15,1	39,2	4,4	591	657
214	23,8	15,1	38,8	4,4	585	651
215	24,0	38,0	41,1	4,7	1564	1742
216	23,2	75,1	31,8	3,6	2388	2658
217	23,1	50,6	31,7	3,6	1605	1787
218	23,7	34,7	38,1	4,3	1323	1473
302	21,1	7,7	65,6	2,8	506	528
					27 135	31 113

7. Návrh zdroje tepla

7.1. Vstupní výpočtové hodnoty

Požadovaný tepelný výkon pro vytápění:

$$Q_{VYT} = 31,113 \text{ kW}$$

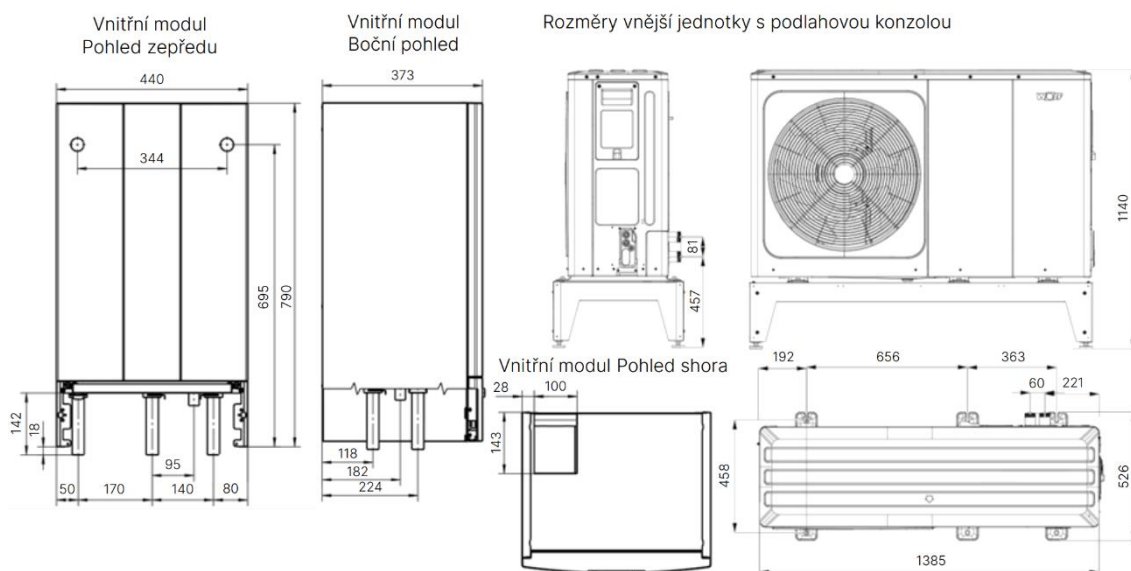
Požadovaný tepelný výkon pro ohřev teplé vody:

$$Q_{TV} = 10,8 \text{ kW}$$

7.2. Návrh zařízení

Teplá voda bude ohřívána prioritně jedním ze dvou tepelných čerpadel, tudíž požadovaný výkon zdroje tepla je rovný požadovanému tepelnému výkonu pro vytápění, 31,1 kW. Navrhují kaskádu dvou tepelných čerpadel WOLF FHA 14/17 monoblok.

Každá jednotka se skládá z vnější a vnitřní jednotky. Součástí každé vnitřní jednotky je integrovaný elektrický topný článek 6 kW jako bivalentní zdroj tepla.



Obr.10 Tepelné čerpadlo WOLF FHA 14/17 [14]

V případě, že obě tepelná čerpadla budou dodávat tepelnou energii do vytápění, bude bod bivalence $-8,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

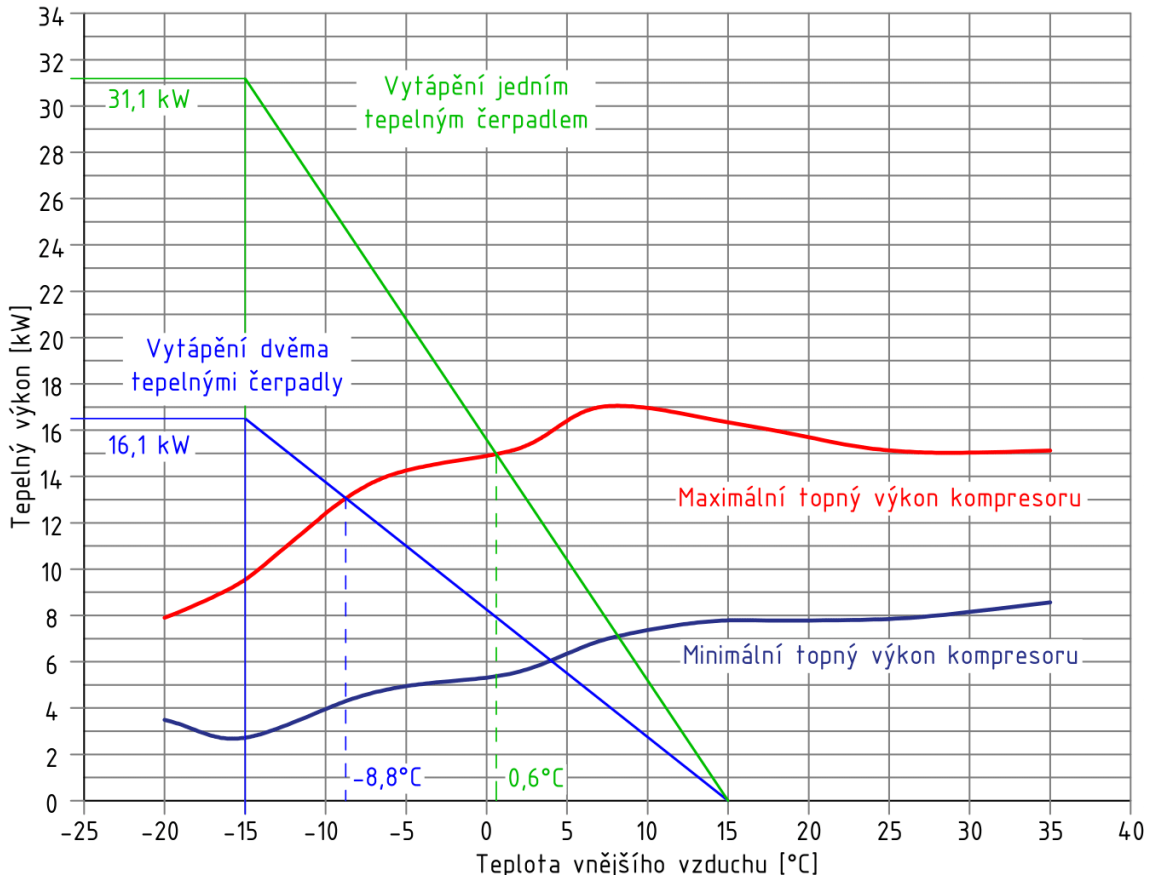
V případě, že bude jedno tepelné čerpadlo dodávat tepelnou energii do vytápění a druhé do ohřevu teplé vody, se bod bivalence posune na $0,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ohřev celého objemu zásobníku teplé vody trvá necelou hodinu a ohřev hodinové špičky trvá přibližně 20 minut. Zdroj je navržen pro mokré systém podlahového vytápění v budově ze středně těžkých až těžkých materiálů. Hodinový pokles teploty topné vody by pro uživatele neměl být citelný.

Navíc je výkon zdroje navýšen o přírážku na zátop a zákryt, a tudíž je schopen pokles teplot po ukončení ohřevu teplé vody bezproblémově dorovnat.

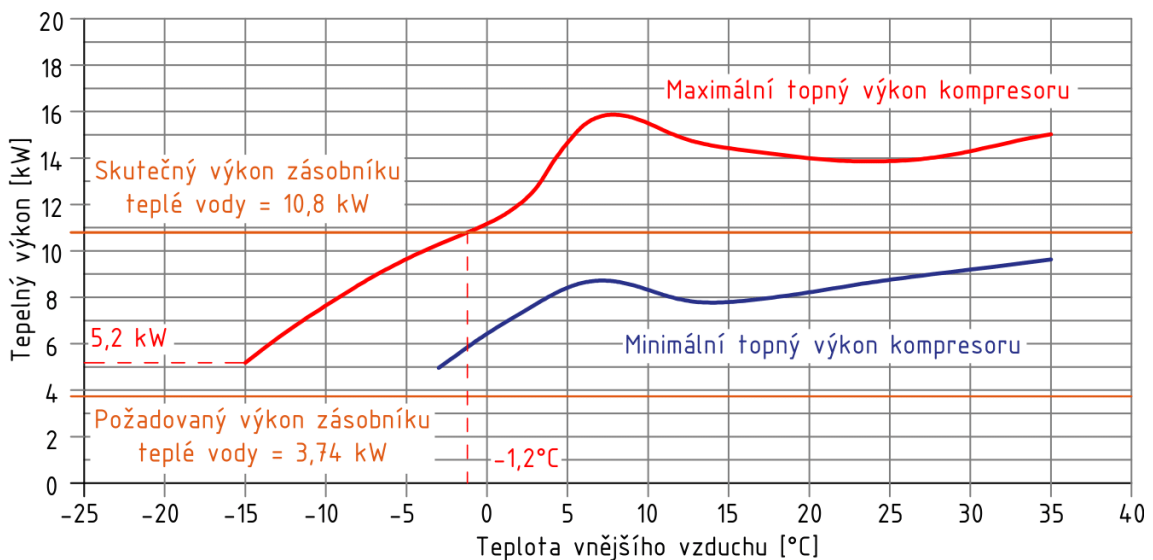
V případě, že topný systém bude v provozu před ohřevem teplé vody, a tedy nebude potřeba výše zmíněné přírážky, pouze výkon pokrývající tepelnou ztrátu budovy, bude

bod bivalence jednoho tepelného čerpadla dodávajícího tepelnou energii do vytápění roven $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ a dvou tepelných čerpadel $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$, viz obr. 20.



Obr. 11 Určení bodu bivalence pro vytápění [17]

Při ohřevu teplé vody je potřeba teplota topné vody $55\text{ }^{\circ}\text{C}$. Maximální výkon výměníku v zásobníku teplé vody je při teplotním spádu $55/45\text{ }^{\circ}\text{C}$ $10,8\text{ kW}$. Při tomto výkonu je bod bivalence $-1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Při venkovní teplotě $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ je výkon kompresoru $5,2\text{ kW}$. Zbýlý potřebný výkon pokryje bivalentní zdroj tepla o maximálním výkonu 6 kW .



Obr. 12 Určení bodu bivalence pro ohřev teplé vody [17]

WOLF FHA 14/17		
Hmotnost venkovní jednotky	kg	137
Hmotnost vnitřní jednoty	kg	27
Typ chladiva / GWP	- / -	R32 / 675
Plnicí množství / ekvivalentní množství CO2	kg / t	1,75 / 1,18
Topný výkon / COP dle EN 14511 při A2/W35	kW / -	6,76 / 3,45
Topný výkon / COP dle EN 14511 při A7/W35	kW / -	6,84 / 5,10
Topný výkon / COP dle EN 14511 při A-7/W35	kW / -	11,77 / 2,57
Rozsah výkonu při A2/W35	kW	5,5 až 15,2
Rozsah výkonu při A7/W35	kW	6,8 až 17,0
Rozsah výkonu při -7/W35	kW	4,6 až 13,8
Akustický výkon podle energetické účinnosti	dB(A)	61,5
Hladina akustického výkonu ve dne max.	dB(A)	66,6
Hladina akustického výkonu ve sníženém nočním režimu	dB(A)	58,3
Hladina akust. tlaku ve sníženém nočním provozu (ve vzdálenosti 3 m)	dB(A)	40,8
Provozní oblast teplot vody	°C	25 až 65
Max. teplota topné vody s přídavným el. ohřevem	°C	75
Provozní oblast teplot vzduchu	°C	-25 až 40
Minimální průtok vody	l / min	15
Dispoziční výška při nominálním průtoku vody	mbar	570
Maximální provozní tlak	bar	3
Průtok vzduchu ve jmenovitém pracovním bodě	m ³ / h	4 650
Připojení výstup topné/vratné/výstup teplé vody	mm	35 x 1
Připojení venkovní jednotky	G(IG)	1¼"
Připojení kondenzátu	mm	33
Vnější jednotka		
Elektrické připojení/jištění		3~ NPE, 400 VAC 50 Hz, 16 A(B)
Příkon v pohotovostním režimu (Standby)	W	17,1
Kompresor s maximální spotřebou energie v rozsahu výkonu	kW	6,15
Maximální počet startů kompresoru za hodinu	h ⁻¹	6
Stupeň krytí		IP24
Maximální příkon	A	12,0
Vnitřní jednotka		
Elektrické připojení/jištění řízení		1~ NPE, 230 VAC 50 Hz, 16 A(B)
Maximální příkon řízení		4,0
Elektrické připojení/jištění elektrického topení		3~ NPE, 400 VAC 50 Hz 16 A(B)
Maximální spotřeba elektrického topení	kW	6,0
Příkon oběhového čerpadla topného okruhu	W	3 až 140
Příkon v pohotovostním režimu (Standby)	W	2,0
Maximální příkon – elektrické topení (9kW)	A	8,7
Stupeň krytí		IP20

Tab. 12 Technické údaje tepelného čerpadla WOLF FHA 14/17 [14]

8. Dimenzování a hydraulická regulace soustavy

Jedná se o teplovodní uzavřenou soustavu se dvěma potrubími a nuceným oběhem, která je rozdělena pomocí kombinovaného rozdělovače a sběrače na jeden primární a dva sekundární okruhy. Jednotlivé rozvody jsou tvořeny měděným potrubím spojovaným lisováním.

8.1. Regulace jednotlivých okruhů topné soustavy

Okruh podlahového vytápění 1 (35/28 °C)

Seřízení jednotlivých okruhů podlahového vytápění je zajištěno regulačními ventily, které jsou součástí rozdělovací stanice. Před každou rozdělovací stanicí je umístěn vyvažovací ventil STAD. Na okruhu je v technické místnosti také osazen vyvažovací ventil. [16]

Okruh podlahového vytápění 2 (35/28 °C)

Seřízení jednotlivých okruhů podlahového vytápění je zajištěno regulačními ventily, které jsou součástí rozdělovací stanice. Před každou rozdělovací stanicí je umístěn vyvažovací ventil STAD. Na okruhu je v technické místnosti také osazen vyvažovací ventil STAD. [16]

8.2. Výpočet tlakové ztráty okruhů

Při výpočtu tlakových ztrát okruhu jsem daný okruh nejprve rozdělil na menší výpočtové úseky. Samostatný úsek tvoří část potrubí, na kterém je napojeno stejné množství odběrních míst nebo část potrubí se stejnou dimenzí.

V případě, že okruh tvoří více výpočtových úseků, jsem v druhé tabulce vyjádřil, z jakých úseků se skládá trasa k jmenovitému odběrnímu místu. Tlaková ztráta od začátku okruhu po jmenovité odběrní místo je poté součtem tlakových ztrát jednotlivých úseků, které tvoří trasu k jmenovitému odběrnímu místu.

Primární okruh se skládá z vnější jednotky, spojovacího potrubí, vnitřní jednotky a vnitřních rozvodů. Tlaková ztráta vnitřních rozvodů je vypočtena na další stránce. Ostatní hodnoty jsou určeny z projekčních podkladů výrobce. [17]

Dostupná zbytková výška:	40 000 Pa
Tlaková ztráta třicestného ventilu:	2 800 Pa
Zbytková dopravní výška:	37 200 Pa
Tlaková ztráta vnitřních rozvodů:	15 068 Pa
Posouzení:	Vyhovuje

Dimenzování primárního okruhu

Úsek	Q [W]	Mh [m ³ /h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R*1 [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R*1+z [Pa]
1	15 506	1,905	1,2	28x1,5	1,08	514	616,8	6,8	3965,76	4582,56
2	15 506	1,905	2,7	42x1,5	0,44	57	153,9	10,3	997,04	1150,94
3	31 012	3,809	8,4	42x1,5	0,89	206	1730,4	19,2	7604,16	9334,56

Dimenzování sekundárního okruhu č.1 – PV

Úsek	Q [W]	Mh [m ³ /h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R*1 [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R*1+z [Pa]	Δp _{PR+S} [Pa]	Δp _{PV} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]
1	13 498	1,686	23,2	35x1,5	0,58	135	3 132	22	3 700	6 832	0	0	6 832
2	10 147	1,239	16,0	35x1,5	0,43	79	1 266	0,9	83	1 349	0	0	1 348
3	5 422	0,680	1,0	28x1,5	0,38	87	87	0,9	65	152	0	0	151
4	527	0,065	20,0	15x1,0	0,14	22	434	12,9	126	560	350	1 517	2 427
5	5 187	0,447	11,0	28x1,5	0,25	36	391	12,3	384	775	700	3 342	4 816
6	4 366	0,559	7,0	28x1,5	0,29	46	324	12,3	517	841	500	4 712	6 053
7	6 434	0,615	6,5	28x1,5	0,47	111	722	12,3	1 359	2 080	1 400	4 880	8 360

OM	Úseky	Δp _{dis}	DN _{VV}	Nastavení VV	k _{V,VV}	Δp _{VV} [Pa]	Δp _{dif} [Pa]	Δp _{celk} [Pa]
RZ2	1+2+3+7	16 591	25,0	4,0	8,950	829	0	17 420
RZ3	1+5	11 649	25,0	1,7	2,500	5 700	70	17 349
RZ6	1+2+3+6	14 284	25,0	1,8	3,000	3 000	135	17 284
RZ7	1+2+3+4	10 658	10,0	2,1	0,250	6 700	61	17 358

Dimenzování sekundárního okruhu č.2 – PV

Úsek	Q [W]	Mh [m ³ /h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R*1 [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R*1+z [Pa]	Δp _{PR+S} [Pa]	Δp _{PV} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]
1	17 567	2,083	7,8	35x1,5	0,72	200	1560	20	5184	6744	0	0	6744
2	12 672	1,418	13,2	35x1,5	0,49	100	1320	6,5	780	2100	0	0	2100
3	4 470	0,385	8,0	18x1,0	0,53	276	2208	10,9	1531	3739	250	1390	5379
4	4 895	0,664	5,0	28x1,5	0,38	87	435	14,5	1047	1482	800	6434	8716
5	8 202	1,033	4,0	28x1,5	0,58	184	736	12,3	2069	2805	2100	6908	11813

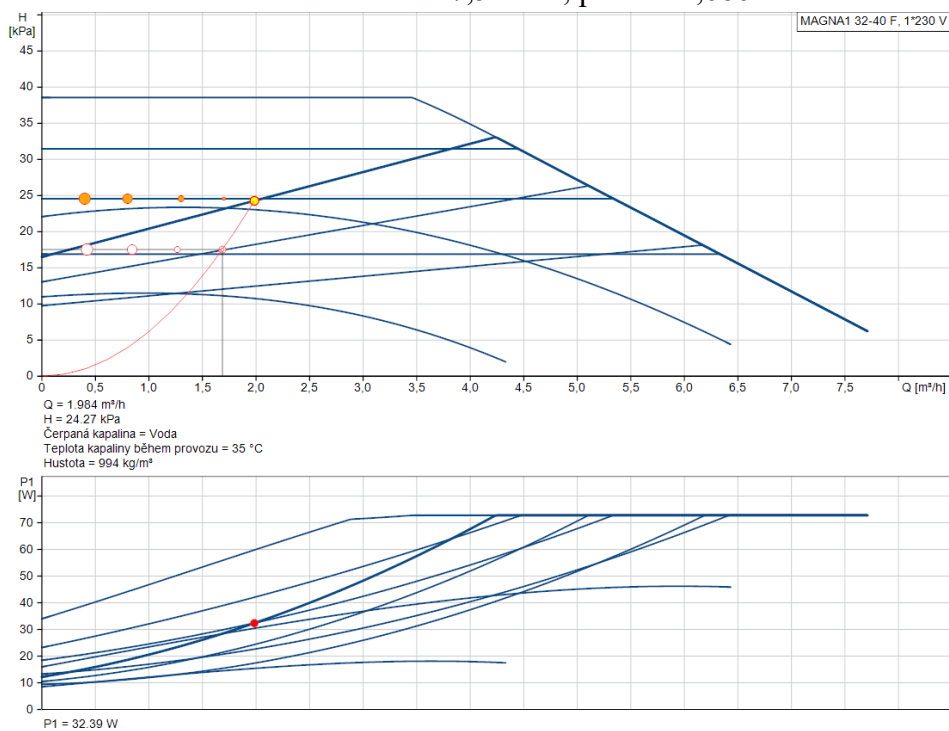
OM	Úseky	Δp _{dis}	DN _{VV}	Nastavení VV	k _{V,VV}	Δp _{VV} [Pa]	Δp _{dif} [Pa]	Δp _{celk} [Pa]
RZ1	1+2+5	20 657	25,0	4,0	8,950	1 074	0	21 731
RZ4	1+2+3	14 223	15,0	1,2	1,400	7 500	8	21 723
RZ5	1+2+4	17 560	25,0	1,9	3,250	4 100	71	21 660

9. Návrh oběhových čerpadel

Pro návrh oběhových čerpadel jsem využil online aplikaci výrobce GRUNDFOS.

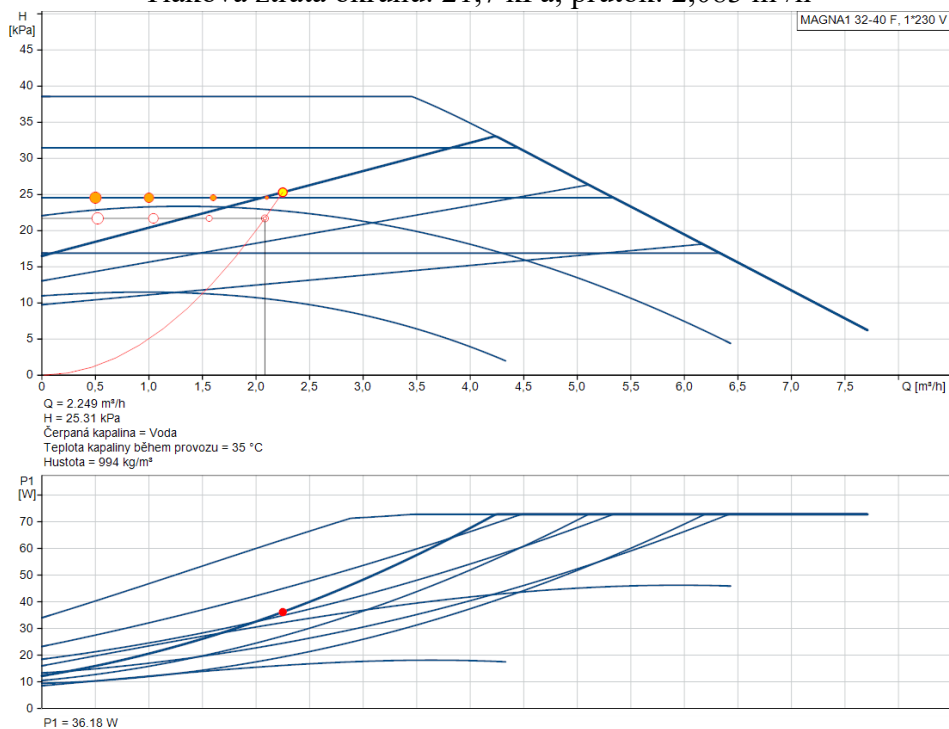
Oběhové čerpadlo č.1 – GRUNDFOS MAGNA1 32-40 F

Tlaková ztráta okruhu: 17,52 kPa; průtok: 1,686 m³/h



Oběhové čerpadlo č.2 – GRUNDFOS MAGNA3 32-40 F

Tlaková ztráta okruhu: 21,7 kPa; průtok: 2,083 m³/h



Obr.13 a 14 Výkon oběhového čerpadla Grundfos [18]

10. Návrh technických zařízení soustavy

10.1. Akumulační zásobník

Akumulační zásobník bude sloužit jako hydraulický oddělovač primárního a sekundárního okruhu a zároveň pro zajištění minimálního objemu topné vody pro odtávání výparníků vnějších jednotek. Dle podkladů výrobce tepelného čerpadla je potřeba minimálně 60 l na jednu jednotku. Navrhuji akumulční zásobník WOLF SPU-1-200 s objemem topné vody 200 l.

Objem zásobníku	I	200
Pohotovostní tepelná ztráta SPU-1	kWh/24h	1,55
Hrdlo / teploměr / kanál snímačů	A mm	256
Hrdlo / teploměr / kanál snímačů	B mm	460
Hrdlo na pomocné pouzdro snímače teploty	C mm	358
Hrdlo / teploměr / kanál snímačů	D mm	910
Výška s tepelnou izolací	H mm	1140
Průměr s tepelnou izolací	I mm	610
Vypouštění	K mm	85
Klopná výška s tepelnou izolací	mm	1310
Hrdlo (5 kusů)	Rp	1½"
Hrdlo pro ponorné pouzdro snímače teploty	Rp	1"
Odvzdušňování	Rp	1"
Vypouštění	Rp	½"
Max. provozní tlak primární*/sekundární	bar	- / 3
Max. provozní teplota primární*/sekundární	°C	- / 95
Hmotnost SPU-1	kg	48

Obr. 15 Akumulační zásobník WOLF SPU-1-200 [12]

10.2. Rozdělovač a sběrač

V technické místnosti navrhuji kombinovaný rozdělovač a sběrač RS KOMBI od společnosti ETL. Průtok soustavy je 3,768 m³/h. Z hlediska dodržení doporučených minimálních roztečí hrdel v závislosti na jejich dimenzích a maximální možné délce jednotlivých modulů volím modul 80. Jedná se o modul s maximálním průtokem 6 m³/h a maximální délkou 3 m.

11. Návrh zabezpečovacího zařízení

Pro ochranu topného systému před tepelnou roztažností topné vody navrhuji expanzní membránovou nádobu. Součástí tepelných čerpadel je pojistný ventil zabráňující překročení maximálního provozního přetlaku.

Výška topné soustavy: 7,0 m

Maximální teplota topné vody: 75 °C

11.1. Objem vody v topné soustavě

Celkový objem vody v soustavě činí 811 litrů.

Objem vody v zařízení			
Druh zařízení		Objem [m ³]	
Ohřívač TV		0,012	
Akumulační zásobník		0,200	
Kombinovaný rozdělovač se sběračem		0,020	
2x Tepelné čerpadlo		0,060	
Podlahové vytápění		0,428	
Potrubní rozvody topné vody			
DN x t [mm]	A [m ²]	m	
15x1,0	0,00013	20,0	0,003
18x1,0	0,00020	8,0	0,002
28x1,5	0,00049	35,7	0,017
35x1,5	0,00080	61,2	0,049
42x1,5	0,00129	11,1	0,014
Σ			0,811

11.2. Návrh expanzní nádoby

Expanzní objem

$$V_e = 1,3 * V_o * n = 1,3 * 0,811 * 0,0322 = 0,034\text{m}^3$$

kde: V_o objem vody v topné soustavě [m³]
 n součinitel tepelné roztažnosti [-]

Nejnižší dovolený provozní přetlak

$$p_{ddov} \geq 1,15 * h * \rho * g + \Delta p_z$$

$$p_{ddov} \geq 1,1 * 7,0 * 1000 * 9,81 * 10^{-3} + 0 = 75,54 \text{ kPa}$$

kde: h výška mezi neutrálním bodem a nejvyšším místem soustavy [m]
 ρ objemová hmotnost vody [kg. m⁻³]
 g tíhové zrychlení [m. s⁻²]
 Δp_z tlaková ztráta soustavy mezi neutrálním bodem a nejvyšším bodem ve směru proudění [kPa]

Volím: 100 kPa \geq 75,54 kPa – Vyhovuje

Nejvyšší dovolený provozní přetlak

$$p_{hdov} \leq p_k - (h_{MR} * \rho * g)$$

$$p_{hdov} \leq 300 - 0 = 300,00 \text{ kPa}$$

kde: p_k nejnižší konstrukční přetlak prvku v soustavě [kPa]
 h_{MR} výška manometrické roviny [m]

Volím: 300 kPa \leq 300 kPa – Vyhovuje

Předběžný objem expanzní nádoby

$$V_{ep} = \frac{V_e * (p_{hp} + 100)}{p_{hp} - p_d} = \frac{0,034 * (300 + 100)}{300 - 100} = 0,068 \text{ m}^3$$

kde: p_{hp} nejvyšší dovolený provozní tlak [kPa]

p_d nejnižší dovolená provozní tlak [kPa]

Navrhuji expanzní nádobu Reflex NG 80 o objemu 80 l vhodnou pro uzavřené topné soustavy s maximálním provozním přetlakem 600 kPa.



Reflex NG 80	
Jmenovitý objem [l]	80
Max. využitelný objem [l]	68
Max. teplota soustavy [°C]	120
Max provozní teplota [°C]	70
Max. provozní tlak [bar]	6
Přetlak plynu [bar]	1,5
Přípojení [palec]	1
Průměr [mm]	480
Max. výška [mm]	565
Výška přípojky vody [mm]	165
Sklopný rozměr cca [mm]	741
Hmotnost [kg]	9,12

Obr. 16 Expanzní nádoba Reflex NG 80 [19]

Tab. 14 Technické údaje nádoby Reflex NG 80 [19]

11.3. Návrh expanzního potrubí

$$d_p = 10 + 0,6 * \sqrt{Q_p} = 10 + 0,9 * \sqrt{31} = 15,01 \text{ mm}$$

kde: d_p světlý průměr expanzního potrubí [mm]

Q_p pojistný výkon [kW]

Volím: potrubí 18x1 mm.

12. Návrh tepelné izolace potrubí

Návrh a výpočet tepelné izolace rozvodů potrubí jsem provedl pomocí online výpočtového softwaru: Výpočet tepelné ztráty potrubí s izolací, dostupného na stránkách webu www.tzb-info.cz. Jako tepelnou izolaci uvažuji minerální vlnu PIPO ALS od výrobce ROCKWOOL, $\lambda = 0,036 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

Minimální tloušťka tepelné izolace potrubí, při teplotě topné vody 35 °C					
Potr. [mm]	15x1,0	18x1,0	28x1,5	35x1,5	42x1,5
TI [mm]	25	30	40	40	25

13. Roční potřeba a spotřeba tepelné a elektrické energie

13.1. Příprava teplé vody

Spotřeba teplé vody denně: 670 l

Vstupní teplota vody: 10 °C

Výstupní teplota vody: 50 °C

Požadovaná tepelná energie

$$E_{TV,d} = V * c * (t_2 - t_1) * z = 0,67 * 1,163 * (50 - 10) * 1,2 = 37,40 \text{ kWh}$$

Korekce na proměnlivou teplotu vstupní vody

$$k_t = \frac{t_{tv} - t_{sv,L}}{t_{tv} - t_{sv,Z}} = \frac{50 - 15}{50 - 10} = 0,875$$

Roční potřeba tepelné energie

$$E_{TV,i} = E_{TV,d} * d + k_t * E_{TV,d} * (N - d) = 37,4 * 260 + 0,875 * 37,4 * \\ * (365 - 260) = 13\,160,1 = 13,16 \text{ MWh/r}$$

kde: d počet dnů topného období

N počet pracovních dnů soustavy

Roční spotřeba tepelné energie

$$E_{TV} = \frac{E_{TV}}{n_{zdroj} * n_{distr}} = \frac{13,16}{0,98 * 0,97} = 13,84 \text{ MWh/r}$$

13.2. Vytápění – krytí tepelné ztráty prostupem a větráním

Tepelná ztráta prostupem: $Q_t = 13\,234 \text{ W}$

Tepelná ztráta větráním: $Q_v = 9\,740 \text{ W}$

Tepelná ztráta celkem: $Q = 22\,974 \text{ W}$

Vnitřní průměrná teplota: $t_i = 20 \text{ °C}$

Venkovní výpočtová teplota: $t_e = -15 \text{ °C}$

Měrná tepelná ztráta objektu

$$H = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{22\,974}{20 - (-15)} = 656,4 \text{ W/K}$$

Roční potřeba tepelné energie

$$E_{T,i} = 24 * \varepsilon * e * D * H = 24 * 0,9 * 0,9 * 3848 * 656,4 = 49,10 \text{ MWh/r}$$

kde: ε součinitel vyjadřující nesoučasnost infiltrace během roku

e součinitel vyjadřující vliv přerušovaného vytápění

D počet denostupňů $D = d * (t_{is} - t_{es}) = 260 * (20 - 5,2) = 3848$

t_{es} průměrná venkovní teplota v topném období

Roční spotřeba tepelné energie

$$E_T = \frac{E}{n_{\text{zdroj}} * n_{\text{distr}}} = \frac{49,10}{0,98 * 0,92} = 54,45 \text{ MWh/r}$$

Roční potřeba tepelné energie bivalentním zdrojem tepla

Elektrokotle budou v provozu, když bude venkovní teplota pod bodem bivalence. Pro výpočet uvažují, že elektrokotel bude v provozu 400 hodin s průměrným výkonem 6 kW.

$$E_{\text{ELK}} = \frac{6 * 400}{n_{\text{zdroj}} * n_{\text{distr}}} = \frac{2\,400}{0,98 * 0,92} = 2,66 \text{ MWh/r}$$

13.3. Roční spotřebovaná tepelná energie

$$\sum E = E_{\text{TV}} + E_T = 13,84 + 54,45 = 68,29 \text{ MWh/r}$$

13.4. Roční spotřebovaná elektrická energie

Průměrný roční topný faktor pro ohřev teplé vody

$$\text{COP}_{\text{r,TV}} = f_{\text{H,COP}} * \text{COP}_n = 0,86 * 3,2 = 2,8$$

Spotřeba elektrické energie pro ohřev teplé vody

$$E_{\text{TV,sk}} = \frac{E_{\text{TV}}}{\text{COP}_{\text{r,TV}}} = \frac{13,84}{2,8} = 4,94 \text{ MWh/r}$$

Průměrný roční topný faktor pro vytápění

$$\text{COP}_{\text{r,T}} = f_{\text{H,COP}} * \text{COP}_n = 0,88 * 4,5 = 3,96$$

Spotřeba elektrické energie pro vytápění

$$E_{\text{T,sk}} = \frac{E_T - E_{\text{ELK}}}{\text{COP}_{\text{r,T}}} + E_{\text{ELK}} = \frac{54,45 - 2,66}{3,96} + 2,66 = 12,74 + 2,66 = 15,4 \text{ MWh/r}$$

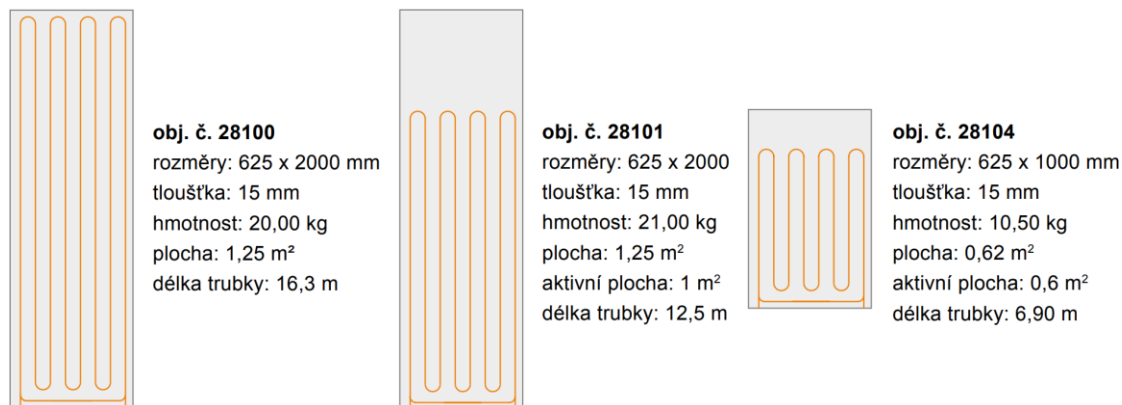
Celková spotřeba elektrické energie

$$E_{\text{celk}} = E_{\text{TV,sk}} + E_{\text{T,sk}} = 4,94 + 15,4 = 20,34 \text{ MWh/r}$$

II. VARIANTA VYTÁPĚNÍ

14. Návrh stropního vytápění

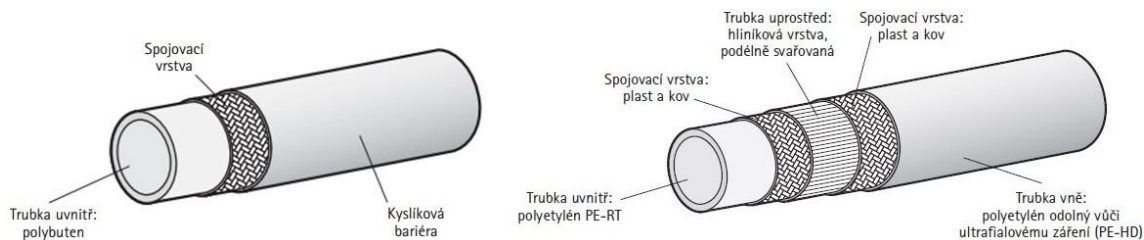
Stropní vytápění je navrženo ze systémových desek Gabotherm KPI 10. Tyto desky jsou vyráběny ve tří variantách:



Obr. 17 Systémové desky Gabotherm KPI 10 [20]

Systémové desky tvoří sádrovláknitá deska s integrovaným potrubím Gabotherm PB 10x1,3 mm uloženým do vyfrézované drážky ve tvaru meandru.

Desky lze spájet do tzv. segmentů. Dle výrobce je maximální plocha segmentu 2,5 m² a maximální plocha okruhu 10 m². Segmenty jsou poté zapojeny Tichelmannovým zapojením na sběrné potrubí Gabotherm AL-PEX 16x2,0 mm.



Obr. 18 Polybutenové a vícevrstvé potrubí Gabotherm [20]

Nejprve jsem si narýsoval uložení systémových desek tak, aby bylo co nejlepší z hlediska užitého, ekonomického i montážního. Poté jsem určil plochu topné plochy a požadovaný plošný výkon v jednotlivých místnostech.

Při umístění systémových desek jsem vynechal prostor pro osvětlení, vzduchotechniku a jiné prostupy podhledem. Jedná se o administrativní budovu, tudíž v hygienických prostorech a komunikacích uvažuji s bodovými svítidly a v kancelářích s podélnými svítidly s minimální šířkou 200 mm.

Samozřejmě jsem při umístění desek bral ohled na montážní fázi a sice před každou deskou minimálně 250 mm jako pracovní prostor pro napojení potrubí.

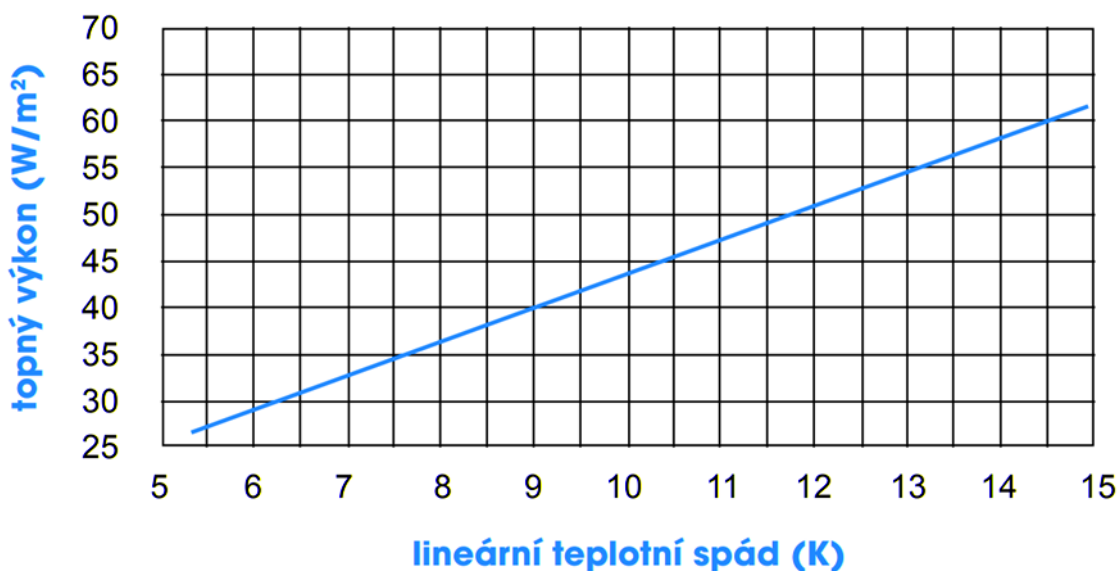
Nevytápěné prostory tvoří 6 % tepelných ztrát objektu, proto jsem v každém z vytápěných prostor počítal s přírůžkou 6 % k požadovanému tepelnému výkonu.

Na rozdíl od podlahového vytápění není u tohoto systému potřeba uvažovat s přírůžkou na zátáp a zákryt. Na zátáp, protože doba náběhu systému na 90 % výkonu je jedna hodina a na zákryt, protože se jedná o stropní systém.

Následně jsem na základě podkladů výrobce určil rozdíl střední teploty topné vody a interiéru neboli lineární teplotní spád potřebný pro daný tepelný výkon. Z této hodnoty jsem nakonec určil minimální střední teplotu topné vody.

$$\Delta T = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} - t_a \text{ [K]}$$

kde: t_{w1} teplota topné vody na přívodním potrubí [°C]
 t_{w2} teplota topné vody na vratném potrubí [°C]
 t_a teplota vzduchu [°C] [19]



Obr. 19 Lineární teplotní spád systémové desky Gabotherm KPI 10 [20]

14.1. Návrh střední teploty topné vody

Číslo míst.	Systémová deska			Topná plocha [m ²]	Požad. Výkon [W]	Požad. Výkon [W/m ²]	Lineární tepl. Sp. [K]	Vnitřní teplota [°C]	Střední teplota [°C]
	28100	28101	28104						
	[ks]								
101	2	-	2	3,7	262	71	17	10	27
102	8	-	-	10	270	27	5	15	20
104	-	16	-	16	916	57	14	20	34
105	16	-	-	20	791	40	9	20	29
106	16	-	-	20	838	42	10	20	30
107	-	5	5	8	392	49	11	20	31
109	-	-	6	3,6	147	41	9	20	29
110	-	6	-	6	265	44	10	20	30
111	-	12	-	12	463	39	9	20	29
113	-	16	-	16	707	44	10	20	30
114	24	6	-	36	1670	46	11	20	31
115	32	32	-	72	3752	52	12	20	32
117	4	4	-	9	323	36	8	20	28
118		6	-	6	365	61	15	15	30
201	10	-	-	12,5	338	27	5	15	20
204	-	32	-	32	1412	44	10	20	30
210	5	-	5	9,25	426	46	11	20	31
211	-	6	-	6	287	48	11	20	31
212	-	12	-	12	519	43	10	20	30
213	-	12	-	12	519	43	10	20	30
214	-	12	-	12	519	43	10	20	30
215	24	-	-	30	1535	51	12	20	32
216	46	-	-	57,5	2374	41	9	20	29
217	32	-	-	40	1418	35	8	20	28
218	20	-	-	25	894	36	8	20	28
301	8	-	-	10	270	27	5	15	20
302	6	-	-	7,5	508	68	17	15	32

Pro celý systém tedy uvažuji s teplotním spádem 35/30 °C

14.2. Výpočet tlakových ztrát okruhů

RZ1-1									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R*1+z [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R*1+z [Pa]
1	0,063	9	16x2,0	0,15	26,7	240	4,0	45	285
2	0,042	1	16x2,0	0,10	16,1	10	0,9	5	15
3	0,021	1	16x2,0	0,05	8,1	5	0,9	1	6
4	0,021	25	10x1,3	0,15	71,1	1 778	44,5	501	2 278

RZ1-2									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R*1+z [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R*1+z [Pa]
1	0,056	12	16x2,0	0,14	22,6	271	6,0	59	330
2	0,042	1	16x2,0	0,10	16,1	10	0,9	5	15
3	0,028	1	16x2,0	0,07	11,3	7	0,9	2	9
4	0,014	1	16x2,0	0,03	4,8	3	0,9	0	3
5	0,014	29	10x1,3	0,10	47,4	1 365	44,5	223	1 588

RZ1-3									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R*1+z [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R*1+z [Pa]
1	0,054	22	16x2,0	0,13	21,0	454	10,0	85	538
2	0,036	1	16x2,0	0,09	14,5	9	0,9	4	13
3	0,018	0	16x2,0	0,04	6,5	1	0,9	1	2
4	0,018	29	10x1,3	0,13	61,6	1 774	44,5	376	2 150

RZ1-4									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R*1+z [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R*1+z [Pa]
1	0,054	18	16x2,0	0,13	21,0	370	10,0	85	454
2	0,036	1	16x2,0	0,09	14,5	9	0,9	4	13
3	0,018	0	16x2,0	0,04	6,5	1	0,9	1	2
4	0,018	29	10x1,3	0,13	61,6	1 774	44,5	376	2 150

RZ1-5									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,060	20	16x2,0	0,15	26,7	534	6,0	68	602
2	0,040	1	16x2,0	0,10	16,1	20	0,9	5	25
3	0,020	1	16x2,0	0,05	8,1	10	0,9	1	11
4	0,020	33	10x1,3	0,14	66,4	2 165	44,5	436	2 601

RZ1-6									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,060	12	16x2,0	0,15	26,7	307	6,0	68	375
2	0,040	1	16x2,0	0,10	16,1	10	0,9	5	15
3	0,020	0	16x2,0	0,05	8,1	2	0,9	1	3
4	0,020	33	10x1,3	0,14	66,4	2 165	44,5	436	2 601

RZ1-7									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,060	15	16x2,0	0,15	26,7	395	10,0	113	508
2	0,040	1	16x2,0	0,10	16,1	10	0,9	5	15
3	0,020	0	16x2,0	0,05	8,1	2	0,9	1	3
4	0,020	33	10x1,3	0,14	66,4	2 165	44,5	436	2 601

RZ2-1									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,081	15	16x2,0	0,20	58,2	873	8,0	160	1 033
2	0,060	1	16x2,0	0,15	26,7	17	0,9	10	27
3	0,040	1	16x2,0	0,10	16,1	10	0,9	5	15
4	0,020	1	16x2,0	0,05	8,1	5	0,9	1	6
5	0,020	29	10x1,3	0,14	66,4	1 912	44,5	436	2 348

RZ2-2									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,081	21	16x2,0	0,20	58,2	1 240	8,0	160	1 400
2	0,060	1	16x2,0	0,15	26,7	17	0,9	10	27
3	0,040	1	16x2,0	0,10	16,1	10	0,9	5	15
4	0,020	1	16x2,0	0,05	8,1	5	0,9	1	6
5	0,020	29	10x1,3	0,14	66,4	1 912	44,5	436	2 348

RZ2-3									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,081	9	16x2,0	0,20	58,2	524	4,0	80	604
2	0,060	1	16x2,0	0,15	26,7	17	0,9	10	27
3	0,040	1	16x2,0	0,10	16,1	10	0,9	5	15
4	0,020	1	16x2,0	0,05	8,1	5	0,9	1	6
5	0,020	29	10x1,3	0,14	66,4	1 912	44,5	436	2 348

RZ2-4									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,081	18	16x2,0	0,20	58,2	1 059	4,0	80	1 139
2	0,060	1	16x2,0	0,15	26,7	17	0,9	10	27
3	0,040	1	16x2,0	0,10	16,1	10	0,9	5	15
4	0,020	1	16x2,0	0,05	8,1	5	0,9	1	6
5	0,020	29	10x1,3	0,14	66,4	1 912	44,5	436	2 348

RZ2-5									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,081	18	16x2,0	0,20	58,2	1 059	4,0	80	1 139
2	0,060	1	16x2,0	0,15	26,7	17	0,9	10	27
3	0,040	1	16x2,0	0,10	16,1	10	0,9	5	15
4	0,020	1	16x2,0	0,05	8,1	5	0,9	1	6
5	0,020	29	10x1,3	0,14	66,4	1 912	44,5	436	2 348

RZ2-6									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,081	9	16x2,0	0,20	58,2	524	4,0	80	604
2	0,060	1	16x2,0	0,15	26,7	17	0,9	10	27
3	0,040	1	16x2,0	0,10	16,1	10	0,9	5	15
4	0,020	1	16x2,0	0,05	8,1	5	0,9	1	6
5	0,020	29	10x1,3	0,14	66,4	1 912	44,5	436	2 348

RZ2-7									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,081	23	16x2,0	0,20	58,2	1 333	8,0	160	1 493
2	0,060	1	16x2,0	0,15	26,7	17	0,9	10	27
3	0,040	1	16x2,0	0,10	16,1	10	0,9	5	15
4	0,020	1	16x2,0	0,05	8,1	5	0,9	1	6
5	0,020	29	10x1,3	0,14	66,4	1 912	44,5	436	2 348

RZ2-8									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,081	16	16x2,0	0,20	58,2	902	8,0	160	1 062
2	0,060	1	16x2,0	0,15	26,7	17	0,9	10	27
3	0,040	1	16x2,0	0,10	16,1	10	0,9	5	15
4	0,020	1	16x2,0	0,05	8,1	5	0,9	1	6
5	0,020	29	10x1,3	0,14	66,4	1 912	44,5	436	2 348

RZ3-1									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,068	14	16x2,0	0,17	37,4	524	12,0	173	697
2	0,051	1	16x2,0	0,13	21,0	13	0,9	8	21
3	0,034	1	16x2,0	0,08	12,9	8	0,9	3	11
4	0,017	1	16x2,0	0,04	6,5	4	0,9	1	5
5	0,017	33	10x1,3	0,12	56,9	1 855	44,5	320	2 175

RZ3-2									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,068	19	16x2,0	0,17	37,4	696	12,0	173	869
2	0,051	1	16x2,0	0,13	21,0	13	0,9	8	21
3	0,034	1	16x2,0	0,08	12,9	8	0,9	3	11
4	0,017	1	16x2,0	0,04	6,5	4	0,9	1	5
5	0,017	33	10x1,3	0,12	56,9	1 855	44,5	320	2 175

RZ3-3									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,079	16	16x2,0	0,19	50,6	810	8,0	144	954
2	0,059	1	16x2,0	0,14	22,6	14	0,9	9	23
3	0,039	1	16x2,0	0,10	16,1	10	0,9	5	15
4	0,020	1	16x2,0	0,05	8,1	5	0,9	1	6
5	0,020	25	10x1,3	0,14	66,4	1 660	44,5	436	2 096

RZ3-4									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,079	11	16x2,0	0,19	50,6	557	4,0	72	629
2	0,059	1	16x2,0	0,14	22,6	14	0,9	9	23
3	0,039	1	16x2,0	0,10	16,1	10	0,9	5	15
4	0,020	1	16x2,0	0,05	8,1	5	0,9	1	6
5	0,020	25	10x1,3	0,14	66,4	1 660	44,5	436	2 096

RZ3-5									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,088	11	16x2,0	0,22	75,6	832	2,0	48	880
2	0,066	1	16x2,0	0,16	31,8	20	0,9	12	31
3	0,044	1	16x2,0	0,11	17,7	11	0,9	5	17
4	0,022	1	16x2,0	0,05	8,1	5	0,9	1	6
5	0,022	33	10x1,3	0,16	75,8	2 471	44,5	570	3 041

RZ3-6									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,045	15	16x2,0	0,11	17,7	267	2,0	12	279
2	0,023	1	16x2,0	0,06	9,7	6	0,9	2	8
3	0,023	23	10x1,3	0,17	80,6	1 870	44,5	643	2 513

RZ3-7									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,061	14	16x2,0	0,15	26,7	374	6,0	68	441
2	0,046	1	16x2,0	0,11	17,7	11	0,9	5	17
3	0,030	1	16x2,0	0,07	11,3	7	0,9	2	9
4	0,015	1	16x2,0	0,04	6,5	4	0,9	1	5
5	0,015	25	10x1,3	0,11	52,1	1 303	44,5	269	1 572

RZ3-8									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,061	14	16x2,0	0,15	26,7	374	6,0	68	441
2	0,046	1	16x2,0	0,11	17,7	11	0,9	5	17
3	0,030	1	16x2,0	0,07	11,3	7	0,9	2	9
4	0,015	1	16x2,0	0,04	6,5	4	0,9	1	5
5	0,015	25	10x1,3	0,11	52,1	1 303	44,5	269	1 572

RZ4-1									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,040	10	16x2,0	0,10	16,1	158	6,0	30	188
2	0,027	1	16x2,0	0,07	11,3	7	0,9	2	9
3	0,013	1	16x2,0	0,03	4,8	3	0,9	0	3
4	0,013	25	10x1,3	0,09	42,7	1 068	44,5	180	1 248

RZ4-2									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,040	10	16x2,0	0,10	16,1	158	6,0	30	188
2	0,027	1	16x2,0	0,07	11,3	7	0,9	2	9
3	0,013	1	16x2,0	0,03	4,8	3	0,9	0	3
4	0,013	25	10x1,3	0,09	42,7	1 068	44,5	180	1 248

RZ4-3									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,046	15	16x2,0	0,11	17,7	257	6,0	36	293
2	0,030	1	16x2,0	0,07	11,3	7	0,9	2	9
3	0,015	1	16x2,0	0,04	6,5	4	0,9	1	5
4	0,015	25	10x1,3	0,11	52,1	1 303	44,5	269	1 572

RZ4-4									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,025	13	16x2,0	0,06	9,7	126	6,0	11	137
2	0,017	0	16x2,0	0,04	6,5	1	0,9	1	2
3	0,008	1	16x2,0	0,02	3,2	2	0,9	0	2
4	0,008	14	10x1,3	0,06	28,4	392	44,5	80	472

RZ4-5									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,067	21	16x2,0	0,16	31,8	668	6,0	77	745
2	0,054	1	16x2,0	0,13	21,0	13	0,9	8	21
3	0,040	1	16x2,0	0,10	16,1	10	0,9	5	15
4	0,027	1	16x2,0	0,07	11,3	7	0,9	2	9
5	0,013	1	16x2,0	0,03	4,8	3	0,9	0	3
6	0,013	19	10x1,3	0,09	42,7	828	44,5	180	1 009

RZ4-6									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,072	7	16x2,0	0,18	43,7	306	8,0	130	436
2	0,054	1	16x2,0	0,13	21,0	13	0,9	8	21
3	0,036	1	16x2,0	0,09	14,5	9	0,9	4	13
4	0,018	1	16x2,0	0,04	6,5	4	0,9	1	5
5	0,018	33	10x1,3	0,13	61,6	2 008	44,5	376	2 384

RZ4-7									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,072	11	16x2,0	0,18	43,7	481	8,0	130	610
2	0,054	1	16x2,0	0,13	21,0	13	0,9	8	21
3	0,036	1	16x2,0	0,09	14,5	9	0,9	4	13
4	0,018	1	16x2,0	0,04	6,5	4	0,9	1	5
5	0,018	33	10x1,3	0,13	61,6	2 008	44,5	376	2 384

RZ5-1									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,088	27	16x2,0	0,22	75,6	2 019	6,0	145	2 164
2	0,066	1	16x2,0	0,16	31,8	20	0,9	12	31
3	0,044	1	16x2,0	0,11	17,7	11	0,9	5	17
4	0,022	1	16x2,0	0,05	8,1	5	0,9	1	6
5	0,022	33	10x1,3	0,16	75,8	2 471	44,5	570	3 041

RZ5-2									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,053	5	16x2,0	0,13	21,0	105	6,0	51	156
2	0,036	1	16x2,0	0,09	14,5	9	0,9	4	13
3	0,018	1	16x2,0	0,04	6,5	4	0,9	1	5
4	0,018	33	10x1,3	0,13	61,6	2 008	44,5	376	2 384
5	0,053	5	16x2,0	0,13	21,0	105	6,0	51	156

RZ5-3									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,071	10	16x2,0	0,17	37,4	374	10,0	145	519
2	0,053	1	16x2,0	0,13	21,0	13	0,9	8	21
3	0,036	1	16x2,0	0,09	14,5	9	0,9	4	13
4	0,018	1	16x2,0	0,04	6,5	4	0,9	1	5
5	0,018	33	10x1,3	0,13	61,6	2 008	44,5	376	2 384

RZ5-4									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,071	15	16x2,0	0,17	37,4	576	10,0	145	720
2	0,053	1	16x2,0	0,13	21,0	13	0,9	8	21
3	0,036	1	16x2,0	0,09	14,5	9	0,9	4	13
4	0,018	1	16x2,0	0,04	6,5	4	0,9	1	5
5	0,018	33	10x1,3	0,13	61,6	2 008	44,5	376	2 384

RZ5-5									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R*1+z [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R*1+z [Pa]
1	0,071	21	16x2,0	0,17	37,4	778	10,0	145	922
2	0,053	1	16x2,0	0,13	21,0	13	0,9	8	21
3	0,036	1	16x2,0	0,09	14,5	9	0,9	4	13
4	0,018	1	16x2,0	0,04	6,5	4	0,9	1	5
5	0,018	33	10x1,3	0,13	61,6	2 008	44,5	376	2 384

RZ5-6									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R*1+z [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R*1+z [Pa]
1	0,071	19	16x2,0	0,17	37,4	692	10,0	145	836
2	0,053	1	16x2,0	0,13	21,0	13	0,9	8	21
3	0,036	1	16x2,0	0,09	14,5	9	0,9	4	13
4	0,018	1	16x2,0	0,04	6,5	4	0,9	1	5
5	0,018	33	10x1,3	0,13	61,6	2 008	44,5	376	2 384

RZ5-7									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R*1+z [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R*1+z [Pa]
1	0,071	14	16x2,0	0,17	37,4	524	6,0	87	610
2	0,053	1	16x2,0	0,13	21,0	13	0,9	8	21
3	0,036	1	16x2,0	0,09	14,5	9	0,9	4	13
4	0,018	1	16x2,0	0,04	6,5	4	0,9	1	5
5	0,018	33	10x1,3	0,13	61,6	2 008	44,5	376	2 384

RZ5-8									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R*1+z [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R*1+z [Pa]
1	0,088	9	16x2,0	0,22	75,6	643	10,0	242	885
2	0,066	1	16x2,0	0,16	31,8	20	0,9	12	31
3	0,044	1	16x2,0	0,11	17,7	11	0,9	5	17
4	0,022	1	16x2,0	0,05	8,1	5	0,9	1	6
5	0,022	33	10x1,3	0,16	75,8	2 471	44,5	570	3 041

RZ5-9									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,088	15	16x2,0	0,22	75,6	1 134	10,0	242	1 376
2	0,066	1	16x2,0	0,16	31,8	20	0,9	12	31
3	0,044	1	16x2,0	0,11	17,7	11	0,9	5	17
4	0,022	1	16x2,0	0,05	8,1	5	0,9	1	6
5	0,022	33	10x1,3	0,16	75,8	2 471	44,5	570	3 041

RZ6-1									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,061	12	16x2,0	0,15	26,7	320	6,0	68	388
2	0,046	1	16x2,0	0,11	17,7	11	0,9	5	17
3	0,030	1	16x2,0	0,07	11,3	7	0,9	2	9
4	0,015	1	16x2,0	0,04	6,5	4	0,9	1	5
5	0,015	33	10x1,3	0,11	52,1	1 698	44,5	269	1 968

RZ6-2									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,061	17	16x2,0	0,15	26,7	454	10,0	113	566
2	0,046	1	16x2,0	0,11	17,7	11	0,9	5	17
3	0,030	1	16x2,0	0,07	11,3	7	0,9	2	9
4	0,015	1	16x2,0	0,04	6,5	4	0,9	1	5
5	0,015	33	10x1,3	0,11	52,1	1 698	44,5	269	1 968

RZ6-3									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,046	22	16x2,0	0,11	17,7	395	10,0	61	455
2	0,031	1	16x2,0	0,08	12,9	8	0,9	3	11
3	0,015	1	16x2,0	0,04	6,5	4	0,9	1	5
4	0,015	33	10x1,3	0,11	52,1	1 698	44,5	269	1 968

RZ6-4									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,031	26	16x2,0	0,08	12,9	339	10,0	32	371
2	0,015	1	16x2,0	0,04	6,5	4	0,9	1	5
3	0,015	33	10x1,3	0,11	52,1	1 698	44,5	269	1 968

RZ6-5									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,031	22	16x2,0	0,08	12,9	284	10,0	32	316
2	0,015	1	16x2,0	0,04	6,5	4	0,9	1	5
3	0,015	33	10x1,3	0,11	52,1	1 698	44,5	269	1 968

RZ6-6									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,046	19	16x2,0	0,11	17,7	327	10,0	61	388
2	0,031	1	16x2,0	0,08	12,9	8	0,9	3	11
3	0,015	1	16x2,0	0,04	6,5	4	0,9	1	5
4	0,015	33	10x1,3	0,11	52,1	1 698	44,5	269	1 968

RZ6-7									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,061	13	16x2,0	0,15	26,7	347	10,0	113	460
2	0,046	1	16x2,0	0,11	17,7	11	0,9	5	17
3	0,030	1	16x2,0	0,07	11,3	7	0,9	2	9
4	0,015	1	16x2,0	0,04	6,5	4	0,9	1	5
5	0,015	33	10x1,3	0,11	52,1	1 698	44,5	269	1 968

RZ6-8									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,061	5	16x2,0	0,15	26,7	139	6,0	68	206
2	0,046	1	16x2,0	0,11	17,7	11	0,9	5	17
3	0,030	1	16x2,0	0,07	11,3	7	0,9	2	9
4	0,015	1	16x2,0	0,04	6,5	4	0,9	1	5
5	0,015	33	10x1,3	0,11	52,1	1 698	44,5	269	1 968

RZ7-1									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,045	16	16x2,0	0,11	17,7	283	6,0	36	320
2	0,030	1	16x2,0	0,07	11,3	7	0,9	2	9
3	0,015	1	16x2,0	0,04	6,5	4	0,9	1	5
4	0,015	25	10x1,3	0,11	52,1	1 303	44,5	269	1 572

RZ7-2									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,045	20	16x2,0	0,11	17,7	358	10,0	61	418
2	0,030	1	16x2,0	0,07	11,3	7	0,9	2	9
3	0,015	1	16x2,0	0,04	6,5	4	0,9	1	5
4	0,015	25	10x1,3	0,11	52,1	1 303	44,5	269	1 572

RZ7-3									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,045	9	16x2,0	0,11	17,7	150	6,0	36	187
2	0,030	1	16x2,0	0,07	11,3	7	0,9	2	9
3	0,015	1	16x2,0	0,04	6,5	4	0,9	1	5
4	0,015	25	10x1,3	0,11	52,1	1 303	44,5	269	1 572

RZ7-4									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,045	13	16x2,0	0,11	17,7	227	10,0	61	287
2	0,030	1	16x2,0	0,07	11,3	7	0,9	2	9
3	0,015	1	16x2,0	0,04	6,5	4	0,9	1	5
4	0,015	25	10x1,3	0,11	52,1	1 303	44,5	269	1 572

RZ7-5									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,045	10	16x2,0	0,11	17,7	179	10,0	61	239
2	0,030	1	16x2,0	0,07	11,3	7	0,9	2	9
3	0,015	1	16x2,0	0,04	6,5	4	0,9	1	5
4	0,015	25	10x1,3	0,11	52,1	1 303	44,5	269	1 572

RZ7-6									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,045	6	16x2,0	0,11	17,7	106	6,0	36	143
2	0,030	1	16x2,0	0,07	11,3	7	0,9	2	9
3	0,015	1	16x2,0	0,04	6,5	4	0,9	1	5
4	0,015	25	10x1,3	0,11	52,1	1 303	44,5	269	1 572

RZ7-7									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,049	15	16x2,0	0,12	19,4	291	6,0	43	334
2	0,033	1	16x2,0	0,08	12,9	8	0,9	3	11
3	0,016	1	16x2,0	0,04	6,5	4	0,9	1	5
4	0,016	25	10x1,3	0,12	56,9	1 423	44,5	320	1 743

RZ7-8									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,073	23	16x2,0	0,18	43,7	983	6,0	97	1 080
2	0,059	1	16x2,0	0,14	22,6	14	0,9	9	23
3	0,044	1	16x2,0	0,11	17,7	11	0,9	5	17
4	0,029	1	16x2,0	0,07	11,3	7	0,9	2	9
5	0,015	1	16x2,0	0,04	6,5	4	0,9	1	5
6	0,015	23	10x1,3	0,11	52,1	1 209	44,5	269	1 478

RZ8-1									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,061	11	16x2,0	0,15	26,7	294	8,0	90	384
2	0,046	1	16x2,0	0,11	17,7	11	0,9	5	17
3	0,030	1	16x2,0	0,07	11,3	7	0,9	2	9
4	0,015	1	16x2,0	0,04	6,5	4	0,9	1	5
5	0,015	25	10x1,3	0,11	52,1	1 303	44,5	269	1 572

RZ8-2									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,061	18	16x2,0	0,15	26,7	486	8,0	90	576
2	0,046	1	16x2,0	0,11	17,7	11	0,9	5	17
3	0,030	1	16x2,0	0,07	11,3	7	0,9	2	9
4	0,015	1	16x2,0	0,04	6,5	4	0,9	1	5
5	0,015	25	10x1,3	0,11	52,1	1 303	44,5	269	1 572

RZ8-3									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,061	18	16x2,0	0,15	26,7	481	8,0	90	571
2	0,046	1	16x2,0	0,11	17,7	11	0,9	5	17
3	0,030	1	16x2,0	0,07	11,3	7	0,9	2	9
4	0,015	1	16x2,0	0,04	6,5	4	0,9	1	5
5	0,015	25	10x1,3	0,11	52,1	1 303	44,5	269	1 572

RZ8-4									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,061	11	16x2,0	0,15	26,7	288	8,0	90	378
2	0,046	1	16x2,0	0,11	17,7	11	0,9	5	17
3	0,030	1	16x2,0	0,07	11,3	7	0,9	2	9
4	0,015	1	16x2,0	0,04	6,5	4	0,9	1	5
5	0,015	25	10x1,3	0,11	52,1	1 303	44,5	269	1 572

RZ8-5									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,066	12	16x2,0	0,16	31,8	382	6,0	77	458
2	0,044	1	16x2,0	0,11	17,7	11	0,9	5	17
3	0,022	1	16x2,0	0,05	8,1	5	0,9	1	6
4	0,022	33	10x1,3	0,16	75,8	2 471	44,5	570	3 041

RZ8-6									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,044	15	16x2,0	0,11	17,7	257	10,0	61	317
2	0,022	0	16x2,0	0,05	8,1	2	0,9	1	3
3	0,022	33	10x1,3	0,16	75,8	2 471	44,5	570	3 041

RZ9-1									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,087	8	16x2,0	0,21	66,5	499	8,0	176	675
2	0,058	1	16x2,0	0,14	22,6	14	0,9	9	23
3	0,029	1	16x2,0	0,07	11,3	7	0,9	2	9
4	0,029	33	10x1,3	0,21	99,5	3 244	44,5	981	4 225

RZ9-2									
Číslo okruhu	Mh [kg/h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* _{l+z} [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* _{l+z} [Pa]
1	0,088	12	16x2,0	0,22	75,6	907	10,0	242	1 149
2	0,066	1	16x2,0	0,16	31,8	20	0,9	12	31
3	0,044	1	16x2,0	0,11	17,7	11	0,9	5	17
4	0,022	1	16x2,0	0,05	8,1	5	0,9	1	6
5	0,022	25	10x1,3	0,16	75,8	1 895	44,5	570	2 465

14.2. Rozdělovací stanice stropního vytápění

RZ-1									
Číslo okruhu	Systémové desky [ks]			Q [W]	Mh [kg/h]	R* _{l+z} [Pa]	ΔP _s [Pa]	ΔP _{dif} [Pa]	Nast. Ventilů
	28 100	28 101	28 104						
1	-	6	-	365	63	2 584	600	54	0,90
2	4	4	-	323	56	1 945	1 200	93	0,40
3	3	3	-	312	54	2 703	500	35	0,80
4	3	3	-	312	54	2 619	600	19	0,75
5	6	-	-	348	60	3 238	0	0	2,50
6	6	-	-	348	60	2 993	230	15	2,45
7	6	-	-	348	60	3 126	0	112	2,50

RZ-2									
Číslo okruhu	Systémové desky [ks]			Q [W]	Mh [kg/h]	R* _{l+z} [Pa]	ΔP _s [Pa]	ΔP _{dif} [Pa]	Nast. Ventilů
	28 100	28 101	28 104						
1	4	4	-	469	81	3 429	450	106	2,00
2	4	4	-	469	81	3 796	50	139	2,45
3	4	4	-	469	81	3 000	850	135	1,00
4	4	4	-	469	81	3 535	450	0	2,45
5	4	4	-	469	81	3 535	450	0	2,45
6	4	4	-	469	81	3 000	850	135	1,00
7	4	4	-	469	81	3 889	0	96	2,50
8	4	4	-	469	81	3 458	450	77	2,45

RZ-3									
Číslo okruhu	Systémové desky [ks]			Q [W]	Mh [kg/h]	R*1+z [Pa]	ΔP_s [Pa]	ΔP_{dif} [Pa]	Nast. Ventilů
	28 100	28 101	28 104						
1	8	-	-	396	68	2 909	1 000	66	0,75
2	8	-	-	396	68	3 080	800	95	0,90
3	-	8	-	458	79	3 094	800	81	1,15
4	-	8	-	458	79	2 769	1 200	6	0,80
5	8	-	-	514	88	3 975	0	0	2,50
6	2	-	2	262	45	2 800	1 100	75	0,40
7	-	8	-	354	61	2 044	1 900	31	0,35
8	-	8	-	354	61	2 044	1 900	31	0,35

RZ-4									
Číslo okruhu	Systémové desky [ks]			Q [W]	Mh [kg/h]	R*1+z [Pa]	ΔP_s [Pa]	ΔP_{dif} [Pa]	Nast. Ventilů
	28 100	28 101	28 104						
1	-	6	-	231	40	1 448	1 500	85	0,25
2	-	6	-	231	40	1 448	1 500	85	0,25
3	-	6	-	265	46	1 878	1 100	55	0,35
4	-	-	6	147	25	613	550	1 870	0,25
5	-	5	5	392	67	1 801	1 200	32	0,65
6	8	-	-	419	72	2 858	0	175	2,50
7	8	-	-	419	72	3 033	0	0	2,50

RZ-5									
Číslo okruhu	Systémové desky [ks]			Q [W]	Mh [kg/h]	R*1+z [Pa]	ΔP_s [Pa]	ΔP_{dif} [Pa]	Nast. Ventilů
	28 100	28 101	28 104						
1	8	-	-	512	88	5 258	0	0	2,50
2	6	-	-	310	53	2 557	2 700	1	0,25
3	8	-	-	413	71	2 940	2 300	18	0,35
4	8	-	-	413	71	3 143	2 100	15	0,40
5	8	-	-	413	71	3 345	1 900	13	0,45
6	8	-	-	413	71	3 259	1 900	99	0,45
7	8	-	-	413	71	3 033	2 100	125	0,40
8	8	-	-	512	88	3 979	1 200	79	0,95
9	8	-	-	512	88	4 471	700	87	1,75

RZ-6									
Číslo okruhu	Systémové desky [ks]			Q [W]	Mh [kg/h]	R*1+z [Pa]	ΔP_s [Pa]	ΔP_{dif} [Pa]	Nast. Ventilů
	28 100	28 101	28 104						
1	8	-	-	355	61	2 386	0	179	2,50
2	8	-	-	355	61	2 565	0	0	2,50
3	6	-	-	268	46	2 439	0	126	2,50
4	4	-	-	179	31	2 344	200	21	0,70
5	4	-	-	179	31	2 288	200	77	0,70
6	6	-	-	268	46	2 371	150	44	2,45
7	8	-	-	355	61	2 458	0	107	2,50
8	8	-	-	355	61	2 205	280	80	2,00

RZ-7									
Číslo okruhu	Systémové desky [ks]			Q [W]	Mh [kg/h]	R*1+z [Pa]	ΔP_s [Pa]	ΔP_{dif} [Pa]	Nast. Ventilů
	28 100	28 101	28 104						
1	-	6	-	260	45	1 905	700	7	0,45
2	-	6	-	260	45	2 004	600	8	0,50
3	-	6	-	260	45	1 772	800	40	0,40
4	-	6	-	260	45	1 873	700	39	0,45
5	-	6	-	260	45	1 825	700	87	0,45
6	-	6	-	260	45	1 728	800	84	0,40
7	-	6	-	287	49	2 093	500	19	0,75
8	5	-	5	426	73	2 612	0	0	2,50

RZ-8									
Číslo okruhu	Systémové desky [ks]			Q [W]	Mh [kg/h]	R*1+z [Pa]	ΔP_s [Pa]	ΔP_{dif} [Pa]	Nast. Ventilů
	28 100	28 101	28 104						
1	-	8	-	353	61	1 986	1 500	36	0,40
2	-	8	-	353	61	2 178	1 300	44	0,45
3	-	8	-	353	61	2 173	1 300	49	0,45
4	-	8	-	353	61	1 981	1 500	41	0,40
5	6	-	-	286	49	3 522	0	0	2,50
6	4	-	-	257	44	3 361	0	161	2,50

RZ-9									
Číslo okruhu	Systémové desky [ks]			Q [W]	Mh [kg/h]	R*1+z [Pa]	ΔP_s [Pa]	ΔP_{dif} [Pa]	Nast. Ventilů
	28 100	28 101	28 104						
1	6	-	-	508	87	4 932	0	0	2,50
7	-	8	-	514	88	3 668	1200	64	0,95

14.4. Shrnutí výsledků

Ozn. rozd. stanice	Počet okruhů	t_{w1} [°C]	Δt [K]	Mh [kg.h ⁻¹]	Max. tlak. ztráta [Pa]	Q_{pc} [W]
RZ-1	7	35	5	405	3 238	2 356
RZ-2	8	35	5	645	3 535	3 752
RZ-3	8	35	5	549	3 975	3 192
RZ-4	7	35	5	362	3 033	2 104
RZ-5	9	35	5	673	5 258	3 911
RZ-6	8	35	5	398	2 565	2 314
RZ-7	8	35	5	391	2 612	2 273
RZ-8	6	35	5	336	3 522	2 055
RZ-9	2	35	5	176	4 932	1 022

15. Návrh zdroje tepla

15.1. Vstupní výpočtové hodnoty

Požadovaný tepelný výkon pro vytápění:

$$Q_{VYT} = 22,879 \text{ kW}$$

Požadovaný tepelný výkon pro ohřev teplé vody:

$$Q_{TV} = 10,8 \text{ kW}$$

15.2. Návrh zařízení

Teplá voda bude ohřívána prioritně jedním ze dvou tepelných čerpadel, tudíž požadovaný výkon zdroje tepla je rovný požadovanému tepelnému výkonu pro vytápění, 22,9 kW. Navrhují kaskádu dvou tepelných čerpadel WOLF FHA 14/17 monoblok. Parametry tepelného čerpadla viz tab. 12.

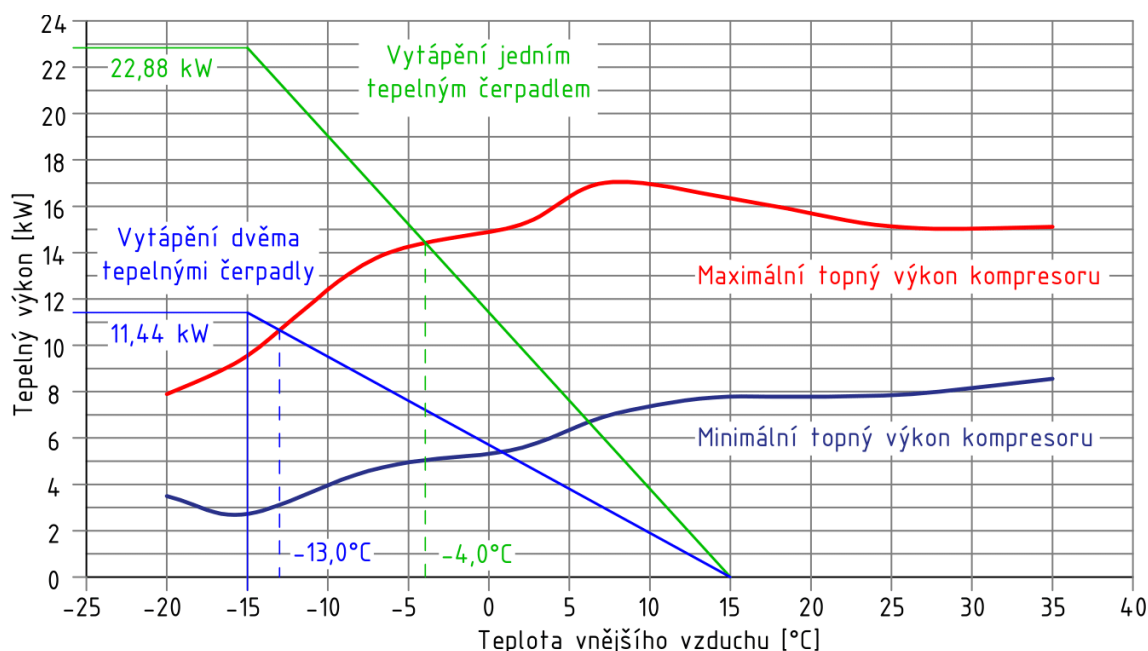
Každá jednotka se skládá z vnější a vnitřní jednotky. Součástí každé vnitřní jednotky je integrovaný elektrický topný článek 6 kW jako bivalentní zdroj tepla.

V případě, že obě tepelná čerpadla budou dodávat tepelnou energii do vytápění, bude bod bivalence -13,0 °C.

V případě, že bude jedno tepelné čerpadlo dodávat tepelnou energii do vytápění a druhé do ohřevu teplé vody, se bod bivalence posune na -4,0 °C.

Ohřev celého objemu zásobníku teplé vody trvá necelou hodinu a ohřev hodinové špičky trvá přibližně 20 minut. Zdroj je navržen pro mokrý systém podlahového vytápění v budově ze středně těžkých až těžkých materiálů. Hodinový pokles teploty topné vody by pro uživatele neměl být citelný.

Při ohřevu teplé vody je potřeba teplota topné vody 55 °C. Maximální výkon výměníku v zásobníku teplé vody je při teplotním spádu 55/45 °C 10,8 kW. Při tomto výkonu je bod bivalence -1,2 °C. Při venkovní teplotě -15 °C je výkon kompresoru 5,2 kW. Zbylý potřebný výkon pokryje bivalentní zdroj tepla o maximálním výkonu 6 kW, viz obr. 12.



Obr. 20 Návrh bodu bivalence pro vytápění [17]

16. Dimenzování a hydraulická regulace soustavy

Jedná se o teplovodní uzavřenou soustavu se dvěma potrubími a nuceným oběhem, která je rozdělena pomocí kombinovaného rozdělovače a sběrače na jeden primární a dva sekundární okruhy. Jednotlivé rozvody jsou tvořeny měděným potrubím spojovaným lisováním.

16.1. Regulace jednotlivých okruhů topné soustavy

Okruh stropního vytápění 1 (35/30 °C)

Seřízení jednotlivých okruhů stropního vytápění je zajištěno regulačními ventily, které jsou součástí rozdělovací stanice. Před každou rozdělovací stanicí je umístěn vyvažovací ventil STAD. Na okruhu je v technické místnosti také osazen vyvažovací ventil. [16]

Okruh stropního vytápění 2 (35/30 °C)

Seřízení jednotlivých okruhů stropního vytápění je zajištěno regulačními ventily, které jsou součástí rozdělovací stanice. Před každou rozdělovací stanicí je umístěn vyvažovací ventil STAD. Na okruhu je v technické místnosti také osazen vyvažovací ventil STAD. [16]

16.2. Výpočet tlakové ztráty okruhů

Při výpočtu tlakových ztrát okruhu jsem daný okruh nejprve rozdělil na menší výpočtové úseky. Samostatný úsek tvoří část potrubí, na kterém je napojeno stejné množství odběrných míst nebo část potrubí se stejnou dimenzí.

V případě, že okruh tvoří více výpočtových úseků, jsem v druhé tabulce vyjádřil, z jakých úseků se skládá trasa k jmenovitému odběrnímu místu. Tlaková ztráta od začátku okruhu po jmenovité odběrní místo je poté součtem tlakových ztrát jednotlivých úseků, které tvoří trasu k jmenovitému odběrnímu místu.

Primární okruh se skládá z vnější jednotky, spojovacího potrubí, vnitřní jednotky a vnitřních rozvodů. Tlaková ztráta vnitřních rozvodů je vypočtena na další stránce. Ostatní hodnoty jsou určeny z projekčních podkladů výrobce. [17]

Dostupná zbytková výška:	40 000 Pa
Tlaková ztráta třicestného ventilu:	2 800 Pa
Zbytková dopravní výška:	37 200 Pa
Tlaková ztráta vnitřních rozvodů:	15 068 Pa
Posouzení:	Vyhovuje

Dimenzování primárního okruhu

Úsek	Q [W]	Mh [m ³ /h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R*1 [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R*1+z [Pa]
1	11,75	2,021	1,2	28x1,5	1,140	630,0	756	6,8	4 419	5 175
2	11,75	2,021	2,7	42x1,5	0,470	72,4	195	10,3	1 138	1 333
3	23,50	4,041	8,4	42x1,5	0,940	254,0	2 134	19,2	8 483	10 616

Dimenzování sekundárního okruhu č.1 – SV

Úsek	Q [W]	Mh [m ³ /h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R*1 [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R*1+z [Pa]	Δp _{PR+S} [Pa]	Δp _{SV} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]
1	11 404	1,961	12,0	35x1,5	0,680	180,0	2 160	20,0	4 624	6 784	0	0	6 784
2	5 296	0,911	22,0	35x1,5	0,310	44,2	972	6,5	312	1 285	0	0	1 285
3	3 192	0,549	10,0	28x1,5	0,310	60,4	604	8,0	384	988	600	3 192	4 780
4	2 104	0,362	7,2	28x1,5	0,200	28,0	202	10,9	218	420	250	2 104	2 774
5	6 108	1,050	4,2	35x1,5	0,360	57,6	242	12,5	810	1 052	0	0	1 052
6	2 356	0,405	4,0	28x1,5	0,230	35,8	143	12,3	325	469	250	2 356	3 075
7	3 752	0,645	4,0	28x1,5	0,360	78,7	315	12,3	797	1 112	900	3 752	5 764

OM	Úseky	Δp _{dis}	DN _{VV}	Nastavení VV	k _{V,VV}	Δp _{VV} [Pa]	Δp _{dif} [Pa]	Δp _{celk} [Pa]
RZ1	1+5+6	10 910	25,0	1,5	2,100	3 500	38	14 410
RZ2	1+5+7	13 600	25,0	4,0	8,950	849	0	14 449
RZ3	1+2+3	12 849	25,0	2,3	4,500	1 600	0	14 449
RZ4	1+2+4	10 842	25,0	1,4	1,800	3 600	6	14 442

Dimenzování sekundárního okruhu č.2 – SV

Úsek	Q [W]	Mh [m ³ /h]	l [m]	DN x t [mm]	w [m/s]	R [Pa/m]	R* [Pa]	ξ [-]	z [Pa]	R* ^{l+z} [Pa]	Δp _{PR+S} [Pa]	Δp _{SV} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]
1	11 475	1,973	16,8	35x1,5	0,680	180,0	3 024	24,0	5 549	8 573	0	0	8 573
2	6 225	1,071	1,2	35x1,5	0,370	60,5	73	4,3	294	367	0	0	367
3	3 911	0,673	13,0	28x1,5	0,380	86,6	1 126	10,9	787	1 913	700	5 258	7 871
4	2 314	0,398	2,2	28x1,5	0,230	35,8	79	10,3	272	351	350	2 565	3 266
5	5 250	0,903	8,0	28x1,5	0,510	146,0	1 168	4,5	585	1 753	0	0	1 753
6	2 273	0,391	1,6	28x1,5	0,220	33,1	53	10,3	249	302	350	2 612	3 264
7	2 977	0,512	22,2	28x1,5	0,290	53,7	1 192	2,9	122	1 314	0	0	1 314
8	1 955	0,336	1,6	28x1,5	0,190	25,6	41	10,3	186	227	200	3 522	3 949
9	1 022	0,176	19,0	28x1,5	0,100	7,2	137	14,9	75	211	550	4 932	5 693

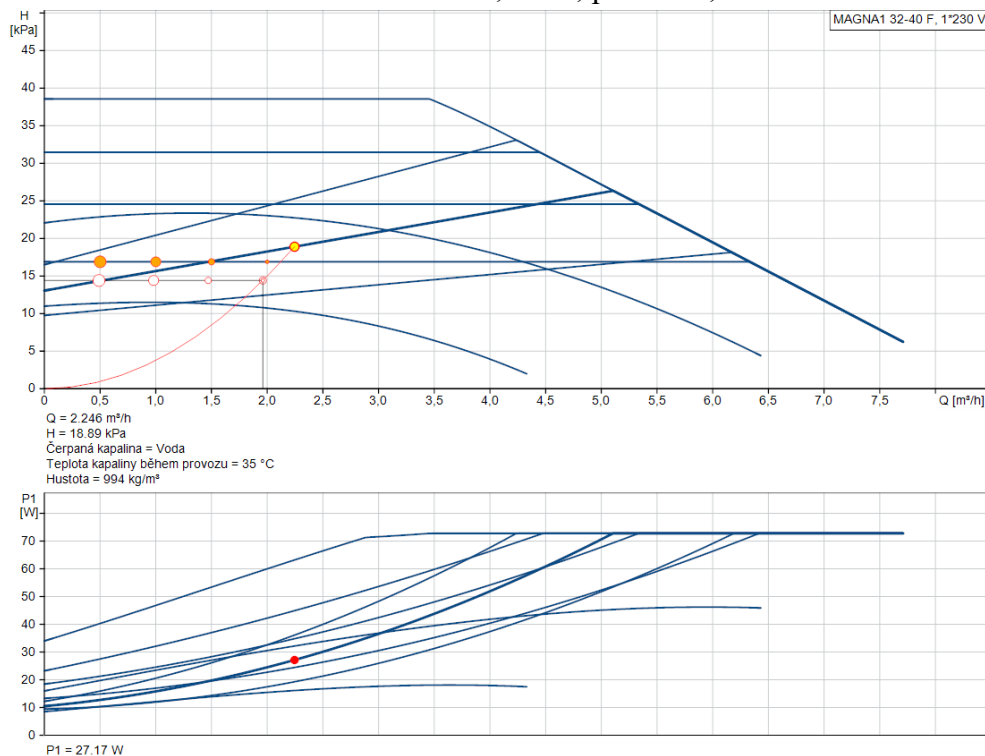
OM	Úseky	Δp _{dis}	DN _{VV}	Nastavení VV	k _{V,VV}	Δp _{VV} [Pa]	Δp _{dif} [Pa]	Δp _{celk} [Pa]
RZ5	1+2+3	16 811	25,0	2,9	6,000	900	66	17 711
RZ6	1+2+4	12 206	25,0	1,3	1,700	5 500	71	17 706
RZ7	1+5+6	13 590	25,0	1,5	2,000	4 100	87	17 690
RZ8	1+5+7+8	15 589	25,0	1,6	2,300	2 100	88	17 689
RZ9	1+5+7+9	17 333	25,0	4,0	8,950	443	0	17 777

17. Návrh oběhových čerpadel

Pro návrh oběhových čerpadel jsem využil online aplikaci výrobce GRUNDFOS.

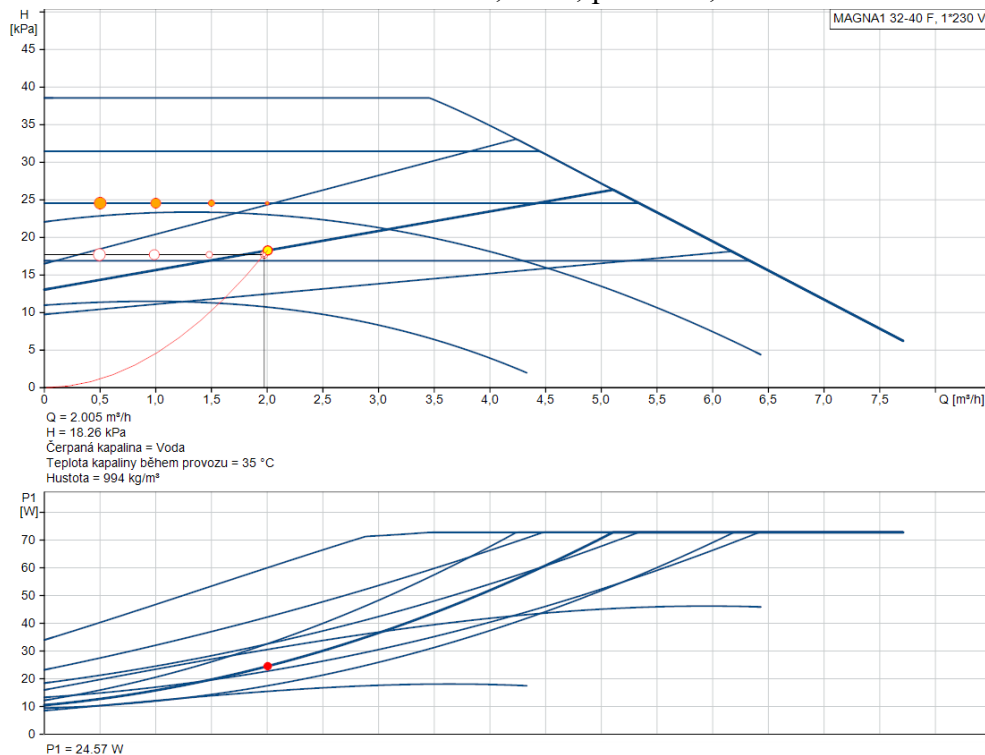
Oběhové čerpadlo č.1 – GRUNDFOS MAGNA3 32-40 F

Tlaková ztráta okruhu: 14,4 kPa; průtok: 1,961 m³/h



Oběhové čerpadlo č.2 – GRUNDFOS MAGNA3 32-40 F

Tlaková ztráta okruhu: 17,7 kPa; průtok: 1,973 m³/h



Obr.21 a 22 Výkon oběhového čerpadla Grundfos [18]

18. Návrh technických zařízení soustavy

18.1. Akumulační zásobník

Akumulační zásobník bude sloužit jako hydraulický oddělovač primárního a sekundárního okruhu a zároveň pro zajištění minimálního objemu topné vody pro odtávání výparníků vnějších jednotek. Dle podkladů výrobce tepelného čerpadla je potřeba minimálně 60 l na jednu jednotku. Navrhuji akumulaciční zásobník WOLF SPU-1-200 s objemem topné vody 200 l.

18.2. Rozdělovač a sběrač

V technické místnosti navrhuji kombinovaný rozdělovač a sběrač RS KOMBI od společnosti ETL. Průtok soustavy je 3,768 m³/h. Z hlediska dodržení doporučených minimálních roztečí hrdel v závislosti na jejich dimenzích a maximální možné délce jednotlivých modulů volím modul 80. Jedná se o modul s maximálním průtokem 6 m³/h a maximální délkou 3 m.

19. Návrh zabezpečovacího zařízení

Pro ochranu topného systému před tepelnou roztažností topné vody navrhuji expanzní membránovou nádobu. Součástí tepelných čerpadel je pojistný ventil zabraňující překročení maximálního provozního přetlaku.

Výška topné soustavy: 9,0 m

Maximální teplota topné vody: 75 °C

19.1. Objem vody v topné soustavě

Celkový objem vody v soustavě činí 592 litrů.

Objem vody v zařízení			
Druh zařízení		Objem [m ³]	
Ohřívač TV		0,012	
Akumulační zásobník		0,200	
Kombinovaný rozdělovač se sběračem		0,020	
2x Tepelné čerpadlo		0,060	
Stropní vytápění		0,193	
Potrubní rozvody topné vody			
DN x t [mm]	A [m ²]	m	
28x1,5	0,00049	98,2	0,048
35x1,5	0,00080	56,2	0,045
42x1,5	0,00129	11,1	0,014
Σ			0,592

19.2. Návrh expanzní nádoby

Expanzní objem

$$V_e = 1,3 * V_o * n = 1,3 * 0,592 * 0,0322 = 0,025\text{m}^3$$

kde: V_o objem vody v topné soustavě [m^3]
 n součinitel tepelné roztažnosti [-]

Nejnižší dovolený provozní přetlak

$$p_{\text{ddov}} \geq 1,15 * h * \rho * g + \Delta p_z$$

$$p_{\text{ddov}} \geq 1,1 * 9,0 * 1000 * 9,81 * 10^{-3} + 0 = 97,12 \text{ kPa}$$

kde: h výška mezi neutrálním bodem a nejvyšším místem soustavy [m]
 ρ objemová hmotnost vody [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
 g tíhové zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$]
 Δp_z tlaková ztráta soustavy mezi neutrálním bodem a nejvyšším bodem ve směru proudění [kPa]

Volím: 100 kPa \geq 97,12 kPa – Vyhovuje

Nejvyšší dovolený provozní přetlak

$$p_{\text{hdov}} \leq p_k - (h_{\text{MR}} * \rho * g)$$

$$p_{\text{hdov}} \leq 300 - 0 = 300,00 \text{ kPa}$$

kde: p_k nejnižší konstrukční přetlak prvku v soustavě [kPa]
 h_{MR} výška manometrické roviny [m]

Volím: 300 kPa \leq 300 kPa – Vyhovuje

Předběžný objem expanzní nádoby

$$V_{\text{ep}} = \frac{V_e * (p_{\text{hp}} + 100)}{p_{\text{hp}} - p_d} = \frac{0,034 * (300 + 100)}{300 - 100} = 0,050 \text{ m}^3$$

kde: p_{hp} nejvyšší dovolený provozní tlak [kPa]
 p_d nejnižší dovolená provozní tlak [kPa]

Navrhuji expanzní nádobu Reflex NG 80 o objemu 80 l vhodnou pro uzavřené topné soustavy s maximálním provozním přetlakem 600 kPa.

19.3. Návrh expanzního potrubí

$$d_p = 10 + 0,6 * \sqrt{Q_p} = 10 + 0,9 * \sqrt{23,5} = 14,36 \text{ mm}$$

kde: d_p světlý průměr expanzního potrubí [mm]
 Q_p pojistný výkon [kW]

Volím: potrubí 18x1 mm.

20. Návrh tepelné izolace potrubí

Návrh a výpočet tepelné izolace rozvodů potrubí jsem provedl pomocí online výpočtového softwaru: Výpočet tepelné ztráty potrubí s izolací, dostupného na stránkách webu www.tzb-info.cz. Jako tepelnou izolaci uvažuji minerální vlnu PIPO ALS od výrobce ROCKWOOL, $\lambda = 0,036 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

Minimální tloušťka tepelné izolace potrubí, při teplotě topné vody 35 °C			
Potr. [mm]	28x1,5	35x1,5	42x1,5
TI [mm]	40	40	25

21. Roční potřeba a spotřeba tepelné a elektrické energie

21.1. Příprava teplé vody

Spotřeba teplé vody denně: 670 l
Vstupní teplota vody: 10 °C
Výstupní teplota vody: 50 °C

Požadovaná tepelná energie

$$E_{TV,d} = V * c * (t_2 - t_1) * z = 0,67 * 1,163 * (50 - 10) * 1,2 = 37,40 \text{ kWh}$$

Korekce na proměnlivou teplotu vstupní vody

$$k_t = \frac{t_{tv} - t_{sv,L}}{t_{tv} - t_{sv,Z}} = \frac{50 - 15}{50 - 10} = 0,875$$

Roční potřeba tepelné energie

$$E_{TV,i} = E_{TV,d} * d + k_t * E_{TV,d} * (N - d) = 37,4 * 260 + 0,875 * 37,4 * \\ * (365 - 260) = 13\,160,1 = 13,16 \text{ MWh/r}$$

kde: d počet dnů topného období
 N počet pracovních dnů soustavy

Roční spotřeba tepelné energie

$$E_{TV} = \frac{E_{TV}}{n_{zdroj} * n_{distr}} = \frac{13,16}{0,98 * 0,97} = 13,84 \text{ MWh/r}$$

21.2. Vytápění – krytí tepelné ztráty prostupem a větráním

Tepelná ztráta prostupem: $Q_t = 13\,234 \text{ W}$

Tepelná ztráta větráním: $Q_v = 9\,740 \text{ W}$

Tepelná ztráta celkem: $Q = 22\,974 \text{ W}$

Vnitřní průměrná teplota: $t_i = 20 \text{ °C}$

Venkovní výpočtová teplota: $t_e = -15 \text{ °C}$

Měrná tepelná ztráta objektu

$$H = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{22\,974}{20 - (-15)} = 656,4 \text{ W/K}$$

Roční potřeba tepelné energie

$$E_{T,i} = 24 * \varepsilon * e * D * H = 24 * 0,9 * 0,9 * 3848 * 656,4 = 49,10 \text{ MWh/r}$$

kde: ε součinitel vyjadřující nesoučasnost infiltrace během roku

e součinitel vyjadřující vliv přerušovaného vytápění

D počet denostupňů $D = d * (t_{is} - t_{es}) = 260 * (20 - 5,2) = 3848$

t_{es} průměrná venkovní teplota v topném období

Roční spotřeba tepelné energie

$$E_T = \frac{E}{n_{zdroj} * n_{distr}} = \frac{49,10}{0,98 * 0,92} = 54,45 \text{ MWh/r}$$

Roční potřeba tepelné energie bivalentním zdrojem tepla

Elektrokotle budou v provozu, když bude venkovní teplota pod bodem bivalence. Pro výpočet uvažují, že elektrokotel bude v provozu 400 hodin s průměrným výkonem 6 kW.

$$E_{ELK} = \frac{6 * 400}{n_{zdroj} * n_{distr}} = \frac{2\,400}{0,98 * 0,92} = 2,66 \text{ MWh/r}$$

21.3. Roční spotřebovaná tepelná energie

$$\sum E = E_{TV} + E_T = 13,84 + 54,45 = 68,29 \text{ MWh/r}$$

21.4. Roční spotřebovaná elektrická energie

Průměrný roční topný faktor pro ohřev teplé vody

$$COP_{r,TV} = f_{H,COP} * COP_n = 0,86 * 3,2 = 2,8$$

Spotřeba elektrické energie pro ohřev teplé vody

$$E_{TV,sk} = \frac{E_{TV}}{COP_{r,TV}} = \frac{13,84}{2,8} = 4,94 \text{ MWh/r}$$

Průměrný roční topný faktor pro vytápění

$$COP_{r,T} = f_{H,COP} * COP_n = 0,88 * 4,5 = 3,96$$

Spotřeba elektrické energie pro vytápění

$$E_{T,sk} = \frac{E_T - E_{ELK}}{COP_{r,T}} + E_{ELK} = \frac{54,45 - 2,66}{2,66} + 2,66 = 12,74 + 2,66 = 15,4 \text{ MWh/r}$$

Celková spotřeba elektrické energie

$$E_{celk} = E_{TV,sk} + E_{T,sk} = 4,94 + 15,4 = 20,34 \text{ MWh/r}$$

22. Porovnání variant

Systémy vytápění lze porovnávat mnohými kritérii. Uvedené varianty vytápění mají stejný zdroj tepla, technické zařízení soustavy a spotřebu primární energie, proto je toto porovnání zaměřeno na uživatelský komfort, montáž, projekci a pořizovací náklady plošných sálavých systémů.

Z uživatelského hlediska je pro vytápění příjemnější podlahový systém, avšak v tomto případě, kde světlá výška místností je 2,7 m a maximální teplota topné vody je 35 °C nevzniká při stropním systému citelné nepohodlí.

Z hlediska montáže je náročnější realizace stropního systému. Při mokřem systému podlahového vytápění je potřeba pouze uložit systémovou desku a na ni potrubí. Na rozdíl od toho při stropním systému je potřeba montáž nosné konstrukce desek, přichytávání jednotlivých systémových desek a lisování všech potrubních rozvodů. Výhodou stropního systému je, že v případě poruchy je oprava, případně demontáž, výrazně snazší.

Oba systémy mají ve fázi projekce požadavky na vynechávání ploch. Či už se jedná o vynechání podlahového vytápění pod nábytkem nebo vynechání prostoru mezi systémovými deskami stropního vytápění pro osvětlení a přechody vzduchotechniky. Podlahové vytápění má z tohoto hlediska značnou výhodu. Díky charakteru již zmíněné pokládky potrubí lze vynechávat libovolné tvary a plochy. Omezující jsou pouze rozestupy výstupků systémové desky podlahového vytápění. Při stropním vytápění musí být použity pouze předem dané typy desek, které mají pevné rozměry a neumožňují takovou prostorovou variabilitu jako podlahové vytápění.

Tento rozdíl samozřejmě nezávisí na tom, jestli se jedná o stropní, nebo podlahové vytápění. Primárním důvodem je rozdíl mezi suchým a mokrým systémem. Suché systémy jsou vhodné pro aplikace s velkými otevřenými plochami a pravými úhly, jako jsou například administrativní budovy.

Podlahové vytápění má nevýhodu oproti stropnímu vytápění v tom, že je při něm potřeba uvažovat s přírážkou k tepelnému výkonu na zátop a zákryt. Zátop kvůli zkrácení doby akumulace roznášecí vrstvy a zákryt z důvodu překrytí topné plochy například nábytkem. Stropní systém má sice menší aktivní plochu, avšak tyto přírážky nepotřebuje a je tak optimálnější při návrhu zdroje tepla.

Stropní vytápění má nevýhodu, že při návrhu je potřeba uvažovat s celými segmenty. V případě Tichelmannového zapojení je například potřeba uvažovat na jednom okruhu segmenty se stejnou délkou, respektive aktivní plochou.

Co se týče pořizovacích nákladů si jednotlivé varianty vedou následovně:

Podlahové vytápění		Cena
Potrubí 17x2	3 758 m	180 384 Kč
Spojka 17x2	18 ks	2 574 Kč
Chránička	187 m	5 984 Kč
Vodící oblouk	106 ks	2 862 Kč
Adaptér 17x2	106 ks	10 335 Kč
Rozd. stanice 2	1 ks	3 400 Kč
Rozd. stanice 6	1 ks	6 480 Kč
Rozd. stanice 8	3 ks	24 450 Kč
Rozd. stanice 10	1 ks	9 710 Kč
Rozd. stanice 11	1 ks	11 330 Kč
Uzavírací kohouty	7 párů	7 049 Kč
Skříňka 4	1 ks	3 770 Kč
Skříňka 6	1 ks	3 970 Kč
Skříňka 9	3 ks	12 840 Kč
Skříňka 11	1 ks	4 620 Kč
Skříňka 12	1 ks	4 860 Kč
Syst. Deska 123	802 m ²	347 160 Kč
Dilatační pás	660 m	14 190 Kč
Anhydritový potěr	48 m ³	158 400
Práce	802 m ²	160 400 Kč
Celkem v MOC bez DPH = 964 568 Kč		

Podlahové vytápění		Cena
Syst. deska 28100	253 ks	670 450 Kč
Syst. deska 28101	177 ks	447 810 Kč
Syst. deska 28104	18 ks	26 820 Kč
Spojka 10x1,3	239 ks	35 969 Kč
T kus 16/10/16	478 ks	141 966 Kč
Koncovka 16x2	126 ks	18 837 Kč
Potrubí 16x2	1 020 m	43 860 Kč
Adaptér 16x2	126 ks	10 521 Kč
Rozd. stanice 2	1 ks	3 400 Kč
Rozd. stanice 6	1 ks	6 480 Kč
Rozd. stanice 7	2 ks	14 520 Kč
Rozd. stanice 8	4 ks	32 600 Kč
Rozd. stanice 9	1 ks	8 950 Kč
Uzavírací kohouty	9 párů	9 063 Kč
Práce	504 m ²	403 200 Kč
Celkem v MOC bez DPH = 1 874 446 Kč		

Vzhledem k uvedeným faktům a pořizovací ceně stropního vytápění téměř dva krát vyšší, než podlahového vytápění je podlahové vytápění vhodnější variantou pro tuto novostavbu administrativní budovy. Pokud by se jednalo o rekonstrukci, kde pro montáž podlahového vytápění by byla potřeba demontáž stávající podlahy a stropní systém vytápění by byl schopen pokrýt tepelnou ztrátu objektu, tak by bylo vhodnější stropní vytápění.

C. PROJEKT

TECHNICKÁ ZPRÁVA – I. VARIANTA

1. Úvod

Projekt řeší návrh systému pro vytápění a přípravu teplé vody v administrativní budově. Jedná se o dvoupodlažní nepodsklepenou budovu s plochou střechou a celkovou zastavěnou plochou 502,3 m². Budova se nachází Moravskoslezském kraji v městě Ostrava na ulici Mezi Domky v nadmořské výšce 220 metrů nad mořem.

1.1. Popis objektu

V prvním nadzemním podlaží se nachází kanceláře. Nacházejí se tady i prostory pro školení a předvádění produktů spolu s technickým zázemím, hygienickým zázemím a skladovacími prostory.

V druhém nadzemním podlaží se nachází jedna zasedací místnost a kanceláře spolu s hygienickým zázemím.

Ve třetím nadzemním podlaží se nachází pouze technická místnost pro vzduchotechnickou jednotku a vchod na střechu.

1.2 Technické řešení – obecné informace

Objekt bude vytápěn teplovodním systémem podlahového vytápění. Přípravu teplé užitkové vody zajišťuje nepřímo ohříváný stacionární zásobník. Zdrojem tepla jsou dvě tepelná čerpadla vzduch/voda zapojené v kaskádovém provedení.

1.3. Podklady projektu

- Projektová dokumentace stavební části
- Normy a legislativní předpisy

2. Základní technické údaje

2.1. Klimatické poměry – lokalita Ostrava

- | | |
|--|------------|
| - Venkovní výpočtová teplota v zimním období | -15 °C |
| - Průměrná venkovní teplota v topném období | 4,0 °C |
| - Nadmořská výška | 220 m n.m. |

2.2. Vnitřní návrhové teploty

- | | |
|--|-------|
| - Zádveří | 10 °C |
| - Technické místnosti, schodiště, sklady, úklidové místnosti | 15 °C |
| - Kanceláře, kuchyňky, hygiena, společenské prostory, chodby | 20 °C |

2.3. Tepelně-technické parametry stavebních konstrukcí

Hodnoty výpočtových tepelně-technických parametrů jednotlivých stavebních konstrukcí vyhovují požadavkům stanovených normou ČSN 73 0540-2 – Tepelná ochrana budov. Celkový potřebný tepelný výkon hodnocené budovy činí 22,97 kW.

2.4. Roční potřeba a spotřeba tepelné a elektrické energie

Výpočet potřeby tepelné energie a spotřeby elektrické energie pro danou budovu byl proveden pomocí denostupňové metody.

Roční potřeba tepelné energie:

- Ohřev teplé vody	13,16 MWh/r
- Vytápění	49,1 MWh/r

Roční spotřeba tepelné energie

- Ohřev teplé vody	13,84 MWh/r
- Vytápění	54,45 MWh/r

Celková roční spotřeba paliva

- Elektřina	20,34 MWh/r
-------------	-------------

3. Technické řešení

3.1. Zdroj tepelné energie

Jako zdroj tepelné energie jsou navržena dvě monobloková tepelná čerpadla vzduch/voda v kaskádovém provedení. Navržena jsou tepelná čerpadla WOLF FHA 14/17.

Tepelná čerpadla jsou provedena v monoblokovém provedení, tedy okruh s chladivem je obsažen výhradně uvnitř vnější jednotky tepelného čerpadla. Vnější a vnitřní jednotky jsou propojeny vlnovcovým potrubím DN40 dle projekčních podkladů dodavatele tepelného čerpadla.

Součástí každé vnitřní jednotky je bivalentní zdroj, respektive elektrokotel 6 kW. Je zde taky oběhové čerpadlo a třicestný přepínací ventil DN25.

3.2. Příprava teplé vody

Příprava teplé vody je řešena pomocí nepřímo ohřívaného stacionárního zásobníku WOLF SEW-2-200 s užitným objemem 200 l a teplosměnnou plochou výměníku 2,0 m².

3.3. Zabezpečovací zařízení

Topná soustava je vybavena uzavřenou expanzní nádobou Reflex N 80 o objemu 80 l a maximálním provozním přetlaku 6 bar. Nádoba je připojena na vratné potrubí topné

soustavy expanzním měděným potrubím 18x1 mm. Dále je soustava vybavena pojistnými ventily, které jsou součástí dodávky tepelného čerpadla, zabraňujícími překročení maximálního provozního přetlaku. Otevírací přetlak pojistných ventilů je nastaven na hodnotu 300 kPa. Minimální provozní přetlak činí 100 kPa. Před ohřívač teplé vody bude osazen pojistný ventil, jehož podrobnou specifikaci řeší profese ZTI.

4. Topná soustava

4.1. Popis topné soustavy

Jedná se o teplovodní uzavřenou soustavu s nuceným oběhem, která je rozčleněna pomocí kombinovaného rozdělovače a sběrače na 2 čerpadlové okruhy. Jednotlivé rozvody jsou tvořeny měděným potrubím spojovaným lisováním. Rozvody jsou vedeny v podhledu 1.NP, pouze při napojení tělesa přecházejí do svislé konstrukce. Z podhledu 1.NP do 3.NP je potrubí vedeno svislou šachtou. Rozvody musejí být tepelně izolované a v místě prostupu stavebními konstrukcemi vedeny v chrániče.

Sekundární okruhy, jejich označení a teplotní spády

Okruh podlahového vytápění 1	PV-1	35/28 °C
Okruh podlahového vytápění 2	PV-2	35/28 °C

4.2. Čerpací technika

Nucený oběh teplotnosné látky v topné soustavě zajišťují oběhová čerpadla od společnosti Grundfos. Umístění jednotlivých čerpadel je znázorněno v projektové dokumentaci (výkres č.11).

Přehled čerpadel

Grundfos MAGNA1 32-40 F	PV-1
Grundfos MAGNA1 32-40 F	PV-2

4.3. Topné plochy

Topné plochy tvoří podlahové vytápění provedené mokrým způsobem. Potrubní rozvody topného okruhu jsou zhotoveny z polybutenového potrubí Gabotherm Hetta 17x2 mm. Jednotlivé okruhy podlahového vytápění jsou napojeny na rozdělovací stanice Gabotherm VSV. Celkově je navrženo sedm rozdělovacích stanic (poloha viz výkresy č.1, č.2 a č.3). Potrubí bude upevněno do systémové desky Gabotherm 1.2.3. 30-2 mm s výstupky pro uchycení potrubí.

4.4. Regulace a měření

Soustava bude řízena ekvitermní regulací. Tepelná čerpadla jsou napojena na kaskádový modul KM-2 V2, který účinně reguluje chod jednotlivých tepelných čerpadel, aniž by bylo jedno tepelné čerpadlo vyčleňováno jako řídicí tepelné čerpadlo kaskády. Modul je propojen se zobrazovacími moduly AM, které jsou umístěny v tepelných čerpadlech.

Dále je propojen s modulem směšovače MM-2, ovládacím modulem BM-2 a čidlem venkovní teploty. Regulace funguje na protokolu e-Bus.

4.5. Izolace potrubí topné vody

Návrh tloušťky izolace byl proveden v souladu s vyhláškou č. 193/2007 Sb. Pro izolaci volně vedeného potrubí bude použita minerální vlna s kašírovanou fólií značky ROCKWOOL.

Minimální tloušťka tepelné izolace potrubí, při teplotě topné vody 35 °C					
Potr. [mm]	15x1,0	18x1,0	28x1,5	35x1,5	42x1,5
TI [mm]	25	30	40	40	25

5. Požadavky na ostatní profese

5.1. Stavební práce

V rámci stavebních prací je nutné zhotovit prostupy či drážky v jednotlivých konstrukcích, kterými budou procházet potrubní rozvody topné vody. Dále musí být zhotoven vstup pro spojovací potrubí vnitřních a vnějších jednotek tepelného čerpadla přes obvodovou stěnu.

Pod vnější jednotku tepelného čerpadla je potřeba vybudovat trativod ze šterku v nezámrazné hloubce. Trativod musí být schopen absorbovat až 50 l kondenzátu z výparníku denně.

5.2. Zdravotechnika

V prostorách místnosti č. 117 je potřeba zřídit přívod studené vody určený pro přívod pitné vody do stacionárního zásobníkového ohřivače teplé vody. Zásobník musí být připojen na cirkulační potrubí a na rozvod teplé užitkové vody.

V místnosti č. 117 musí být vybudována podlahová vpust' napojené na kanalizaci přes zápachovou uzávěrku.

5.3. Elektroinstalace

Pro připojení tepelných čerpadel je potřeba zřídit samostatně jištěný přívod elektrické energie o napětí 400V. Pro připojení ostatního technického zařízení je na rozvody elektrické energie nezbytné zřídit samostatně jištěný přívod elektrické energie ukončený zásuvkami na 230V v blízkosti těchto spotřebičů.

Vana kondenzátu vnější jednotky a spojovací potrubí musí být vybaveny topným drátem.

5.4. Vzduchotechnika

Je nutné zajistit osazení vzduchotechnické jednotky. Řeší profese VZT.

6. Montáž a uvedení do provozu

6.1. Zdroj tepelné energie

Instalaci zařízení a následné uvedení do provozu může provádět pouze oprávněná osoba s příslušnou kvalifikací a vlastníci osvědčení k provádění dané činnosti. Je zapotřebí dodržovat pokyny stanovené v montážním návodě výrobce. Před uvedením do provozu musí být provedena revize elektroinstalace.

6.2. Topná soustava

Montáž a uvedení topné soustavy do provozu podléhá normě ČSN 06 0310 – Tepelné soustavy v budovách. Před instalací jakéhokoliv zařízení topné soustavy je nutné výrobek řádně propláchnout čistou pitnou vodou. Rovněž je potřebné provést propláchnutí veškerých potrubních rozvodů soustavy před uvedením do provozu. Dále je nutné vykonat zkoušku těsnosti a topnou zkoušku systému.

6.3. Tlaková zkouška podlahového vytápění

Tlaková zkouška podlahového vytápění se provádí před zalitím potrubí potěrem. Zkouškou se ověří těsnost instalovaných topných okruhů. Veškeré okruhy podlahového vytápění napojené na rozdělovací stanici se propláchnou, napustí teplotně vhodným médiem požadované kvality a postupně se odzdušní. Následně musí být vyvozen zkušební přetlak, který má být minimálně dvojnásobkem pracovního tlaku, avšak nesmí být nižší než 600 kPa. Tlaková zkouška trvá 24 hodin a považuje se za úspěšnou, pokud v průběhu zkoušky nepoklesl zkušební přetlak o více než 10 kPa za hodinu a nebyly zjištěny žádné netěsnosti či jiné poruchy. Úspěšné absolvování tlakové zkoušky se stvrdí protokolem.

6.4. Zkouška těsnosti

Zkouška těsnosti musí být provedena před zazděním drážek, zakrytím kanálků a před realizací nátěrů a izolací. Topná soustava se napustí vodou, odzdušní a dojde ke kontrole celého systému, zda se neprojeví viditelné netěsnosti. Zkouší se nejvyšší dovolený přetlak stanovený projektem. Přetlak se udržuje po dobu 6 hodin. Pokud se neobjeví žádné netěsnosti, lze zkoušku považovat za úspěšnou.

6.5. Topná zkouška

Topná zkouška se uskutečňuje z důvodu zjištění správné funkce a správného nastavení a seřízení topné soustavy. Lze ji uskutečnit až po úspěšném absolvování zkoušky těsnosti. Zkouškou se prokáže zejména správná funkce armatur, regulačních a měřicích zařízení, rovnoměrné ohřívání topných ploch a správná funkce zabezpečovacích zařízení.

6.6. Revize technických zařízení

Musí být zajištěna pravidelná kontrola těsnosti systému a správné funkce zabezpečovacích zařízení včetně pravidelných kontrol jednotlivých technických zařízení v intervalech stanovených výrobcem nebo závaznými právními předpisy.

7. Ochrana zdraví a životního prostředí

7.1. Vliv na životní prostředí

Navržený systém vytápění nezpůsobuje žádné nežádoucí vlivy, které by vedly k negativnímu dopadu na životní prostředí.

7.2. Hospodaření s odpady

Během instalace a provozu topného systému musí být dodrženy legislativní požadavky na nakládání s odpady dle zákona č. 541/2020 Sb., zákon o odpadech.

8. Bezpečnost práce a požární ochrana

8.1. Požární ochrana

Při instalaci a provozu systému nejsou kladeny zvláštní požadavky na požární ochranu stanovené dle ČSN 73 0810.

8.2. Bezpečnost práce při realizaci díla

Realizace díla musí být prováděna v souladu s legislativními požadavky dle nařízení vlády č. 591/2006 Sb., o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništích a dle zákona č. 309/2006 Sb., upravující další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. Instalaci zařízení a následné uvedení do provozu může provádět pouze oprávněná osoba s příslušnou kvalifikací a vlastníci osvědčení k provádění dané činnosti.

8.3. Bezpečnost práce při provozu zařízení

Osoba pověřená obsluhou topného systému musí být řádně seznámena s provozními podmínkami zařízení stanovenými výrobcem a možnými bezpečnostními riziky. Proškolení obsluhy včetně předání potřebných návodů k užívání zařízení je povinností zhotovitele.

TECHNICKÁ ZPRÁVA – II. VARIANTA

1. Úvod

Projekt řeší návrh systému pro vytápění a přípravu teplé vody v administrativní budově. Jedná se o dvoupodlažní nepodsklepenou budovu s plochou střechou a celkovou zastavěnou plochou 502,3 m². Budova se nachází v Moravskoslezském kraji v městě Ostrava na ulici Mezi Domky v nadmořské výšce 220 metrů nad mořem.

1.1. Popis objektu

V prvním nadzemním podlaží se nachází kanceláře. Nacházejí se tady i prostory pro školení a předvádění produktů spolu s technickým zázemím, hygienickým zázemím a skladovacími prostory.

V druhém nadzemním podlaží se nachází jedna zasedací místnost a kanceláře spolu s hygienickým zázemím.

Ve třetím nadzemním podlaží se nachází pouze technická místnost pro vzduchotechnickou jednotku a vchod na střechu.

1.2. Technické řešení – obecné informace

Objekt bude vytápěn teplovodním systémem stropního vytápění. Přípravu teplé užitkové vody zajišťuje nepřímo ohříváný stacionární zásobník. Zdrojem tepla jsou dvě tepelná čerpadla vzduch/voda v kaskádovém provedení.

1.3. Podklady projektu

- Projektová dokumentace stavební části
- Normy a legislativní předpisy

2. Základní technické údaje

2.1. Klimatické poměry – lokalita Ostrava

- Venkovní výpočtová teplota v zimním období -15 °C
- Průměrná venkovní teplota v topném období 4,0 °C
- Nadmořská výška 220 m n.m.

2.2. Vnitřní návrhové teploty

- Zádveří 10 °C
- Technické místnosti, schodiště, sklady, úklidové místnosti 15 °C
- Kanceláře, kuchyňky, hygiena, společenské prostory, chodby 20 °C

2.3. Tepelně-technické parametry stavebních konstrukcí

Hodnoty výpočtových tepelně-technických parametrů jednotlivých stavebních konstrukcí vyhovují požadavkům stanovených normou ČSN 73 0540-2 – Tepelná ochrana budov. Celkový potřebný tepelný výkon hodnocené budovy činí 22,97 kW.

2.4. Roční potřeba a spotřeba tepelné a elektrické energie

Výpočet potřeby tepelné energie a spotřeby elektrické energie pro danou budovu byl proveden pomocí denostupňové metody.

Roční potřeba tepelné energie:

- Ohřev teplé vody	13,16 MWh/r
- Vytápění	49,10 MWh/r

Roční spotřeba tepelné energie

- Ohřev teplé vody	13,84 MWh/r
- Vytápění	54,45 MWh/r

Celková roční spotřeba paliva

- Elektřina	20,34 MWh/r
-------------	-------------

3. Technické řešení

3.1. Zdroj tepelné energie

Jako zdroj tepelné energie jsou navržena dvě monobloková tepelná čerpadla vzduch/voda v kaskádovém provedení. Navržena jsou tepelná čerpadla WOLF FHA 14/17.

Tepelná čerpadla jsou provedena v monoblokovém provedení, tedy okruh s chladivem je obsažen výhradně uvnitř vnější jednotky tepelného čerpadla. Vnější a vnitřní jednotky jsou propojeny vlnovcovým potrubím DN40 dle projekčních podkladů dodavatele tepelného čerpadla.

Součástí každé vnitřní jednotky je bivalentní zdroj, respektive elektrokotel 6 kW. Je zde taky oběhové čerpadlo a třicestný přepínací ventil DN25.

3.2. Příprava teplé vody

Příprava teplé vody je řešena pomocí nepřímo ohříváního stacionárního zásobníku WOLF SEW-2-200 s užitným objemem 200 l a teplosměnnou plochou výměníku 2,0 m².

3.3. Zabezpečovací zařízení

Topná soustava je vybavena uzavřenou expanzní nádobou Reflex NG 80 o objemu 80 l a maximálním provozním přetlaku 6 bar. Nádobu je připojena na vratné potrubí topné

soustavy expanzním měděným potrubím 18x1 mm. Dále je soustava vybavena pojistnými ventily, které jsou součástí dodávky tepelného čerpadla, zabraňujícími překročení maximálního provozního přetlaku. Otevírací přetlak pojistných ventilů je nastaven na hodnotu 300 kPa. Minimální provozní přetlak činí 100 kPa. Před ohřívač teplé vody bude osazen pojistný ventil, jehož podrobnou specifikaci řeší profese ZTI.

4. Topná soustava

4.1. Popis topné soustavy

Jedná se o teplovodní uzavřenou soustavu s nuceným oběhem, která je rozčleněna pomocí kombinovaného rozdělovače a sběrače na 2 čerpadlové okruhy. Jednotlivé rozvody jsou tvořeny měděným potrubím spojovaným lisováním. Rozvody jsou vedeny v podhledech všech podlaží Z podhledu 1.NP do podhledu 3.NP je potrubí vedeno svislou šachtou. Rozvody musejí být tepelně izolované a v místě prostupu stavebními konstrukcemi vedeny v chrániče.

Sekundární okruhy, jejich označení a teplotní spády

Okruh stropního vytápění 1	SV-1	35/30 °C
Okruh stropního vytápění 2	SV-2	35/30 °C

4.2. Čerpací technika

Nucený oběh teplotnosné látky v topné soustavě zajišťují oběhová čerpadla od společnosti Grundfos. Umístění jednotlivých čerpadel je znázorněno v projektové dokumentaci (výkres č.12).

Přehled čerpadel

Grundfos MAGNA1 32-40 F	SV-1
Grundfos MAGNA1 32-40 F	SV-2

4.3. Topné plochy

Topné plochy tvoří stropní vytápění provedené suchým způsobem. Topnou plochou jsou systémové desky Gabotherm KPI10. Systémové desky tvoří sádrovláknitá deska s integrovaným potrubím Gabotherm PB 10x1,3 mm uloženým do vyfrézované drážky ve tvaru meandru. Dle výrobce je maximální plocha segmentu 2,5 m² a maximální plocha okruhu 10 m². Segmenty jsou poté zapojeny Tichelmannovým zapojením na sběrné potrubí Gabotherm AL-PEX 16x2,0 mm. Jednotlivé okruhy stropního vytápění jsou napojeny na rozdělovací stanice Gabotherm VSV. Celkově je navrženo devět rozdělovacích stanic (poloha viz výkresy č.4, č.5 a č.6).

4.4. Regulace a měření

Soustava bude řízena ekvitermní regulací. Tepelná čerpadla jsou napojena na kaskádový modul KM-2 V2, který účinně reguluje chod jednotlivých tepelných čerpadel, aniž by bylo jedno tepelné čerpadlo vyčleňováno jako řídicí tepelné čerpadlo kaskády. Modul je propojen se zobrazovacími moduly AM, které jsou umístěny v tepelných čerpadlech. Dále je propojen s modulem směšovače MM-2, ovládacím modulem BM-2 a čidlem venkovní teploty. Regulace funguje na protokolu e-Bus.

4.5. Izolace potrubí topné vody

Návrh tloušťky izolace byl proveden v souladu s vyhláškou č. 193/2007 Sb. Pro izolaci volně vedeného potrubí bude použita minerální vlna s kaširovanou fólií značky ROCKWOOL.

Minimální tloušťka tepelné izolace potrubí, při teplotě topné vody 35 °C			
Potr. [mm]	28x1,5	35x1,5	42x1,5
TI [mm]	40	40	25

5. Požadavky na ostatní profese

5.1. Stavební práce

V rámci stavebních prací je nutné zhotovit prostupy či drážky v jednotlivých konstrukcích, kterými budou procházet potrubní rozvody topné vody. Dále musí být zhotoven vstup pro spojovací potrubí vnitřních a vnějších jednotek tepelného čerpadla přes obvodovou stěnu.

Pod vnější jednotku tepelného čerpadla je potřeba vybudovat trativod ze šterku v nezámrazné hloubce. Trativod musí být schopen absorbovat až 50 l kondenzátu z výparníku denně.

5.2. Zdravotechnika

V prostorách místnosti č. 117 je potřeba zřídit přívod studené vody určený pro přívod pitné vody do stacionárního zásobníkového ohřívače teplé vody. Zásobník musí být připojen na cirkulační potrubí a na rozvod teplé užitkové vody.

V místnosti č. 117 musí být vybudována podlahová vpust' napojené na kanalizaci přes zápachovou uzávěrku.

5.3. Elektroinstalace

Pro připojení tepelných čerpadel je potřeba zřídit samostatně jištěný přívod elektrické energie o napětí 400V. Pro připojení ostatního technického zařízení je na rozvody elektrické energie nezbytné zřídit samostatně jištěný přívod elektrické energie ukončený zásuvkami na 230V v blízkosti těchto spotřebičů.

Vana kondenzátu vnější jednotky a spojovací potrubí musí být vybaveny topným drátem.

5.4. Vzduchotechnika

Je nutné zajistit osazení vzduchotechnické jednotky. Řeší profese VZT.

6. Montáž a uvedení do provozu

6.1. Zdroj tepelné energie

Instalaci zařízení a následné uvedení do provozu může provádět pouze oprávněná osoba s příslušnou kvalifikací a vlastníci osvědčení k provádění dané činnosti. Je zapotřebí dodržovat pokyny stanovené v montážním návodě výrobce. Před uvedením do provozu musí být provedena revize elektroinstalace.

6.2. Topná soustava

Montáž a uvedení topné soustavy do provozu podléhá normě ČSN 06 0310 – Tepelné soustavy v budovách. Před instalací jakéhokoliv zařízení topné soustavy je nutné výrobek řádně propláchnout čistou pitnou vodou. Rovněž je potřebné provést propláchnutí veškerých potrubních rozvodů soustavy před uvedením do provozu. Dále je nutné vykonat zkoušku těsnosti a topnou zkoušku systému.

6.3. Tlaková zkouška podlahového vytápění

Tlaková zkouška stropního vytápění se provádí před dokončení podhledu. Zkouškou se ověří těsnost instalovaných topných okruhů. Veškeré okruhy stropního vytápění napojené na rozdělovací stanici se propláchnou, napustí teplonosným médiem požadované kvality a postupně se odvzdušní. Následně musí být vyvozen zkušební přetlak, který má být minimálně dvojnásobkem pracovního tlaku, avšak nesmí být nižší než 600 kPa. Tlaková zkouška trvá 24 hodin a považuje se za úspěšnou, pokud v průběhu zkoušky nepoklesl zkušební přetlak o více než 10 kPa za hodinu a nebyly zjištěny žádné netěsnosti či jiné poruchy. Úspěšné absolvování tlakové zkoušky se stvrdí protokolem.

6.4. Zkouška těsnosti

Zkouška těsnosti musí být provedena před zazděním drážek, zakrytím kanálků a před realizací nátěrů a izolací. Topná soustava se napustí vodou, odvzdušní a dojde ke kontrole celého systému, zda se neprojevují viditelné netěsnosti. Zkouší se nejvyšší dovolený přetlak stanovený projektem. Přetlak se udržuje po dobu 6 hodin. Pokud se neobjeví žádné netěsnosti, lze zkoušku považovat za úspěšnou.

6.5. Topná zkouška

Topná zkouška se uskutečňuje z důvodu zjištění správné funkce a správného nastavení a seřízení topné soustavy. Lze ji uskutečnit až po úspěšném absolvování zkoušky těsnosti. Zkouškou se prokáže zejména správná funkce armatur, regulačních a měřicích zařízení, rovnoměrné ohřívání topných ploch a správná funkce zabezpečovacích zařízení.

6.6. Revize technických zařízení

Musí být zajištěna pravidelná kontrola těsnosti systému a správné funkce zabezpečovacích zařízení včetně pravidelných kontrol jednotlivých technických zařízení v intervalech stanovených výrobcem nebo závaznými právními předpisy.

7. Ochrana zdraví a životního prostředí

7.1. Vliv na životní prostředí

Navržený systém vytápění nezpůsobuje žádné nežádoucí vlivy, které by vedly k negativnímu dopadu na životní prostředí.

7.2. Hospodaření s odpady

Během instalace a provozu topného systému musí být dodrženy legislativní požadavky na nakládání s odpady dle zákona č. 541/2020 Sb., zákon o odpadech.

8. Bezpečnost práce a požární ochrana

8.1. Požární ochrana

Při instalaci a provozu systému nejsou kladeny zvláštní požadavky na požární ochranu stanovené dle ČSN 73 0810.

8.2. Bezpečnost práce při realizaci díla

Realizace díla musí být prováděna v souladu s legislativními požadavky dle nařízení vlády č. 591/2006 Sb., o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništích a dle zákona č. 309/2006 Sb., upravující další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. Instalaci zařízení a následné uvedení do provozu může provádět pouze oprávněná osoba s příslušnou kvalifikací a vlastníci osvědčení k provádění dané činnosti.

8.3. Bezpečnost práce při provozu zařízení

Osoba pověřená obsluhou topného systému musí být řádně seznámena s provozními podmínkami zařízení stanovenými výrobcem a možnými bezpečnostními riziky. Proškolení obsluhy včetně předání potřebných návodů k užívání zařízení je povinností zhotovitele.

D. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

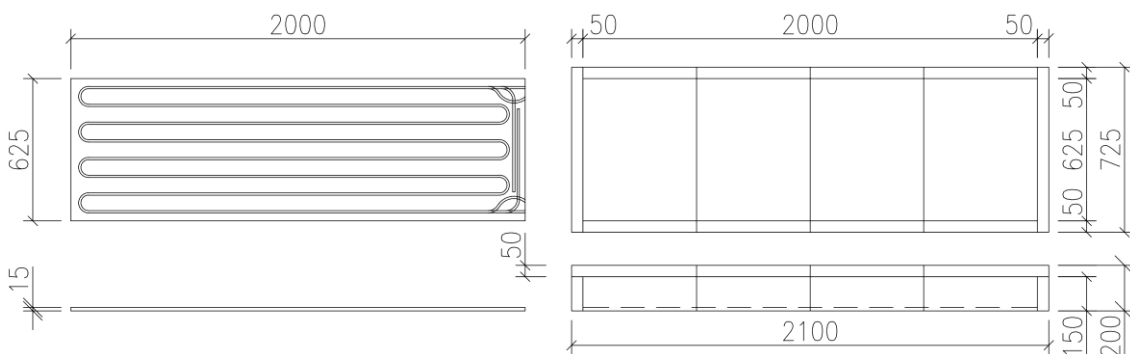
1. Základní informace

Experimentální částí této práce je posouzení systémové desky suchého stropního sálavého vytápění KPI10 od dodavatele Gabotherm.

Cílem měření je určení topného výkonu, příkonu a tlakové ztráty při různých teplotách a průtocích.

2. Popis měření

Zdrojem tepla byl kondenzační kotel, který nabíjel izolovaný akumulční zásobník. Akumulační zásobník byl poté napojen na rozdělovač a sběrač s přímým topným okruhem. Okruh tvořilo tříotáčkové oběhové čerpadlo Lowara ecocirc+ s maximální dopravní výškou 8 m, vyvažovací ventil, armatury pro měření a jedna systémová deska. Systémovou desku tvořila sádrovláknitá deska s integrovaným polybuténovým potrubím 10x1,3 mm o délce 15,7 m uloženým do vyfrézované drážky ve tvaru meandru. Nad prvkem byla instalována obrácená vana z extrudovaného polystyrénu tloušťky 50 mm s dutinou vysokou 135 mm, viz obr. 19. Vana simulovala neprovětrávanou vzduchovou vrstvu mezi podhledem a nosnou konstrukcí stropu. Celá konstrukce byla zavěšena ze stropu, viz obr. 20.

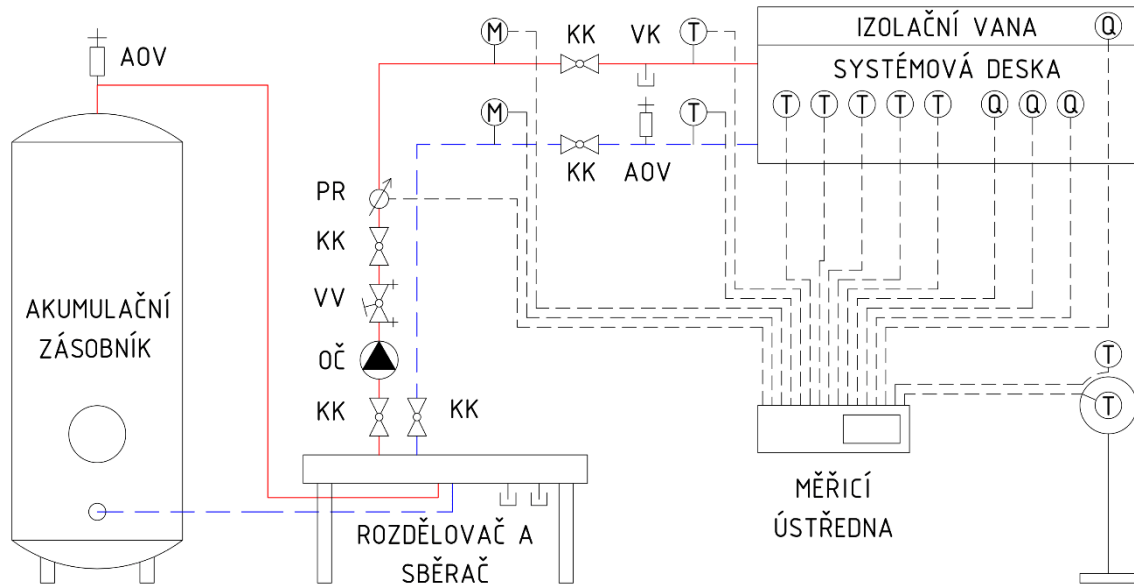


Obr. 23 Schéma systémové desky a izolační vany



Obr. 24 Zavěšení systémové desky

Celkem bylo měřeno šestnáct hodnot. Průtok, teplota a tlak na přívodním potrubí, teplota a tlak na vratném potrubí, teplota vzduchu, teplota kulového teploměru, pět povrchových teplot systémové desky, tři tepelné toky systémové desky směrem dolů a jeden tepelný tok izolační vany směrem nahoru.



Obr. 25 Schéma zapojení měřeného a měřicího aparátu



Obr. 26 Instalace měřeného a měřicího aparátu

3. Průběh měření

Měření probíhalo ve dvou termínech. Dne 16.11.2023 byl nejprve nabit akumulací zásobník, který se následně odstavil od zdroje tepla. Po spuštění oběhového čerpadla se postupně akumulací zásobník vybíjel nahříváním systémové desky za konstantního průtoku. Toto měření bylo zaměřeno na sledování rychlosti změny povrchové teploty a tepelného toku. Data byla měřena v intervalu jedné minuty

Druhé měření probíhalo dne 22.11.2023. Při tomto měření byl zdroj nejprve připojen, aby se docílilo ustáleného teplotního stavu. Poté se vypnul a znovu se změřilo chladnutí systému. Data byla měřena v intervalu jedné minuty.

Po skončení obou měření proběhlo měření tlakové ztráty systémové desky za různých průtoků. Při daném průtoku byl měřen tlak před a za systémovou deskou. Průtok byl regulován stupněm otáček oběhového čerpadla a nastavením vyvažovacího ventilu.

4. Měřicí aparát

- Měřicí ústředna Almemo 5690-2 pro čtení a ukládání hodnot značky Ahlborn.
- Průtokoměr typu VSF značky Grundfos umístěný na přívodním potrubí.
- Teplotní snímač FPA 710 L27M10 značky Ahlborn na přívodním a vratném potrubí.
- Snímač tlaku FDA 602-L značky Ahlborn na přívodním a vratném potrubí.
- Kulový teploměr pro měření teploty vzduchu a střední radiační teploty.
- Snímače tepelného toku FQA018C značky Ahlborn umístěné na spodním lici systémové desky a na horním lici izolační vany.
- Teplotní snímače s termočlávkovým drátem značky Ahlborn umístěné na spodním lici systémové desky.
- Notebook se softwarem AMR-Control společnosti Ahlborn pro práci s měřicí ústřednou a Microsoft Excelem pro zpracování naměřených hodnot.

5. Výsledky měření

5.1. Měrný tepelný výkon systémové desky

Výrobce uvádí výkon systémové desky vztažený ke dvou hodnotám, povrchové teplotě a rozdílu střední teploty topné vody a teploty vzduchu.

$$\Delta T = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} - t_a \text{ [K]}$$

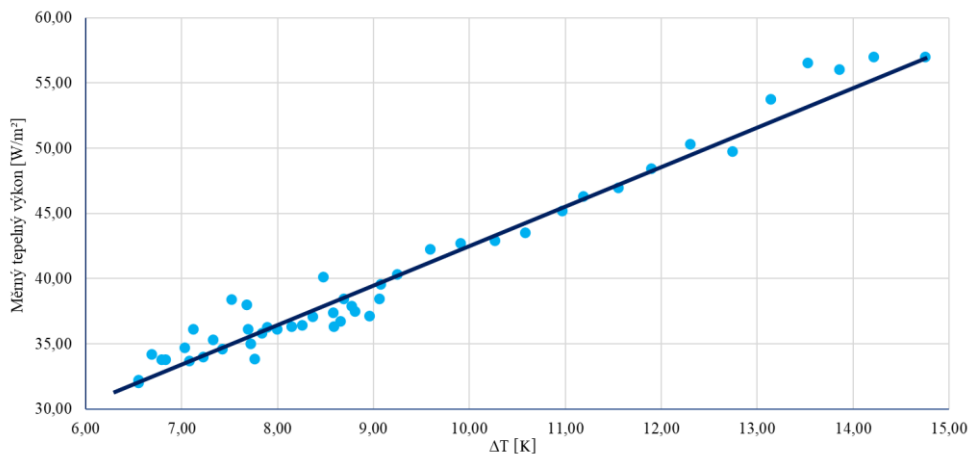
kde: t_{w1} teplota topné vody na přívodním potrubí [°C]

t_{w2} teplota topné vody na vratném potrubí [°C]

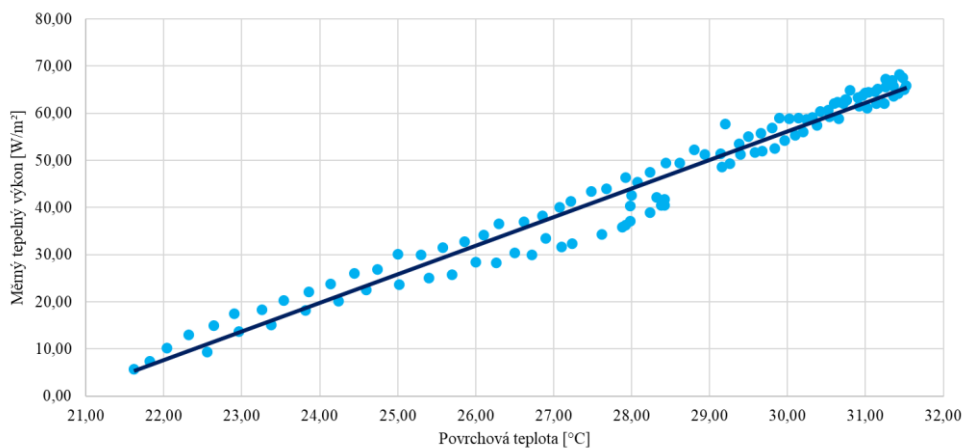
t_a teplota vzduchu [°C]

[19]

Výsledný graf vychází z výsledků obou měření. Každé měření mělo jinou teplotu topné vody a jinou teplotu vzduchu.



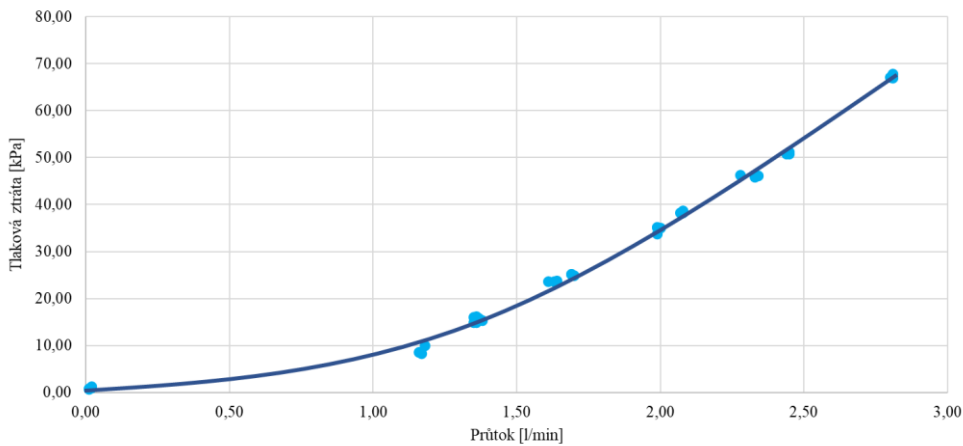
Obr. 27 Měrný tepelný výkon v závislosti na ΔT



Obr. 28 Měrný tepelný výkon v závislosti na povrchové teplotě

5.2. Tlaková ztráta systémové desky

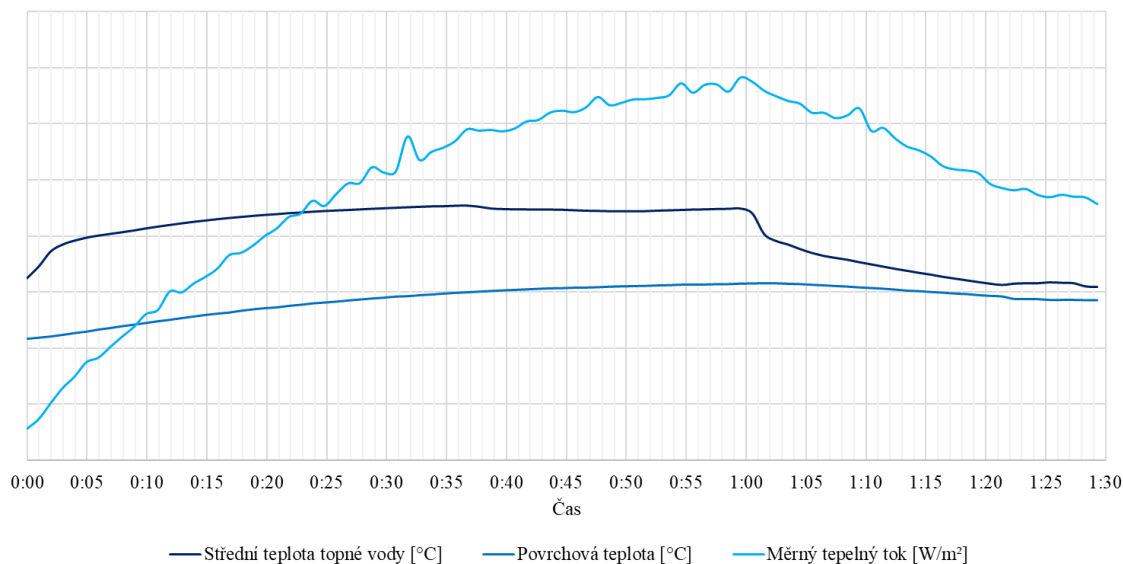
Tlaková ztráta byla spočítána jako rozdíl tlaků před a za systémovou deskou. Při různých průtocích.



Obr. 29 Tlaková ztráta systémové desky

5.3. Časová odezva systémové desky

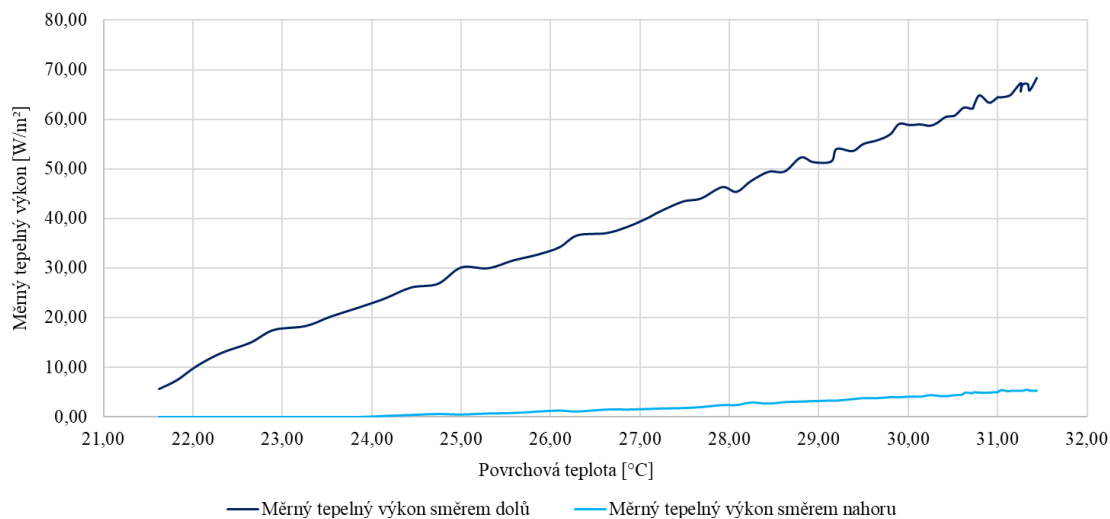
Z hlediska provozního i komfortního je důležitým ukazatelem rychlost jakou dokáže systém reagovat na změnu podmínek. Zejména jsem se zaměřil na rychlost náhřevu a rychlost změny měrného tepelného výkonu systémové desky po změně teploty topné vody.



Obr. 30 Časová odezva systémové desky

5.4. Účinnost systémové desky

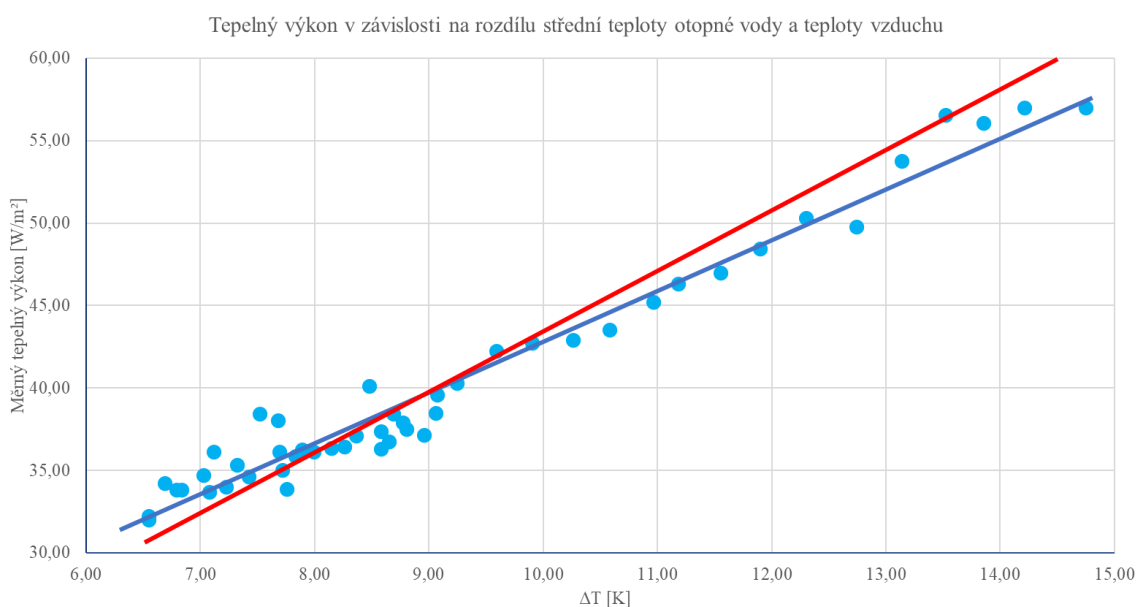
Součástí měření byl již zmiňovaný snímač tepelného toku směrem nahoru pro určení účinnosti systémové desky a potřebného příkonu.



Obr. 31 Měrný tepelný tok systémové desky směrem nahoru a dolů

6. Hodnocení měření

Měrný tepelný výkon v závislosti na ΔT přibližně odpovídá hodnotám, které uvádí výrobce. Naměřené hodnoty jsou o něco menší, pro porovnání při ΔT 14 °C výrobce uvádí měrný tepelný výkon 58 W/m², zatímco dle měření vychází pouze 55 W/m². Vezmeme-li v potaz, že systém nebyl při těchto teplotách celkem ustálen, lze tvrdit, že hodnoty uváděné výrobcem jsou korektní.



Obr. 32 Porovnání výsledků měření (naměřené hodnoty modrou, hodnoty uváděné výrobcem červenou)

Měrný tepelný výkon v závislosti na povrchové teplotě má již větší odchylku a sice výrobce uvádí při povrchové teplotě 30 °C měrný tepelný výkon 70 W/m². Měřením vyšlo pouze 55 W/m². Výrobce uvažoval s teplotou vzduchu 20 °C, při měření byla teplota vzduchu 22 °C. S přihlédnutím k tomuto faktoru lze tedy i tyto výsledky považovat za korektní.

Tlaková ztráta vykazuje vysoké hodnoty při průtocích nad 1 l/min, avšak výrobce doporučuje maximální průtok 19 l/hod na 1 m² topné plochy. Tudiž 24 l/hod nebo 0,4 l/min pro naši systémovou desku. Maximální velikost segmentu jsou dvě naše systémové desky. Vřazené odpory propojením desek lisováním potrubí a napojením na sběrné potrubí, pak můžou ještě zvýšit ztrátu segmentu až na 10 kPa. Sběrné potrubí má minimální dimenzi 15x1,5 o maximální doporučené délce 30 m a maximální doporučený průtok 190 l/h. Při takovém provedení je tlaková ztráta celého okruhu maximálně 25 kPa. Tato hodnota je při plošném sálavém systému přijatelná.

Časová odezva desky je poměrně přívětivá vzhledem k malému objemu a tepelné kapacitě samotného sálavého prvku. Na obr. 30 je vidět, že primárně ji prodlužuje akumulace dutiny a konstrukce nad systémovou deskou. Tento jev nám napovídá již

konstrukce samotné desky. Mezi vytápěným prostorem a potrubím je 5 mm sádrovláknité desky, zatímco mezi prostorem nad deskou a potrubím je pouze papírová lepenka. Nicméně v našem případě trvalo přibližně 60 minut, než se naakumuloval prostor a konstrukce nad deskou. Po snížení teploty topné vody byla odezva téměř instantní.

Účinnost systémové desky je přibližně 90 % za předpokladu, že konstrukce nad deskou je dobře izolována. V případě, že by byla systémová deska instalována na neizolovanou střešní, vodorovnou nebo svislou konstrukci by se účinnost drasticky snížila.

Veliký vliv na výsledky měření měli omezené možnosti regulace teploty a fakt, že deska je pouze zavěšená ze stropu a není instalována jako podhled. Teplota topné vody ze zdroje je konstantní, a proto je možné změřit ustálený stav pouze pro jednu teplotu. Pro měření při různých teplotách je nutno měřit při nahřívání nebo chladnutí systému, nač má značný vliv časová odezva.

Měření považuji celkově za úspěšné. Pro přesnější a rozsáhlejší výsledky by bylo v budoucnosti vhodné zvolit prostory s větší topnou plochou a flexibilnější regulací teploty topné vody, například směšovanou čerpadlovou skupinou.

Závěr

V diplomové práci jsem se věnoval návrhu dvou variant nízkoteplotního plošného sálavého vytápění tepelnými čerpadly a návrhu ohřevu teplé vody tepelnými čerpadly.

V teoretické části jsem popsal, jakými parametry a způsoby se hodnotí tepelná čerpadla.

Ve výpočtové části jsem řešil výpočet součinitelů přestupu tepla stavebních konstrukcí, výpočet tepelných ztrát a potřebného tepelného výkonu. Pro vytápění jsem navrhl dvě varianty topných ploch. Mokrý systém podlahového vytápění a suchý systém stropního vytápění Gabotherm. Pro ohřev teplé vody jsem navrhl nepřímý ohřívání zásobník teplé vody WOLF SEW-2-200. Jako zdroj tepla jsem navrhl dvě monobloková tepelná čerpadla WOLF FHA 14/17 zapojená do kaskády. Navrhl jsem technická zařízení soustavy včetně oběhových čerpadel Grundfos Magna3 a akumulčního zásobníku WOLF SPU-1-200.

Pro zajištění bezpečného provozu celého systému jsem navrhl expanzní nádobu Reflex NG 80.

V projektové části jsem zpracoval projektovou dokumentaci a technickou zprávu, která kompletně popisuje navržené teplovodní systémy a stanovuje podmínky, které je nutné splnit před uvedením dané soustavy do provozu.

V experimentální části jsem na základě měření hodnotil systémovou desku suchého stropního sálavého systému Gabotherm KPI10 z hlediska tlakové ztráty, tepelného výkonu a účinnosti.

Použité zdroje

- [1] MATUŠKA, Tomáš. *Hodnocení tepelných čerpadel ve světle nové legislativy*. 1. vydání, brožovaná vazba, Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2016. ISBN 978-80-02-02662-4.
- [2] Příloha č.3 k vyhlášce č.264/2020 Sb., *o energetické náročnosti budov*. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2020, ISSN 1211-1244
- [3] toshiba-aircondition.com: *The ErP Directive* [online]. [cit. 2024-01-11]. Dostupné z: <https://www.toshiba-aircondition.com/en/erp-directive.html>
- [4] ČSN EN 15450: *Tepelné soustavy v budovách – Navrhování tepelných soustav s tepelnými čerpadly*. 1. Brusel: European Committee for Standardization, 2011.
- [5] Směrnice evropského parlamentu a rady 2018/2001, *o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů*. 1. Brusel: European Parliament, 2018
- [6] ČSN EN 14511: *Klimatizátory vzduchu, jednotky pro chlazení kapalin, tepelná čerpadla pro ohřívání a chlazení prostoru a procesní chladiče, s elektrickými kompresory*. 1. Brusel: European Committee for Standardization, 2023.
- [7] ČSN EN 14825: *Klimatizátory vzduchu, jednotky pro chlazení kapalin a tepelná čerpadla, s elektricky poháněnými kompresory, pro ohřívání a chlazení prostoru – Zkoušení a hodnocení při podmínkách s částečným zatížením a výpočet sezónní výkonnosti*. 1. Brusel: European Committee for Standardization, 2023.
- [8] vytapeni.tzb-info.cz: *Štítkování a ekodesign tepelných čerpadel pro vytápění a kombinovaných tepelných čerpadel* [online]. [cit. 2024-01-11]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13141-stitkovani-a-ekodesign-tepelnych-cerpadel-pro-vytapeni-a-kombinovanych-tepelnych-cerpadel>
- [9] ehpa.org: *EHPA Quality Label* [online]. [cit. 2024-01-11]. Dostupné z: <https://www.ehpa.org/quality/quality-label/>
- [10] POČINKOVÁ, Marcela a Lea TREUOVÁ. *Vytápění*. 4. aktualizované vydání. Brno: ERA group spol., 2008. ISBN 978-80-7366-116-8.
- [11] POČINKOVÁ, Marcela. *Podlahové a stěnové vytápění, stropní chlazení*. Vydání druhé. Brno: Computer Press, 2009. Stavíme. ISBN 978-80-251-2746-9.
- [12] wolf.eu: *WOLF zásobníky a ohřivače vody* [online]. [cit. 2024-01-11]. Dostupné z: <https://www.wolf.eu/download-asset/Uk5TTjhPUHFGS2Y3RitJWEIvd3RFZz09>

- [13] BROS, Miroslav. *Vytápění víceúčelové budovy*. Brno, 2022. 145 s., 7 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Marcela Počinková, Ph.D.
- [14] wolf.eu: *WOLF tepelná čerpadla* [online]. [cit. 2024-01-11]. Dostupné z: <https://www.wolf.eu/download-asset/MWllSGJvYTYzUUwvT3g2dUxWTmh3QT09>
- [15] teplarny.cz: *Historie teplot v Brně* [online]. [cit. 2024-01-11]. Dostupné z: <https://www.teplarny.cz/cs/historie-teplot>
- [16] imi-hydronic.com: *Vyvažovací ventily DN 10-50, PN 25* [online]. [cit. 2024-01-11]. Dostupné z: <https://www.imi-hydronic.com/cs/product/stad-pn-25>
- [17] wolf.eu: *Montážní a projekční podklady* [online]. [cit. 2024-01-11]. Dostupné z: <https://www.wolf.eu/download-asset/Q0lyd0hOSmNpNXpmbGtGaFE2bXczdz09>
- [18] grundfos.com: *Dimenzování čerpadla* [online]. [cit. 2024-01-11]. Dostupné z: <https://www.grundfos.com/cz>
- [19] reflex-winkelmann.com: *Reflex Reflex NG 80* [online]. [cit. 2024-1-11]. Dostupné z: <https://reflex-winkelmann.com/sk/produkty/7001300>
- [20] Gabotherm.cz: *Projekční a montážní dokumentace Gabotherm* [online]. [cit 2024-1-11]. Dostupné z: https://www.gabotherm.sk/wp-content/uploads/2023/09/gabotherm-PP_09-2023-CZ.pdf

Seznam použitých obrázků

Obr. 1	Hranice hodnocení v soustavě s tepelným čerpadlem země/voda [1].....	17
Obr. 2	Ilustrativní mapa klimatických oblastí Evropy [3].....	19
Obr. 3	Zkouška topného výkonu v neustáleném stavu se třemi úplnými cykly během periody sběru naměřených dat [1]	26
Obr. 4	Energetický štítek tepelného čerpadla pro vytápění, nízkoteplotní..... (vlevo, středněteplotní (vpravo) [8].....	31
Obr. 5	Energetický štítek kombinovaného tepelného čerpadla pro ohřev..... teplé vody a pro vytápění [8].....	32
Obr. 6	Grafické provedení značky kvality pro tepelná čerpadla od EHPA [9]	33
Obr. 7	Mapa států podílejících se na hodnocení tepelných čerpadel v rámci Evropské značky kvality Q-Label, informace [9]	34
Obr. 8	Křivka odběru tepla pro ohřev teplé vody za den	81
Obr. 9	Zásobníkový ohřívač vody WOLF SEW-2-200 [12]	82
Obr.10	Tepelné čerpadlo WOLF FHA 14/17 [14]	87
Obr. 11	Určení bodu bivalence pro vytápění [17]	88
Obr. 12	Určení bodu bivalence pro ohřev teplé vody [17].....	88
Obr. 13	Výkon oběhového čerpadla Grundfos [18]	93
Obr. 14	Výkon oběhového čerpadla Grundfos [18]	93
Obr. 15	Akumulační zásobník WOLF SPU-1-200 [12]	94
Obr. 16	Expanzní nádoba Reflex NG 80 [19]	96
Obr. 17	Systémové desky Gabotherm KPI 10 [20]	99
Obr. 18	Polybutenové a vícevrstvé potrubí Gabotherm [20].....	99
Obr. 19	Lineární teplotní spád systémové desky Gabotherm KPI 10 [20]	100
Obr. 20	Návrh bodu bivalence pro vytápění [17]	120
Obr. 21	Výkon oběhového čerpadla Grundfos [18]	124
Obr. 22	Výkon oběhového čerpadla Grundfos [18]	124
Obr. 23	Schéma systémové desky a izolační vany	143
Obr. 24	Zavěšení systémové desky	143
Obr. 25	Schéma zapojení měřeného a měřícího aparátu	144
Obr. 26	Instalace měřeného a měřícího aparátu	144
Obr. 27	Měrný tepelný výkon v závislosti na ΔT	146
Obr. 28	Měrný tepelný výkon v závislosti na povrchové teplotě.....	146
Obr. 29	Tlaková ztráta systémové desky.....	146
Obr. 30	Časová odezva systémové desky.....	147
Obr. 31	Měrný tepelný tok systémové desky směrem nahoru a dolů.....	147
Obr. 32	Porovnání výsledků měření (naměřené hodnoty modrou, hodnoty uváděné výrobcem červenou).....	148

Seznam použitých tabulek

Tab. 1	Emisní faktory energonositelů [1].....	16
Tab. 2	Faktory neobnovitelné primární energie pro vybrané energonositele [2]	16
Tab. 3	Minimální a cílové hodnoty SPF pro soustavy s tepelnými čerpadly [4]	20
Tab. 4	Zkušební podmínky pro tepelná čerpadla voda/voda a země/voda pro nízké teploty [6].....	22
Tab. 5	Zkušební podmínky pro tepelná čerpadla voda/voda a země/voda pro vysoké teploty [6].....	22
Tab. 6	Zkušební podmínky pro tepelná čerpadla vzduch/voda pro nízké teploty [6]	23
Tab. 7	Zkušební podmínky pro tepelná čerpadla vzduch/voda pro vysoké teploty [6]	23
Tab. 8	Zkušební podmínky v částečném zatížení pro tepelná čerpadla země/voda pro průměrnou oblast ($t_{design} = -10^{\circ}\text{C}$) a pro nízkoteplotní aplikaci [7].....	24
Tab. 9	Zkušební podmínky v částečném zatížení pro tepelná čerpadla vzduch/voda pro průměrnou oblast ($t_{design} = -10^{\circ}\text{C}$) a pro nízkoteplotní..... aplikaci [7].....	24
Tab. 10	Rozdělení tepelných čerpadel do tříd energetické účinnosti [8]	30
Tab. 11	Rozdělení kombinovaných tepelných čerpadel do tříd energetické účinnosti [8].....	30
Tab. 12	Technické údaje tepelného čerpadla WOLF FHA 14/17 [14]	89

Seznam příloh

VÝKRES 01	PŮDORYS VYTÁPĚNÍ 1.NP – I. VARIANTA
VÝKRES 02	PŮDORYS VYTÁPĚNÍ 2.NP – I. VARIANTA
VÝKRES 03	PŮDORYS VYTÁPĚNÍ 3.NP – I. VARIANTA
VÝKRES 04	PŮDORYS VYTÁPĚNÍ 1.NP – II. VARIANTA
VÝKRES 05	PŮDORYS VYTÁPĚNÍ 2.NP – II. VARIANTA
VÝKRES 06	PŮDORYS VYTÁPĚNÍ 3.NP – II. VARIANTA
VÝKRES 07	SCHÉMA ZAPOJENÍ TOPNÝCH TĚLES – I. VARIANTA
VÝKRES 08	SCHÉMA ZAPOJENÍ TOPNÝCH TĚLES – II. VARIANTA
VÝKRES 09	PŮDORYS TECHNICKÉ MÍSTNOSTI – I.VARIANTA
VÝKRES 10	PŮDORYS TECHNICKÉ MÍSTNOSTI – II.VARIANTA
VÝKRES 11	SCHÉMA ZAPOJENÍ ZDROJE TEPLA – I. VARIANTA
VÝKRES 12	SCHÉMA ZAPOJENÍ ZDROJE TEPLA – II. VARIANTA

Legenda

t_{w1}	přívodní teplota topné vody
t_p	střední povrchová teplota podlahy
Δt	teplotní spád
t_i	výpočtová vnitřní teplota
S	plocha okruhu podlahového vytápění
r	osová vzdálenost potrubí v okruhu podlahového vytápění
$l\text{-př.}$	délka přívodu a vratu
$l\text{-okr.}$	délka okruhu v topné ploše
$l\text{-cel.}$	celková délka okruhu
Mh	hmotnostní průtok
R	tlaková ztráta třením na 1 m
w	rychlost proudění
$R \cdot l$	celková tlaková ztráta třením
ξ	součinitel místního odporu
z	tlaková ztráta místními odpory
$R \cdot l + z$	celková tlaková ztráta okruhu
Δp_ξ	tlaková ztráta regulačního ventilu
Δp_{dif}	rozdíl tlakových ztrát okruhů
Nast. v.	přednastavení regulačního ventilu
q	hustota tepelného toku směrem nahoru
q'	hustota tepelného toku směrem dolů
Q_p	výkon podlahového vytápění
Q_{pc}	příkon podlahového vytápění
Q	výpočtový výkon vedený v úseku
l	délka potrubí
$DN \times t$	světlý průměr \times tloušťka stěny potrubí
Δp_{R+S}	tlaková ztráta rozdělovací stanice podlahového vytápění
Δp_{PV}	tlaková ztráta podlahového vytápění
Δp_{SV}	tlaková ztráta stropního vytápění
OM	odběrní místo
Δp_{dif}	rozdíl tlakových ztrát odběrní míst
Δp_{dis}	tlaková ztráta úseku
Δp_{celk}	celková tlaková ztráta odběrného místa
DN_{VV}	světlý průměr vyvažovacího ventilu
Nast. VV	přednastavení vyvažovacího ventilu
kV_{VV}	průtokový součinitel vyvažovacího ventilu
Δp_{VV}	tlaková ztráta vyvažovacího ventilu
DN_{STV}	světlý průměr směšovacího třícestného ventilu
kV_{STV}	průtokový součinitel směšovacího třícestného ventilu
Δp_{STV}	tlaková ztráta směšovacího třícestného ventilu
Δp_{okr}	celková tlaková ztráta čerpadlového okruhu