



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

TEPELNÁ ČERPADLA VZDUCH-VODA

AIR - WATER HEAT PUMPS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Petr Illichman

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARCELA POČINKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2022



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	NPC-SIS Stavební inženýrství – pozemní stavby
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Specializace	bez specializace
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Petr Illichman
Název	Tepelná čerpadla vzduch-voda
Vedoucí práce	Ing. Marcela Počinková, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2021
Datum odevzdání	14. 1. 2022

V Brně dne 31. 3. 2021

prof. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

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

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

A. Analýza tématu, cíle a metody řešení

Analýza zadaného tématu, normové a legislativní podklady

Cíl práce, zvolené metody řešení

Aktuální technická řešení v praxi

Teoretické řešení (s využitím fyzikální podstaty dějů)

Experimentální řešení (popis metody a přístrojové techniky)

Řešení využívající výpočetní techniku a modelování

B. Aplikace tématu na zadané budově - koncepční řešení

Návrh technického řešení ve 2 variantách v zadané specializaci (včetně doložených výpočtů) v rozpracovanosti 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. Experimentální řešení a zpracování výsledků - Experiment realizovaný v laboratoři nebo sledování provozu vybraného systému či prvku v reálné budově postihující dílčí část zadané problematiky.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

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

ABSTRAKT

Tématem mé diplomové práce jsou tepelná čerpadla vzduch-voda. Diplomová práce obsahuje tři části. V první části se zabývám teorií o tepelných čerpadlech vzduch-voda. V druhé části řeším návrh vytápění ve dvou variantách, ohřev teplé vody a ohřev bazénové vody pomocí tepelných čerpadel vzduch-voda v objektu rodinného domu Révova. Ve třetí experimentální části se zabývám sledováním provozu a výpočtem topných faktorů tepelného čerpadla vzduch-voda v režimu vytápění a ohřevu teplé vody. Vypočtené topné faktory jsou následně porovnány s topnými faktory z grafu od výrobce.

KLÍČOVÁ SLOVA

Tepelná čerpadla vzduch-voda, tepelné ztráty, taktovací nádoba, vnitřní jednotka, venkovní jednotka, ohřev bazénové vody, zásobník TV, podlahové vytápění, otopné lavice, elektrické přímotopné těleso, armatury, zabezpečovací zařízení.

ABSTRACT

The topic of my diploma thesis is air-water heat pumps. The diploma thesis contains three parts. In the first part I describe the theory of air-water heat pumps. In the second part I consider two variants of heating, hot water heating and pool water heating using air-water heat pumps in the family house, Révova. The third experimental part is focused on observation of operational process and calculation of heat factors of air-water heat pump while in the heating model. The calculated heating factors are then compared to the heating factors from the manufacturer's graph.

KEYWORDS

Air-water heat pumps, heat loss, timing tank, indoor unit, outdoor unit, pool water heating, TV tank, underfloor heating, heating benches, electric heater, fittings, security devices.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Petr Illichman *Tepelná čerpadla vzduch-voda*. Brno, 2022. 184 s., 11 příl.
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav
technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Marcela Počinková, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Tepelná čerpadla vzduch-voda* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 14. 1. 2022

Bc. Petr Illichman
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Tepelná čerpadla vzduch-voda* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 14. 1. 2022

Bc. Petr Illichman
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji paní Ing. Marcele Počinkové, Ph.D. za poučné a užitečné konzultace během zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne 14. 1. 2022

Bc. Petr Illichman
autor práce

Obsah

Úvod.....	15
1 Teoretická část – tepelná čerpadla vzduch-voda	16
1.1 Úvod.....	17
1.2 Tepelné čerpadlo vzduch-voda venkovního provedení.....	17
1.2.1 Vnitřní jednotka tepelného čerpadla vzduch-voda	17
1.2.2 Venkovní jednotka tepelného čerpadla vzduch-voda	18
1.3 Tepelné čerpadlo vzduch-voda vnitřní provedení	19
1.4 Princip tepelných čerpadel vzduch-voda	19
1.5 Topný faktor tepelných čerpadel vzduch-voda	21
1.5.1 Úvod.....	21
1.5.2 Jmenovitý topný faktor COP dle ČSN EN 14511	22
1.5.3 Sezónní topný faktor SCOP dle ČSN EN 14825	23
1.5.4 Reálný topný faktor	23
1.6 Návrh výkonu tepelného čerpadla vzduch-voda.....	23
1.6.1 Potřebný výkon pro tepelné čerpadlo	23
1.6.2 Volba správného výkonu tepelného čerpadla	24
1.7 Bivalentní zdroje tepla	24
1.8 Bod bivalence.....	25
1.9 Provozy tepelného čerpadla	26
1.9.1 A) Monovalentní provoz tepelného čerpadla.....	26
1.9.2 B) Paralelně bivalentní provoz	26
1.9.3 C) Alternativně bivalentní provoz	26
1.9.4 D) Částečně paralelně – bivalentní provoz.....	27
1.10 Řízení tepelného čerpadla	28

1.10.1	Klasické tepelné čerpadlo	28
1.10.2	Invertorové tepelné čerpadlo	28
1.10.3	Výhody a nevýhody invertorového tepelného čerpadla	28
1.10.4	Ekvitermní regulace	28
1.11	Odmrazování výparníku tepelného čerpadla vzduch-voda	29
1.11.1	Úvod	29
1.11.2	Aktivní odmrazování tepelného čerpadla vzduch-voda	30
1.11.3	Pasivní odmrazování	31
1.12	Odvod kondenzátu tepelného čerpadla vzduch-voda	32
1.12.1	Odvod kondenzátu do kanalizace	32
1.12.2	Odvod kondenzátu do terénu pod tepelné čerpadlo	33
1.13	Akumulační (taktovací) nádoba	34
2	Aplikace tématu na zadané budově	35
2.1	Analýza objektu	36
2.2	Výpočet tepelného výkonu	37
2.2.1	Výpočet součinitele prostupu tepla a posouzení s normovými hodnotami 37	
2.2.2	Výpočet tepelných ztrát	47
2.2.3	Přehled celkových vypočtených tepelných ztrát	49
2.3	Návrh otopných ploch	50
2.3.1	Návrh otopných ploch - varianta 1	50
2.3.2	Návrh podlahového vytápění - varianta 2	65
2.4	Návrh zdroje tepla	72
2.4.1	Požadovaný výkon	72
2.4.2	Venkovní jednotka IVT AIR X130	72

2.4.3	Vnitřní jednotka IVT AirBox E130-170.....	74
2.4.4	Bod bivalence - varianta 1	75
2.4.5	Bod bivalence - varianta 2	76
2.4.6	Odvod kondenzátu	77
2.4.7	Hlučnost	77
2.5	Tepelná bilance technické místnosti	80
2.5.1	Tepelná bilance v zimě	80
2.5.2	Tepelná bilance v létě	80
2.6	Návrh přípravy teplé vody	81
2.6.1	Dimenzování zásobníkového ohřivače vody podle křivek dodávky a odběru tepla dle ČSN 06 0320.....	81
2.7	Napojení výměníku pro ohřev bazénu	85
2.8	Dimenzování a hydraulické seřízení	87
2.8.1	Sekundární okruh od RS	87
2.8.2	Sekundární okruh od taktovací nádoby po RS.....	91
2.8.3	Primární okruh od venkovních jednotek po taktovací nádobu	92
2.8.4	Přehled navržených větví V1, V2, V3 a V4	93
2.9	Návrh a posouzení oběhových čerpadel.....	94
2.9.1	Návrh oběhových čerpadel	95
2.9.2	Posouzení oběhových čerpadel	99
2.10	Vyvažovací ventily.....	100
2.10.1	Přehled navržených vyvažovacích ventilů.....	100
2.11	Trojcestné ventily	103
2.11.1	Přehled navržených trojcestných ventilů	103
2.12	Návrh měřiče tepla	105

2.12.1	Přehled použitých měřičů tepla.....	105
2.13	Návrh dalších zařízení technické místnosti.....	107
2.13.1	Návrh taktovací nádoby.....	107
2.13.2	Návrh rozdělovače a sběrače.....	109
2.14	Návrh zabezpečovacích prvků.....	110
2.14.1	Návrh expanzní nádoby.....	110
2.14.2	Posouzení pojistného ventilu.....	113
2.15	Návrh tepelných izolací potrubí.....	114
2.15.1	Souhrn návrhu tepelných izolací potrubí.....	115
2.16	Kompensace délkové roztažnosti potrubí.....	117
2.16.1	Návrh volné délky kompenzačního ramene výpočtem.....	117
2.17	Výpočet poměrů spotřeby tepla a elektřiny tepelným čerpadlem a bivalentním zdrojem - varianta 1.....	119
2.17.1	Rozložení roční spotřeby tepla a poměr dodané elektrické energie do tepelného čerpadla.....	120
2.17.2	Výkon tepelného čerpadla a bivalence v závislosti na venkovní teplotě.....	120
2.18	Výpočet poměrů spotřeby tepla a elektřiny tepelným čerpadlem a bivalentním zdrojem - varianta 2.....	121
2.18.1	Rozložení roční spotřeby tepla a poměr dodané elektrické energie do tepelného čerpadla.....	122
2.19	Technická zpráva.....	123
2.19.1	Úvod.....	123
2.19.2	Technické řešení.....	126
2.19.3	Technické řešení otopné soustavy - varianta 1.....	127
2.19.4	Technické řešení otopné soustavy - varianta 2.....	131
2.19.5	Požadavky na další profese.....	134

2.19.6	Montáž a uvedení do provozu.....	135
2.19.7	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci, péče o životní prostředí	137
2.20	Vyhodnocení navržených variant.....	138
2.20.1	Vyhodnocení varianty 1 při větším teplotním spádu	138
2.20.2	Vyhodnocení varianty 2 při menším teplotním spádu	138
3	Experimentální část	139
3.1	Úvod do experimentu	140
3.1.1	Místo měření	140
3.1.2	Popis vnitřní a venkovní jednotky	141
3.1.3	Pomůcky k měření	142
3.1.4	Postup měření	143
3.1.5	Měřicí schéma.....	144
3.1.6	Popis regulace systému.....	145
3.1.7	Postup a popis zpracování experimentů v režimu vytápění.....	145
3.1.8	Postup a popis zpracování experimentů v režimu ohřevu teplé vody.....	146
3.1.9	Použité vztahy a veličiny	146
3.2	Naměřené hodnoty a jejich zpracování (režim vytápění)	147
3.2.1	Analýza řízení tepelného čerpadla v režimu vytápění	147
3.2.2	Výpočet COP tepelného čerpadla vzduch-voda v režimu vytápění	152
3.2.3	Vyhodnocení výpočtů COP	159
3.3	Naměřené hodnoty a jejich zpracování (režim ohřevu teplé vody)	161
3.3.1	Analýza řízení tepelného čerpadla v režimu ohřevu teplé vody	161
3.3.2	Výpočet COP tepelného čerpadla vzduch-voda v režimu vytápění	164
3.3.3	Vyhodnocení výpočtu COP	170
	Závěr	172

Seznam použitých zdrojů.....	173
Seznam použitých obrázků a tabulek.....	178
Seznam příloh	184

Úvod

Tématem diplomové práce jsou tepelná čerpadla vzduch-voda. Diplomová práce je rozdělena na tři části. První teoretická část obsahuje teoretický popis tepelných čerpadel vzduch-voda. Zabývám se zde základním rozdělením těchto tepelných čerpadel, dále je popsán jejich princip, topný faktor, návrh, provoz a řízení, typy odmrazování, odvod kondenzátu a akumulární nádoba.

V druhé části diplomové práce řeším návrh vytápění, ohřevu teplé vody a ohřev bazénové vody v rodinném domě Révova. Návrh je zde řešen ve dvou variantách. Pro obě varianty je zde navržena kaskáda dvou tepelných čerpadel vzduch-voda. V první variantě je navrženo vytápění pomocí otopných lavic, deskových otopných těles, trubkových otopných těles a elektrických přímotopných těles. Teplotní spád je zde zvolen 55/45 °C. V druhé variantě řeším vytápění pomocí podlahového vytápění a elektrických přímotopných těles. Zde je zvolen nižší teplotní spád 35/30 °C. Součástí této části je vyhodnocení obou variant. Pro přípravu teplé vody je navržen nepřímotopný zásobník teplé vody. Ohřev bazénové vody je řešen pomocí trubkového výměníku. Dále je zde zpracována technická zpráva. Součástí projektu je výkresová dokumentace.

Třetí část diplomové práce je experimentální. Zde se zabývám sledováním provozu a topnými faktory COP tepelného čerpadel vzduch-voda v rodinném domě. Provoz je sledován v režimu vytápění a ohřevu teplé vody. Součástí jsou naměřené údaje a následná analýza provozu v obou režimech. Dále jsou zjišťovány topné faktory COP v režimu vytápění a režimu ohřevu teplé vody. Topné faktory COP jsou vypočteny z naměřených hodnot. Měřeny jsou teploty, průtok a spotřeba elektrické energie. Měření probíhalo při různých venkovních teplotách. Měření tepelného čerpadla vzduch-voda v režimu vytápění probíhalo v nižších venkovních teplotách od -11,7 °C do 7,3 °C a měření v režimu ohřevu teplé vody probíhalo ve venkovních teplotách od 2,4 °C do 21,4 °C. Celkem bylo provedeno 19 měření. Vypočtené topné faktory COP jsou porovnány s hodnotami topných faktorů COP z grafu od výrobce.

1 Teoretická část – tepelná čerpadla vzduch-voda

1.1 Úvod

Tepelná čerpadla vzduch-voda odjímají teplo do chladiva z nasávaného vzduchu ventilátorem a převádějí ho na vyšší teplotní úroveň pomocí dodané elektrické energie do kompresoru a využívají ho například pro vytápění, ohřev teplé vody a ohřev bazénové vody. Tepelná čerpadla vzduch-voda lze instalovat ve venkovním provedení a vnitřním provedení. Tepelná čerpadla se nejčastěji instalují ve venkovním provedení a skládají se obvykle z vnitřní a venkovní jednotky. Venkovní jednotka odebírá teplo ze vzduchu a předává teplo do otopné soustavy s pomocí vnitřní jednotky. [1, s. 7]

Výhodou tepelného čerpadla vzduch-voda jsou možnosti umístění. Odpadají zde zemní práce spojené s tepelným čerpadlem země-voda, a to vede k nižším pořizovacím nákladům. U tepelných čerpadel vzduch-voda platí, že čím je nižší venkovní teplota tím nám dodají nižší výkon. To znamená, že při venkovních minusových teplotách, kdy potřebujeme výkon největší nám tepelné čerpadlo vzduch-voda pracuje s nižším topným faktorem a výkonem. Proto jsou tepelná čerpadla vzduch-voda obvykle provozována v bivalentním provozu. Tepelná čerpadla vzduch-voda nejčastěji pracují do $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. [1, s. 13]

1.2 Tepelné čerpadlo vzduch-voda venkovního provedení

1.2.1 Vnitřní jednotka tepelného čerpadla vzduch-voda

Vnitřní jednotku si můžeme představit jako skříň ve které je obvykle zabudované oběhové čerpadlo, bivalentní zdroj (elektrokotel), pojistný ventil a expanzní nádoba. Některé vnitřní jednotky mají v sobě zabudovaný zásobník TV. Vnitřní jednotky se umísťují do vnitřních prostorů objektu. [3]



Obrázek 1 Vnitřní jednotky tepelného čerpadla vzduch-voda [3]

1.2.2 Venkovní jednotka tepelného čerpadla vzduch-voda

Součástí venkovní jednotky je výparník, kompresor, kondenzátor, expanzní ventil, chladivo a ventilátor. [1, s. 8]

Venkovní jednotka se umísťuje do vnějšího prostředí. Je zde potřeba dbát ohled na případný hluk od venkovní jednotky. Hluk od venkovní jednotky je nutné posoudit s hygienickými limity. [1, s. 15]



Obrázek 2 Venkovní jednotka tepelného čerpadla vzduch-voda [4]

1.3 Tepelné čerpadlo vzduch-voda vnitřní provedení

U tepelných čerpadel vzduch-voda vnitřního provedení je potřeba jednotku propojit vzduchotechnickým potrubím přes obvodovou stěnu do vnějšího prostředí, a zajistit tak přívod a odvod vzduchu pro vnitřní tepelné čerpadlo vzduch-voda. [1, s. 14]



Obrázek 3 Tepelné čerpadlo vzduch-voda vnitřní provedení [5]

1.4 Princip tepelných čerpadel vzduch-voda

Princip funkce tepelných čerpadel si lze vysvětlit na chladničce. Chladnička nám odebírá teplo z potravin a předává ho do vzduchu svojí zadní stranou. Pokud bychom chladničku umístili do otvoru venkovní stěny přední částí směrem ven, chladnička by nám ochlazovala venkovní vzduch a zadní stranou předávala teplo do objektu. Skutečná tepelná čerpadla mají jiné provedení, ale fungují na stejném principu. [2, s. 3]

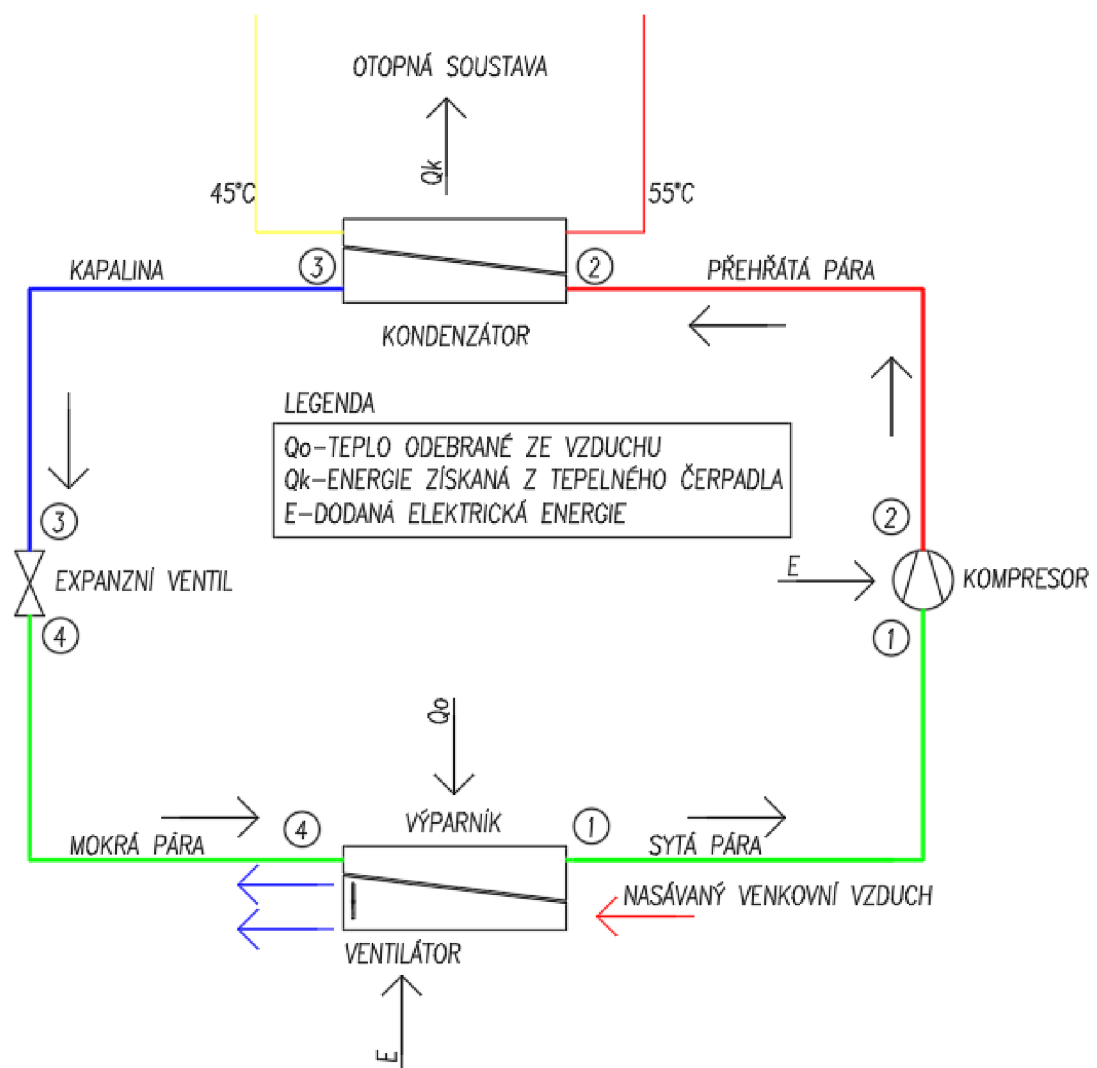
4-1) Tepelné čerpadlo vzduch-voda odjímá teplo z venkovního vzduchu (proudícího přes výparník) do chladiva. Dodá chladivu energii formou tepla. Tím se chladivo ve výparníku vypaří o nízkém tlaku a nízké teplotě, dále ho nasaje kompresor. Proudění vzduchu přes výparník nám zajistí ventilátor.

1-2) Kompresor nám plynné chladivo stlačí na vyšší tlak, tím se zvýší teplota chladiva. Kompresor zde dodá energii formou práce. Na běh kompresoru je potřeba dodat elektrickou energii.

2-3) Zahřáté chladivo proudí dál do kondenzátoru, kde nám předá teplo do otopné soustavy. V kondenzátoru se plynné chladivo ochladí tak, že změní své skupenství na kapalné (zkondenzuje). Chladivo má stále vysoký tlak.

3-4) Dále jde kapalné chladivo přes expanzní ventil, zde chladivo sníží svůj tlak a proudí dál do výparníku kde se zase vypaří do plynné fáze.

Tento cyklus se stále opakuje. Tepelné čerpadlo vzduch-voda tak přečerpává teplo z vnějšího vzduchu do vytápěného objektu. [1, s. 9]



Obrázek 4 Schéma chladivového okruhu tepelného čerpadla vzduch-voda [6]

1.5 Topný faktor tepelných čerpadel vzduch-voda

1.5.1 Úvod

Účinnost tepelného čerpadla se vyjadřuje topným faktorem COP a je to jeden z nejdůležitějších parametrů tepelného čerpadla. Topný faktor je poměr mezi dodaným teplem tepelným čerpadlem do otopné soustavy a jeho spotřebou elektrické energie. Nezapočítává se zde teplo odebrané ze vzduchu, proto je vždy topný faktor vyšší než 1. Topný faktor se obvykle pohybuje na hodnotě mezi 2 až 5. Pokud bychom započítali teplo odebrané ze vzduchu dostali bychom topný faktor pod hodnotu 1. To znamená, že by účinnost tepelného čerpadla činila pod 100 %. [2, s. 9]

$$\text{COP} = Q/E \text{ [-]}$$

$$n = Q/(P + E) \cdot 100 \text{ [%]}$$

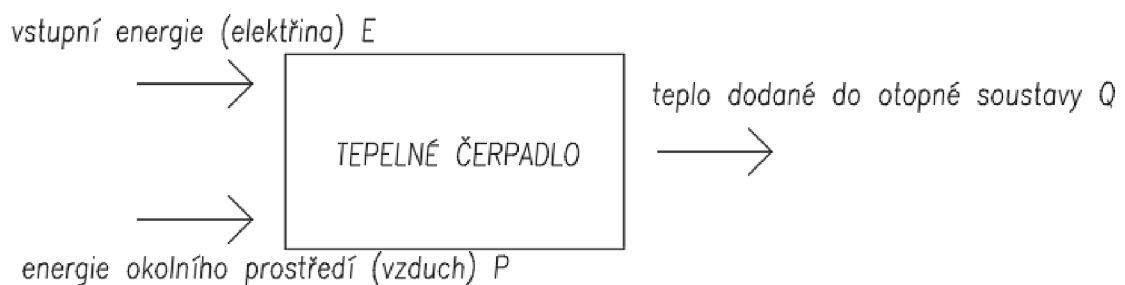
n účinnost tepelného čerpadla [%]

COP topný faktor [-]

Q teplo dodané do otopné soustavy [kWh]

E energie pro pohon tepelného čerpadla [kWh]

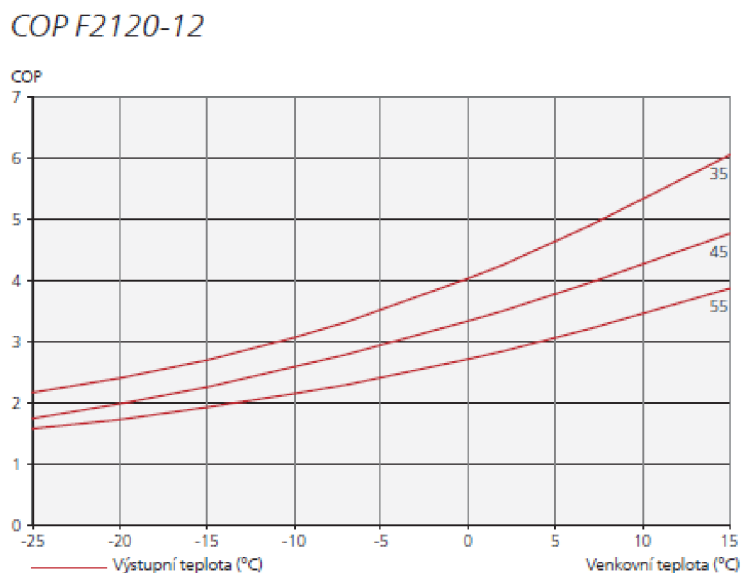
P energie okolního prostředí (vzduch) [kWh]



Obrázek 5 Topný faktor [2, s. 10]

Topný faktor se mění vlivem změny teploty venkovního vzduchu. Při minusových teplotách je topný faktor nejmenší. Se stoupající teplotou venkovního vzduchu topný faktor roste. Vyšší topný faktor znamená menší spotřebu elektrické energie a levnější provoz tepelného čerpadla.

Další vliv na topný faktor má zvolený teplotní spád otopné soustavy. U tepelných čerpadel platí, že čím je nižší výstupní teplota z tepelného čerpadla tím je vyšší topný faktor. Proto je vhodné volit velkoplošné otopné plochy o nízkém teplotním spádu. Doporučené je vytápět objekt podlahovým nebo stěnovým vytápěním. Pokud volíme radiátorové vytápění, výstupní teplotu z tepelného čerpadla volíme maximálně 55 °C. [2, s. 10]



Obrázek 6 COP (Topný faktor) při různých výstupních teplotách [6]

1.5.2 Jmenovitý topný faktor COP dle ČSN EN 14511

Energetickou kvalitu tepelných čerpadel může zákazník porovnat dvěma parametry, a to jmenovitým topným faktorem COP a sezónním topným faktorem SCOP. Topný faktor COP je určen měřením v laboratoři v jednom provozním bodě, který odpovídá nejčastějšímu provozu tepelného čerpadla. [7]

Například pro tepelné čerpadlo vzduch-voda se nejčastěji udává topný faktor při 2 °C/35 °C dle EN 14 511. To znamená, že topný faktor byl určen při venkovní teplotě 2 °C a výstupní teplotě do otopného systému 35 °C. EN 14 511 znamená, že měření proběhlo za podmínek dle metodiky normy EN 14 511. [1, s. 10]

Obdobně udávají výrobci do technické zprávy výkon tepelných čerpadel. Například výkon při 7 °C/35 °C dle EN 14 511. To znamená, že výkon tepelného čerpadla byl měřen

při teplotě vzduchu 7 °C a výstupní teplotě do otopné soustavy 35 °C dle metodiky normy EN 14 511. [1, s. 10]

Tepelné čerpadlo – venkovní jednotka		AIR X 50
Energetická třída nízkoteplotní / středněteplotní		
Topný výkon při 7 °C / 35 °C¹⁾ 100 %	kW	5,0
Topný výkon při -7 °C / 35 °C ¹⁾ 100 %	kW	4,57
Topný faktor při 7 °C / 35 °C¹⁾ 40 %		4,69
Topný faktor při 2 °C / 35 °C ¹⁾ 60 %		4,04
Topný faktor při -7 °C / 35 °C ¹⁾ 100 %		2,89

Obrázek 7 Příklad parametrů tepelného čerpadla vzduch-voda [3]

1.5.3 Sezónní topný faktor SCOP dle ČSN EN 14825

Sezónní topný faktor SCOP je průměrný topný faktor za celou otopnou sezónu. Sezónní topný faktor vychází z celoroční bilance produkce tepla tepelným čerpadlem a krytím tepelné ztráty budovy v otopné sezóně. Topný sezónní faktor SCOP je vhodný pro porovnání tepelných čerpadel od různých výrobců a pro tepelná čerpadla, která jsou různě řízená. [7]

1.5.4 Reálný topný faktor

Jmenovitý topný faktor počítá pouze s elektrickým příkonem venkovní jednotky za ustálených podmínek. Ve skutečnosti bude spotřeba elektrické energie vyšší, protože jmenovitý topný faktor nepočítá elektrickou energii pro oběhové čerpadla v otopné soustavě, a dále nepočítá se spotřebou elektrické energie pro bivalentní zdroj. Po započtení těchto hodnot bude topný faktor nižší. [8]

1.6 Návrh výkonu tepelného čerpadla vzduch-voda

1.6.1 Potřebný výkon pro tepelné čerpadlo

Jako první je důležité zvolit přesnou hodnotu potřebného výkonu pro tepelné čerpadlo. Potřebný výkon může zahrnovat tepelné ztráty objektu, potřebný výkon pro ohřev teplé vody, potřebný výkon pro ohřev bazénové vody atd. U tepelných čerpadel se nám každá kW prodraží, proto je zde důležité počítat potřebný výkon přesně. [11]

Pokud máme v objektu výrazně vyšší tepelnou ztrátu, než je potřebný výkon pro ohřev teplé vody (potřebný výkon pro ohřev teplé vody tvoří méně než 30 % potřebného výkonu pro vytápění). Zde nemusíme celkový potřebný výkon pro tepelné čerpadlo navyšovat o potřebný výkon pro ohřev teplé vody. [12]

Pokud máme sezónně používaný bazén, ve většině případech není nutné navyšovat potřebný výkon pro vytápění. Zde samozřejmě záleží na velikosti bazénu a na tepelných ztrátách objektu. Potřebný výkon pro vytápění je nutné navýšit o ohřev bazénové vody v případě, že bazén bude celoročně používaný. [13]

1.6.2 Volba správného výkonu tepelného čerpadla

Výkon tepelného čerpadla vzduch-voda je vhodné navrhnout na 60-80 % potřebného výkonu. Za určitých podmínek lze tepelné čerpadlo navrhnout na 50–60 % nebo 80–100 % potřebného výkonu. Výrobci uvádějí v technické zprávě výkony tepelných čerpadel při různých podmínkách. Je důležité si na to dát pozor a vybrat výkon tepelného čerpadla pro správné podmínky. [11]

Uvedeme si příklad pro objekt, který má tepelnou ztrátu 10 kW. Tato tepelná ztráta byla vypočtena při venkovní výpočtové teplotě $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vytápění objektu bude pomocí podlahového vytápění při výstupní teplotě $35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zde by bylo neoptimálnější mít k dispozici výkon při podmínkách $-12\text{ }^{\circ}\text{C} / 35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ale většina výrobců udává výkony tepelných čerpadel pouze při venkovní výpočtové teplotě $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Proto výkon tepelného čerpadla navrhnu při podmínkách $-7\text{ }^{\circ}\text{C} / 35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Výkon při venkovní teplotě $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ by měl zhruba odpovídat 80 % tepelné ztráty objektu. [11]

1.7 Bivalentní zdroje tepla

Bivalentní zdroj tepla je pomocný zdroj tepla k tepelnému čerpadlu. Pokud už nám tepelné čerpadlo nestačí pokrýt tepelné ztráty, bivalentní zdroj tepla se spustí a pomůže tepelnému čerpadlu s pokrytím tepelných ztrát. Bivalentních provozů je více typů, o nichž se více dozvíme v kapitole provozu tepelného čerpadla. [1, s. 75]

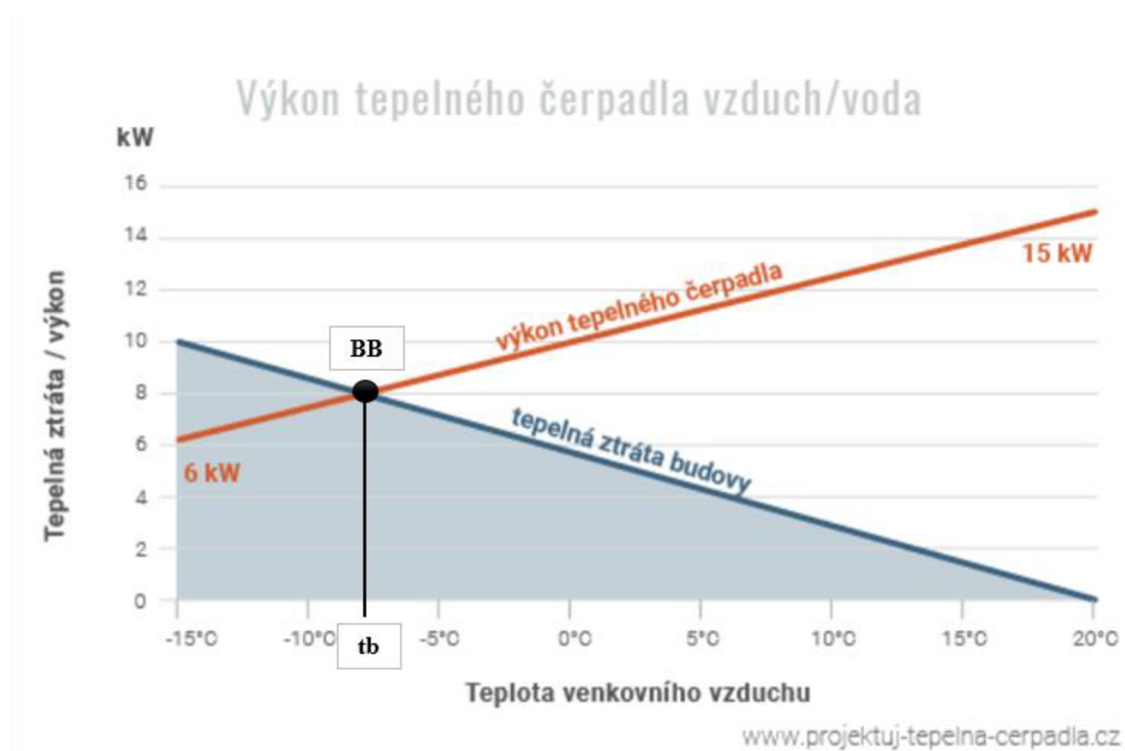
Nejčastějším bivalentním zdrojem pro tepelné čerpadlo vzduch-voda je elektrokotel. Elektrokotel je nejvýhodnější z hlediska investičního i technického. Dále bivalentním zdrojem může být kotel na zemní plyn. Zde je vhodné volit nízkoteplotní a kondenzační

kotle. Lze použít i kotel na tuhá paliva, ten se používá výjimečně a je zde potřeba splnit určité technické podmínky. [1, s. 75]

1.8 Bod bivalence

Bod bivalence je průsečík křivky tepelné ztráty budovy a křivky výkonu tepelného čerpadla. Vlevo od tohoto průsečíku není schopné tepelné čerpadlo pokrýt celé tepelné ztráty. Na ose venkovní teploty lze vyznačit teplotu bivalence. [10]

Tepelná čerpadla vzduch-voda je vhodné navrhovat na teplotu bivalence v rozmezí $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. [9]



Obrázek 8 Průběh výkonu tepelného čerpadla vzduch-voda a tepelné ztráty vs. bod bivalence [11]

BB bod bivalence [-]

tb teplota bivalence [°C]

1.9 Provozy tepelného čerpadla

U tepelného čerpadla vzduch-voda klesá výkon a topný faktor s venkovní teplotou. A mají minimální venkovní teplotu, při které tepelné čerpadlo vzduch-voda může ještě pracovat. Proto je vhodné tepelná čerpadla vzduch-voda provozovat na bivalentní provoz. Bivalentní provoz tepelného čerpadla vzduch-voda je výhodný i z ekonomického hlediska. Protože pořizovací cena tepelného čerpadla na pokrytí částečných tepelných ztrát bude nižší. [1, s. 53]

1.9.1 A) Monovalentní provoz tepelného čerpadla

Monovalentní provoz lze uvažovat u dobře izolovaných rodinných domů do tepelné ztráty 10 kW. V tomto případě nám pokryje celou tepelnou ztrátu tepelné čerpadlo a není zde bivalentní zdroj. Pozor u tepelných čerpadel vzduch-voda monovalentní provoz není vhodný, protože nám klesá tepelný výkon s venkovní teplotou. Například pokud bude výpočtová venkovní teplota pro danou oblast $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ a zvolené tepelné čerpadlo vzduch-voda má provoz pouze do $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$. V takovém případě monovalentní provoz nelze použít. [2, s. 33]

1.9.2 B) Paralelně bivalentní provoz

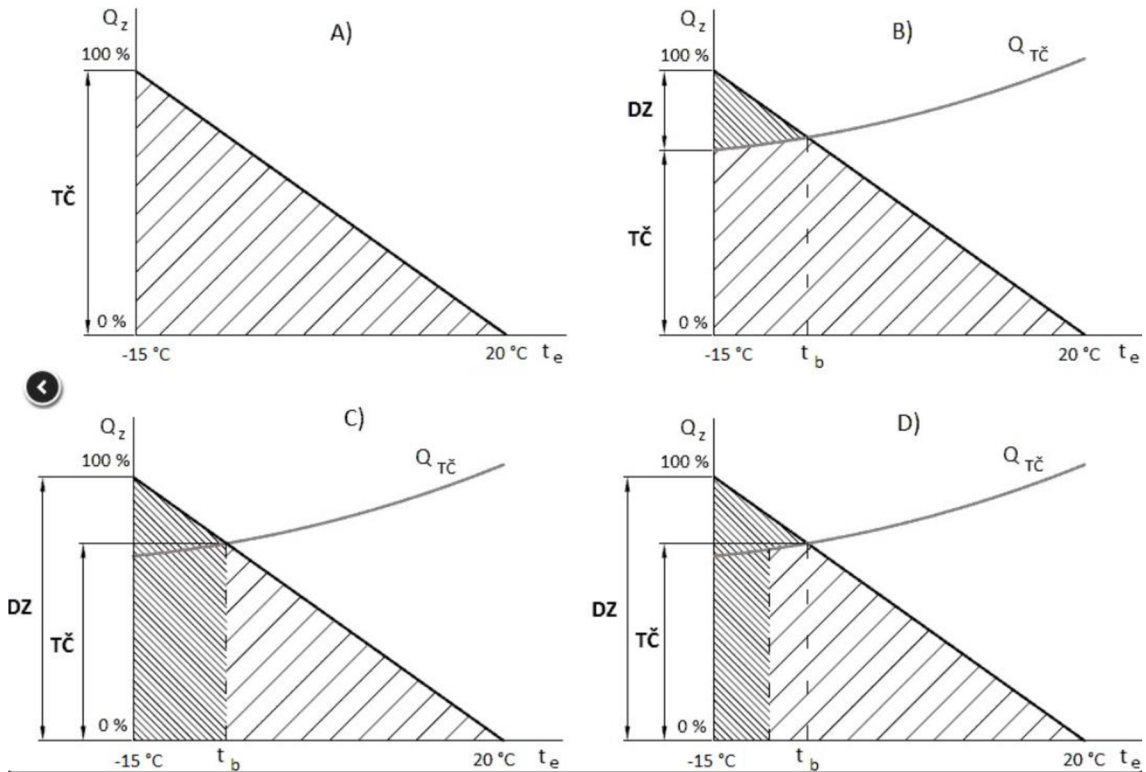
Tepelné čerpadlo nám zajišťuje celkové pokrytí tepelných ztrát objektu až po bod bivalence. V levé části od bodu bivalence nám tepelné čerpadlo nedokáže pokrýt celé tepelné ztráty objektu, a proto se zapojí bivalentní zdroj (elektrokotel). Pod teplotou bivalence jsou oba zdroje současně v provozu. [9]

1.9.3 C) Alternativně bivalentní provoz



Tepelné čerpadlo nám zajišťuje celkové pokrytí tepelných ztrát objektu až po bod bivalence. Jakmile dosáhne venkovní teplota teploty bivalence, tepelné čerpadlo není v provozu a celé tepelné ztráty při nízkých venkovních teplotách nám pokrývá pouze bivalentní zdroj. [9]

1.9.4 D) Částečně paralelně – bivalentní provoz

Tento provoz je kombinací paralelně bivalentního provozu a alternativně bivalentního provozu. Pod teplotou bivalence je v provozu tepelné čerpadlo i bivalentní zdroj současně. Tepelné čerpadlo je zde odstaveno až od určité teploty pod teplotou bivalence a dál je v provozu pouze bivalentní zdroj. [9]



Obrázek 9 Provozy tepelného čerpadla [10]

Q_z	tepelná ztráta objektu [%]
$Q_{TČ}$	výkon tepelného čerpadla [%]
DZ	bivalentní zdroj [%]
TČ	tepelné čerpadlo [%]
t_b	teplota bivalence [$^\circ\text{C}$]
t_e	venkovní teplota [$^\circ\text{C}$]
	krytí bivalentním zdrojem
	krytí tepelným čerpadlem

1.10 Řízení tepelného čerpadla

1.10.1 Klasické tepelné čerpadlo

Klasické tepelné čerpadlo má on-off kompresory, tyto kompresory jsou řízený systémem vypnuto nebo zapnuto. To znamená, že tepelné čerpadlo pracuje na plný výkon nebo není v provozu vůbec. Například tepelné čerpadlo sepne svůj plný výkon 10 kW a aktuální potřebný výkon pro vytápění bude 4 kW. Zde bude potřeba nainstalovat akumulaci nádobu, aby se snížil počet cyklů kompresoru. [14]

1.10.2 Invertorové tepelné čerpadlo

Invertorové tepelné čerpadlo je tepelné čerpadlo s frekvenčně řízeným kompresorem. Invertor je frekvenční měnič, ze kterého je napájen a řízen kompresor. Frekvenční měnič nám řídí frekvenci otáček kompresoru a umožňuje plynulou regulaci výkonu. To znamená, že tepelné čerpadlo se přizpůsobuje aktuálnímu požadavku na potřebný výkon. [14]

1.10.3 Výhody a nevýhody invertorového tepelného čerpadla

Protože tepelné čerpadlo nejede neustále na plný výkon, má nižší hluk a pracuje na vyšší topný faktor. Dále má tepelné čerpadlo menší počet startů. Tepelné čerpadlo je řízené pomocí ekvitermní regulace bez akumulaci nádobu. Může zde být nainstalována taktovací nádobu, která neslouží k akumulaci tepla. Díky absenci akumulaci nádobu a k ní potřebných prvků je instalace invertorového tepelného čerpadla levnější. [15]

Nevýhodou invertorového systému je, že kompresor pracuje při nízkých otáčkách a nasává malé množství suchých par chladiva a oleje. To vede k nedostatečnému promazání kompresoru. Dále jsou tyto kompresory o několik hodin déle v provozu než ty klasické, a to vede k rychlejšímu opotřebení a snížení životnosti. [20]

1.10.4 Ekvitermní regulace

Ekvitermní regulace je změna teploty otopné vody s ohledem na venkovní teplotu. Například při vyšších teplotách venkovního vzduchu je potřeba dodat otopnou vodu o

nižší teplotě. Je to z důvodu, aby nastala rovnováha mezi dodaným teplem a tepelnými ztrátami místnosti. [16]

Například na tepelném čerpadle s vnitřní jednotkou NIBE VVM 320, si lze na displeji zvolit topnou křivku (ekvitermní křivku). A podle námi zvolené topné křivky se bude měnit teplota otopné vody v závislosti na venkovní teplotě. Řízení tepelného čerpadla vzduch-voda v režimu ohřevu teplé vody je vysvětleno v experimentální části.



Obrázek 10 Topná křivka [41]

1.11 Odmrazování výparníku tepelného čerpadla vzduch-voda

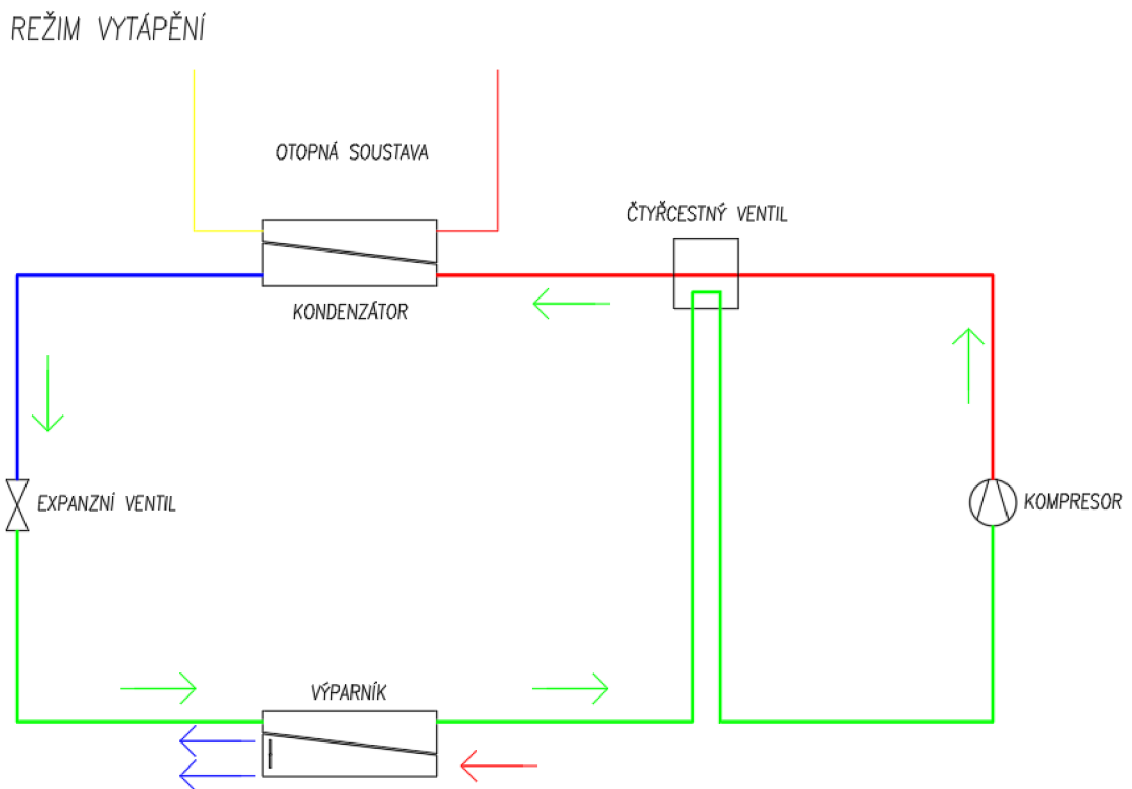
Zde si uvedeme nejčastější dva typy odmrazování výparníku tepelného čerpadla vzduch-voda, které byly zjištěny při měření tepelného čerpadla vzduch-voda NIBE F2120.

1.11.1 Úvod

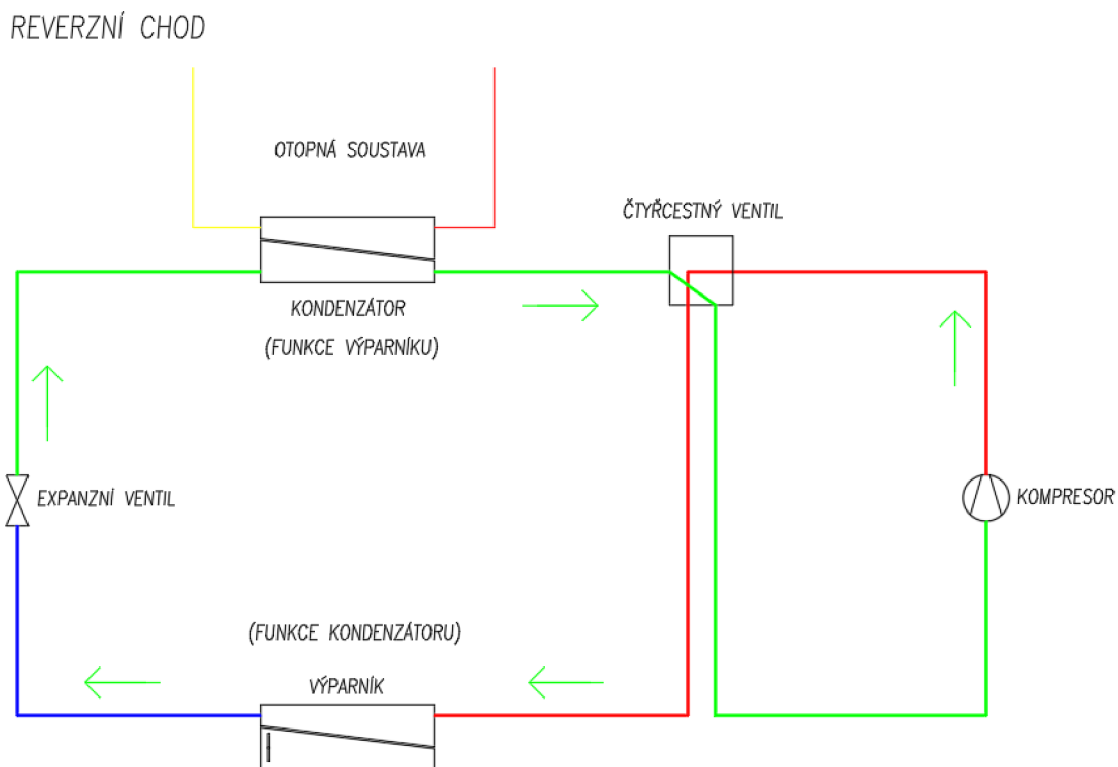
U tepelného čerpadla vzduch-voda dochází ke kondenzaci vodní páry na lamelách výparníku. Kondenzace vodní páry na výparníku nastává nejčastěji při teplotách venkovního vzduchu 0 až 7 °C. Okolo teploty 0 °C nám zkondenzovaná voda začne namrzat a vytvoří se led. Při těchto uvedených teplotách se námraza tvoří nejrychleji. Ledová vrstva nám zamezuje proudění vzduchu přes výparník, proto je nutné řešit odmrazování výparníku. [17]

1.11.2 Aktivní odmrazování tepelného čerpadla vzduch-voda

Tento typ odmrazování je založený na reverzním chodu tepelného čerpadla. Do reverzního chodu se tepelné čerpadlo přepne pomocí čtyřcestného ventilu. Zde není ventilátor v provozu a teplo je odebíráno z otopné soustavy, proto je nutné zajistit dostatečný objem vody v otopné soustavě. Objem vody lze navýšit taktovací nádobou. Díky reverznímu chodu tepelného čerpadla se výparník bude nahřívat a led začne odtávat. Po dokončení odmrazování se tepelné čerpadlo vrátí do režimu vytápění opět pomocí čtyřcestného ventilu. Odmrazování je zde řízeno spouštěcí teplotou výparníku. [6]



Obrázek 11 Chladivový okruh tepelného čerpadla vzduch-voda (režim vytápění) [18]



Obrázek 12 Chladivový okruh tepelného čerpadla vzduch-voda (režim odmrazování) [18]

1.11.3 Pasivní odmrazování

Zde se nám čtyřcestný ventil nepřepne do reverzního chodu, ale spustí se ventilátor na plné otáčky a vypne se kompresor. Zde je výparník odmrazován pomocí proudění teplejšího vzduchu. Na vnitřní jednotce NIBE VVM 320 lze nastavit minimální teplotu venkovního vzduchu pro kterou lze spustit pasivní odmrazování. Z výroby je tato teplota nastavena na 4 °C. Pasivní odmrazování se spustí na základě této teploty a zároveň nesmí být požadavek na kompresor. [6]



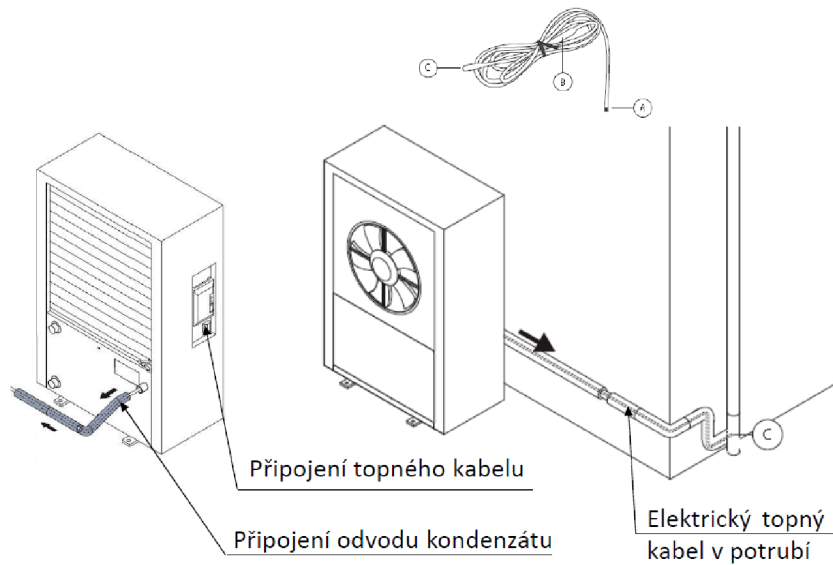
Obrázek 13 Námraza na výparníku tepelného čerpadla vzduch-voda

1.12 Odvod kondenzátu tepelného čerpadla vzduch-voda

Zkondenzovanou vodu na výparníku je nutné odvést. Při neodvedení kondenzátu by voda stékala pod tepelné čerpadlo a při minusových venkovních teplotách by namrzala. Vzniklý led pod tepelným čerpadlem by nám mohl nadzvednout a poškodit výparník. Zde si uvedeme dva nejpoužívanější způsoby řešení odvodu kondenzátu. [3]

1.12.1 Odvod kondenzátu do kanalizace

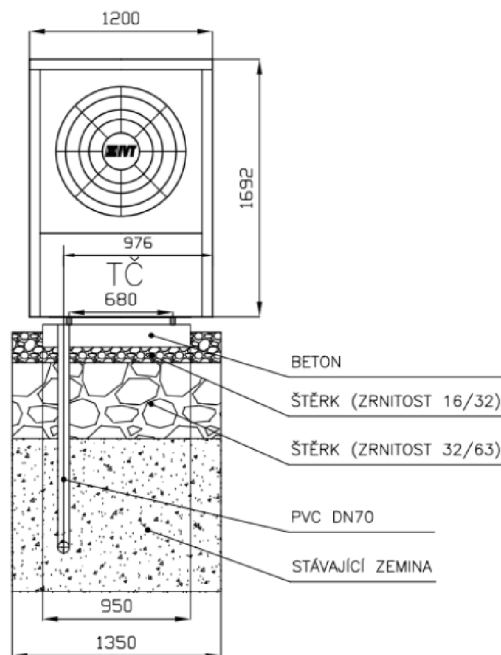
Kondenzát se odvádí potrubím do vnitřní kanalizace. Kondenzát lze odvést i do splaškové kanalizace, ale zde je potřeba osadit sifon, aby nevznikaly zápachy v okolí tepelného čerpadla a koroze výparníku. Potrubí je potřeba opatřit topným kabelem proti zamrznutí. [3]



Obrázek 14 Odvod kondenzátu do kanalizace [3]

1.12.2 Odvod kondenzátu do terénu pod tepelné čerpadlo

Zde je odváděn kondenzát do šterkové lože pod tepelné čerpadlo. [3]



Obrázek 15 Odvod kondenzátu do terénu pod tepelné čerpadlo [3]

1.13 Akumulační (taktovací) nádoba

Zde popisují akumulaci (taktovací) nádobu pro invertorová tepelná čerpadla. Taktovací nádoba zde neslouží k akumulaci tepla. Otopná voda má v taktovací nádobě stejnou teplotu, která je rovna potřebná pro otopný systém. Taktovací nádoba se používá pro navýšení objemu v otopné soustavě, aby bylo umožněno odmrazování reverzním chodem. Odmrazování reverzním chodem odebírá teplo otopné soustavě a bez taktovací nádoby by mohlo vychladnutí radiátorů způsobit diskomfort. Výrobce uvádí v technickém listu minimální potřebný objem pro odmrazování reverzním chodem. Dále má taktovací nádoba vliv na četnost spínání kompresoru. [19]

Taktovací nádoba slouží pro hydraulické oddělení od primárního okruhu, to nám usnadní dimenzování otopného systému. Oběhové čerpadlo musí zajistit minimální průtok kondenzátorem tepelného čerpadla, který uvádí výrobce. Bez hydraulického oddělení by bylo dimenzování složitější. [20]



Obrázek 16 Akumulační (taktovací) nádrž [21]

2 Aplikace tématu na zadané budově

2.1 Analýza objektu

Projekt řeší přípravu teplé vody, ohřev bazénové vody a dvě varianty návrhu vytápění pomocí tepelných čerpadel vzduch-voda v objektu rodinného domu.

Rodinný dům se nachází v Brně, v ulici Révova. Objekt má jedno technické podlaží, jedno podzemní podlaží a dvě nadzemní podlaží.

V technickém podlaží se nachází venkovní prostor určený pro tepelná čerpadla vzduch-voda, bazénové hospodářství a sklad zahradní techniky. Zbývající tři podlaží slouží pro bydlení. V každém podlaží se nachází byt pro jednu rodinu. V objektu jsou celkem tři bytové jednotky. Součástí prvního podzemního podlaží je byt a společné prostory včetně fitness místnosti. V prvním nadzemním podlaží se nachází byt a garáže. Ve druhém nadzemním podlaží se nachází pouze byt. Přístup do bytů podzemního a druhého nadzemního podlaží je z venkovního schodiště, které je umístěno na severní straně. Vchod do obytných místností prvního nadzemního podlaží je přístupný z garáží nebo z venkovního prostoru z jižní strany. Dále jsou podlaží propojeny výtahy do společných prostorů v podzemním podlaží.

Založení objektu je pomocí systému bílé vany. Svislé konstrukce tvoří keramické tvárnice. Stropní konstrukce jsou monolitické železobetonové. Střecha je plochá s vegetační rohoží. Objekt je kompletně zateplen.

2.2 Výpočet tepelného výkonu

2.2.1 Výpočet součinitele prostupu tepla a posouzení s normovými hodnotami

Určen byl součinitel prostupu tepla svislých konstrukcí, vodorovných konstrukcí a výplní otvorů. Tepelné odpory při přestupu tepla byly použity dle ČSN 73 0540-3. Následně byla hodnota součinitele prostupu tepla posouzená s normovými hodnotami dle ČSN 73 0540-2. Všechny konstrukce z hlediska posouzení součinitelů prostupu tepla vyhoví.

2.2.1.1 Svislé konstrukce

Tabulka 1 Svislé konstrukce

OBVODOVÁ STĚNA NOSNÁ K VENKOVNÍMU PROSTŘEDÍ (tl.250mm)									
Kce	č.v.	materiál	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	R _{si} [m ² K/W]	R _{se} [m ² K/W]	R _t [m ² K/W]	U [W/(m ² ·K)]
SO1	1	Jednovrstvá sádrová omítka Velveta filcovaná (016F)	0,01	0,52	0,0192	0,13	0,04	7,8636	0,127
	2	HELUZ P15 25 broušená	0,25	0,273	0,9158				
	3	Lepidlo – webertherm elastik	-	-	-				
	4	Tepelná izolace – MW ISOVER TF Profi	0,25	0,037	6,7568				
	5	lepící a stěrková hmota webertherm elastik + perlínka webertherm 131	-	-	-				
	6	Podkladní nátěr – webwpas podklad UNI	-	-	-				
	7	tenkovrstvá omítka Weber pas aquaBalance	0,0015	0,825	0,0018				
		Stěna vnější	U _{n,20} (pož) = 0,3 [W/(m ² ·K)]			U ≤ U _{n,20} (pož) vyhovuje			

OBVODOVÁ STĚNA NOSNÁ PŘILEHLÁ K ZEMINĚ (tl.300mm)									
Kce	č.v.	materiál	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Rsi [m ² K/W]	Rse [m ² K/W]	Rt [m ² K/W]	U [W/(m ² ·K)]
S02	1	Jednovrstvá sádrová omítka Velveta filcovaná (016F)	0,01	0,52	0,0192	0,13	0,00	4,3064	0,232
	2	ŽB beton	0,3	1,43	0,2098				
	3	Tepelná izolace deskami X- Foam Wafer	0,15	0,038	3,9474				
	4	Nopová fólie DEKDREN N8	-	-	-				
		Strop a stěna vnitřní z vytápěného prostoru přilehlá k zemině	Un,20 (pož) = 0,45 [W/(m ² ·K)]				U≤Un,20 (pož)	vyhovuje	
		Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině	Un,20 (pož) = 0,85 [W/(m ² ·K)]				U≤Un,20 (pož)	vyhovuje	

VNITŘNÍ STĚNA NOSNÁ (tl.250mm)									
Kce	č.v.	materiál	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Rsi [m ² K/W]	Rse [m ² K/W]	Rt [m ² K/W]	U [W/(m ² ·K)]
SN1	1	Jednovrstvá sádrová omítka Velveta filcovaná (016F)	0,01	0,52	0,0192	0,13	0,13	1,2142	0,824
	2	HELUZ P15 25 broušená	0,25	0,273	0,9158				
	3	Jednovrstvá sádrová omítka Velveta filcovaná (016F)	0,01	0,52	0,0192				
		Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	Un,20 (pož) = 2,7 [W/(m ² ·K)]				U≤Un,20 (pož)	vyhovuje	
		Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	Un,20 (pož) = 1,3 [W/(m ² ·K)]				U≤Un,20 (pož)	vyhovuje	

VNITŘNÍ STĚNA (tl.200mm)									
Kce	č.v.	materiál	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Rsi [m ² K/W]	Rse [m ² K/W]	Rt [m ² K/W]	U [W/(m ² ·K)]
SN2	1	Jednovrstvá sádrová omítka Velveta filcovaná (016F)	0,01	0,52	0,0192	0,13	0,13	1,0921	0,916
	2	HELUZ 20 broušená	0,2	0,252	0,7937				
	3	Jednovrstvá sádrová omítka Velveta filcovaná (016F)	0,01	0,52	0,0192				
		Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	Un,20 (pož) = 2,7 [W/(m ² ·K)]				U≤Un,20 (pož)	vyhovuje	

VNITŘNÍ STĚNA (tl.175mm)									
Kce	č.v.	materiál	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Rsi [m ² K/W]	Rse [m ² K/W]	Rt [m ² K/W]	U [W/(m ² ·K)]
SN3	1	Jednovrstvá sádrová omítka Velveta filcovaná (016F)	0,01	0,52	0,0192	0,13	0,13	0,9125	1,096
	2	HELUZ AKU Z 17,5	0,175	0,285	0,6140				
	3	Jednovrstvá sádrová omítka Velveta filcovaná (016F)	0,01	0,52	0,0192				
		Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	Un,20 (pož) = 2,7 [W/(m ² ·K)]			U ≤ Un,20 (pož)		vyhovuje	

VNITŘNÍ STĚNA (tl.140mm)									
Kce	č.v.	materiál	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Rsi [m ² K/W]	Rse [m ² K/W]	Rt [m ² K/W]	U [W/(m ² ·K)]
SN4	1	Jednovrstvá sádrová omítka Velveta filcovaná (016F)	0,01	0,52	0,0192	0,13	0,13	0,8369	1,195
	2	HELUZ 14 broušená	0,14	0,26	0,5385				
	3	Jednovrstvá sádrová omítka Velveta filcovaná (016F)	0,01	0,52	0,0192				
		Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	Un,20 (pož) = 2,7 [W/(m ² ·K)]			U ≤ Un,20 (pož)		vyhovuje	

VNITŘNÍ STĚNA (tl.115mm)									
Kce	č.v.	materiál	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Rsi [m ² K/W]	Rse [m ² K/W]	Rt [m ² K/W]	U [W/(m ² ·K)]
SN5	1	Jednovrstvá sádrová omítka Velveta filcovaná (016F)	0,01	0,52	0,0192	0,13	0,13	0,7425	1,347
	2	HELUZ 11,5 broušená	0,115	0,259	0,4440				
	3	Jednovrstvá sádrová omítka Velveta filcovaná (016F)	0,01	0,52	0,0192				
		Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	Un,20 (pož) = 2,7 [W/(m ² ·K)]			U ≤ Un,20 (pož)		vyhovuje	

2.2.1.2 Vodorovné konstrukce

Tabulka 2 Vodorovné konstrukce

PODLAHA KOMUNIKAČNÍ PLOCHY NA TERÉNU V ÚROVNI 2.PP									
Kce	č.v.	materiál	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	R _{si} [m ² K/W]	R _{se} [m ² K/W]	R _t [m ² K/W]	U [W/(m ² ·K)]
PDL1	1	teracová dlažba	0,0038	1,01	0,0038	0,17	0,00	2,3859	0,419
	2	lepící tmel	-	-	-				
	3	penetrace	-	-	-				
	4	litý anhydrit - ANHYLEVEL	0,06	1,2	0,0500				
	5	separační fólie	-	-	-				
	6	tepelná izolace - Styrotrade EPS 150 S	0,08	0,037	2,1622				
	7	systém bílé vany - nosná ŽB základová deska tl. 350 mm. Radonová bariéra - fólie SIKAPLAN WP 1100, tl. 1,5 mm, uložena oboustraně v geotextilii FILTEK 300 / 300 g/m ² /, alternativně 1x asfaltový pás ELASTEK 40 SPECIAL MINERAL	-	-	-				
		Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině	Un,20 (pož) = 0,85 [W/(m ² ·K)]			U ≤ Un,20 (pož)	vyhovuje		

PODLAHA KOMUNIKAČNÍ A OBYTNÉ PLOCHY NA TERÉNU V ÚROVNI 1.PP									
Kce	č.v.	materiál	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	R _{si} [m ² K/W]	R _{se} [m ² K/W]	R _t [m ² K/W]	U [W/(m ² ·K)]
PDL2	1	vinylková podlahová deska	0,004	0,25	0,0160	0,17	0,10	4,1198	0,243
	2	lepídko na podlahy	-	-	-				
	3	vyrovnávací samonivekační stěrka	-	-	-				
	4	penetrace	-	-	-				
	5	litý anhydrit - ANHYLEVEL	0,06	1,2	0,0500				
	6	separační fólie	-	-	-				
	7	tepelná izolace - Styrotrade EPS 150 S	0,14	0,037	3,7838				
	8	systém bílé vany - nosná ŽB základová deska tl. 350 mm. Radonová bariéra - fólie SIKAPLAN WP 1100, tl. 1,5 mm, uložena oboustraně v geotextilii FILTEK 300 / 300 g/m ² /, alternativně 1x asfaltový pás ELASTEK 40 SPECIAL MINERAL	-	-	-				
		Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	Un,20 (pož) = 0,45 [W/(m ² ·K)]			U ≤ Un,20 (pož)	vyhovuje		

PODLAHA HYGIENICKÉ PLOCHY BYTŮ NA TERÉNU V ÚROVNI I.PP									
Kce	č.v.	materiál	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Rsi [m ² K/W]	Rse [m ² K/W]	Rt [m ² K/W]	U [W/(m ² ·K)]
PDL3	1	keramická dlažba	0,009	1,01	0,0089	0,17	0,10	4,7039	0,213
	2	lepící tmeľ flexibilní	-	-	-				
	3	hydroizolační stěrová hmota	-	-	-				
	4	penetrace	-	-	-				
	5	litý anhydrit - ANHYLEVEL	0,06	1,2	0,0500				
	6	separační fólie	-	-	-				
	7	tepelná izolace - EXTRAPOR 150 S	0,14	0,032	4,3750				
	8	systém bílé vany - nosná ŽB základová deska tl. 350 mm. Radonová bariéra - fólie SIKAPLAN WP 1100, tl. 1,5 mm, uložena oboustraně v geotextilii FILTEK 300 / 300 g/m2/, alternativně 1x asfaltový pás ELASTEK 40 SPECIAL MINERAL	-	-	-				
		Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	Un,20 (pož) = 0,45 [W/(m ² ·K)]			U ≤ Un,20 (pož) vyhovuje			

PODLAHA KOMUNIKAČNÍ PLOCHY SPOLEČNĚ NA TERÉNU V ÚROVNI I.PP									
Kce	č.v.	materiál	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Rsi [m ² K/W]	Rse [m ² K/W]	Rt [m ² K/W]	U [W/(m ² ·K)]
PDL4	1	keramická dlažba	0,009	1,01	0,0089	0,17	0,10	4,7039	0,213
	2	lepící tmeľ flexibilní	-	-	-				
	3	hydroizolační stěrová hmota	-	-	-				
	4	penetrace	-	-	-				
	5	litý anhydrit - ANHYLEVEL	0,06	1,2	0,0500				
	6	separační fólie	-	-	-				
	7	tepelná izolace - EXTRAPOR 150 S	0,14	0,032	4,3750				
	8	systém bílé vany - nosná ŽB základová deska tl. 350 mm. Radonová bariéra - fólie SIKAPLAN WP 1100, tl. 1,5 mm, uložena oboustraně v geotextilii FILTEK 300 / 300 g/m2/, alternativně 1x asfaltový pás ELASTEK 40 SPECIAL MINERAL	-	-	-				
		Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině	Un,20 (pož) = 0,85 [W/(m ² ·K)]			U ≤ Un,20 (pož) vyhovuje			

PODLAHA DOMÁČÍ POSILOVNA NA TERÉNU V ÚROVNI 1.PP									
Kce	č.v.	materiál	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Rsi [m ² K/W]	Rse [m ² K/W]	Rt [m ² K/W]	U [W/(m ² ·K)]
PDL8	1	drcený gumový granulát	0,015	0,14	0,1071	0,17	0,10	4,2109	0,237
	2	parketové lepidlo	-	-	-				
	3	penetrace	-	-	-				
	4	litý anhydrit - ANHYLEVEL	0,06	1,2	0,0500				
	5	separační fólie	-	-	-				
	6	tepelná izolace - Styrotrade EPS 150 S	0,14	0,037	3,7838				
	7	systém bílé vany - nosná ŽB základová deska tl. 350 mm. Radonová bariéra - fólie SIKAPLAN WP 1100, tl. 1,5 mm, uložena oboustraně v geotextilii FILTEK 300 / 300 g/m ² /, alternativně 1x asfaltový pás ELASTEK 40 SPECIAL MINERAL	-	-	-				
		Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	Un,20 (pož) = 0,45 [W/(m ² ·K)]			U ≤ Un,20 (pož)		vyhovuje	

PODLAHA KOMUNIKAČNÍ A OBYTNÉ PLOCHY V ÚROVNI 1.NP A 2.NP									
Kce	č.v.	materiál	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Rsi [m ² K/W]	Rse [m ² K/W]	Rt [m ² K/W]	U [W/(m ² ·K)]
PDL5	1	vinylková podlahová deska	0,004	0,25	0,0160	0,17	0,10	2,0880	0,479
	2	lepidlo na podlahy	-	-	-				
	3	vyrovnávací samonivekační stěrka	-	-	-				
	4	penetrace	-	-	-				
	5	litý anhydrit - ANHYLEVEL	0,06	1,2	0,0500				
	6	separační fólie	-	-	-				
	7	tepelná izolace - Steprock ND	0,06	0,038	1,5789				
	8	Monolitická stropní konstrukce ŽB	0,22	1,43	0,1538				
	9	Jednovrstvá sádrová omítka Velveta filcovaná (016F)	0,01	0,52	0,0192				
		Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	Un,20 (pož) = 2,2 [W/(m ² ·K)]			U ≤ Un,20 (pož)		vyhovuje	

PODLAHA HYGIENICKÉ PLOCHY BYTŮ V ÚROVNI 1.NP A 2.NP									
Kce	č.v.	materiál	d	λ	R	Rsi	Rse	Rt	U
			[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[W/(m ² ·K)]
PDL6	1	keramická dlažba	0,009	1,01	0,0089	0,17	0,10	1,9079	0,524
	2	lepící tmel flexibilní	-	-	-				
	3	hydroizolační stěrová hmota	-	-	-				
	4	penetrace	-	-	-				
	5	litý anhydrit - ANHYLEVEL	0,06	1,2	0,0500				
	6	separační fólie	-	-	-				
	7	tepelná izolace - Steprock ND	0,06	0,038	1,5789				
	8	Monolitická stropní konstrukce ŽB	0,22	1,43	0,1538				
	9	Jednovrstvá sádrová omítka Velveta filcovaná (016F)	0,01	0,52	0,0192				
		Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	Un,20 (pož) = 2,2 [W/(m ² ·K)]			U ≤ Un,20 (pož)		vyhovuje	

PODLAHA KOMUNIKAČNÍ PLOCHY SPOLEČNÉ V ÚROVNI 1.NP A 2.NP									
Kce	č.v.	materiál	d	λ	R	Rsi	Rse	Rt	U
			[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[m ² K/W]	[W/(m ² ·K)]
PDL7	1	keramická dlažba	0,009	1,01	0,0089	0,17	0,10	1,9079	0,524
	2	lepící tmel flexibilní	-	-	-				
	3	hydroizolační stěrová hmota	-	-	-				
	4	penetrace	-	-	-				
	5	litý anhydrit - ANHYLEVEL	0,06	1,2	0,0500				
	6	separační fólie	-	-	-				
	7	tepelná izolace - Steprock ND	0,06	0,038	1,5789				
	8	Monolitická stropní konstrukce ŽB	0,22	1,43	0,1538				
	9	Jednovrstvá sádrová omítka Velveta filcovaná (016F)	0,01	0,52	0,0192				
		Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	Un,20 (pož) = 2,2 [W/(m ² ·K)]			U ≤ Un,20 (pož)		vyhovuje	

ZELENÁ STŘECHA NAD 2.NP									
Kce	č.v.	materiál	d	λ	R	Rsi	Rse	Rt	U
			[m]	[W/mK]	[m²K/W]	[m²K/W]	[m²K/W]	[m²K/W]	[W/(m²·K)]
SCH1	1	předpěstovaná vegetační rohož s vrstvou substrátu	-	-	-	0,10	0,04	9,0850	0,110
	2	netkaná textilie z polypropylenových vláken - FILTEK 200	-	-	-				
	3	Profilovaná perforovaná fólie z vysokohustotního polyethylenu (HDPE), DEKDREN T20 GARDEN	-	-	-				
	4	netkaná textilie z polypropylenových vláken - FILTEK 300	-	-	-				
	5	Hydroizolační fólie DEKPLAN 77, vyrobená z měkčeného PVC	-	-	-				
	6	netkaná textilie z polypropylenových vláken - FILTEK 300	-	-	-				
	7	desky z pěnového polystyrenu s uzavřenou povrchovou strukturou. DEKPERIMETER SD 150	0,08	0,036	2,2222				
	8	lepidlo PUK 3D XL	-	-	-				
	9	desky z pěnového polystyrenu s uzavřenou povrchovou strukturou. DEKPERIMETER SD 150	0,16	0,036	4,4444				
	10	lepidlo PUK 3D XL	-	-	-				
	11	Spádové klíny z pěnového polystyrenu.	0,08	0,038	2,1053				
	12	lepidlo PUK 3D XL	-	-	-				
	13	natavitelný pás z SBS modifikovaného asfaltu, vložkou z hliníkové fólie kaširované skleněnými vlákny, GLASTEK AL 40 MINERAL	-	-	-				
	14	asfaltová penetrační emulze, DEKPRIMER	-	-	-				
	15	Monolitická stropní konstrukce ŽB	0,22	1,43	0,1538				
	16	Jednovrstvá sádrová omítka Velveta filcovaná (016F)	0,01	0,52	0,0192				
		Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	Un,20 (pož) = 0,24 [W/(m²·K)]			U ≤ Un,20 (pož)		vyhovuje	

STŘEŠNÍ TERASA 1.NP									
Kce	č.v.	materiál	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Rsi [m ² K/W]	Rse [m ² K/W]	Rt [m ² K/W]	U [W/(m ² ·K)]
SCH2	1	předpěstovaná vegetační rohož s vrstvou substrátu	-	-	-	0,10	0,04	7,3353	0,136
	2	netkaná textilie z polypropylenových vláken - FILTEK 200	-	-	-				
	3	Profilovaná perforovaná fólie z vysokohustotního polyethylenu (HDPE), DEKDREN T20 GARDEN	-	-	-				
	4	netkaná textilie z polypropylenových vláken - FILTEK 300	-	-	-				
	5	Hydroizolační fólie DEKPLAN 77, vyrobená z měkčeného PVC	-	-	-				
	6	netkaná textilie z polypropylenových vláken - FILTEK 300	-	-	-				
	7	desky z pěnového polystyrenu s uzavřenou povrchovou strukturou. DEKPERIMETER SD 150	0,08	0,036	2,2222				
	8	lepidlo PUK 3D XL	-	-	-				
	9	Teplně izolační desky z tuhé pěny na bázi polyisokyanurátu (PIR), desky jsou na obou stranách potaženy fólií, KINGSPAN THERMA TR 26 FM	0,12	0,025	4,8000				
	10	lepidlo PUK 3D XL	-	-	-				
	11	Spádové klíny z pěnového polystyrenu.	0,05	0,038					
	12	lepidlo PUK 3D XL	-	-	-				
	13	natavitelný pás z SBS modifikovaného asfaltu, vložkou z hliníkové fólie kaširované skleněnými vlákny, GLASTEK AL 40 MINERAL	-	-	-				
	14	asfaltová penetrační emulze, DEKPRIMER	-	-	-				
	15	Monolitická stropní konstrukce ŽB	0,22	1,43	0,1538				
	16	Jednovrstvá sádrová omítka Velveta filcovaná (016F)	0,01	0,52	0,0192				
		Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	Un,20 (pož) = 0,24 [W/(m ² ·K)]			U ≤ Un,20 (pož) vyhovuje			

2.2.1.3 Výplně otvorů

Tabulka 3 Výplně otvorů

VÝPLNĚ OTVORŮ					
Název	Ozn.	U _w			
		[W/(m ² ·K)]			
venkovní dveře	DO	0,940			
vnitřní dveře	DN	2,000			
okno, trojsklo	OJDX	1,05			
		Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	U _{n,20 (pož)} = 1,7 [W/(m ² ·K)]	U ≤ U _{n,20 (pož)}	vyhovuje
		Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	U _{n,20 (pož)} = 3,5 [W/(m ² ·K)]	U ≤ U _{n,20 (pož)}	vyhovuje
		Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	U _{n,20 (pož)} = 1,5 [W/(m ² ·K)]	U ≤ U _{n,20 (pož)}	vyhovuje

2.2.2 Výpočet tepelných ztrát

Tepelné ztráty jsou vypočteny pomocí programu PROTECH dle ČSN EN 12831-1.

Tabulka 4 Výpočet tepelných ztrát

Tepelný výkon ČSN EN 12831-1 □			TV v.4.8.8 © PROTECH spol. s r.o. Datum tisku: 26.10. 2021									
Výpočet budovy												
Stavba:	RD Révova											
Místo:	Brno											
Zakázka:	RD Révova	Archiv:	-									
Projektant:	PETR ILLICHMAN	Datum:	26.10. 2021									
E-mail:	-	Telefon:	-									
Tento dokument obsahuje všechny zadané úseky												
te = -12			t _b = 20°C		systém rozměřů: E - vnější							
podl.	č.m.	účel	t _i	n	V _{i-n}	V _{inf}	V _{mech}	V _i	A _{pi}	ϕV _{mi}	ϕT _{mi}	ϕHL _{mi}
			°C	[h ⁻¹]	[m ³ /h]	[m ³ /h]	[m ³ /h]	[m ³]	[m ²]	[W]	[W]	[W]
TECHNICKÉ PODLAŽÍ	00.02.14, 00.02.15, 00.02.16	SKLAD ZAHRADNÍ TECHNIKY, BAZÉNOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ, CHODBA	10	0,5	38,1	0	0	76,2	34,6	284,988	534	819,0
Σ								76,2	34,6	285,0	534,0	819,0
(1.PP)												
1.PP	1.01.1	OBÝVACÍ POKOJ, JÍDELNA, KK	22	0	0	9,3	240	232,5	75,0	108	2690	2798
1.PP	1.01.3	POKOJ, ŠATNA	20	0	0	2,516	40	62,9	20,3	27	351	378
1.PP	1.01.4	POKOJ 2, ŠATNA	20	0	0	2,516	40	62,9	20,3	27	344	371
1.PP	1.01.5	LOŽNICE	20	0	0	2,572	40	64,3	20,7	28	403	431
1.PP	1.01.10	KOUPELNA	24	0	0	1,308	100	32,7	10,5	220	316	536
1.PP	1.01.9	SKLAD	15	0	0	0	20	21,8	7,0	-20	-237	-257
1.PP	1.01.8	KOUPELNA	24	0	0	0	100	20,3	6,6	204	475	679
1.PP	1.01.7	WC	18	0	0	0	50	6	1,9	0	-31	-31
1.PP	1.01.6B	CHODBA	18	0	0	0	0	49,6	16,0	0	-91	-91
1.PP	00.01.1	ZÁDVEŘÍ	15	0,5	14,95	0	0	29,9	9,7	137	299	436
1.PP	1.01.13	SKLAD	15	0	0	0	20	16,3	5,3	-20	-25	-45
1.PP	1.01.12	CHODBA	15	0	0	0	0	32,2	10,4	0	-61	-61
1.PP	00.01.2	SKLAD	15	0	0	0	20	27,8	9,0	0	-57	-57
1.PP	1.01.15	ŠATNA	18	0	0	0	20	22,8	7,4	0	149	149
1.PP	0.01.4	TECHNICKÁ MÍSTNOST	15	0	0	0	300	75,6	24,4	0	-162	-162
1.PP	00.01.3	CHODBA	15	0	0	0	0	102,9	33,2	0	343	343
1.PP	00.01.5	FITNES	22	0	0	5,264	350	131,6	47,0	61	1660	1721
1.PP	00.01.8	SPRCHA	22	0	0	0,26	100	6,5	2,3	3	121	124
1.PP	00.01.6	WC	18	0	0	0	50	6,8	2,2	-68	-64	-132
1.PP	1.01.6A	CHODBA	18	0,5	29,75	0	0	59,5	19,2	303	168	471
Σ								1064,9	348,4	1010,0	6591,0	7601,0

podl.	č.m.	účel	ti	n	Vi·n	Vinf	Vmech	Vi	Api	φVmi	φTmi	φHLmi
			°C	[h ⁻¹]	[m ³ /h]	[m ³ /h]	[m ³ /h]	[m ³]	[m ²]	[W]	[W]	[W]
1.NP	2.1.1	LOŽNICE, ŠATNA	20	0	0	2,656	40	66,4	21,4	29	298	327
1.NP	2.1.2	POKOJ 1 +ŠATNA	20	0	0	2,656	40	66,4	21,4	29	244	273
1.NP	2.1.3	POKOJ 2, ŠATNA	20	0	0	2,576	40	64,4	20,8	28	225	253
1.NP	2.1.4	OBÝVACÍ POKOJ, JÍDELNA, KK	22	0	0	9,672	240	241,8	78,0	275	2191	2466
1.NP	2.1.12	ZÁDVERÍ	18	0,5	30,25	0	0	60,5	19,5	309	37	346
1.NP	2.1.6	KOUPELNA 1	24	0	0	1,308	100	32,7	10,5	220	382	602
1.NP	2.1.7	CHODBA	18	0	0	0	0	48	15,5	0	-310	-310
1.NP	2.1.10	KOUPELNA 2	24	0	0	0	50	19,8	6,4	102	404	506
1.NP	2.1.9	SKLAD	15	0	0	0	50	14,9	4,8	-51	-208	-259
1.NP	2.1.11	WC	18	0	0	0	50	7,2	2,3	0	-49	-49
1.NP	1.1.15	ŠATNA	18	0	0	0	20	14	4,5	0	186	186
1.NP	1.1.16	HALA BYTU 1	18	0	0	0	0	19,5	6,3	0	292	292
1.NP	3.1.17	HALA BYTU 3	18	0	0	0	0	16,7	5,4	0	209	209
1.NP	3.1.18	ŠATNA	18	0	0	0	20	16,7	5,4	0	182	182
1.NP	2.1.14	HALA BYTU	18	0	0	0	0	19,5	6,3	0	155	155
1.NP	2.1.15	ŠATNA	18	0	0	0	20	13,2	4,3	0	217	217
1.NP	2.1.8	WC	18	0	0	0	50	8,5	2,2	0	-36	-36
Σ								730,2	235,0	940,4	4419,0	5359,4
podl.	č.m.	účel	ti	n	Vi·n	Vinf	Vmech	Vi	Api	φVmi	φTmi	φHLmi
			°C	[h ⁻¹]	[m ³ /h]	[m ³ /h]	[m ³ /h]	[m ³]	[m ²]	[W]	[W]	[W]
2.NP	3.2.1	OBÝVACÍ POKOJ, JÍDELNA, KK	22	0	0	12,16	240	304	80,0	467	1889	2356
2.NP	3.2.3	POKOJ, ŠATNA	20	0	0	3,332	40	83,3	21,9	63	287	350
2.NP	3.2.4	POKOJ 2, ŠATNA	20	0	0	3,188	40	79,7	21,0	62	346	408
2.NP	3.2.5	LOŽNICE	20	0	0	3,332	40	83,3	21,9	63	469	532
2.NP	3.2.6	ŠATNA	18	0	0	0,828	20	20,7	5,4	8	-82	-74
2.NP	3.2.14	KOUPELNA 2	24	0	0	2,12	100	53	13,9	230	517	747
2.NP	3.2.13	WC 1	18	0	0	0,412	50	10,3	2,7	4	54	58
2.NP	3.2.12	SKLAD 2	15	0	0	0,82	20	20,5	5,4	-13	-40	-53
2.NP	3.2.11	KOUPELNA 1	24	0	0	1,556	50	38,9	10,2	121	414	535
2.NP	3.2.10	WC	18	0	0	0,384	50	9,6	2,5	4	52	56
2.NP	3.2.9	SKLAD	15	0	0	0,58	20	14,5	4,7	-15	0	-15
2.NP	3.2.8	ŠATNA 2	18	0	0	0	20	14	4,5	0	220	220
2.NP	3.2.7	ŠATNA 1	18	0	0	0	20	37,2	12,0	0	-8	-8
2.NP	3.2.6B	CHODBA	18	0	0	0	0	49,1	15,8	0	30	30
2.NP	3.2.6A	HALA	18	0,5	34,25	0	0	68,5	22,1	349	266	615
Σ								886,6	244,0	1344,7	4414,0	5758,7
Σ budovy								2757,9	862,0	3580,1	15958,0	19538,1

2.2.3 Přehled celkových vypočtených tepelných ztrát

Tabulka 5 Přehled celkových vypočtených tepelných ztrát

PŘEHLED CELKOVÝCH VYPOČTENÝCH TEPELNÝCH ZTRÁT							
Legenda	Σ budovy						[kW]
φVmi	-	návrhová tepelná ztráta místnosti větráním	φVm				3,58
φHLmi	-	celkový návrhový tepelný výkon budovy	φHLm				19,55
φTmi	-	návrhová tepelná ztráta místností prostupem tepla	φTm				15,96

2.3 Návrh otopných ploch

2.3.1 Návrh otopných ploch - varianta 1

V miestnostech, kde se nachází okna bez parapetu jsou navrhované otopné lavice KORALINE Exclusive LKX s přirozenou konvekcí, týká se to obývacích pokojů s kuchyní, ložnic a fitness. V chodbách a šatnách jsou navržena tělesa RADIK VK.

Ve fitness je navrhovaná kombinace těles RADIK VK a otopných lavic KORALINE Exclusive LKX s přirozenou konvekcí. Do koupelen jsem zvolil trubková otopná tělesa KORALUX LINEAR COMFORT-M. Dále jsou elektrická přímotopná tělesa KORALUX LINEAR COMFORT - ER navrhovaná do šaten v prvním nadzemním podlaží. V místnosti bazénového hospodářství je navržen elektrický přímotop ECOFLEX TAC 05. Jako zdroj tepla pro variantu 1 je navrhovaná kaskáda dvou tepelných čerpadel vzduchovoda IVT AIR X130. Z doporučení od výrobce tepelných čerpadel IVT AIR X130 volím teplotní spád 55/45 °C.

Tabulka 6 Návrh otopných ploch - varianta 1

Podlaží	Číslo místnosti	Číslo tělesa	Účel místnosti	ti [°C]	Tepelná ztráta místnosti [w]	Typ otopného tělesa	Výkon otopného tělesa [w] 55/45	z1	z2	z3	φ	Skutečný výkon otopného tělesa [w]	Skutečný výkon tělesa (těles) [w]
TECHNICKÉ PODLAŽÍ	00.02.16	00.02.16.1	BAZÉNOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ	10	410	PŘÍMOTOP ECOFLEX	500	1	1	1	1	500	500
celkem					410		500						500
1.PP V1	1.01.1	1.01.1.1	OBÝVACÍ POKOJ,	22	2798	LKX-110/30/18	596	1	1	1	1	596	2980
		1.01.1.2	JÍDELNA, KK			LKX-110/30/18	596	1	1	1	1	596	
		1.01.1.3				LKX-110/30/18	596	1	1	1	1	596	
		1.01.1.4				LKX-110/30/18	596	1	1	1	1	596	
		1.01.1.5				LKX-110/30/18	596	1	1	1	1	596	
	1.01.3	1.01.3.1	POKOJ, ŠATNA	20	378	LKX-80/30/18	441	1	1	1	1	441	441
	1.01.4	1.01.4.1	POKOJ 2, ŠATNA	20	371	LKX-80/30/18	441	1	1	1	1	441	441
	1.01.5	1.01.5.1	LOŽNICE	20	431	LKX-90/30/18	513	1	1	1	1	513	513
	1.01.10	1.01.10.1	KOUPELNA	24	536	K.L.C.-M-1500/600	356	1	1	0,9	1	320,4	640,8
		1.01.10.2				K.L.C.-M-1500/600	356	1	1	0,9	1	320,4	
	1.01.8	1.01.8.1	KOUPELNA	24	679	K.L.C.-M-1820/600	437	1	1	0,9	1	393,3	786,6
		1.01.8.2				K.L.C.-M-1820/600	437	1	1	0,9	1	393,3	
1.01.6A	1.01.6A.1	CHODBA	18	471	20 VK-500/1100	516	1	1	0,95	1	490,2	490,2	
1.01.15	1.01.15.1	ŠATNA	18	149	10 VK-500/700	201	1	1	0,9	1	180,9	180,9	
celkem					5813		6678						6473,5

Podlaží	Číslo místnosti	Číslo tělesa	Účel místnosti	ti [°C]	Tepelná ztráta místnosti [w]	Typ otopného tělesa	Výkon otopného tělesa [w] 55/45	z1	z2	z3	φ	Skutečný výkon otopného tělesa [w]	Skutečný výkon tělesa (těles) [w]	
1.PP V4	00.01.1	00.01.1.1	ZÁDVEŘÍ	15	436	20 VK-500/1100	580	1	1	0,95	1	551	551	
	00.01.3	00.01.3.1	CHODBA	15	343	10 VK-500/700	226	1	1	0,9	1	203,4	406,8	
		10 VK-500/700				226	1	1	0,9	1	203,4			
	00.01.5+00.01.8	00.01.5.1	FITNES + SPRCHA	22	1845	LKX-120/30/18	662	1	1	1	1	662	2171,8	
		00.01.5.2				LKX-120/30/18	662	1	1	1	1	662		
		00.01.5.3				K.L.C.-M-1500/600	390	1	1	0,9	1	351		
00.01.5.4		20 VK-500/700				276	1	1	0,9	1	248,4			
00.01.5.5	20 VK-500/700	276	1	1	0,9	1	248,4							
celkem					2624		3298						3130	
Podlaží	Číslo místnosti	Číslo tělesa	Účel místnosti	ti [°C]	Tepelná ztráta místnosti [w]	Typ otopného tělesa	Výkon otopného tělesa [w] 55/45	z1	z2	z3	φ	Skutečný výkon otopného tělesa [w]	Skutečný výkon tělesa (těles) [w]	
1.NP V3	2.1.1	2.1.1.1	LOŽNICE, ŠATNA	20	327	LKX-70/30/18	370	1	1	1	1	370	370	
	2.1.2	2.1.2.1	POKOJ 1 + ŠATNA	20	273	LKX-60/30/18	298	1	1	1	1	298	298	
	2.1.3	2.1.3.1	POKOJ 2, ŠATNA	20	253	LKX-60/30/18	298	1	1	1	1	298	298	
	2.1.4	2.1.4.1	OBÝVACÍ POKOJ, JÍDELNA, KK	22	2466	LKX-120/30/18	662	1	1	1	1	1	662	2648
		2.1.4.2				LKX-120/30/18	662	1	1	1	1	662		
		2.1.4.3				LKX-120/30/18	662	1	1	1	1	662		
		2.1.4.4				LKX-120/30/18	662	1	1	1	1	662		
	2.1.12	2.1.12.1	ZÁDVEŘÍ	18	346	20 VK-500/900	422	1	1	0,95	1	400,9	400,9	
	2.1.6	2.1.6.1	KOUPELNA 1	24	602	K.L.C.-M-1820/600	437	1	1	0,9	1	393,3	786,6	
		2.1.6.2				K.L.C.-M-1820/600	437	1	1	0,9	1	393,3		
2.1.10	2.1.10.1	KOUPELNA 2	24	506	K.L.C.-M-1500/600	356	1	1	0,9	1	320,4	640,8		
	2.1.10.2				K.L.C.-M-1500/600	356	1	1	0,9	1	320,4			
celkem					4773		5622						5442	
1.NP ELE	1.1.15 + 1.1.16	1.1.15.1	ŠATNA + HALA BYTU 1	18	478	KLTER-1220/600	600	1	1	0,9	1	540	540	
	3.1.18 + 3.1.17	3.1.18.1	ŠATNA + HALA BYTU 3	18	391	KLTER-1220/500	500	1	1	0,9	1	450	450	
	2.1.15 + 2.1.14	2.1.15.1	ŠATNA + HALA BYTU	18	372	KLTER-1220/500	500	1	1	0,9	1	450	450	
celkem					1241		1600						1440	
Podlaží	Číslo místnosti	Číslo tělesa	Účel místnosti	ti [°C]	Tepelná ztráta místnosti [w]	Typ otopného tělesa	Výkon otopného tělesa [w] 55/45	z1	z2	z3	φ	Skutečný výkon otopného tělesa [w]	Skutečný výkon tělesa (těles) [w]	
2.NP V2	3.2.1	3.2.1.1	OBÝVACÍ POKOJ, JÍDELNA, KK	22	2356	LKX-120/30/18	662	1	1	1	1	662	2648	
		3.2.1.2				LKX-120/30/18	662	1	1	1	1	662		
		3.2.1.3				LKX-120/30/18	662	1	1	1	1	662		
		3.2.1.4				LKX-120/30/18	662	1	1	1	1	662		
	3.2.3	3.2.3.1	POKOJ, ŠATNA	20	350	LKX-80/30/18	441	1	1	1	1	441	441	
	3.2.4	3.2.4.1	POKOJ 2, ŠATNA	20	408	LKX-80/30/18	441	1	1	1	1	441	441	
	3.2.5	3.2.5.1	LOŽNICE	20	532	LKX-100/30/18	585	1	1	1	1	585	585	
	3.2.14	3.2.14.1	KOUPELNA 2	24	747	K.L.C.-M-1820/600	437	1	1	0,9	1	393,3	786,6	
		3.2.14.2				K.L.C.-M-1820/600	437	1	1	0,9	1	393,3		
	3.2.11	3.2.11.1	KOUPELNA 1	24	535	K.L.C.-M-1500/600	356	1	1	0,9	1	320,4	640,8	
3.2.11.2		K.L.C.-M-1500/600				356	1	1	0,9	1	320,4			
3.2.8	3.2.8.1	ŠATNA 2	18	220	20 VK-500/700	329	1	1	0,9	1	296,1	296,1		
3.2.6A	3.2.6A.1	HALA	18	615	21 VK-500/1100	680	1	1	0,95	1	646	646		
celkem					5763		6710						6484,5	


2.3.1.1 Celkový součet výkonů otopných ploch – varianta 1


Tabulka 7 Celkový součet výkonů otopných ploch - varianta 1

Σ objektu	[kW]
Výkon těles	24,41
Skutečný Výkon těles	23,47
Tepelná ztráta objektu	19,55

2.3.1.2 Technický list deskových otopných těles RADIK VK

RADIK VK

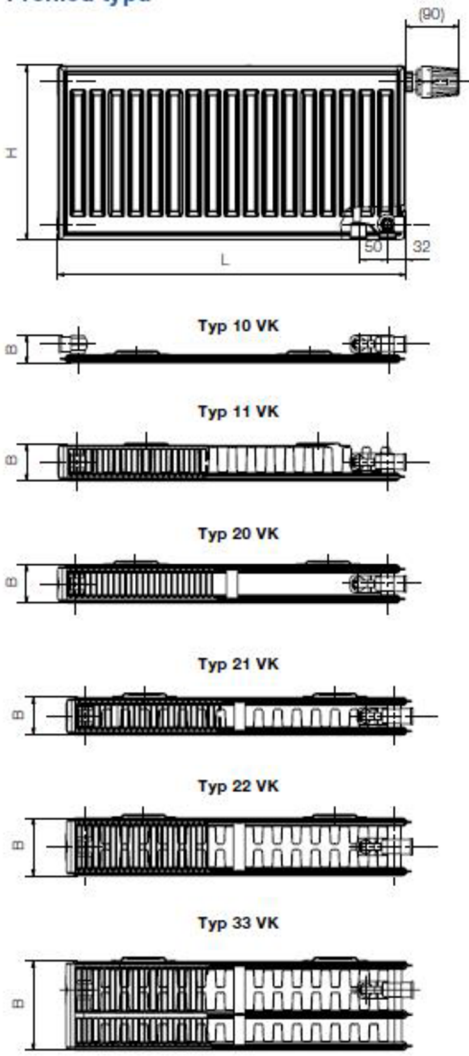




Popis

Model **RADIK VK** je deskové otopné těleso v provedení VENTIL KOMPAKT, které umožňuje **pravé spodní připojení** na otopnou soustavu s nuceným oběhem. Ze zadní strany jsou přivařeny dvě horní a dolní přichytky, otopná tělesa o délce 1800 mm a delší mají navařených šest přichytek.

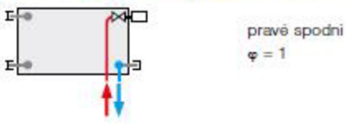
Přehled typů



Technické údaje

Výška H	300, 400, 500, 600, 700, 900 mm
Délka L	400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2300, 2600, 3000 mm
Hloubka B	
Typ 10 VK	47 mm
Typ 11 VK	63 mm
Typ 20 VK	66 mm
Typ 21 VK	66 mm
Typ 22 VK	100 mm
Typ 33 VK	155 mm
Připojovací rozteč	50 mm
Připojovací závit	6 x G 1/2" vnitřní
Nejvyšší přípustný provozní tlak	1,0 MPa
Nejvyšší přípustná provozní teplota	110 °C
Připojení otopného tělesa	pravé spodní

Způsoby připojení na otopnou soustavu



Technické změny vyhrazeny.


Údaje pro objednávku jsou uvedeny na straně 66.

23

Obrázek 17 Technický list otopných těles RADIK VK [22]

2.3.1.3 Technický list lavicových konvektorů KORALINE Exclusive LKX

KORALINE Exclusive LKX



Technické údaje

Výška tělesa lavice	90, 150, 230, 300 mm
Šířka	80, 130, 180, 230 mm
Délka	600, 700, 800, 900, 1 000, 1 100, 1 200, 1 400, 1 600, 1 800, 2 000, 2 200, 2 400, 2 600, 2 800, 3 000 mm
Výkon	od 149 do 5 670 W
Maximální provozní přetlak	1,2 MPa
Maximální provozní teplota	110 °C
Maximální povrchová teplota	40 °C
Připojovací závit	vnitřní G 1/2"
Způsob připojení	spodní (doporučené), boční
Objednací kód	viz str. 43

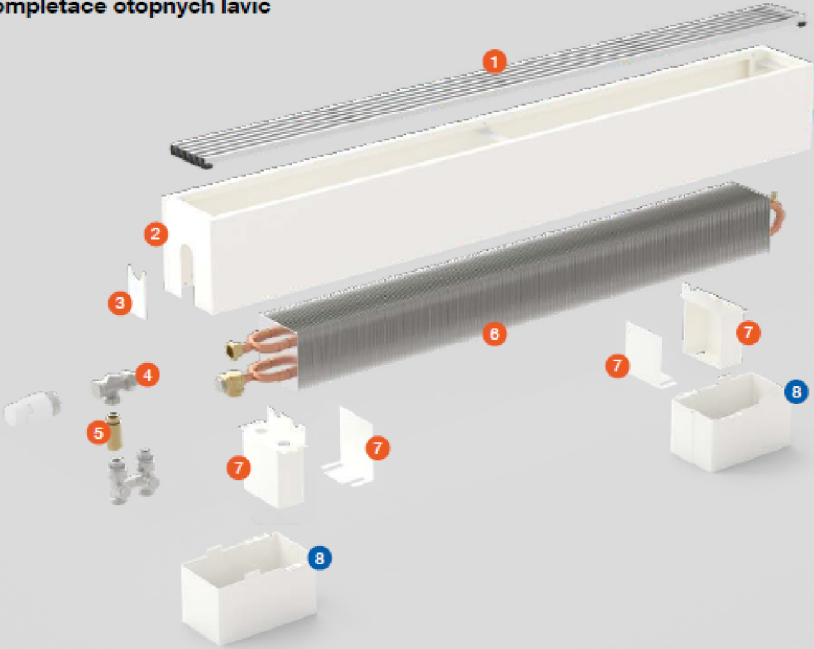
Obsah standardní dodávky

- 1 hliníková mřížka nelakovaná, stříbrná
- 2 opláštění z ocelového pozinkovaného plechu lakované v odstínu RAL 9016 bílá
- 3 boční krytka
- 4 axiální termostatický ventil 425, závit M 30 x 1,5 (viz str. 34)
- 5 prodlužovací kus 425 (viz str. 34)
- 6 Al/Cu výměník tepla pro univerzální připojení s nízkým obsahem vody, odvzdušňovacím ventilem a vertikálně tvarovanými lamelami pro vyšší tepelný výkon
- 7 stojánková konzola na čistou podlahu
- 8 komplet je oddělně zabalen a obsahuje návod k montáži

Volitelné příslušenství

- 8 kryt stojánkové konzoly na čistou podlahu
- jiné barevné provedení opláštění dle stupnice RAL
- stěnová konzola
- stojánková konzola pro hrubou podlahu

Kompletace otopných lavic




The diagram illustrates the assembly of the radiator components. It shows the main radiator body (6) with the heating element and valves. The components are numbered as follows: 1 (aluminum grille), 2 (steel cladding), 3 (side cover), 4 (axial thermostat valve), 5 (extension piece), 6 (Al/Cu heat exchanger), 7 (stand bracket), and 8 (stand bracket cover). The components are shown in their relative positions as they would be assembled.

13

Obrázek 18 Technický list lavicových konvektorů KORALINE Exclusive LKX [23]

2.3.1.4 Technický list trubkových otopných těles KORALUX LINEAR COMFORT - M

KORALUX LINEAR COMFORT, LINEAR COMFORT - M



Konstrukce
KORALUX LINEAR COMFORT (KLT) je trubkové otopné těleso se **spodním připojením zdola dolů** s připojovací roztečí h odvozenou z jeho délky L . Konstrukce tělesa rovněž umožňuje **oboustranné připojení shora dolů**.

KORALUX LINEAR COMFORT - M (KLTM) je trubkové otopné těleso upravené pro **spodní středové připojení** s připojovací roztečí 50 mm.

Ocelové trubky \varnothing 24 mm
Ocelový profil 41 x 35 mm

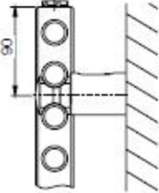
Technické údaje

Výška H	700, 900, 1220, 1500, 1820 mm
Délka L	450, 500, 600, 750 mm
Hloubka B	35 mm
Připojovací rozteč (KLT)	$h = L - 30$ mm
Připojovací rozteč (KLTM)	50 mm
Připojovací závit (KLT)	4 x G 1/2 vnitřní
Připojovací závit (KLTM)	6 x G 1/2 vnitřní
Nejvyšší přípustný provozní přetlak	1,0 MPa
Zkušební přetlak	1,3 MPa
Nejvyšší přípustná provozní teplota	110 °C
Průtokový součinitel (KLT)	$A_p = 2,1 \times 10^{-4} \text{ m}^2$
Průtokový součinitel (KLTM)	$A_p = 9,3 \times 10^{-4} \text{ m}^2$
Součinitel odporu (KLT)	$\xi_r = 1,8$
Součinitel odporu (KLTM)	$\xi_r = 9,3$

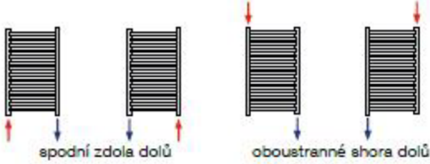
Upevnění




Dodávaná souprava pro upevnění otopného tělesa na stěnu obsahuje 4 ks speciálních konzol z plastu, vruty, hmoždinky a návod na montáž.



Způsob připojení KORALUX LINEAR COMFORT



Způsob připojení KORALUX LINEAR COMFORT - M



* u spodního středového připojení lze použít integrovanou armaturu HM dodávanou včetně termostatické hlavice (viz strana 39).

Technické změny vyhrazeny.

18

Obrázek 19 Technický list trubkových otopných těles KORALUX LINEAR COMFORT – M [24]

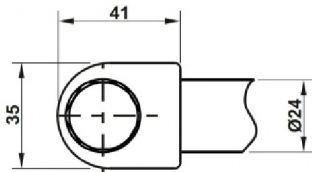
2.3.1.5 Technický list elektrických přímotopů ECOFLEX TAC 05

Technická specifikace	
Příkon:	500 W
Hmotnost:	2,7 kg
Rozměry (šířka, výška, hloubka):	369 x 451 x 78 mm
Celková vzdálenost od stěny:	107 mm
Napájecí napětí:	230 V / 50 Hz
Krytí:	IP 24
Umístění:	na podklad se stupněm hořlavosti C, D
Třída izolace:	II. (dvouvodičové napájení)
Termostat:	elektronický s pilotním vodičem
Odstupové vzdálenosti:	spodní hrana 120 / boční a horní 150 / před topidlem 500 (mm)
Délka kabelu:	1,15 m
Kontrolka chodu:	LED
Vypínač:	Ano
Vidlice do zásuvky:	Ne (určeno pro pevnou montáž se zapojením do instalační krabičky)
Instalační rám:	montážní rám na stěnu je součástí balení
Návod:	návod_Ecoflex_TAC.pdf
Kategorie:	Přímotopy Ecoflex TAC
Výkon:	500W
Montáž:	Nástěnná
Vidlice do zásuvky:	NE

Obrázek 20 Technický list elektrických přímotopů ECOFLEX TAC 05 [29]

2.3.1.6 Technický list elektrického přímotopného tělesa KORALUX LINEAR COMFORT – ER

Technické parametry



Ocelové trubky Ø 24 mm
Ocelový profil 41 × 35 mm

Výška (H)	700, 900, 1220, 1500, 1820 mm
Délka (L)	450, 500, 600, 750 mm
Hloubka (B)	35 mm
Jmenovité napětí	230 V/50 Hz
Rozsah výkonu	200 ÷ 1000 W
Teplotní spínač	max. 85°C
Krytí	IP 44
Třída spotřebiče	1
Délka připojovacího kabelu	1,5 m
Pracovní poloha	Vertikální s el. přívodem dole
Podrobné informace k uchycení tělesa	<ul style="list-style-type: none"> • Upevňovací sada Ø24/40 – COMFORT • Prostorové uchycení KORALUX

Obrázek 21 Technický list elektrického přímotopného tělesa KORALUX LINEAR COMFORT – ER [27]

2.3.1.7 Armatury otopných ploch

Otopná tělesa RADIK VK mají integrovanou ventilovou vložku, pro připojení těchto těles je použito přípojovací šroubení Vekotec, dále bude osazena termostatická hlavice.

Pro trubková otopná tělesa KORALUX LINEAR COMFORT - M je použita HM ARMATURA. Tato armatura má v sobě integrován ventil a regulační uzavírací šroubení, součástí dodávky je termostatická hlavice.

Pro lavicové konvektory KORALINE Exclusive LKX je použit axiální termostatický ventil, prodlužovací kus, přípojovací šroubení Vekotec a termostatická hlavice.

Elektrické přímotopné těleso KORALUX LINEAR COMFORT - ER je vybaveno elektrickým topným tělesem s integrovaným elektronickým regulátorem.

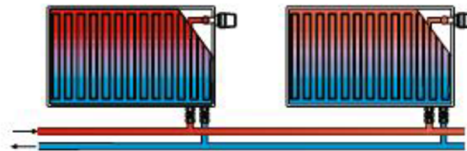
2.3.1.8 Technický list ventilu pro otopná tělesa v provedení VENTIL KOMPAKT

VŠEOBECNÉ ÚDAJE - VENTIL KOMPAKT

Dvoutrubková otopná soustava

Při použití deskových otopných těles v provedení VENTIL KOMPACT je nezbytné, aby pro jejich správnou funkci byl stupeň nastavení ventilu stanoven výpočtem a byl uveden v projektové dokumentaci. Při realizaci otopné soustavy musí být montážní organizací respektován.

Z výroby je ventil přednastaven na stupeň 8 a po proplachu před zahájením topné zkoušky musí být nastaven speciálním klíčkem na požadovaný stupeň nastavení.



Příklad výpočtu

Hledáno: stupeň nastavení

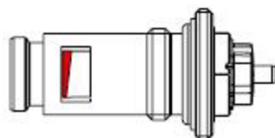
Dáno: tepelný výkon
ochlazení vody
tlaková ztráta otopného tělesa s ventilem
tepelná kapacita vody

$Q = 1135 \text{ W}$
 $t_1 - t_2 = 15 \text{ K (65/50 °C)}$
 $\Delta p = 30 \text{ mbar}$
 $c = 1,163 \text{ Wh/kg.K}$

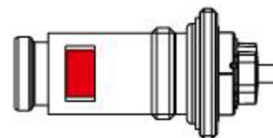
Řešení: hmotnostní průtok

stupeň nastavení ventilu (viz diagram):

$$m = \frac{Q}{c \cdot (t_1 - t_2)} = \frac{1135}{1,163 \cdot 15} = 65 \text{ kg/h}$$



nastaven stupeň 4



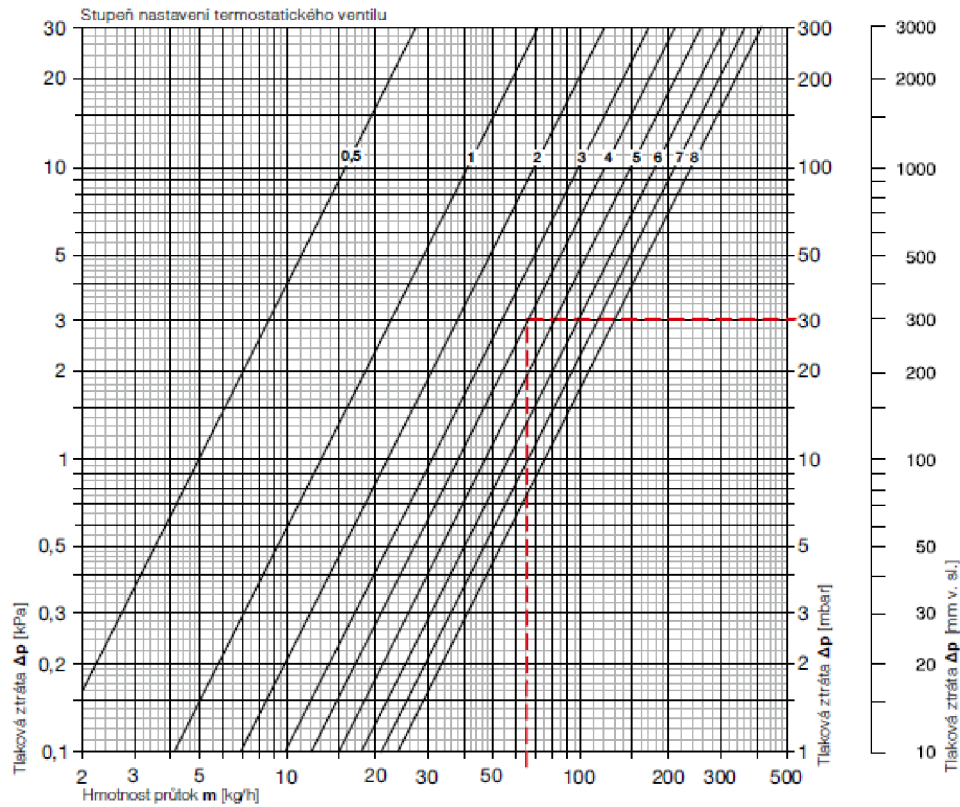
nastaven stupeň 8

Obrázek 22 Technický list pro otopná tělesa v provedení VENTIL KOMPACT (část 1) [22]

VŠEOBECNÉ ÚDAJE - VENTIL KOMPAKT



Dvoutrubková otopná soustava



Tabulka

Otopná tělesa v provedení VENTIL KOMPAKT bez přípojovacích armatur

Ventil s termostatickou hlavici

Stupeň nastavení ventilu	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8
k_v [m³/h]	0,05	0,13	0,18	0,22	0,27	0,31	0,35	0,38	0,42	0,47	0,52	0,57	0,62	0,66	0,71	0,75

Ventil bez termostatické hlavice

Stupeň nastavení ventilu	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8
k_{v2} [m³/h]	0,05	0,16	0,22	0,27	0,33	0,38	0,41	0,43	0,54	0,65	0,82	0,98	1,11	1,23	1,33	1,43

Nejvyšší přípustná prov. teplota: 110 °C

Nejvyšší přípustný prov. tlak: 1,0 MPa

Uvedené hodnoty k_v odpovídají pásmu proporcionality 2 K

Technické změny vyhrazeny.

17

Obrázek 23 Technický list pro otopná tělesa v provedení VENTIL KOMPAKT (část 2) [22]

2.3.1.9 Technický list ARMATURY HM

ARMATURA HM

Popis

ARMATURA HM je speciálně vyvinuta pro připojení deskových otopných těles RADIK bez ventilu se spodním připojením s roztečí 50mm. S výhodou ji lze také použít pro všechna další otopná tělesa KORALUX a KORATHERM (bez ventilu) se stejným způsobem připojení na otopnou soustavu.

Jedná se o integrovanou armaturu, tj. v těle armatury je integrován ventil a regulační uzavírací šroubení a lze tedy odpojit otopné těleso od otopné soustavy bez přerušení provozu. **Díky speciální konstrukci armatury jsou vývody armatury pro připojení přívodního a zpětného potrubí libovolně volitelné**, tzn., že pozice vloženého ventilu a regulačního šroubení jsou vzájemně zaměnitelné. Tím se lze vyhnout křížení na připojovacím potrubí při záměně přívodu a zpátečky.

Armatura umožňuje přednastavení průtoku otopným tělesem, jeho uzavření na vstupu i výstupu a díky termostatické hlavici regulaci tepelného výkonu otopného tělesa v závislosti na teplotě ve vytápěném místnosti. Stupeň přednastavení je dán počtem otáček kuželky regulačního šroubení z polohy „uzavřeno“. Přednastavení regulačního stupně je reprodukovatelné, tj. při uzavření průtoku a následném otevření nedojde ke změně v nastavení regulačního stupně.

Sortiment

Součástí dodávky připojovací ARMATURY HM je:

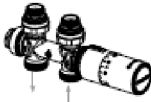

- integrovaná armatura v **přímém** nebo **rohovém** provedení
- termostatická hlavice v barvě bílá nebo odstín „chrom“
- 2 ks redukce G 1/2" na G 3/4" s těsnicím „O“ kroužkem
- 2 ks plochého těsnění z EPDM pryže
- montážní návod a návod na obsluhu

Na zvláštní požadavek je možno dodat:


- univerzální krytku armatury v barvě bílá
- univerzální krytku armatury v odstínu „chrom“

Způsob objednání

ARMATURA HM

	Provedení	Barva termostatické hlavice	Objednací číslo	Cena [Kč]
	přímá	bílá	Z-D040	2 694
		chrom	Z-D041	3 246
	rohová	bílá	Z-D042	2 693
		chrom	Z-D043	3 248

Krytka ARMATURY HM

	univerzální	bílá	Z-D027	156
		chrom	Z-D028	404

Použití

Armatura je určena pro dvoutrubkové otopné soustavy s nuceným oběhem. Max. přípustný diferenční tlak je 200 mbar. Lze ji použít u následujícího sortimentu otopných těles společnosti KORADO, a.s.:

Produktová řada	Model otopného tělesa
RADIK	RADIK PLAN VERTIKAL - M
	RADIK LINE VERTIKAL - M
	RADIK PREMIUM (pouze spodní připojení)
	RADIK PLAN PREMIUM (pouze spodní připojení)
KORALUX	KORALUX LINEAR MAX - M
	KORALUX LINEAR COMFORT - M
	KORALUX LINEAR CLASSIC - M
	KORALUX LINEAR EXCLUSIVE - M
KORATHERM	KORALUX RONDO MAX - M
	KORALUX RONDO COMFORT - M
	KORALUX RONDO CLASSIC - M
	KORALUX RONDO EXCLUSIVE - M
	KORALUX NEO
	KORATHERM HORIZONTAL - M
	KORATHERM VERTIKAL - M
	KORATHERM REFLEX - M
	KORATHERM AQUAPANEL

Upozornění:
Při použití stojánkových konzol Z-U580, Z-U581 u modelu KORATHERM HORIZONTAL - M lze použít připojovací ARMATURU HM od délky L = 700mm.

Způsob připojení

Připojení na otopnou soustavu je vnějším závitem G 3/4" a lze využít svěrná spojení pro měděná, plastová, přesné ocelové nebo vícevrstvé trubky.

Připojení armatury k otopnému tělesu je pomocí samotěsnící dvojité vsuvky (redukce) G 1/2" na G 3/4", která je součástí dodávky.

Ventil armatury je opatřen vnějším připojovacím závitem M 30 x 1,5 pro montáž termostatické hlavice, která je součástí dodávky připojovací ARMATURY HM.

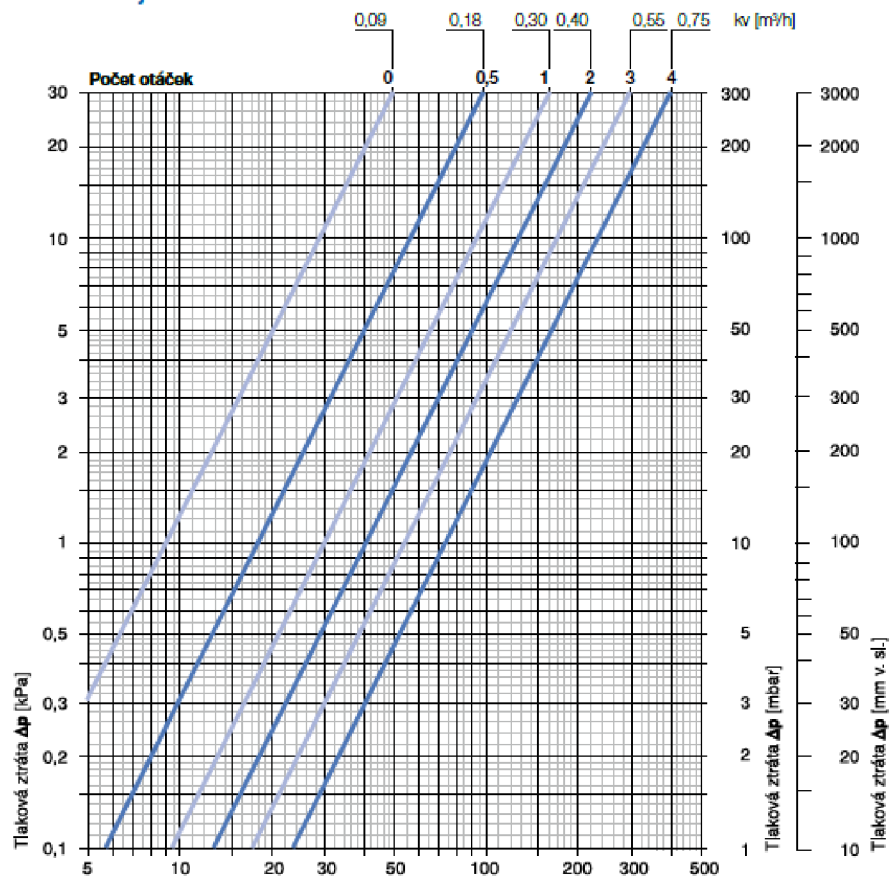
2 Ceny jsou uvedeny bez DPH. Technické změny vyhrazeny.

Obrázek 24 Technický list ARMATURY HM (část 1) [25]

ARMATURA HM



Technické údaje - armatura HM



Hmotnostní průtok m [kg/h] (při pásmu proporcionality $X_p=2K$)

ARMATURA HM s termostatickou hlavicí	X_p [K]	k_v [m³/h] při přednastavení na stupni (počet otáček)						k_v [m³/h]	Max. teplota [°C]	Max. provozní tlak [bar]	Max. tlaková diference, při níž ventíl ještě uzavírá Δp [bar]
		0	0,5	1	2	3	4				
DN 15 (½"); přímá a rohová armatura; dvoutubňková otepná soustava	1	0,09	0,17	0,25	0,30	0,38	0,48	1,10	130	10	1,0
	2	0,09	0,18	0,30	0,40	0,55	0,75				

ARMATURA HM je přednastavena na stupni 4 - plně otevřena.

Technické údaje – termostatické hlavice

- přípojovací závit M 30 x 1,5
- rozsah hodnoty nastavení 6°C až 28°C
- možnost blokáce nebo omezení rozsahu nastavení požadovaných hodnot
- barva bílá RAL 9016 nebo odstín „chrom“

Technické změny vyhrazeny.

3

Obrázek 25 Technický list ARMATURY HM (část 2) [25]

2.3.1.10 Technický list přípojovacího šroubení VEKOTEC



Vekotec



Armatury pro otopná tělesa s integrovanou ventilovou vložkou

Přípojovací šroubení pro otopná tělesa s integrovanou ventilovou vložkou

*Engineering
GREAT Solutions*


Obrázek 26 Technický list přípojovacího šroubení VEKOTEC [26]

2.3.1.11 Technický list axiálního termostatického ventilu a prodlužovacího kusu

TECHNICKÉ PARAMETRY

Axiální termostatický ventil 425

- obsah standardní dodávky
- maximální provozní tlak: PN 10
- maximální provozní teplota: 120 °C
- typ připojení: M 30 x 1,5
- připojení – potrubí: 1/2"
- připojení – těleso: 1/2" – těsnění O-kroužek
- hodnoty K_{vs} : 0,8




Hodnoty pro axiální termostatický ventil 425

Přednastavení	S termostatickou hlaví 2K [m³/h]	Bez termostatické hlavice K_{vs} [m³/h]
1	0,10	0,10
2	0,20	0,20
3	0,30	0,30
4	0,40	0,40
5	0,50	0,57
6	0,60	0,80

Prodlužovací kus 425

- obsah standardní dodávky
- slouží k dorovnání výšky mezi vstupem a výstupem šroubení u víceřadých výměníků
- mosazné provedení
- připojovací závit G 1/2" vnitřní
- těsnění O-kroužek



Tento typ ventilu je součástí standardní dodávky otopných lavic KORALINE.

Obrázek 27 Technický list axiálního termostatického ventilu a prodlužovacího kusu [23]

2.3.2 Návrh podlahového vytápění - varianta 2

Návrh podlahového vytápění je navržen dle fyzické metody ze cvičení Vybrané statě z vytápění. Návrh podlahového vytápění není řešen hydraulicky, ale pouze výkonově. I pro tuto variantu je navržen stejný zdroj tepla (kaskáda dvou tepelných čerpadel vzduch-voda IVT AIR X130). Teplotní spád 35/30 °C je zvolen dle doporučení výrobce tepelných čerpadel AIR X130.

Výpočtem podlahového vytápění je zajištěna povrchová teplota podlahy tak, aby nepřekročila hygienicky přístupné hodnoty. Podlahový tepelný výkon směrem nahoru je navržen tak, aby pokryl tepelné ztráty vytápěných místností.

Do koupelen jsou navržena elektrická přímotopná tělesa KORALUX LINEAR COMFORT - ER. Dále jsou elektrická přímotopná tělesa KORALUX LINEAR COMFORT - ER navržena do šaten v prvním nadzemním podlaží. V místnosti bazénového hospodářství je navržen elektrický přímotop ECOFLEX TAC 05.

Podlahové krytiny pro podlahové vytápění nepřekročí tepelný odpor 0,15 m².K/W. Potrubí (Uponor Comfort Pipe PLUS PE-Xa 16x2) je uloženo v anhydritové vrstvě, krytí potrubí o výšce 44 mm splňuje podmínku minimálního krytí potrubí dle ČSN EN 1264-4. Na tepelnou izolaci je umístěna podlahová folie z polyethylenu pro podlahové vytápění s vyznačeným rastrem. Potrubí je uchyceno pomocí fixačních spon.

Žádný topný okruh od podlahového RS nepřekročí maximální délku potrubí, která činí 100 m pro potrubí PE-Xa 16x2. Při větších vzdálenostech by mohla vzniknout větší tlaková ztráta, než na kterou je trubka navržena. Pokládka podlahového vytápění je přizpůsobena dilatačním spárám tak, aby dilatační spárou procházel co nejmenší počet trubek (obvykle přívodní a vratnou trubkou). Trubky vedené v místě dilatačních spár jsou uloženy do chráničky.

2.3.2.1 Výpočet součinitele prostupu tepla na příslušné straně podlahy

Tabulka 8 Výpočet součinitele prostupu tepla na příslušné straně podlahy

PODLAHA KOMUNIKAČNÍ A OBYTNÉ PLOCHY NA TERÉNU V ÚROVNI I.PP									
Kce	č.v.	materiál	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	α_A [W/m ² K]	α_B [W/m ² K]	R _t [m ² K/W]	U _A , U _B [W/(m ² ·K)]
PDL2	1	vinylová podlahová deska	0,004	0,25	0,0160	10	-	0,1593	<u>6,276</u>
	2	lepidlo na podlahy	-	-	-				
	3	vyrovnávací samonivelační stěrka	-	-	-				
	4	penetrace	-	-	-				
	5	litý anhydrit - ANHYLEVEL	0,052	1,2	0,0433	-	1,70	4,6234	<u>0,216</u>
	5	litý anhydrit - ANHYLEVEL	0,008	1,2	0,0067				
	6	folie pro podlahové vytápění	-	-	-				
	7	tepelná izolace - Styrotrade EPS 150 S	0,14	0,037	3,7838				
8	systém bílé vany - nosná ŽB základová deska tl. 350 mm. Radonová bariéra - fólie SIKAPLAN WP 1100, tl. 1,5 mm, uložena oboustraně v geotextilii FILTEK 300 / 300 g/m ² , alternativně 1x asfaltový pás ELASTEK 40 SPECIAL MINERAL	0,35	1,43	0,2448					
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přiléhá k zemině					Un,20 (pož) = 0,45 [W/(m ² ·K)]		UB≤Un,20 (pož)		vyhovuje

PODLAHA HYGIENICKÉ PLOCHY BYTŮ NA TERÉNU V ÚROVNI I.PP									
Kce	č.v.	materiál	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	α_A [W/m ² K]	α_B [W/m ² K]	R _t [m ² K/W]	U _A , U _B [W/(m ² ·K)]
PDL3	1	keramická dlažba	0,009	1,01	0,0089	10	-	0,1522	<u>6,568</u>
	2	lepící tmel flexibilní	-	-	-				
	3	vyrovnávací samonivelační stěrka	-	-	-				
	4	penetrace	-	-	-				
	5	litý anhydrit - ANHYLEVEL	0,052	1,2	0,0433	-	1,70	4,6234	<u>0,216</u>
	5	litý anhydrit - ANHYLEVEL	0,008	1,2	0,0067				
	6	folie pro podlahové vytápění	-	-	-				
	7	tepelná izolace - Styrotrade EPS 150 S	0,14	0,037	3,7838				
8	systém bílé vany - nosná ŽB základová deska tl. 350 mm. Radonová bariéra - fólie SIKAPLAN WP 1100, tl. 1,5 mm, uložena oboustraně v geotextilii FILTEK 300 / 300 g/m ² , alternativně 1x asfaltový pás ELASTEK 40 SPECIAL MINERAL	0,35	1,43	0,2448					
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přiléhá k zemině					Un,20 (pož) = 0,45 [W/(m ² ·K)]		UB≤Un,20 (pož)		vyhovuje

PODLAHA DOMÁCÍ POSILOVNA NA TERÉNU V ÚROVNI I.PP									
Kce	č.v.	materiál	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	α_A [W/m ² K]	α_B [W/m ² K]	R _t [m ² K/W]	U _A , U _B [W/(m ² ·K)]
PDL8	1	gumová podlaha	0,015	0,14	0,1071	10	-	0,2505	<u>3,992</u>
	2	lepící tmel flexibilní	-	-	-				
	3	vyrovnávací samonivekační stěrka	-	-	-				
	4	penetrace	-	-	-				
	5	litý anhydrit - ANHYLEVEL	0,052	1,2	0,0433				
	5	litý anhydrit - ANHYLEVEL	0,008	1,2	0,0067	-	1,70	4,6234	<u>0,216</u>
	6	folie pro podlahové vytápění	-	-	-				
	7	tepelná izolace - Styrotrade EPS 150 S	0,14	0,037	3,7838				
8	systém bílé vany - nosná ŽB základová deska tl. 350 mm. Radonová bariéra - fólie SIKAPLAN WP 1100, tl. 1,5 mm, uložena oboustraně v geotextilii FILTEK 300 / 300 g/m ² /, alternativně 1x asfaltový pás ELASTEK 40 SPECIAL MINERAL	0,35	1,43	0,2448					
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině					U _{n,20} (pož) = 0,45 [W/(m ² ·K)]		U _B ≤ U _{n,20} (pož)		vyhovuje

PODLAHA KOMUNIKAČNÍ A OBYTNÉ PLOCHY V ÚROVNI I.NP A 2.NP									
Kce	č.v.	materiál	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	α_A [W/m ² K]	α_B [W/m ² K]	R _t [m ² K/W]	U _A , U _B [W/(m ² ·K)]
PDL5	1	vinyllová podlahová deska	0,004	0,25	0,0160	10	-	0,1593	<u>6,276</u>
	2	lepídko na podlahy	-	-	-				
	3	vyrovnávací samonivekační stěrka	-	-	-				
	4	penetrace	-	-	-				
	5	litý anhydrit - ANHYLEVEL	0,052	1,2	0,0433				
	5	litý anhydrit - ANHYLEVEL	0,008	1,2	0,0067	-	5,90	1,9282	<u>0,519</u>
	6	folie pro podlahové vytápění	-	-	-				
	7	tepelná izolace - Steprock ND	0,06	0,038	1,5789				
	8	Monolitická stropní konstrukce ŽB	0,22	1,43	0,1538				
9	Jednovrstvá sádrová omítka Velveta filcovaná (016F)	0,01	0,52	0,0192					

PODLAHA HYGIENICKÉ PLOCHY BYTŮ V ÚROVNI 1.NP A 2.NP									
Kce	č.v.	materiál	d	λ	R	αA	αB	Rt	UA, UB
			[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[m ² K/W]	[W/(m ² ·K)]
PDL5	1	keramická dlažba	0,009	1,01	0,0089	10	-	0,1522	<u>6,568</u>
	2	lepidlo na podlahy	-	-	-				
	3	vyrovnávací samonivekační stěrka	-	-	-				
	4	penetrace	-	-	-				
	5	litý anhydrit - ANHYLEVEL	0,052	1,2	0,0433				
	5	litý anhydrit - ANHYLEVEL	0,008	1,2	0,0067	-	5,90	1,9282	<u>0,519</u>
	6	folie pro podlahové vytápění	-	-	-				
	7	tepelná izolace - Steprock ND	0,06	0,038	1,5789				
	8	Monolitická stropní konstrukce ŽB	0,22	1,43	0,1538				
9	Jednovrstvá sádrová omítka Velveta filcovaná (016F)	0,01	0,52	0,0192					

2.3.2.2 Výpočet výkonů podlahového vytápění

Tabulka 9 Výpočet výkonů podlahového vytápění (1.PP část 1)

Číslo místnosti	Název místnosti	Teplota v interiéru t _A	Teplota pod podlahou t _B	Tepelná ztráta místnosti Q _Z	Potrubí pdl		Vnější profil potrubí d	Střední teplota otopné vody t _m	Osová vzdálenost potrubí L	Podlahová plocha A	Tepelná vodivost vrstvy v níž se nachází pdl potrubí λ	Typ skladby podlahy	Součinitel prostupu tepla (směr nahoru) UA	Součinitel prostupu tepla (směr dolů) UB	Součinitel přestupu tepla na horní straně αA	Součinitel přestupu tepla na spodní straně αB
					D	t										
1.01.1.a	obývací pokoj + jídelna + KK	22	5	2798	16	2	0,016	31,5	0,10	9,46	1,2	PDL1	6,276	0,216	10	1,7
1.01.1.b	obývací pokoj + jídelna + KK	22	5		16	2	0,016	31,5	0,10	17,75	1,2	PDL1	6,276	0,216	10	1,7
1.01.1.c	obývací pokoj + jídelna + KK	22	5		16	2	0,016	31,5	0,10	12,87	1,2	PDL1	6,276	0,216	10	1,7
1.01.1.d	obývací pokoj + jídelna + KK	22	5		16	2	0,016	31,5	0,10	17,17	1,2	PDL1	6,276	0,216	10	1,7
1.01.1.e	obývací pokoj + jídelna + KK	22	5		16	2	0,016	31,5	0,20	3,68	1,2	PDL1	6,276	0,216	10	1,7
1.01.6A.a	chodba	18	5	471	16	2	0,016	31,5	0,30	7,27	1,2	PDL1	6,276	0,216	10	1,7
1.01.6A.b	chodba	18	5		16	2	0,016	31,5	0,30	6,10	1,2	PDL1	6,276	0,216	10	1,7
1.01.15	šatna	18	5	149	16	2	0,016	31,5	0,30	3,25	1,2	PDL1	6,276	0,216	10	1,7
1.01.3	pokoj 1 + šatna	20	5	378	16	2	0,016	31,5	0,30	9,77	1,2	PDL1	6,276	0,216	10	1,7
1.01.4	pokoj 2 + šatna	20	5	371	16	2	0,016	31,5	0,30	10,05	1,2	PDL1	6,276	0,216	10	1,7
1.01.5	ložnice	20	5	431	16	2	0,016	31,5	0,30	11,23	1,2	PDL1	6,276	0,216	10	1,7
1.01.10	koupelna	24	5	536	16	2	0,016	31,5	0,10	6,52	1,2	PDL1	6,568	0,216	10	1,7
1.01.8	koupelna	24	5	679	16	2	0,016	31,5	0,10	5,07	1,2	PDL1	6,568	0,216	10	1,7
00.01.1	zídveň	15	5	436	16	2	0,016	31,5	0,30	7,31	1,2	PDL1	6,568	0,216	10	1,7
00.01.3	chodba	15	5	343	16	2	0,016	31,5	0,15	8,35	1,2	PDL1	6,568	0,216	10	1,7
00.01.5.a	fitnes	22	5	1845	16	2	0,016	31,5	0,10	12,66	1,2	PDL1	3,99	0,216	10	1,7
00.01.5.b	fitnes	22	5		16	2	0,016	31,5	0,10	12,39	1,2	PDL1	3,99	0,216	10	1,7
00.01.5.c	fitnes	22	5		16	2	0,016	31,5	0,10	12,94	1,2	PDL1	6,568	0,216	10	1,7

Tabulka 10 Výpočet výkonů podlahového vytápění (1.PP část 2)

Číslo místnosti	Název místnosti	Součinitel přestupu tepla komekcí	Součinitel přestupu tepla sádkiním	Součinitel m (deska se zabetonovanými trubkami)	Střední teplota v rovině potrubí	Průměrná povrchová teplota na horní straně	Průměrná povrchová teplota na spodní vrstvě	Měrný tepelný tok nahoru	Měrný tepelný tok dole	Tepelný výkon nahoru	Výkon OT	Pokrytí ZTRÁT	Tepelný výkon dolů	Tepelný příkon
[-]	[-]	[W/m2K]	[W/m2K]	[m-1]	[°C]	[°C]	[°C]	[W/m2]	[W/m2]	[w]	[w]	[%]	[w]	[w]
1.01.1.a	obývací pokoj + jídelna + KK	3,54	5,31	8,28	30,96	27,62	8,30	49,75	5,61	470,60	0	107,28	53,05	523,65
1.01.1.b	obývací pokoj + jídelna + KK	3,54	5,31	8,28	30,96	27,62	8,30	49,75	5,61	883,00	0		99,54	982,54
1.01.1.c	obývací pokoj + jídelna + KK	3,54	5,31	8,28	30,96	27,62	8,30	49,75	5,61	640,24	0		72,17	712,41
1.01.1.d	obývací pokoj + jídelna + KK	3,54	5,31	8,28	30,96	27,62	8,30	49,75	5,61	854,15	0		96,29	950,44
1.01.1.e	obývací pokoj + jídelna + KK	3,36	5,29	8,28	29,69	26,83	8,14	41,76	5,33	153,69	0		19,63	173,31
1.01.6A.a	chodba	3,55	5,20	8,28	27,06	23,69	7,80	49,72	4,76	361,49	0	141,15	34,64	396,13
1.01.6A.b	chodba	3,55	5,20	8,28	27,06	23,69	7,80	49,72	4,76	303,32	0	108,46	29,07	332,38
1.01.15	šatna	3,55	5,20	8,28	27,06	23,69	7,80	49,72	4,76	161,60	0	108,46	15,49	177,09
1.01.3	pokoj 1 + šatna	3,36	5,23	8,28	27,68	24,82	7,88	41,37	4,90	404,22	0	106,94	47,85	452,07
1.01.4	pokoj 2 + šatna	3,36	5,23	8,28	27,68	24,82	7,88	41,37	4,90	415,81	0	112,08	49,22	465,03
1.01.5	ložnice	3,36	5,23	8,28	27,68	24,82	7,88	41,37	4,90	464,63	0	107,80	55,00	519,63
1.01.10	koupelna	3,32	5,34	8,46	31,05	28,63	8,31	40,06	5,63	261,19	540	149,48	36,68	297,87
1.01.8	koupelna	3,32	5,34	8,46	31,05	28,63	8,31	40,06	5,63	203,10	540	109,44	28,53	231,63
00.01.1	zídveř	3,84	5,15	8,46	25,99	22,22	7,67	64,94	4,53	474,70	0	108,88	33,15	507,85
00.01.3	chodba	4,21	5,22	8,46	29,55	24,56	8,12	90,18	5,30	753,04	0	219,54	44,29	797,32
00.01.5.a	fitness	3,06	5,25	6,66	31,13	25,64	8,32	30,30	5,64	383,64	0	107,08	71,46	455,10
00.01.5.a	fitness	3,06	5,25	6,66	31,13	25,64	8,32	30,30	5,64	375,46	0	107,08	69,94	445,40
00.01.5.a	fitness	3,59	5,32	8,46	30,94	27,87	8,30	52,28	5,60	676,46	540	107,08	72,51	748,97

Tabulka 11 Výpočet výkonů podlahového vytápění (1NP část 1)

Číslo místnosti	Název místnosti	Teplota v interiéru		Teplota ztráta místnosti	Potrubí pdl		Vnější profil potrubí	Střední teplota otopné vody	Osová vzdálenost potrubí	Podlahová plocha	Tepelná vodivost vrstvy v níž se nachází pdl potrubí	Typ skladby podlahy	Součinitel prostupu tepla (směr nahoru)	Součinitel prostupu tepla (směr dolů)	Součinitel prostupu tepla na horní straně	Součinitel přestupu tepla na spodní straně
		t _{iA}	t _{iB}		Q _z	D							t	λ	UA	UB
[-]	[-]	[°C]	[°C]	[w]	[mm]	[mm]	[m]	[°C]	[m]	[m ²]	[W/m ² K]	[-]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[W/m ² K]
2.1.4.a	obývací pokoj + jídelna + KK	22	5	2466	16	2	0,016	31,5	0,10	16,85	1,2	PDL1	6,276	0,519	10	5,9
2.1.4.b	obývací pokoj + jídelna + KK	22	5		16	2	0,016	31,5	0,10	13,54	1,2	PDL1	6,276	0,519	10	5,9
2.1.4.c	obývací pokoj + jídelna + KK	22	5		16	2	0,016	31,5	0,10	18,35	1,2	PDL1	6,276	0,519	10	5,9
2.1.4.d	obývací pokoj + jídelna + KK	22	5		16	2	0,016	31,5	0,10	9,48	1,2	PDL1	6,276	0,519	10	5,9
2.1.4.e	obývací pokoj + jídelna + KK	22	5		16	2	0,016	31,5	0,20	4,19	1,2	PDL1	6,276	0,519	10	5,9
2.1.12	zdvěří	18	5	346	16	2	0,016	31,5	0,30	10,64	1,2	PDL1	6,276	0,519	10	5,9
2.1.11	wc	18	5	-	16	2	0,016	31,5	0,30	0,75	1,2	PDL1	6,276	0,216	10	1,7
2.1.1	ložnice + šatna	20	5	327	16	2	0,016	31,5	0,30	10,43	1,2	PDL1	6,276	0,519	10	5,9
2.1.2	pokoj + šatna	20	5	273	16	2	0,016	31,5	0,30	9,12	1,2	PDL1	6,276	0,519	10	5,9
2.1.3	pokoj 2 + šatna	20	5	253	16	2	0,016	31,5	0,30	8,82	1,2	PDL1	6,276	0,519	10	5,9
2.1.6	koupelna	24	5	602	16	2	0,016	31,5	0,10	4,68	1,2	PDL1	6,568	0,519	10	5,9
2.1.10	koupelna	24	5	506	16	2	0,016	31,5	0,10	3,62	1,2	PDL1	6,568	0,519	10	5,9

Tabulka 12 Výpočet výkonů podlahového vytápění (1.NP část 2)

Číslo místnosti	Název místnosti	Součinitel přestupu tepla komekci	Součinitel přestupu tepla sáňním	Součinitel m (deska se zabetonovanými trubkami)	Střední teplota v rovině potrubí	Průměrná povrchová teplota na horní straně	Průměrná povrchová teplota na spodní straně	Měnný tepelný tok nahoru	Měnný tepelný tok dolů	Tepelný výkon nahoru	Výkon OT	Pokrytí ZTRÁT	Tepelný výkon dolů	Tepelný příkon
		αkA	αsA	m	t _s	t _{pA}	t _{pB}	qA	qB	QA	Qot	P	QB	Q
[-]	[-]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[m ⁻¹]	[°C]	[°C]	[°C]	[W/m ²]	[W/m ²]	[w]	[w]	[%]	[w]	[w]
2.1.4.a	obývací pokoj + jídelna + KK	3,53	5,31	8,47	30,90	27,58	7,28	49,34	13,44	831,32	0	108,72	226,48	1057,80
2.1.4.b	obývací pokoj + jídelna + KK	3,53	5,31	8,47	30,90	27,58	7,28	49,34	13,44	668,02	0		181,99	850,01
2.1.4.c	obývací pokoj + jídelna + KK	3,53	5,31	8,47	30,90	27,58	7,28	49,34	13,44	905,32	0		246,64	1151,97
2.1.4.d	obývací pokoj + jídelna + KK	3,53	5,31	8,47	30,90	27,58	7,28	49,34	13,44	467,71	0		127,42	595,13
2.1.4.e	obývací pokoj + jídelna + KK	3,33	5,28	8,47	29,49	26,70	7,15	40,51	12,71	169,75	0		53,26	223,01
2.1.12	zdvěří	3,51	5,19	8,47	26,75	23,49	6,91	47,77	11,29	508,23	0	146,89	120,10	628,33
2.1.11	wc	3,55	5,20	8,28	27,06	23,69	7,80	49,72	4,76	37,29	0	-	3,57	40,87
2.1.1	ložnice + šatna	3,31	5,22	8,47	27,35	24,62	6,97	39,40	11,60	410,93	0	125,67	121,01	531,94
2.1.2	pokoj + šatna	3,31	5,22	8,47	27,35	24,62	6,97	39,40	11,60	359,32	0	131,62	105,81	465,13
2.1.3	pokoj 2 + šatna	3,31	5,22	8,47	27,35	24,62	6,97	39,40	11,60	347,50	0	137,35	102,33	449,83
2.1.6	koupelna	3,31	5,34	8,65	30,98	28,59	7,29	39,64	13,49	185,53	540	120,52	63,11	248,64
2.1.10	koupelna	3,31	5,34	8,65	30,98	28,59	7,29	39,64	13,49	143,50	540	135,08	48,82	192,32

Tabulka 13 Výpočet výkonů podlahového vytápění (2.NP část 1)

Číslo místnosti	Název místnosti	Teplota v interiéru			Teplota pod podlahou	Teplota ztráta místnosti	Potrubí pdl		Vnější profil potrubí	Střední teplota otopné vody	Osová vzdálenost potrubí	Podlahová plocha	Teplota vodivosti vrstvy v níž se nachází pdl potrubí	Typ skladby podlahy	Součinitel prostupu tepla (směr nahoru)		Součinitel prostupu tepla (směr dolů)		Součinitel přestupu tepla na horní straně		Součinitel přestupu tepla na spodní straně	
		t _A	t _B	Q _z			D	t							λ	U _A	U _B	α _A	α _B	α _B	α _B	
		[°C]	[°C]	[w]			[mm]	[mm]							[m]	[°C]	[m]	[m ²]	[W/m ² K]	[-]	[W/m ² K]	[W/m ² K]
3.2.1.a	obývací pokoj + jídelna + KK	22	5		2356	16	2	0,016	31,5	0,10	16,75	1,2	PDL1	6,276	0,519	10	5,9					
3.2.1.b	obývací pokoj + jídelna + KK	22	5			16	2	0,016	31,5	0,10	9,65	1,2	PDL1	6,276	0,519	10	5,9					
3.2.1.c	obývací pokoj + jídelna + KK	22	5			16	2	0,016	31,5	0,10	13,20	1,2	PDL1	6,276	0,519	10	5,9					
3.2.1.d	obývací pokoj + jídelna + KK	22	5			16	2	0,016	31,5	0,10	16,78	1,2	PDL1	6,276	0,519	10	5,9					
3.2.1.e	obývací pokoj + jídelna + KK	22	5			16	2	0,016	31,5	0,20	3,90	1,2	PDL1	6,276	0,519	10	5,9					
3.2.6A.a,					835	16	2	0,016	31,5	0,30	9,99	1,2	PDL1	6,276	0,216	10	1,7					
3.2.6A.b	chodba	18	5			16	2	0,016	31,5	0,30	10,26	1,2	PDL1	6,276	0,216	10	1,7					
3.2.10	wc	18	5	56		16	2	0,016	31,5	0,30	1,15	1,2	PDL1	6,276	0,216	10	1,7					
3.2.11	koupelna 1	24	5	535		16	2	0,016	31,5	0,10	5,06	1,2	PDL1	6,276	0,216	10	1,7					
3.2.3	pokoj 1 + šatna	20	5	350		16	2	0,016	31,5	0,30	11,31	1,2	PDL1	6,276	0,519	10	5,9					
3.2.4	pokoj 2 + šatna	20	5	408		16	2	0,016	31,5	0,30	10,67	1,2	PDL1	6,276	0,519	10	5,9					
3.2.5	ložnice	20	5	532		16	2	0,016	31,5	0,30	16,10	1,2	PDL1	6,276	0,519	10	5,9					
3.2.14	koupelna	24	5	747		16	2	0,016	31,5	0,10	7,03	1,2	PDL1	6,568	0,519	10	5,9					
3.2.6B	chodba	18	5	30		16	2	0,016	31,5	0,20	5,84	1,2	PDL1	6,276	0,519	10	5,9					
3.2.7	šatna	18	5	7		16	2	0,016	31,5	0,30	2,82	1,2	PDL1	6,276	0,519	10	5,9					

Tabulka 14 Výpočet výkonů podlahového vytápění (2.NP část 2)

Číslo místnosti	Název místnosti	Součinitel přestupu tepla		Součinitel m (deska se zabetonovanými trubkami)	Střední teplota v rovině potrubí	Průměrná povrchová teplota na horní straně	Průměrná povrchová teplota na spodní straně	Měrný tepelný tok nahoru	Měrný tepelný tok dolů	Tepelný výkon nahoru	Výkon OT	Pokrytí ZTRÁT	Tepelný výkon dolů	Tepelný výkon Q				
		α _R A	α _S A												Q _A	Q _B	P	Q
		[W/m ² K]	[W/m ² K]												[m ⁻¹]	[°C]	[°C]	[°C]
3.2.1.a	obývací pokoj + jídelna + KK	3,53	5,31	8,47	30,90	27,58	7,28	49,34	13,44	826,39	0	105,06	225,14	1051,52				
3.2.1.b	obývací pokoj + jídelna + KK	3,53	5,31	8,47	30,90	27,58	7,28	49,34	13,44	476,10	0		129,71	605,80				
3.2.1.c	obývací pokoj + jídelna + KK	3,53	5,31	8,47	30,90	27,58	7,28	49,34	13,44	651,24	0		177,42	828,66				
3.2.1.d	obývací pokoj + jídelna + KK	3,53	5,31	8,47	30,90	27,58	7,28	49,34	13,44	827,87	0		225,54	1053,40				
3.2.1.e	obývací pokoj + jídelna + KK	3,33	5,28	8,47	29,49	26,70	7,15	40,51	12,71	158,00	0		49,58	207,57				
3.2.6A.a,																		
3.2.8	chodba	3,55	5,20	8,28	27,06	23,69	7,80	49,72	4,76	496,74	0		47,60	544,34				
3.2.6A.b	chodba	3,55	5,20	8,28	27,06	23,69	7,80	49,72	4,76	510,17	0	120,59	48,89	559,06				
3.2.10	wc	3,55	5,20	8,28	27,06	23,69	7,80	49,72	4,76	57,18	0	102,11	5,48	62,66				
3.2.11	koupelna 1	3,27	5,33	8,28	31,07	28,43	8,31	38,14	5,63	192,97	540	137,00	28,49	221,46				
3.2.3	pokoj 1 + šatna	3,31	5,22	8,47	27,35	24,62	6,97	39,40	11,60	445,60	0	127,31	131,22	576,82				
3.2.4	pokoj 2 + šatna	3,31	5,22	8,47	27,35	24,62	6,97	39,40	11,60	420,39	0	103,04	123,79	544,18				
3.2.5	ložnice	3,31	5,22	8,47	27,35	24,62	6,97	39,40	11,60	634,32	0	119,23	186,79	821,11				
3.2.14	koupelna	3,31	5,34	8,65	30,98	28,59	7,29	39,64	13,49	278,68	540	109,60	94,81	373,49				
3.2.6B	chodba	3,76	5,23	8,47	28,81	24,78	7,09	60,96	12,36	356,01	0	-	72,15	428,16				
3.2.7	šatna	3,51	5,19	8,47	26,75	23,49	6,91	47,77	11,29	134,70	0	-	31,83	166,53				

2.4 Návrh zdroje tepla

Pro variantu 1 a variantu 2 je navržený stejný zdroj tepla.

2.4.1 Požadovaný výkon

Potřebný výkon pro vytápění: $Q_{\text{vyt}} = 19,55$ [kW]

Potřebný výkon pro přípravu TV: $Q_{\text{tv}} = 3,3$ [kW]

$Q_1 = Q_{\text{ut}} + Q_{\text{vzt}} + Q_{\text{tech}} = 19,55 + 0 + 0 = 19,55$ kW

$Q_2 = (Q_{\text{ut}} + Q_{\text{vzt}} + Q_{\text{tech}}) * 0,7 + Q_{\text{tv}} = (19,6 + 0 + 0) * 0,7 + 3,3 = 17,0$ [kW]

$Q_{\text{max}} = \max(Q_1; Q_2) = \max(19,55 \text{ kW}; 17,00 \text{ kW}) = 19,55$ [kW]

2.4.2 Venkovní jednotka IVT AIR X130

Jako zdroj tepla volím kaskádu dvou tepelných čerpadel vzduch-voda IVT AIR X130. Pro variantu 1 byl zvolen teplotní spád dle doporučení výrobce 55/45 °C a pro variantu 2 byl zvolen teplotní spád 35/30 °C. Kaskáda dvou tepelných čerpadel dokáže současně vytápět a obsluhovat přípravu teplé vody. Při požadavku na přípravu teplé vody sepne do režimu ohřevu teplé vody pouze jedno tepelné čerpadlo vzduch-voda a druhé umožňuje vytápění.

2.4.2.1 Technický list venkovní jednotky IVT AIR X 130

IVT AIR X – vzduch/voda

- Vhodné do maximální tepelné ztráty 22 kW (v kaskádě do 80 kW)
- Plynule řízený výkon kompresoru
- Provedení MONOBLOK, propojení vodním okruhem
- Možnost využití jako klimatizace v letním období

Tepelné čerpadlo – venkovní jednotka		AIR X 50	AIR X 70	AIR X 90	AIR X 130	AIR X 170
Energetická třída nízkoteplotní / středněteplotní		A+++ / A++				
Topný výkon při 7 °C / 35 °C ¹⁾ 100 %	kW	5,0	7,0	9,0	13,0	17,0
Topný výkon při -7 °C / 35 °C ¹⁾ 100 %	kW	4,57	6,18	8,45	10,99	12,45
Topný faktor při 7 °C / 35 °C ¹⁾ 40 %	kW	4,69	5,31	5,01	5,00	4,87
Topný faktor při 2 °C / 35 °C ¹⁾ 60 %	kW	4,04	4,16	4,25	3,84	4,04
Topný faktor při -7 °C / 35 °C ¹⁾ 100 %	kW	2,99	2,82	2,92	2,85	2,55
Energetická účinnost ηs nízkoteplotní (podlahovka)	%	197	203	199	202	197
Energetická účinnost ηs středněteplotní (radiátory)	%	139	145	143	143	145
SCOP ²⁾		4,99	4,72	4,85	4,84	4,81
Chladicí výkon při 35 / 18 °C	kW	5,92	7,13	7,11	11,12	11,45
EER při 35 / 18 °C		3,79	3,46	3,80	3,23	3,77
Chladicí výkon při 35 / 7 °C	kW	3,99	5,05	4,94	8,86	9,69
EER při 35 / 7 °C		2,74	2,64	2,82	2,72	2,68
Elektrické napájení		230 V, 1N, AO, 50 Hz			400 V, 3N, AO, 50 Hz	
Jistič pro tepelné čerpadlo	A	10	16	16	13	13
Max. el. příkon	kW	2,9	3,2	3,8	7,2	7,2
Startovací el. proud	A	<5	<5	<5	<5	<5
Množství chladiva R 410A ³⁾	kg	1,7	1,75	2,35	3,3	4,0
Nominální průtok topným systémem dT=5K	l/s	0,24	0,35	0,45	0,62	0,81
Interní tlaková ztráta T ₀	kPa	9,7	7,8	10,5	15,8	22,9
Minimální průtok pro odtávání	l/s		0,32		0,56	
Ventilátor (DO Inverter), max. příkon	W		180		280	
Maximální průtok vzduchu	m ³ /h		4 500		7 900	
Hladina akustického tlaku v 1 m ⁴⁾	dB(A)	39	39	40	45	45
Hladina akustického výkonu ⁴⁾	dB(A)	47	47	48	53	53
Elektrické krytí		IP X4				
Maximální teplota topné vody	°C	80 °C (do -5 °C), 55 °C (do -15 °C)				
Rozměry (šířka x výška x hloubka)	mm	930 x 1380 x 440			1122 x 1695 x 646	
Hmotnost	kg	108	107	114	182	193
Připojení topného okruhu		G1" vnější závit				
Připojení odvodu kondenzátu		Plast 32 mm				
Odtávání		Horkým plynem přes čtyřcestný ventil				
Kompresor		Dvojitý rotační frekvenčně řízený, Mitsubishi Electric				
Rozsah provozních teplot	°C	-20 °C / +35 °C				
Funkce chlazení		ANO				
Štítek hermetický těsný okruh		ANO / Bez revizí chladičového okruhu				

1) Hodnoty dle EN 14511. 2) Hodnoty dle EN 14825. 3) GWP100 = 1990. 4) dle EN12102 (7 / 35 °C, 40 %).

Obrázek 28 Technický list venkovní jednotky IVT AIR X 130 [3]

2.4.3 Vnitřní jednotka IVT AirBox E130-170

Ke kaskádě tepelných čerpadel vzduch-voda IVT AIR X 130 jsou navrženy dvě vnitřní jednotky IVT AirBox E 130-170. Součástí každé vnitřní jednotky je bivalentní zdroj (elektrokotel) až o výkonu 9 kW, expanzní nádoba, pojistný ventil a oběhové čerpadlo. Součástí příslušenství je filtrball a teplotní čidla.

2.4.3.1 Technický list vnitřní jednotky IVT AirBox E 130-170

IVT AirBox E

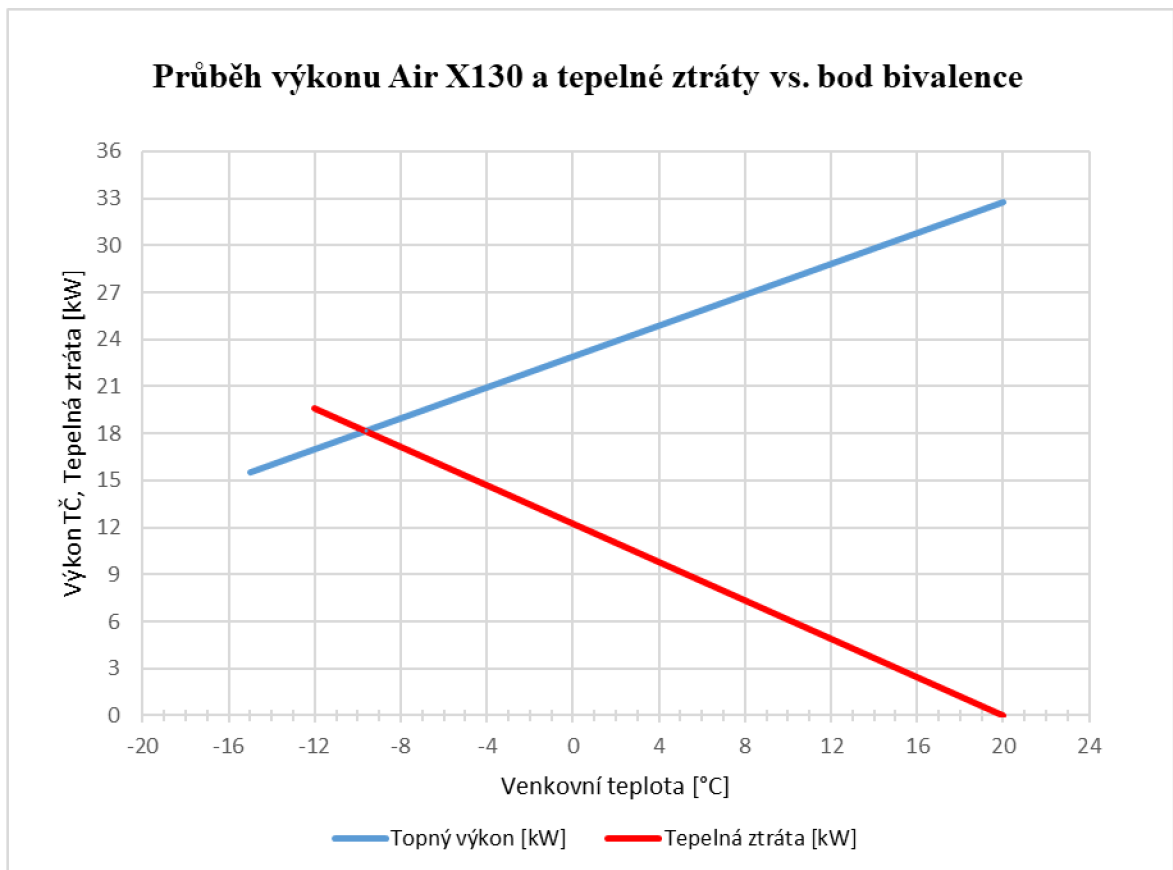
- Vnitřní jednotka pro systémy s externím zásobníkem vody, nebo bez ohřevu vody
- Vestavěný nerezový elektrokotel
- Nízkoenergetické oběhové čerpadlo

		AirBox E 50-90	AirBox E 130-170
Doporučená velikost tepelného čerpadla		AIR X 50-90	AIR X 130-170
Elektrické napájení	V	400 V, 3N, AC, 50 Hz	
Doporučený jistě	A	16	16
Vestavěný kaskádně spínaný elektrokotel		2-4-6-9 kW	3-6-9 kW
Připojení k tepelnému čerpadlu přívod / zpátečka + přívod topného systému		G1 - vnější závit	G1 - vnější závit
Připojení k topnému systému-zpátečka		G1 - vnitřní závit (adaptér)	G1 - vnitřní závit (adaptér)
Max. dovolený tlak topné vody	bar	2,5	
Min. dovolený tlak topné vody	bar	0,5	
Expanzní nádoba	l	8	
Externí dispoziční tlak čerpadla	kPa	Dle velikosti TÓ - viz: instalační návod pro IM	
Min. průtok pro octávání	l/s	0,32	0,56
Oběhové čerpadlo		Grundfos UPM2 25-75 PWM	Grundfos UPM GEO 25-85 PWM
Max. teplota topné vody (pouze s elektrokotlem)		85°C	
Elektrické krytí		IP X1	
Rozměry (šířka x hloubka x výška)	mm	485 x 388 x 700	
Hmotnost	kg	62	
Vestavěno		Pojistný ventil a automatický odvzdušňovací ventil	

Obrázek 29 Technický list vnitřní jednotky IVT AirBox E 130-170 [3]

2.4.4 Bod bivalence - varianta 1

Pro kaskádu dvou tepelných čerpadel IVT AIR X 130 je teplota bivalence $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tyto tepelná čerpadla mají výkon 17 kW při $-12\text{ }^{\circ}\text{C} / 55\text{ }^{\circ}\text{C}$. Provoz je paralelně bivalentní. Bivalentním zdrojem je elektrický kotel, který je součástí vnitřní jednotky IVT AirBox E 130-170 a s výkonem 9 kW a současným provozem tepelných čerpadel IVT AIR X 130 nám s přehledem pokryje tepelné ztráty pod bivalentním teplotou $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$.



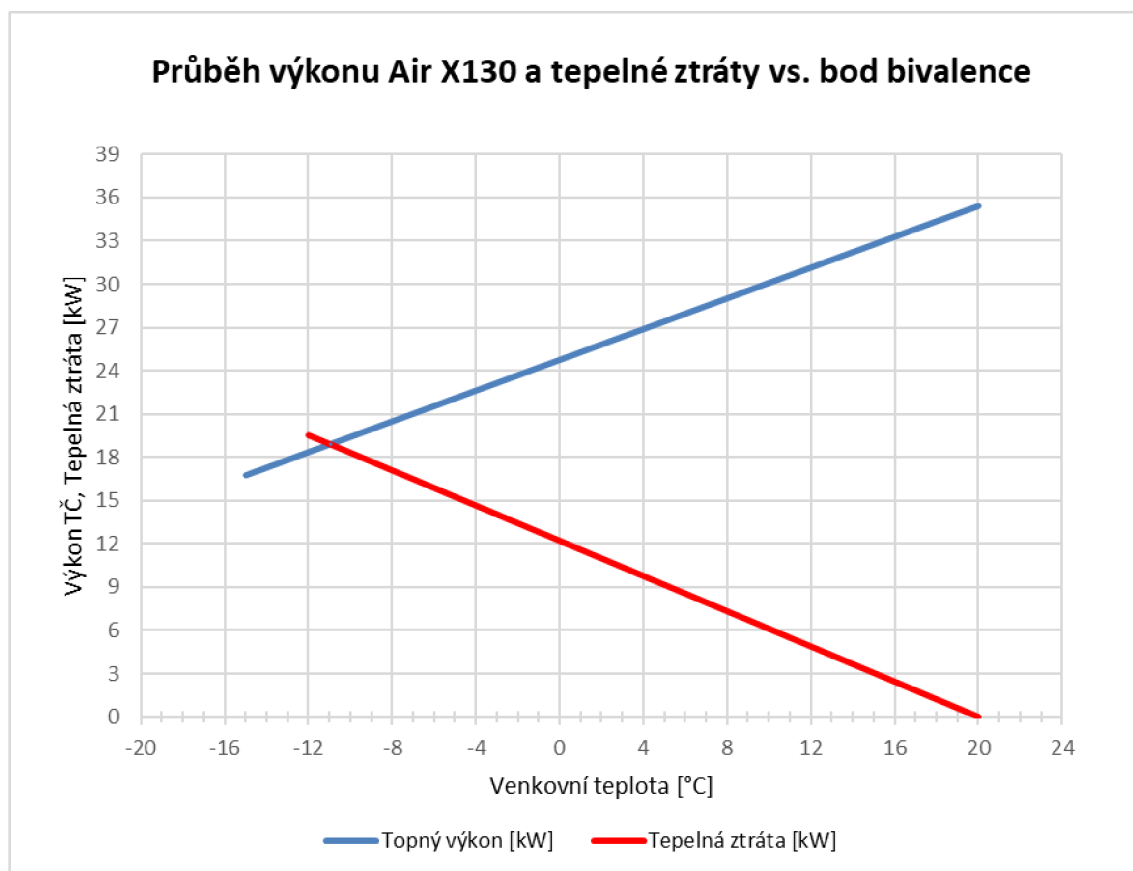
Obrázek 30 Průběh výkonu Air X130 a tepelné ztráty vs. bod bivalence (varianta 1) [3]

Tabulka 15 Parametry kaskády dvou tepelných čerpadel Air X130 (varianta 1)

Potřebný vypočtený výkon: Q_{max}	19,55 [kW]
Výpočtová venkovní teplota: t_e	-12 [°C]
Zvolená požadovaná vnitřní teplota: t_i	20 [°C]
Počet kusů Air X130:	2 [ks]
Bod bivalence (teplota bivalence): BB	-9 [°C]
Tepelný výkon TČ při BB/55°C	18,1 [kW]
Tepelný výkon TČ při $t_e/55°C$	17 [kW]

2.4.5 Bod bivalence - varianta 2

Pro kaskádu dvou tepelných čerpadel IVT AIR X130 je teplota bivalence -10,9 °C. Tyto čerpadla mají výkon 18 kW při -12 °C / 35 °C. Provoz je paralelně bivalentní. Bivalentním zdrojem je elektrický kotel, který je součástí každé vnitřní jednotky IVT AirBox E 130-170. Elektrokotel s výkonem 9 kW a současným provozem tepelných čerpadel IVT AIR X 130 nám s přehledem pokryje tepelné ztráty pod bivalentním teplotou -10,9 °C.



Obrázek 31 Průběh výkonu Air X130 a tepelné ztráty vs. bod bivalence (varianta 2) [3]

Tabulka 16 Parametry kaskády dvou tepelných čerpadel Air X130 (varianta 2)

Potřebný vypočtený výkon: Q_{max}	19,55	[kW]
Výpočtová venkovní teplota: t_e	-12	[°C]
Zvolená požadovaná vnitřní teplota: t_i	20	[°C]
Počet kusů Air X130:	2	[ks]
Bod bivalence (teplota bivalence): BB	-10,9	[°C]
Tepelný výkon TČ při BB/35°C	18,9	[kW]
Tepelný výkon TČ při $t_e/35°C$	18	[kW]

2.4.6 Odvod kondenzátu

Odvod kondenzátu z výparníků venkovních jednotek je odváděn do vnitřní kanalizace. Odvod kondenzátu je vyhříván elektrickým topným kabelem proti zamrznutí.

2.4.7 Hlučnost

Nejbližší objekt se nachází ve vzdálenosti 10 m. Akustický tlak obou tepelných čerpadel IVT AIR X130 v 10 metrech při plném výkonu činí 39 dB. Hygienický limit ($L_{Aeq,den} = 50$ dB) pro denní dobu není překročen. Hygienický limit ($L_{Aeq,noc} = 40$ dB) pro noční dobu není překročen, ale je na hranici, proto doplňuji k tepelným čerpadlům akustické nástavce na sání a výfuk. V 10 m a s akustickým nástavcem mají tepelná čerpadla vzduchová hladinu akustického tlaku 36 dB.

Dále byly posouzeny obytné místnosti řešeného objektu, které se nachází v 1.PP nad technickou místností. Vzdálenost k těmto místnostem činí 7 metrů. V této vzdálenosti je hladina akustického tlaku 39 dB (s akustickými nástavci). Hygienický limit ($L_{Aeq,den} = 50$ dB) pro denní dobu není překročen. Hygienický limit ($L_{Aeq,noc} = 40$ dB) pro noční dobu není překročen, ale je na hranici. Z důvodu střechy, která se nachází přímo nad tepelnými čerpadly, bude hodnota hladiny akustického tlaku nižší.

Tyto čerpadla mají i noční režimy a lze snížit hladinu akustického výkonu z 61 dB až na 56 dB. Ve výpočtu jsem uvažoval pouze s vyššími hodnotami v denním režimu, aby byl zajištěn co nejnižší hluk a lepší akustický komfort.

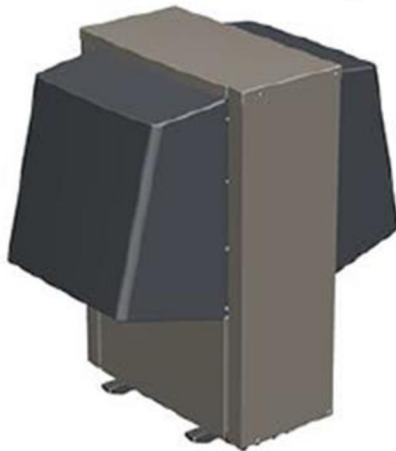
2.4.7.1 Výpočet hladiny akustického tlaku

Tabulka 17 Výpočet hladiny akustického tlaku

Q	r[m]	L _w [dB]	LP[dB]	N POČET[-]	LPN[dB]	HYG,DEN [dB]	HYG,NOČ [dB]	AKUSTICKÝ NÁSTAVEC
2	10	64,00	36,02	2	39,0285	50	40	bez akustického nástavce
2	10	61,00	33,02	2	36,0285	50	40	s akustickým nástavcem
2	7	61,00	36,12	2	39,1265	50	40	s akustickým nástavcem

2.4.7.2 Akustická data tepelného čerpadla IVT AIR X s nástavci na sání a výfuku

b) TČ s akustickými nástavci na sání i výfuku vzduchu:



	Tepelné čerpadlo IVT AIR X				
	AIR X50	AIR X70	AIR X90	AIR X130	AIR X170
Hladina akustického výkonu L _w (dB(A)), denní/noční režim	58/52	58/53	59/53	61/56	62/56
Hladina akust.tlaku v 1 m L _p (dB(A)), denní/noční režim	50/44	50/45	51/45	53/48	54/48
Hladina akust.tlaku ve 2 m L _p (dB(A)), denní/noční režim	44/38	44/39	45/39	47/42	48/42
Hladina akust.tlaku v 5 m L _p (dB(A)), denní/noční režim	36/30	36/31	37/31	39/34	40/34
Hladina akust.tlaku v 10 m L _p (dB(A)), denní/noční režim	30/24	30/25	31/25	33/28	34/28

Obrázek 32 Akustická data tepelného čerpadla IVT AIR X s nástavci na sání a výfuku [3]

2.4.7.3 Akustická data tepelného čerpadla IVT AIR X s běžným provedením

Teoretický útlum hluku tepelného čerpadla IVT AIR X na volné ploše

a) Běžné provedení TČ:



	Tepelné čerpadlo IVT AIR X				
	AIR X50	AIR X70	AIR X90	AIR X130	AIR X170
Hladina akustického výkonu L_w (dB(A)), denní/noční režim	61/55	63/58	64/58	64/57	64/58
Hladina akust.tlaku v 1 m L_p (dB(A)), denní/noční režim	53/47	55/50	56/50	56/49	56/50
Hladina akust.tlaku ve 2 m L_p (dB(A)), denní/noční režim	47/41	49/44	50/44	50/43	50/44
Hladina akust.tlaku v 5 m L_p (dB(A)), denní/noční režim	39/33	41/36	42/36	42/35	42/36
Hladina akust.tlaku v 10 m L_p (dB(A)), denní/noční režim	33/27	35/30	36/30	36/29	36/30

Obrázek 33 Akustická data tepelného čerpadla IVT AIR X s běžným provedením [3]

2.5 Tepelná bilance technické místnosti

2.5.1 Tepelná bilance v zimě

Teplota v technické místnosti by neměla klesnout pod předepsanou teplotu 7,5 °C. Tuto hodnotu lze ověřit ve výpočtu tepelných ztrát. Ve výpočtu tepelných ztrát v programu Protech nám vyšla tepelná ztráta -162 W při výpočtové teplotě místnosti 15 °C. Z tohoto důvodu není potřeba technickou místnost vytápět, protože teplota neklesne pod předepsanou hodnotu 7,5 °C.

2.5.2 Tepelná bilance v létě

Profesí VZT je zde řešena tepelná zátěž od zařízení odtahem pomocí ventilátoru. Ventilátor má odtah 300 m³/h. Výfuk je vyústěn nad střechu. Přívod je zajištěn obdélníkovými vyústkami.

2.6 Návrh přípravy teplé vody

Dimenzování zásobníkového ohřívače vody podle křivek dodávky a odběru tepla dle ČSN 06 0320. Potřebná teplosměnná plocha je volena na maximální výkon jednoho tepelného čerpadla IVT AIR X130 při venkovní teplotě 20 °C a výstupní topné vodě 55°C. Při požadavku na ohřev teplé vody dohřívá teplou vodu pouze jedno tepelné čerpadlo IVT AIR X130, druhé se stará o vytápění, pokud existuje požadavek. Příprava teplé vody se pro variantu 1 a variantu 2 neliší.

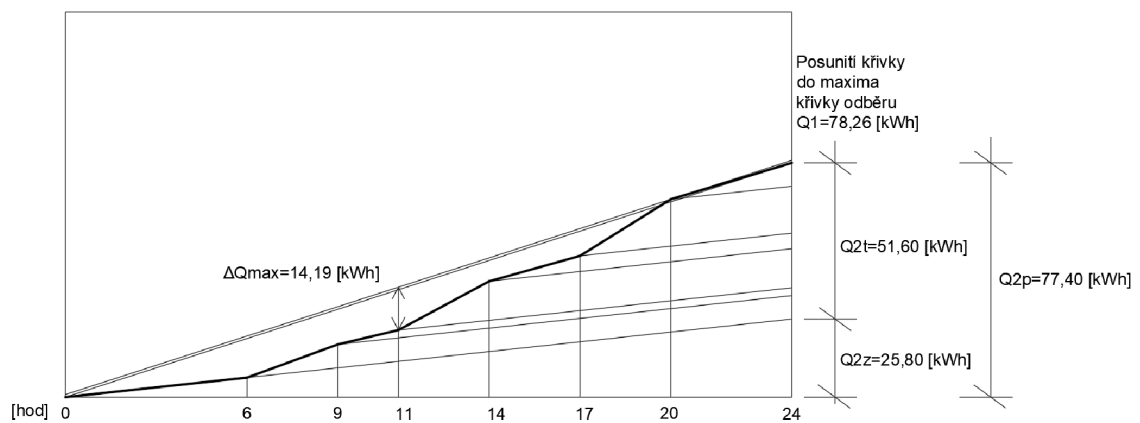
2.6.1 Dimenzování zásobníkového ohřívače vody podle křivek dodávky a odběru tepla dle ČSN 06 0320.

Tabulka 18 Dimenzování zásobníkového ohřívače vody podle křivek dodávky a odběru tepla dle ČSN 06 0320

Vstupní hodnoty pro výpočet		
Vstupní hodnoty pro výpočet	Hodnoty	Jednotky
Počet osob (n)	12	-
Unývání, vaření, úklid (Vu1)	0,082	$[m^3 \cdot per^{-1} \cdot os^{-1}]$
Teplo (Q2p)	4,3	[kWh/os.]
Studená voda (t1)	10	°C
Teplá voda (t2)	55	°C
Topná voda od TČ (T1)	62	°C
Topná voda do TČ (T2)	50	°C
Součinitel pro tepelné ztráty (z)	0,5	-
Max výkon TČ (20°C/55°C) (Qmax)	16,37	[kW]
Stanovení spotřeby TV		
Objem za periodu $V_{2p} = n \cdot Vu1 =$	0,984	[m ³]
Návrh zásobníkového ohřevu teplé vody		
Teplo odebrané $Q_{2t} = n \cdot Q_{2p}$	51,60	[kWh]
Teplo ztracené $Q_{2z} = Q_{2t} \cdot Z$	25,80	[kWh]
Teplo celkem $Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z}$	77,40	[kWh]

Rozdělení potřeby tepla během dne			
Hodiny	Odhad spotřeby TV	Teplo odebrané	Teplo celkem
[h]	[%]	[kWh]	[kWh]
6 až 9	15	7,74	11,61
9 až 11	5	2,58	3,87
11 až 14	25	12,90	19,35
14 až 17	10	5,16	7,74
17 až 20	30	15,48	23,22
20 až 24	15	7,74	11,61
SUMA Σ	100	51,60	77,40

2.6.1.1 Křivka odběru a dodávky



Obrázek 34 Křivka odběru a dodávky

2.6.1.2 Objem zásobníku a potřebná teplosměnná plocha

Tabulka 19 Objem zásobníku a potřebná teplosměnná plocha

Objem zásobníku		
Q1=	78,26	[kWh]
Δqmax=	14,19	[kWh]
Objem zásobníku $Vz = \Delta Q_{max} / 1,163 \cdot \Delta\theta$	0,271	[m ³]

Potřebná teplosměnná plocha		
$\Delta t = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}} =$	18,93	[°C]
$A = \frac{Q_{max} \cdot 10^3}{U \cdot \Delta t}$	2,06	[m²]
U=je součinitel prostupu tepla teplosměnné plochy (pro teplou vodu cca 420 W/m²K)		

2.6.1.3 Doba dohřevu

Jedno tepelné čerpadlo IVT AIR X130 o výkonu 8,5 kW při -12 °C/55 °C dokáže dohřát teplou vodu s přehledem do 20 minut.

$$Q = \frac{Vz \cdot y \cdot \rho \cdot c \cdot Xp}{ta}$$

Tabulka 20 Doba dohřevu

Doba dohřevu		
Objem zásobníku: Vz	0,271	[m³]
Doba ohřevu TV při teplotním rozdílu pro dohřev: ta	1200	[s]
Měrná tepelná kapacita vody při střední teplotě zásobníku: c	4175	[J/kg·K]
Spínací diference pro dohřev TV: Xp	6	[°C]
Koreční faktor odběru tepla ze zásobníku TV: y	0,94	[-]
Hustota vody při střední teplotě zásobníku: ρ	994	[kg/m³]
Tepelný výkon nutný k dohřevu TV: Q	5288	[W]

Z doporučení od výrobce je dobré vždy volit zásobníky TV s větší teplosměnnou plochou. Pro obě varianty navrhuji zásobník TV HRS 300 se šnekovým výměníkem o objemu 300 l a o teplosměnné ploše 3,5 m².

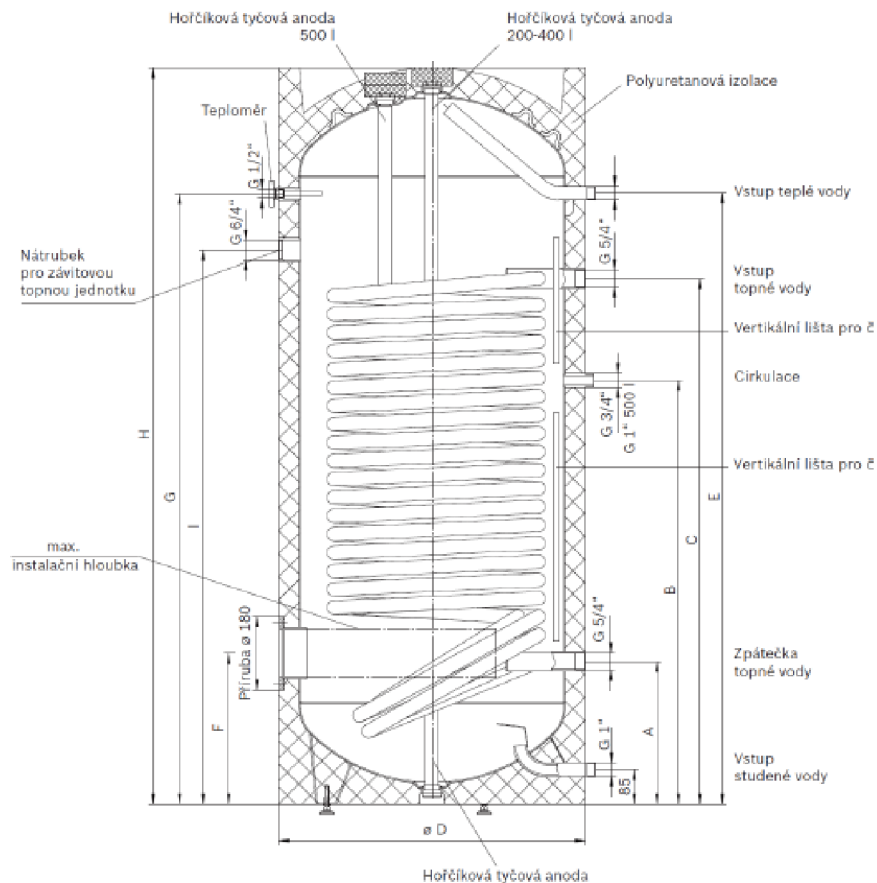
2.6.1.4 Technický list zásobníku TV HRS 300

Technická data

Nepřímotopné vysoce výkonné ohřivače vody
(pro kondenzační kotle)



HRS 200, 300, 400, 500



Typ	Rozměry v mm									Klopná výška mm	Instalační hloubka příruby mm	Přestupní plocha m ²	Hmotnost kg	Objem výměníku l	Instalační hloubka závit. top. jednotky m
	H	D	A	B	C	E	F	G	I						
HRS 200	1295	610	305	780	840	1057	305	1067	960	1450	375	2,5	115	16,2	520
HRS 300	1435	680	320	840	990	1160	345	1156	1050	1595	450	3,5	170	22,6	590
HRS 400	1800	680	320	1000	1260	1525	345	1521	1330	1930	450	5,0	212	32,2	590
HRS 500	1806	760	350	1040	1290	1500	370	1498	1360	1965	530	6,0	254	39,6	670

Tiskové a technické chyby vyhrazeny.

www.projektuj-teplna-cerpadla.cz

Obrázek 35 Technický list zásobníku TV HRS 300 [30]

2.7 Napojení výměníku pro ohřev bazénu

Venkovní bazén je součástí objektu rodinného domu. Bazén bude používán pouze v létě, proto není potřeba navyšovat výkon tepelného čerpadla. Ohřev bazénu má nejnižší prioritu při ohledu na přípravu teplé vody a vytápění. Ohřev vody bazénu bude zajišťovat pouze jedno tepelné čerpadlo. Výkon jednoho tepelného čerpadla nám s přehledem zajistí požadovaný výkon pro ohřev bazénové vody. Řešení je shodné pro obě varianty.

2.7.1.1 Technický list trubkového výměníku BOWMAN Solar 70 Titan pro ohřev bazénové vody

Výměníky tepla pro bazény určené k použití se slunečními kolektory a tepelnými čerpadly

Následující tabulka uvádí teplo přenášené výměníky Bowman při teplotě vody ze slunečních kolektorů nebo tepelného čerpadla 70 °C (158 °F), 60 °C (140 °F) nebo 45 °C (113 °F) pro různé objemy bazénu a teplotu vody v bazénu 30 °C (86 °F).

Type Typ	Pool capacity Objem bazénu		Solar/heat pump water flow Přítok vody kolektorem/ tepelným čerpadlem		Maximum pool water flow Maximální průtok vody v bazénu		Heat transfer Přenos tepla	
	m ²	gal	m ³ /h	l/m	m ³ /h	l/m	kW	BTU
HOT WATER AT 70°C (TEPLÁ VODA PŘI 70 °C)								
5113-3 C/S/T *	50	11000	1.2	20	6.2	104	24	82000
5113-5 C/S/T *	120	26000	3	50	15.0	250	70	240000
5114-5 C/S/T *	180	40000	4.5	76	23.0	380	123	420000
4827-5 C	230	50000	5.7	96	29.0	480	176	600000
HOT WATER AT 60°C (TEPLÁ VODA PŘI 60 °C)								
5113-3 C/S/T *	50	11000	1.2	20	6.2	104	18	61000
5113-5 C/S/T *	120	26000	3	50	15.0	250	52	175000
5114-5 C/S/T *	180	40000	4.5	76	23.0	380	91	310000
4827-5 C	230	50000	5.7	96	29.0	480	131	440000
HOT WATER AT 45°C (TEPLÁ VODA PŘI 45 °C)								
5113-3 C/S/T *	50	11000	1.2	20	6.2	104	9	30000
5113-5 C/S/T *	120	26000	3	50	15.0	250	25	850000
5114-5 C/S/T *	180	40000	4.5	76	23.0	380	45	150000
4827-5 C	230	50000	5.7	96	29.0	480	64	220000

* Add the appropriate suffix indicating tube material when ordering these part numbers (C, S or T).

* Při objednávání dílů s těmito čísly doplňte příslušnou příponu označující materiál trubek (C, S nebo T).

C = Cupronickel
S = Stainless steel
T = Titanium

C = mědiníkl
S = nerezová ocel
T = titan

N.B. Stainless steel heat exchangers should not be used on pools fitted with salt water chlorinators.
Pozn.: výměníky tepla z nerezové oceli se nesmí používat v bazénech vybavených chlorátory slané vody



Obrázek 36 Technický list trubkového výměníku BOWMAN Solar 70 Titan pro ohřev bazénové vody [31]

2.8 Dimenzování a hydraulické seřízení

Dimenzování a hydraulické seřízení je řešeno pouze ve variantě 1. Výpočet byl proveden v Microsoft Excel, tlakové ztráty třením a rychlosti byly vypočteny pomocí programu MultiCalc. Potrubí mezi venkovními jednotkami IVT AIR X130 a vnitřními jednotkami AirBox jsou předizolované potrubí PE-Xa včetně vyhřívacího pásu. Potrubí vedené k výměníku pro ohřev bazénové vody jsou předizolované potrubí PE-Xa včetně vyhřívacího pásu. Potrubí od vnitřních jednotek AirBox směrem do objektu jsou izolované z Cu potrubí. Z rozdělovače-sběrače jsou navrženy 4 větve. Větev V1 nám vytápí obytné místnosti v 1.PP a větev V4 nám vytápí společné prostory v 1.PP včetně fitness. Větev V3 vytápí byt v 1.NP a větev V2 vytápí byt ve 2.NP. Teplotní spád je navržen 55/45 °C.

2.8.1 Sekundární okruh od RS

Tabulka 21 Dimenzování a hydraulické seřízení okruhu od RS

Větev V1, 1.PP, základní okruh, byt												
č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.I (Pa)	$\Sigma \zeta$ (-)	Z (Pa)	Δp_{RV} (Pa)	R.I+Z+ Δp_{RV} (Pa)	Δp_{DIS} (Pa)
Dimenzování základního okruhu větve V1 (k otopné lavici 1.01.1.1)												
1	596	51	5,00	15x1	13	0,11	65,00	7,8	111	750	926	926
Axiální termostatický ventil 425, (6), $\Delta p_{RV} =$										750	926	926
2	1192	102	3,20	15x1	70	0,22	224,00	3,5	85	0	309	1234,89
3	1788	154	5,20	18x1	53	0,22	275,60	3,8	92	0	368	1602
4	2384	205	8,00	18x1	88	0,29	704,00	0,9	38	0	742	2344
5	2980	256	14,90	22x1	45	0,23	670,50	6,4	169	0	840	3184
6	3697	318	11,30	22x1	66	0,28	745,80	4,5	176	0	922	4106,275
7	6678	574	25,40	22x1	185	0,51	4699	29,7	3862	7972	16533	20640
Měřič tepla Sharky 775, DN 20, $\Delta p_{RV} =$										5272	926	926
Regulační ventil přímý DN15, STRÖMAX-GR(6), $\Delta p_{RV} =$										2700	926	926

Větev VI, I.PP, horní část												
č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.I (Pa)	$\Sigma\xi$ (-)	Z (Pa)	Δp_{RV} (Pa)	R.I+Z+ Δp_{RV} (Pa)	Δp_{DIS} (Pa)
Dimenzování úseku k otopné lavici 1.01.1.2												
9	596	51	1,8	15x1	13	0,11	23,40	3,9	94		117	926
Axiální termostatický ventil 425, (6), $\Delta p_{RV} =$										809		Pa
Dimenzování úseku k otopné lavici 1.01.1.3												
10	596	51	1,8	15x1	13	0,11	23,40	4,2	95		119	1235
Axiální termostatický ventil 425, (5), $\Delta p_{RV} =$										1116		Pa
Dimenzování úseku k otopné lavici 1.01.1.4												
11	596	51	1,8	15x1	13	0,11	23,40	4,2	95		119	1602
Axiální termostatický ventil 425, (5), $\Delta p_{RV} =$										1484		Pa
Dimenzování úseku k otopné lavici 1.01.1.5												
12	596	51	7,4	15x1	13	0,11	96,20	6,8	111		207	2344
Axiální termostatický ventil 425, (4), $\Delta p_{RV} =$										2137		Pa
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 1.01.15.1												
13	717	62	6	15x1	29	0,13	174,00	4,5	38		212	3184
14	201	17	11,6	15x1	4	0,04	46,40	13,4	11	0	57	2972,05
Ventil VENTIL KOMPAKT, (1), $\Delta p_{RV} =$										2915		
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 1.01.6A.1												
15	516	44	6	15x1	11	0,09	66,00	10,8	44		110	2972,05
Ventil VENTIL KOMPAKT, (2,5), $\Delta p_{RV} =$										2862		Pa

Větev VI, I.PP, spodní část												
č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.I (Pa)	$\Sigma\xi$ (-)	Z (Pa)	Δp_{RV} (Pa)	R.I+Z+ Δp_{RV} (Pa)	Δp_{DIS} (Pa)
Dimenzování úseku k otopné lavici 1.01.5.1												
16	2981	256	3	22x1	45	0,23	135,00	0,9	24	0	159	4106
17	2540	218	2	22x1	34	0,2	68,00	0,9	18	0	86	3947,47
18	1666	143	9	18x1	47	0,2	423,00	6,4	128	0	551	3861,47
19	954	82	3,2	15x1	47	0,17	150,40	4,8	69	0	220	3310
20	513	44	19,2	15x1	11	0,09	211,20	6,5	81	0	293	3090,71
Axiální termostatický ventil 425, (3), $\Delta p_{RV} =$										2798		
Dimenzování úseku k otopné lavici 1.01.4.1												
21	441	38	15	15x1	10	0,08	150,00	9,1	64		214	3091
Axiální termostatický ventil 425, (3), $\Delta p_{RV} =$										2877		Pa
Dimenzování úseku k otopné lavici 1.01.3.1												
22	441	38	15,6	15x1	10	0,08	156,00	9,1	64		220	3947,47
Axiální termostatický ventil 425, (2), $\Delta p_{RV} =$										3727		Pa
Dimenzování úseku k trubkovému otopnému tělesu 1.01.10.1												
23	712	61	3,2	15x1	28	0,13	89,60	0,9	8	0	97	3310,47
24	356	31	7,2	15x1	8	0,06	57,60	13,4	24	0	82	3213,265
Armatura HM, (1), $\Delta p_{RV} =$										3132		
Dimenzování úseku k trubkovému otopnému tělesu 1.01.10.2												
25	356	31	2,4	15x1	8	0,06	19,20	13,4	24		43	3213
Armatura HM, (1), $\Delta p_{RV} =$										3170		Pa
Dimenzování úseku k trubkovému otopnému tělesu 1.01.8.2												
26	874	75	7,2	15x1	41	0,16	295,20	9,7	124	0	419	3861,47
27	437	38	4,2	15x1	10	0,08	42,00	13,4	43	0	85	3442
Armatura HM, (1), $\Delta p_{RV} =$										3357		
Dimenzování úseku k trubkovému otopnému tělesu 1.01.8.1												
28	437	38	1,4	15x1	10	0,08	14,00	10,8	35		49	3442,11
Armatura HM, (1), $\Delta p_{RV} =$										3394		Pa

Větev V4, 1.PP, základní okruh, společné prostory												
č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.I (Pa)	$\Sigma\xi$ (-)	Z (Pa)	Δp_{RV} (Pa)	R.I+Z+ Δp_{RV} (Pa)	Δp_{DIS} (Pa)
Dimenzování úseku k trubkovému otopnému tělesu 00.01.5.3												
29	390	34	2,6	15x1	9	0,07	23,40	10,8	26	260	310	309,86
Armatura HM, (4), $\Delta p_{RV} =$										260		
30	1052	90	2,6	15x1	56	0,19	145,60	1,2	22	0	167	477
31	1714	147	6	18x1	49	0,21	294,00	0,9	20	0	314	791
32	1990	171	3,2	18x1	64	0,24	204,80	0,9	26	0	231	1022
33	2266	195	14	18x1	80	0,27	1120,00	6,1	222	0	1342	2364
34	2492	214	2,8	18x1	95	0,3	266,00	0,9	41	0	307	2671
35	3245	279	2,8	18x1	151	0,39	422,80	14,1	1072	17349	18844	21515
Měřič tepla Sharky 775, DN 15, $\Delta p_{RV} =$										3544		Pa
Regulační ventil přímý DN15, STRÖMAX-GR(2), $\Delta p_{RV} =$										13805		Pa

Větev V4 1.PP, spodní část												
Dimenzování úseku k otopné lavici 00.01.5.2												
36	662	57	3,4	15x1	25	0,12	85,00	3,9	93		178	309,86
Axiální termostatický ventil 425, (6), $\Delta p_{RV} =$										132		Pa
Dimenzování úseku k otopné lavici 00.01.5.1												
37	662	57	3,4	15x1	25	0,12	85,00	3,9	93		178	477
Axiální termostatický ventil 425, (6), $\Delta p_{RV} =$										299		Pa
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 00.01.5.4												
38	276	24	6	15x1	6	0,05	36,00	10,8	14		50	790,965
Ventil VENTIL KOMPAKT, (3), $\Delta p_{RV} =$										741		Pa
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 00.01.5.5												
39	276	24	6	15x1	6	0,05	36,00	10,8	14		50	1021,685
Ventil VENTIL KOMPAKT, (2,5), $\Delta p_{RV} =$										972		Pa
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 00.01.3.1												
40	226	19	2,6	15x1	2	0,03	5,20	10,8	5		10	2364
Ventil VENTIL KOMPAKT, (1,5), $\Delta p_{RV} =$										2354		Pa

Větev V4 1.PP, horní část												
č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.I (Pa)	$\Sigma\xi$ (-)	Z (Pa)	Δp_{RV} (Pa)	R.I+Z+ Δp_{RV} (Pa)	Δp_{DIS} (Pa)
Dimenzování úseku k otopné lavici 00.01.1.1												
41	753	65	15,2	15x1	31	0,14	471,20	6,4	63	0	534	2671
42	527	45	17,6	15x1	12	0,1	211,20	16	80	0	291	2136,61
Ventil VENTIL KOMPAKT, (4), $\Delta p_{RV} =$										1845		Pa
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 00.01.3.2												
43a	226	19	1,6	15x1	5	0,04	8,00	10,8	9	0	17	2137
Ventil VENTIL KOMPAKT, (2), $\Delta p_{RV} =$										2120		Pa

Větev V3, 1.NP, základní okruh, byt												
č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.I (Pa)	$\Sigma\xi$ (-)	Z (Pa)	Δp_{RV} (Pa)	R.I+Z+ Δp_{RV} (Pa)	Δp_{DIS} (Pa)
Dimenzování základního okruhu větve VI (k otopné lavici 2.1.1.1)												
43b	370	32	19,40	15x1	8	0,07	155,20	11,7	69	285	509	508,865
Axiální termostatický ventil 425, (6), $\Delta p_{RV} =$										285		Pa
44	668	57	4,40	15x1	25	0,12	110,00	4,5	32	0	142	651,265
45	1542	133	10,20	18x1	41	0,19	418,20	10	181	0	599	1249,965
46	2254	194	1,80	18x1	80	0,27	144,00	0,9	33	0	177	1427
47	2552	219	8,00	18x1	99	0,31	792,00	0,9	43	0	835	2262
48	5622	483	36,20	22x1	137	0,43	4959,40	34,9	3227	9953	18139	20401
Měřič tepla Sharky 775, DN 20, $\Delta p_{RV} =$										3733		Pa
Regulační ventil přímý DN15, STRÖMAX-GR(3,5), $\Delta p_{RV} =$										6220		Pa

Větev V3, 1.NP, od stoupačky horní část												
č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.I (Pa)	$\Sigma\xi$ (-)	Z (Pa)	Δp_{RV} (Pa)	R.I+Z+ Δp_{RV} (Pa)	Δp_{DIS} (Pa)
Dimenzování úseku k otopné lavici 2.1.2.1												
49	298	26	13,4	15x1	7	0,05	93,80	9,1	27		121	508,865
Axiální termostatický ventil 425, (5), $\Delta p_{RV} =$										388		Pa
Dimenzování úseku k otopné lavici 2.1.3.1												
50	298	26	18,4	15x1	7	0,05	128,80	9,1	27		156	1427
Axiální termostatický ventil 425, (3), $\Delta p_{RV} =$										1271		Pa
Dimenzování úseku k trubkovému otopnému tělesu 2.1.6.2												
51	874	75	3,6	15x1	41	0,16	147,60	0,9	12	0	159	651,265
52	437	38	4,2	15x1	10	0,08	42,00	16	51	0	93	492
Armatura HM, (4), $\Delta p_{RV} =$										399		
Dimenzování úseku k trubkovému otopnému tělesu 2.1.6.1												
53	437	38	2,2	15x1	10	0,08	22,00	10,8	35		57	492,145
Armatura HM, (4), $\Delta p_{RV} =$										436		
Dimenzování úseku k trubkovému otopnému tělesu 2.1.10.2												
54	712	61	3,6	15x1	28	0,13	100,80	0,9	8	0	108	1249,965
55	356	31	2,2	15x1	8	0,06	17,60	10,8	19	0	37	1141,56
Armatura HM, (1), $\Delta p_{RV} =$										1105		
Dimenzování úseku k trubkovému otopnému tělesu 2.1.10.1												
56	356	31	3	15x1	8	0,06	24,00	13,4	24		48	1141,56
Armatura HM, (1), $\Delta p_{RV} =$										1093		

Větev V3, 1.NP, od stoupačky spodní část												
č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.I (Pa)	$\Sigma\xi$ (-)	Z (Pa)	Δp_{RV} (Pa)	R.I+Z+ Δp_{RV} (Pa)	Δp_{DIS} (Pa)
Dimenzování úseku k otopné lavici 2.1.4.4												
57	3070	264	3,8	22x1	47	0,24	178,60	4,5	130	0	308	2262
58	3648	314	13,4	22x1	37	0,2	495,80	6,1	122	0	618	1954
59	1986	171	5,4	22x1	22	0,15	118,80	0,9	10	0	129	1336
60	1324	114	3,2	18x1	31	0,16	99,20	3,5	45	0	144	1207
61	662	57	5,8	15x1	25	0,12	145,00	6,5	157	0	302	1063
Axiální termostatický ventil 425, (6), $\Delta p_{RV} =$										761		Pa
Dimenzování úseku k otopné lavici 2.1.4.3												
62	662	57	2,8	15x1	25	0,12	70,00	3,9	138		208	1063
Axiální termostatický ventil 425, (6), $\Delta p_{RV} =$										855		Pa
Dimenzování úseku k otopné lavici 2.1.4.2												
63	662	57	2,6	15x1	25	0,12	65,00	3,9	138		203	1207,09
Axiální termostatický ventil 425, (6), $\Delta p_{RV} =$										1004		Pa
Dimenzování úseku k otopné lavici 2.1.4.1												
64	662	57	9,8	15x1	25	0,12	245,00	6,5	157		402	1336,015
Axiální termostatický ventil 425, (6), $\Delta p_{RV} =$										934		Pa
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 2.1.12.1												
65	422	36	13	15x1	9	0,08	117,00	16	51		168	1953,815
Ventil VENTIL KOMPAKT, (4), $\Delta p_{RV} =$										1786		Pa

Větev V2, 2.NP, základní okruh, byt												
č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.I (Pa)	$\Sigma\xi$ (-)	Z (Pa)	Δp_{RV} (Pa)	R.I+Z+ Δp_{RV} (Pa)	Δp_{DIS} (Pa)
Dimenzování základního okruhu větve VI (k otopné lavici 3.2.1.1)												
66	662	57	4,60	15x1	25	0,12	115,00	6,5	147	285	547	547
Axiální termostatický ventil 425, (6), $\Delta p_{RV} =$										285		Pa
67	1324	114	4,80	18x1	31	0,16	148,80	3,8	49	0	197	744,24
68	1986	171	6,20	18x1	64	0,24	396,80	0,9	26	0	423	1167
69	2648	228	17,20	22x1	37	0,2	636,40	6,1	122	0	758	1925
70	3657	314	15,80	22x1	64	0,27	1011,20	7,1	259	0	1270	3195
71	4098	352	2,00	22x1	79	0,32	158,00	0,9	46	0	204	3399,435
72	6710	577	39,20	22x1	186	0,52	7291,20	32,3	4367	8048	19706	23106
Měřič tepla Sharky 775, DN 20, $\Delta p_{RV} =$										5330		Pa
Regulační ventil příný DN15, STRÖMAX-GR(6), $\Delta p_{RV} =$										2718		Pa

Větev V2, 2.NP, od stoupačky horní část												
č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.I (Pa)	$\Sigma \xi$ (-)	Z (Pa)	Δp_{RV} (Pa)	R.I+Z+ Δp_{RV} (Pa)	Δp_{DIS} (Pa)
Dimenzování úseku k otopné lavici 3.2.1.2												
73	622	53	1,6	15x1	14	0,11	22,40	3,9	124		146	546,8
Axiální termostatický ventil 425, (6), $\Delta p_{RV} =$										401		Pa
Dimenzování úseku k otopné lavici 3.2.1.3												
74a	662	57	2,2	15x1	14	0,11	30,80	3,9	124		154	744,24
Axiální termostatický ventil 425, (6), $\Delta p_{RV} =$										590		Pa
Dimenzování úseku k otopné lavici 3.2.1.4												
74b	662	57	7,4	15x1	14	0,11	103,60	6,5	139		243	1167
Axiální termostatický ventil 425, (6), $\Delta p_{RV} =$										924		Pa
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 3.2.6A.1												
75	1009	87	9,2	15x1	52	0,18	478,40	6,1	99		577	1925
76	680	58	3,2	15x1	26	0,12	83,20	10,8	78	0	161	1348
Ventil VENTIL KOMPAKT, (6,5), $\Delta p_{RV} =$										1187		
Dimenzování úseku k otopnému tělesu 3.2.8.1												
77	329	28	2,3	15x1	7	0,06	16,10	10,8	19		36	1348
Ventil VENTIL KOMPAKT, (3), $\Delta p_{RV} =$										1313		Pa
Dimenzování úseku k otopné lavici 3.2.3.1												
78	441	38	20,4	15x1	10	0,08	204,00	9,1	69		273	3195,355
Axiální termostatický ventil 425, (3), $\Delta p_{RV} =$										2922		Pa

Větev V2, 2.NP, od stoupačky spodní část												
č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.I (Pa)	$\Sigma \xi$ (-)	Z (Pa)	Δp_{RV} (Pa)	R.I+Z+ Δp_{RV} (Pa)	Δp_{DIS} (Pa)
Dimenzování úseku k otopné lavici 3.2.5.1												
79	2612	225	2,2	22x1	36	0,2	79,20	1,2	24	0	103	3399
80	1900	163	6,8	18x1	59	0,23	401,20	1,2	32	0	433	3296,235
81	1026	88	4,4	15x1	47	0,19	206,80	7,1	128	0	335	2863,295
82	585	50	20,2	15x1	13	0,11	262,60	11,7	141	0	403	2528
Axiální termostatický ventil 425, (4), $\Delta p_{RV} =$										2125		
Dimenzování úseku k otopné lavici 3.2.4.1												
83	441	38	19,8	15x1	10	0,08	198,00	9,1	89		287	2528
Axiální termostatický ventil 425, (3), $\Delta p_{RV} =$										2241		Pa
Dimenzování úseku k trubkovému otopnému tělesu 3.2.14.2												
84	874	75	5,4	15x1	41	0,16	221,40	3,5	45	0	266	2863
85	437	38	4,6	15x1	10	0,08	46,00	10,8	35	0	81	2597,095
Armatura HM, (1), $\Delta p_{RV} =$										2517		
Dimenzování úseku k trubkovému otopnému tělesu 3.2.14.1												
86	437	38	2	15x1	10	0,08	20,00	10,8	35		55	2597,095
Armatura HM, (1), $\Delta p_{RV} =$										2543		Pa
Dimenzování úseku k trubkovému otopnému tělesu 3.2.11.1												
87	712	61	8,2	15x1	28	0,13	229,60	9,7	82	0	312	3296,235
88	356	31	3,8	15x1	8	0,06	30,40	13,4	24	0	55	2984,67
Armatura HM, (1), $\Delta p_{RV} =$										2930		Pa
Dimenzování úseku k trubkovému otopnému tělesu 3.2.11.2												
89	356	31	3,2	15x1	8	0,06	25,60	0	0		26	2984,67
Armatura HM, (1), $\Delta p_{RV} =$										2959		Pa

2.8.2 Sekundární okruh od taktovací nádoby po RS

Tabulka 22 Dimenzování a hydraulické seřízení sekundárního okruhu od taktovací nádoby po RS

Dimenzování úseku mezi taktovací nádobou a RS (potrubí z Cu)												
č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.I (Pa)	$\Sigma \xi$ (-)	Z (Pa)	Δp_{RV} (Pa)	R.I+Z+ Δp_{RV} (Pa)	Δp_{DIS} (Pa)
Dimenzování úseku mezi taktovací nádobou a RS (potrubí z Cu)												
90		1914	9,2	35x1,5	157	0,66	1444,40	9,8	2109	0	3553	3553

2.8.3 Primární okruh od venkovních jednotek po taktovací nádobu

Tabulka 23 Dimenzování a hydraulické seřízení primárního okruhu od venkovní jednotky po RS

Dimenzování úseku mezi venkovní jednotkou 1. AIR X a vnitřní jednotkou 1. AIRBOX (potrubí z polyethylenu PE-Xa s kyslíkovou bariérou)												
č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.I (Pa)	$\Sigma \xi$ (-)	Z (Pa)	Δp_{RV} (Pa)	R.H+Z+ Δp_{RV} (Pa)	Δp_{DIS} (Pa)
Dimenzování úseku mezi venkovní jednotkou 1. AIR X a vnitřní jednotkou 1. AIRBOX (potrubí z polyethylenu PE-Xa s kyslíkovou bariérou)												
91		2340	54	50x4,6	58	0,48	3132,00	26,4	3005	18000	24137	24137
Kondenzátor, $\Delta p_{RV} =$										18000		
Dimenzování úseku od vnitřní jednotky 1. AIRXBOX k místu odbočky pro ohřev bazénu (potrubí z Cu)												
č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.I (Pa)	$\Sigma \xi$ (-)	Z (Pa)	Δp_{RV} (Pa)	R.H+Z+ Δp_{RV} (Pa)	Δp_{DIS} (Pa)
Dimenzování úseku od vnitřní jednotky 1. AIRXBOX k místu odbočky pro ohřev bazénu (potrubí z Cu)												
92		2340	7	42x1,5	88	0,54	616,00	8,3	1196	3500	5312	5311,618
Filtrball DN40, $\Delta p_{RV} =$										1300		
Ventil 3-cestný směšovací a rozdělovací HERZ, DN32, $\Delta p_{RV} =$										2200		
Dimenzování úseku od odbočky pro ohřev bazénu k místu propojení dvou jednotek (potrubí z Cu)												
č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.I (Pa)	$\Sigma \xi$ (-)	Z (Pa)	Δp_{RV} (Pa)	R.H+Z+ Δp_{RV} (Pa)	Δp_{DIS} (Pa)
Dimenzování úseku od odbočky pro ohřev bazénu k místu propojení dvou jednotek (potrubí z Cu)												
98		2340	7	42x1,5	88	0,54	616,00	5,6	807	32000	33423	33422,682
Regulační ventil šikmý DN25, STRÖMAX FODRV (2), $\Delta p_{RV} =$										32000		
Dimenzování úseku odbočky k bazénovému ohřevu (potrubí z polyethylenu PE-Xa s kyslíkovou bariérou)												
č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.I (Pa)	$\Sigma \xi$ (-)	Z (Pa)	Δp_{RV} (Pa)	R.H+Z+ Δp_{RV} (Pa)	Δp_{DIS} (Pa)
Dimenzování úseku odbočky k bazénovému ohřevu (potrubí z polyethylenu PE-Xa s kyslíkovou bariérou)												
93		2340	58	50x4,6	58	0,48	3364,00	24,4	2777	14600	20741	20741,149
Měřič tepla Sharky 775, DN 40, $\Delta p_{RV} =$										5600		
Bazénový výměník, $\Delta p_{RV} =$										9000		
Dimenzování úseku mezi venkovní jednotkou 2. AIR X a vnitřní jednotkou 2. AIRBOX (potrubí z polyethylenu PE-Xa s kyslíkovou bariérou)												
č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.I (Pa)	$\Sigma \xi$ (-)	Z (Pa)	Δp_{RV} (Pa)	R.H+Z+ Δp_{RV} (Pa)	Δp_{DIS} (Pa)
Dimenzování úseku mezi venkovní jednotkou 2. AIR X a vnitřní jednotkou 2. AIRBOX (potrubí z polyethylenu PE-Xa s kyslíkovou bariérou)												
94		2340	56	50x4,6	58	0,48	3248,00	26,4	3005	18000	24253	24252,785
Kondenzátor, $\Delta p_{RV} =$										18000		
Dimenzování úseku od vnitřní jednotky 2. AIRXBOX k místu propojení dvou jednotek (potrubí z Cu)												
č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.I (Pa)	$\Sigma \xi$ (-)	Z (Pa)	Δp_{RV} (Pa)	R.H+Z+ Δp_{RV} (Pa)	Δp_{DIS} (Pa)
Dimenzování úseku od vnitřní jednotky 2. AIRXBOX k místu propojení dvou jednotek (potrubí z Cu)												
95		2340	7,2	42x1,5	88	0,54	633,60	5,2	749	5700	7083	7083
Filtrball DN40, $\Delta p_{RV} =$										1300		
Ventil 3-cestný směšovací a rozdělovací HERZ, DN32, $\Delta p_{RV} =$										2200		
Ventil 3-cestný směšovací a rozdělovací HERZ, DN32, $\Delta p_{RV} =$										2200		
Dimenzování úseku odbočky k ohřevu TV (potrubí z Cu)												
č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.I (Pa)	$\Sigma \xi$ (-)	Z (Pa)	Δp_{RV} (Pa)	R.H+Z+ Δp_{RV} (Pa)	Δp_{DIS} (Pa)
Dimenzování úseku odbočky k ohřevu TV (potrubí z Cu)												
96		2340	9,4	42x1,5	88	0,54	827,20	10,8	1556	8600	10983	10983
Měřič tepla Sharky 775, DN 40, $\Delta p_{RV} =$										5600		
Zásobník TV HRS 300, $\Delta p_{RV} =$										3000		
Dimenzování úseku od místa propojení dvou jednotek k taktovací nádrži (potrubí z Cu)												
č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.I (Pa)	$\Sigma \xi$ (-)	Z (Pa)	Δp_{RV} (Pa)	R.H+Z+ Δp_{RV} (Pa)	Δp_{DIS} (Pa)
Dimenzování úseku od místa propojení dvou jednotek k taktovací nádrži (potrubí z Cu)												
97		4680	15	54x2	92	0,66	1380,00	17,7	3809	0	5189	5189

2.8.4 Přehled navržených větví V1, V2, V3 a V4

Tabulka 24 Přehled navržených větví V1, V2, V3 a V4

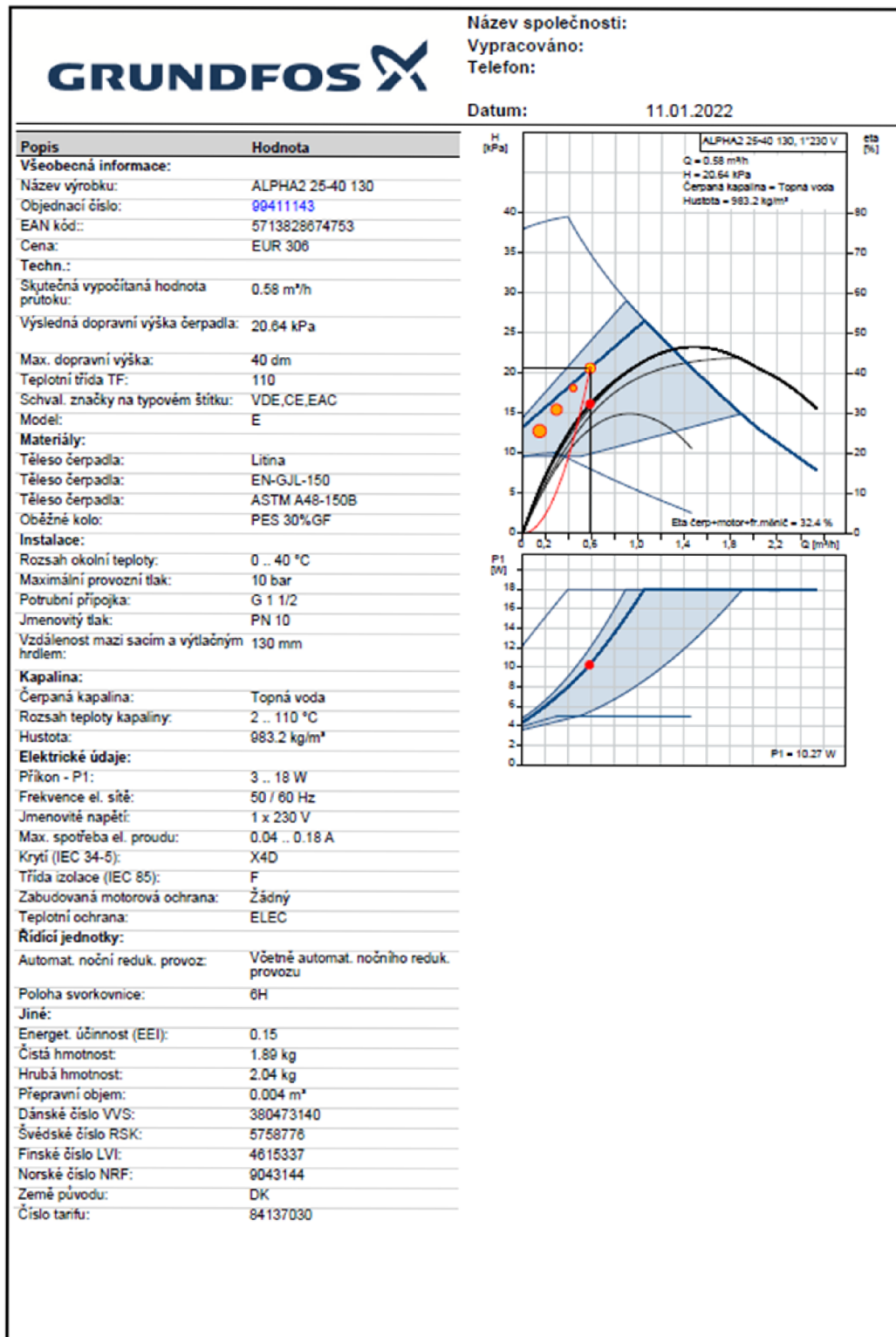
Přehled větví V1, V2, V3 a V4			
větev	M (kg/h)	V (m ³ /h)	Δp_{DIS} (Pa)
V1	574	0,58	20640
V2	577	0,58	23106
V3	483	0,49	20401
V4	279	0,28	21515
úsek pro posouzení oběhového čerpadla	2340	2,37	50190

2.9 Návrh a posouzení oběhových čerpadel

Na větve V1, V2, V3 a V4 jsou navržena oběhová čerpadla od Grundfos. Dále jsou posouzena oběhová čerpadla (Grundfos UPM GEO 25–85 PWM), která se nachází ve vnitřních jednotkách AirBox E 130-170. Pro každou venkovní jednotku IVT AIR X 130 je vždy jedna vnitřní jednotka AirBox E 130-170 a každá tato jednotka obsahuje mimo dalších zařízení oběhové čerpadlo.

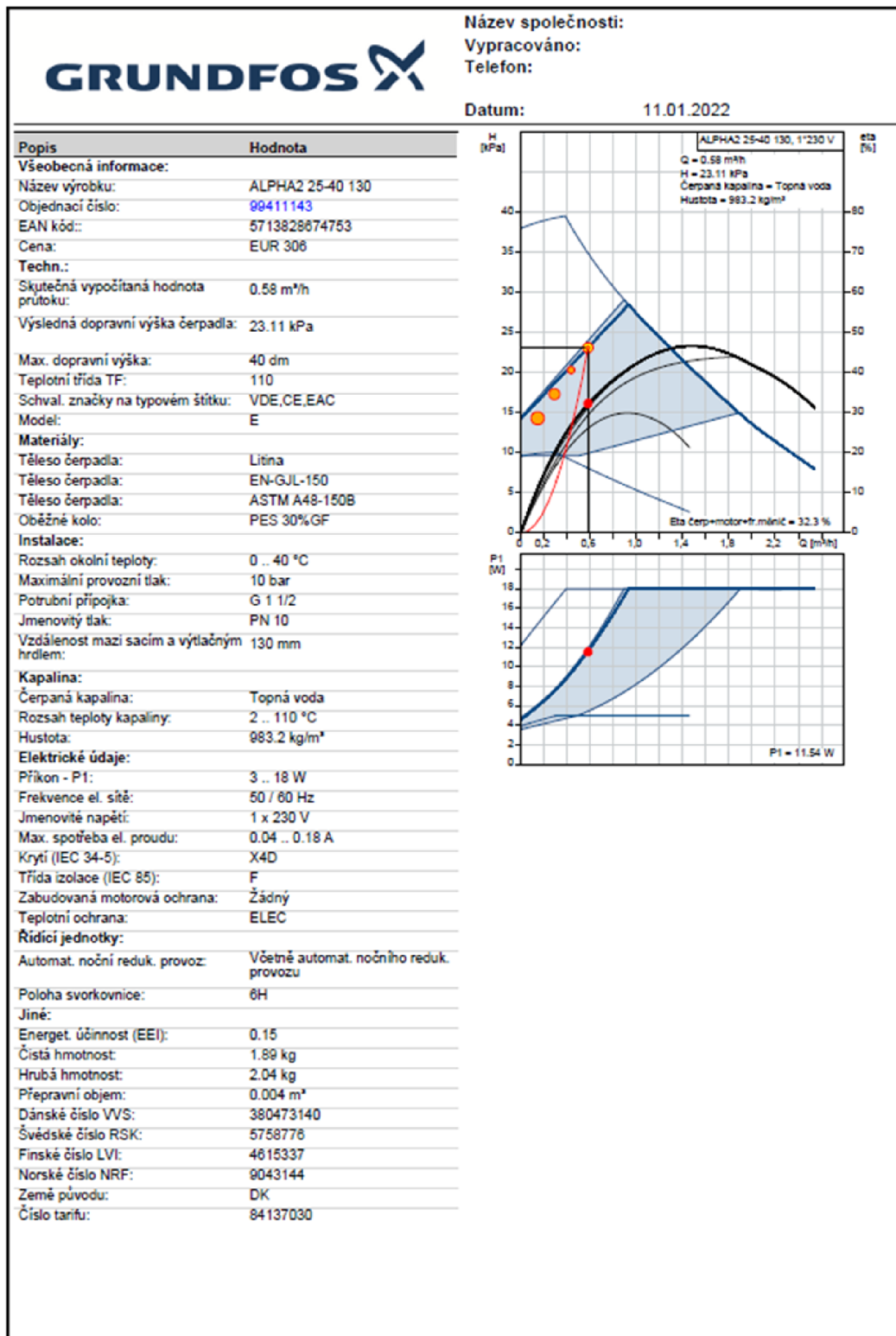
2.9.1 Návrh oběhových čerpadel

2.9.1.1 Navržené oběhové čerpadlo pro větev V1



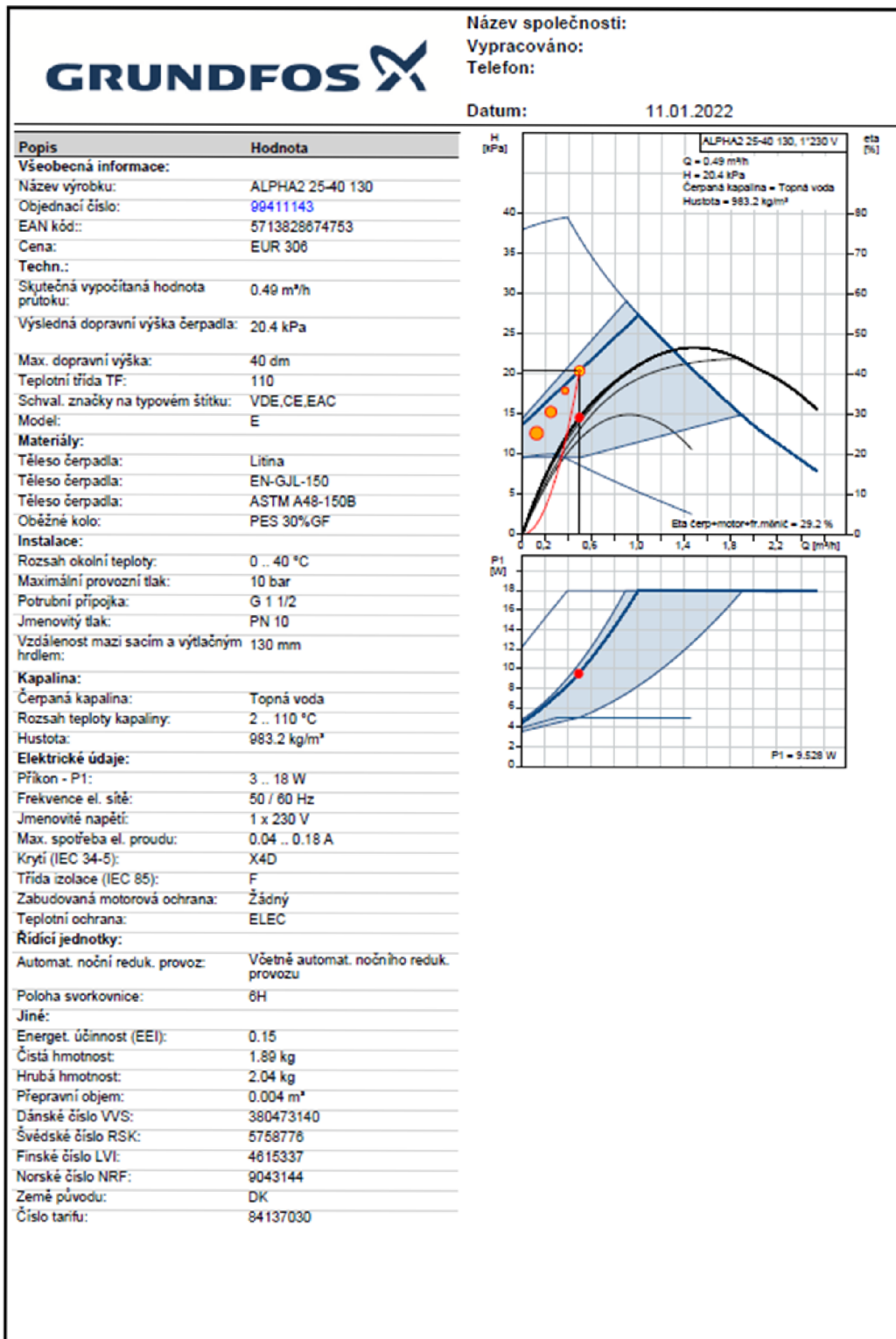
Obrázek 37 Technický list oběhového čerpadla pro větev V1 [32]

2.9.1.2 Navržené oběhové čerpadlo pro větev V2



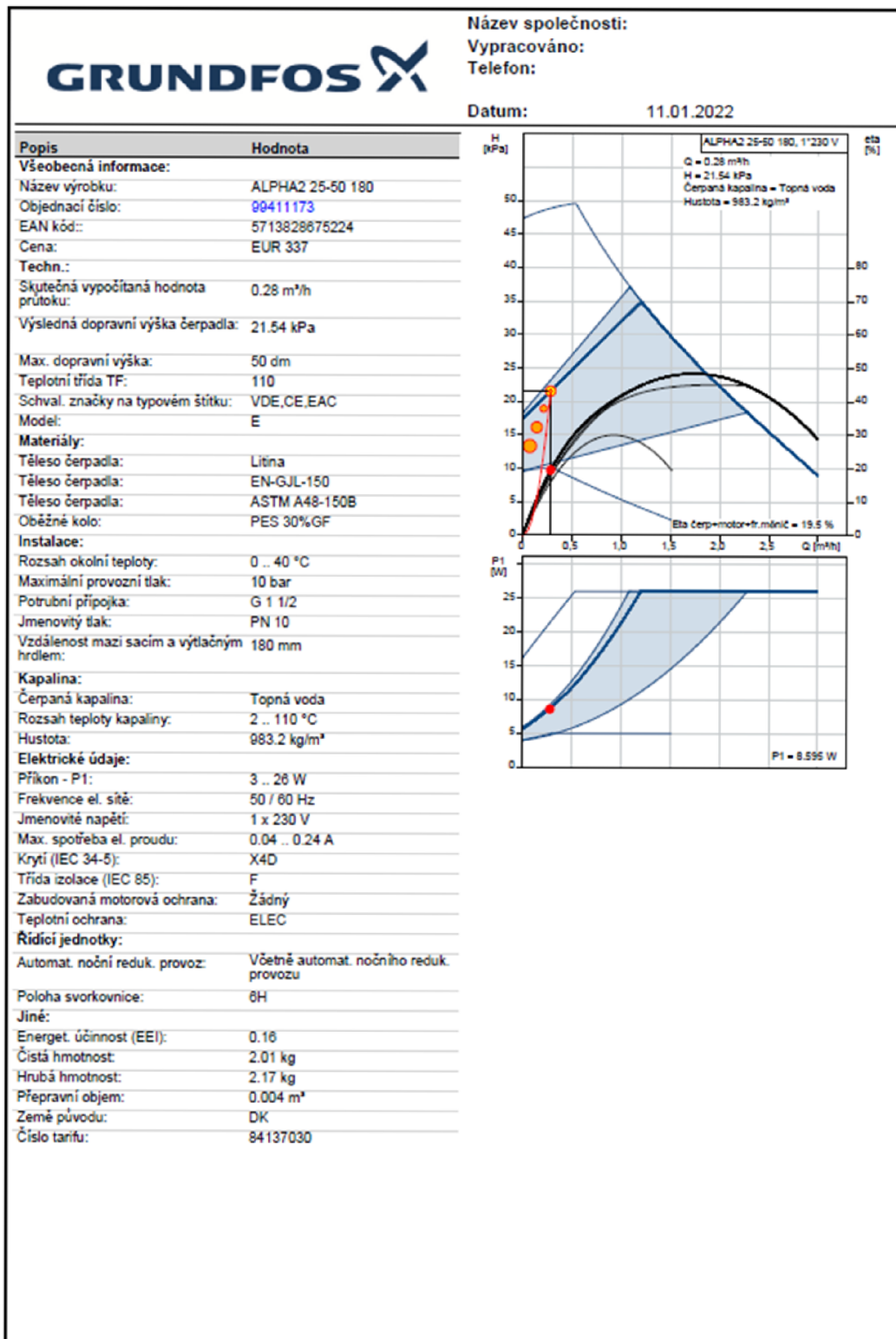
Obrázek 38 Technický list oběhového čerpadla pro větev V2 [32]

2.9.1.3 Navržené oběhové čerpadlo pro větev V3



Obrázek 39 Technický list oběhového čerpadla pro větev V3 [32]

2.9.1.4 Navržené oběhové čerpadlo pro větev V4



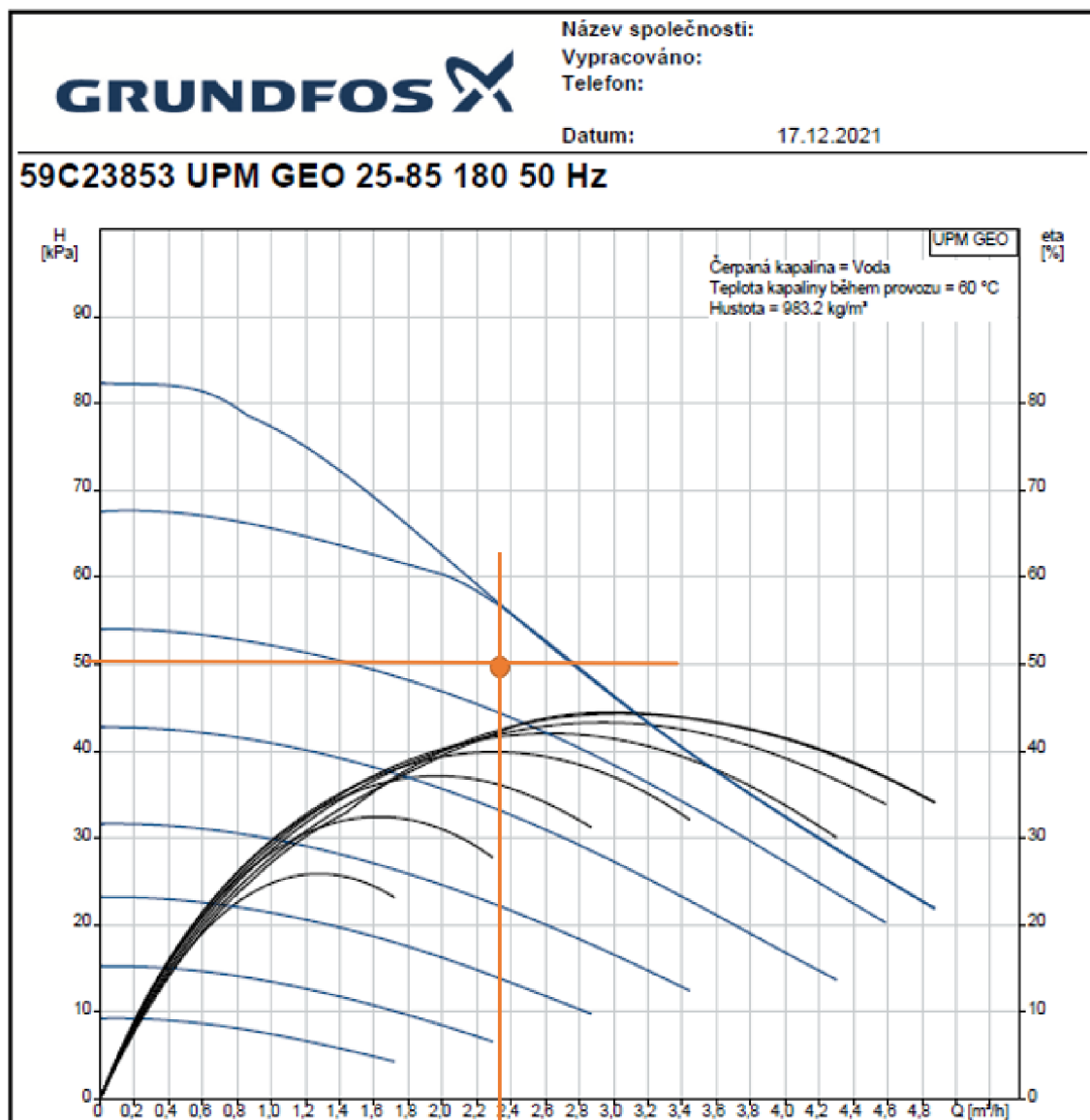
Obrázek 40 Technický list oběhového čerpadla pro větev V4 [32]

2.9.2 Posouzení oběhových čerpadel

Zde posuzují oběhové čerpadlo nacházející se ve vnitřní jednotce na nekritičtější úsek (od venkovní jednotky tepelného čerpadla k bazénovému výměníku), pro tento úsek je určeno jedno oběhové čerpadlo ve vnitřní jednotce, průtok zde činí 2,37 m³/h a tlaková ztráta je 50,1 kPa.

2.9.2.1 Posouzení oběhového čerpadla pomocí grafu

Oběhové čerpadlo vyhoví potřebným požadavkům.



Obrázek 41 Křivky oběhového čerpadla Grundfos UPM GEO 25-85 PWM [33]

2.10 Vyvažovací ventily

Na větvích za rozdělovačem a sběračem jsou osazeny vyvažovací ventily. Dále je osazen vyvažovací ventil na primárním okruhu. Vyvažovací ventily zde slouží k měření průtoku a k případnému škrcení. Návrh je proveden pro variantu 1.

2.10.1 Přehled navržených vyvažovacích ventilů

Tabulka 25 Přehled navržených vyvažovacích ventilů

Poloha	Typ	DN	Kvs [m ³ /h]
větev V1	Regulační ventil přímý, STRÖMAX-GR (6)	15 MF	3,49
větev V2	Regulační ventil přímý, STRÖMAX-GR (6)	15 MF	3,49
větev V3	Regulační ventil přímý, STRÖMAX-GR (3,5)	15 MF	3,49
větev V4	Regulační ventil přímý, STRÖMAX-GR (2)	15 MF	3,49
Primární okruh	Regulační ventil šikmý, STRÖMAX FODRV (2,5)	25	6,5

2.10.1.1 Technický list regulačního ventilu, STRÖMAX-GR

STRÖMAX-GM/GR																																																																																																																																			
Stoupačkový regulační ventil STRÖMAX-GM s měřicími ventilkou Stoupačkový regulační ventil STRÖMAX-GR																																																																																																																																			
								Technický list pro 4217 Vydání CZ 0711																																																																																																																											
								4217 GM STRÖMAX-GM s měřicími ventilkou 4217 GR STRÖMAX-GR bez měřicích ventilků																																																																																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Objednávací číslo</th> <th>DN</th> <th>Rp</th> <th>L</th> <th>L1</th> <th>H</th> <th>SW</th> <th>SW</th> <th>kvs</th> </tr> <tr> <th>4217 GM</th> <th>4217 GR</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th>Hexagon</th> <th>Octagon</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 4217 30</td> <td></td> <td>15 LF</td> <td>1/2</td> <td>100</td> <td>71</td> <td>97</td> <td>27</td> <td>-</td> <td>0,93</td> </tr> <tr> <td>1 4217 31</td> <td></td> <td>15 MF</td> <td>1/2</td> <td>100</td> <td>71</td> <td>97</td> <td>27</td> <td>-</td> <td>3,49</td> </tr> <tr> <td>1 4217 01</td> <td>1 4217 61</td> <td>15</td> <td>1/2</td> <td>100</td> <td>71</td> <td>97</td> <td>27</td> <td>-</td> <td>6,05</td> </tr> <tr> <td>1 4217 32</td> <td>1 4217 62</td> <td>20</td> <td>3/4</td> <td>100</td> <td>71</td> <td>97</td> <td>32</td> <td>-</td> <td>6,11</td> </tr> <tr> <td>1 4217 33</td> <td>1 4217 63</td> <td>25</td> <td>1</td> <td>120</td> <td>71</td> <td>107</td> <td>41</td> <td>-</td> <td>9,22</td> </tr> <tr> <td>1 4217 34</td> <td>1 4217 64</td> <td>32</td> <td>1¼</td> <td>140</td> <td>71</td> <td>112</td> <td>-</td> <td>50</td> <td>18,83</td> </tr> <tr> <td>1 4217 35</td> <td>1 4217 65</td> <td>40</td> <td>1½</td> <td>150</td> <td>71</td> <td>112</td> <td>-</td> <td>55</td> <td>23,29</td> </tr> <tr> <td>1 4217 36</td> <td>1 4217 66</td> <td>50</td> <td>2</td> <td>165</td> <td>110</td> <td>136</td> <td>-</td> <td>70</td> <td>35,26</td> </tr> <tr> <td>1 4217 07</td> <td>1 4217 67</td> <td>65</td> <td>2½</td> <td>190</td> <td>110</td> <td>141</td> <td>-</td> <td>85</td> <td>52,11</td> </tr> <tr> <td>1 4217 08</td> <td>1 4217 68</td> <td>80</td> <td>3</td> <td>210</td> <td>110</td> <td>142</td> <td>-</td> <td>100</td> <td>76,10</td> </tr> </tbody> </table>										Objednávací číslo		DN	Rp	L	L1	H	SW	SW	kvs	4217 GM	4217 GR						Hexagon	Octagon		1 4217 30		15 LF	1/2	100	71	97	27	-	0,93	1 4217 31		15 MF	1/2	100	71	97	27	-	3,49	1 4217 01	1 4217 61	15	1/2	100	71	97	27	-	6,05	1 4217 32	1 4217 62	20	3/4	100	71	97	32	-	6,11	1 4217 33	1 4217 63	25	1	120	71	107	41	-	9,22	1 4217 34	1 4217 64	32	1¼	140	71	112	-	50	18,83	1 4217 35	1 4217 65	40	1½	150	71	112	-	55	23,29	1 4217 36	1 4217 66	50	2	165	110	136	-	70	35,26	1 4217 07	1 4217 67	65	2½	190	110	141	-	85	52,11	1 4217 08	1 4217 68	80	3	210	110	142	-	100	76,10	Montážní rozměry v mm Objednávací čísla	
Objednávací číslo		DN	Rp	L	L1	H	SW	SW	kvs																																																																																																																										
4217 GM	4217 GR						Hexagon	Octagon																																																																																																																											
1 4217 30		15 LF	1/2	100	71	97	27	-	0,93																																																																																																																										
1 4217 31		15 MF	1/2	100	71	97	27	-	3,49																																																																																																																										
1 4217 01	1 4217 61	15	1/2	100	71	97	27	-	6,05																																																																																																																										
1 4217 32	1 4217 62	20	3/4	100	71	97	32	-	6,11																																																																																																																										
1 4217 33	1 4217 63	25	1	120	71	107	41	-	9,22																																																																																																																										
1 4217 34	1 4217 64	32	1¼	140	71	112	-	50	18,83																																																																																																																										
1 4217 35	1 4217 65	40	1½	150	71	112	-	55	23,29																																																																																																																										
1 4217 36	1 4217 66	50	2	165	110	136	-	70	35,26																																																																																																																										
1 4217 07	1 4217 67	65	2½	190	110	141	-	85	52,11																																																																																																																										
1 4217 08	1 4217 68	80	3	210	110	142	-	100	76,10																																																																																																																										
<p>Stoupačkový regulační ventil 4217 GM STRÖMAX-GM s měřicími ventilkou, 1/2–3</p> <p>Přímý, žluté provedení, hrdlo x hrdlo, nestoupající vřeteno, těsnění vřetena dvojitým O-kroužkem, přednastavení ventilu pomocí omezení zdvihu, digitální indikace stupně přednastavení v okénku ručního ovládní. Dva měřicí ventilkou jsou namontovány vedle ručního ovládní. 2 otvory pro vypouštěcí armatury jsou uzavřeny šroubovými zátkami (272).</p>								Provedení STRÖMAX-GM <small>Výrobce si vyhrazuje právo na změny dané technickým vývojem.</small>																																																																																																																											
www.herz.cz																																																																																																																																			
1																																																																																																																																			

Obrázek 42 Technický list regulačního ventilu, STRÖMAX-GR [35]

2.10.1.2 Technický list regulačního ventilu, FODRV

HERZ STRÖMAX 4017 M Stoupačkový regulační ventil s měřicí clonou Regulační ventil pro soustavy se studenou a teplou vodou v budovách		Technický list pro STRÖMAX 4017 M Vydání CZ 0711																																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Č. výrobku</th> <th>DN</th> <th>L1</th> <th>L2</th> <th>H1</th> <th>H2</th> <th>M</th> <th>D</th> <th>kvs</th> <th>Hodnota kv clony</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 4017 11</td> <td>15 LF</td> <td>83</td> <td>129</td> <td>96</td> <td>109</td> <td>25</td> <td>70</td> <td>0,46</td> <td>0,48</td> </tr> <tr> <td>1 4017 21</td> <td>15 MF</td> <td>83</td> <td>129</td> <td>96</td> <td>109</td> <td>25</td> <td>70</td> <td>0,88</td> <td>0,97</td> </tr> <tr> <td>1 4017 01</td> <td>15</td> <td>83</td> <td>129</td> <td>96</td> <td>109</td> <td>25</td> <td>70</td> <td>2,00</td> <td>1,95</td> </tr> <tr> <td>1 4017 02</td> <td>20</td> <td>91</td> <td>135</td> <td>99</td> <td>115</td> <td>25</td> <td>70</td> <td>3,60</td> <td>3,95</td> </tr> <tr> <td>1 4017 03</td> <td>25</td> <td>110</td> <td>146</td> <td>109</td> <td>130</td> <td>25</td> <td>70</td> <td>6,50</td> <td>7,9</td> </tr> <tr> <td>1 4017 04</td> <td>32</td> <td>122</td> <td>159</td> <td>117</td> <td>142</td> <td>25</td> <td>70</td> <td>13,30</td> <td>15,75</td> </tr> <tr> <td>1 4017 05</td> <td>40</td> <td>135</td> <td>178</td> <td>136</td> <td>163</td> <td>25</td> <td>70</td> <td>18,50</td> <td>21,5</td> </tr> <tr> <td>1 4017 06</td> <td>50</td> <td>164</td> <td>197</td> <td>140</td> <td>175</td> <td>25</td> <td>70</td> <td>33,00</td> <td>46,7</td> </tr> </tbody> </table>		Č. výrobku	DN	L1	L2	H1	H2	M	D	kvs	Hodnota kv clony	1 4017 11	15 LF	83	129	96	109	25	70	0,46	0,48	1 4017 21	15 MF	83	129	96	109	25	70	0,88	0,97	1 4017 01	15	83	129	96	109	25	70	2,00	1,95	1 4017 02	20	91	135	99	115	25	70	3,60	3,95	1 4017 03	25	110	146	109	130	25	70	6,50	7,9	1 4017 04	32	122	159	117	142	25	70	13,30	15,75	1 4017 05	40	135	178	136	163	25	70	18,50	21,5	1 4017 06	50	164	197	140	175	25	70	33,00	46,7	Montážní rozměry v mm
Č. výrobku	DN	L1	L2	H1	H2	M	D	kvs	Hodnota kv clony																																																																																			
1 4017 11	15 LF	83	129	96	109	25	70	0,46	0,48																																																																																			
1 4017 21	15 MF	83	129	96	109	25	70	0,88	0,97																																																																																			
1 4017 01	15	83	129	96	109	25	70	2,00	1,95																																																																																			
1 4017 02	20	91	135	99	115	25	70	3,60	3,95																																																																																			
1 4017 03	25	110	146	109	130	25	70	6,50	7,9																																																																																			
1 4017 04	32	122	159	117	142	25	70	13,30	15,75																																																																																			
1 4017 05	40	135	178	136	163	25	70	18,50	21,5																																																																																			
1 4017 06	50	164	197	140	175	25	70	33,00	46,7																																																																																			
<p>Šikmý regulační ventil z mosazi. Všechny kovové díly ve styku s vodou jsou vyrobeny z mosazi odolné proti vyplavování zinku.</p> <p>Ventilové vložky jsou vybaveny nestoupajícím vřetenem.</p> <p>4017 M Strömax 4017 M, stoupačkový regulační ventil s měřicí clonou pro měření tlakové diference šikmý, s měřicími ventilkou.</p> <p>Žluté provedení z mosazi odolné proti vyplavování zinku, vnitřní závit x vnitřní závit, těsnění vřetena dvojitým O-kroužkem, přednastavení omezením zdvihu, číselný ukazovatel stupně přednastavení v okénku ručního ovládání.</p>		Provedení podle normy BS 7350 PN 20 série B																																																																																										
<p>Pro uzavření a regulaci soustav studené a teplé vody v budovách, případně pro hydraulické vyvážení potrubních sítí.</p>		Oblast použití																																																																																										
<p>Ventil se uzavírá otáčením doprava</p> <p>Max. provozní teplota 130 °C při 10 bar Max. provozní tlak 20 bar při 20 °C Max. tlaková diference na uzavřeném sedle 10 bar</p> <p>Jakost topné vody podle ČSN EN 12063, příp. VDI 2035. Při použití svírného šroubení HERZ pro měděné a ocelové trubky je třeba dodržovat přípustné hodnoty teploty a tlaku podle EN 1254-2:1998 a podle tabulky 5. Pro připojení plastových trubek platí maximální provozní teplota 95 °C a max. provozní tlak 10 bar, pokud jsou výrobcem dovoleny. V konopí obsažený čpavek poškozuje těleso mosazného ventilu, těsnění z EPDM působením minerálních olejů, příp. maziv obsahujících minerální oleje nabobtná a vede k selhání těsnění z EPDM. Pro nemrznoucí a protikorozi prostředky na bázi etylenglykolu naleznete odpovídající údaje v podkladech výrobce.</p>		Provozní údaje Výrobce si vyhrazuje právo na změny dané technickým vývojem.																																																																																										

www.herz.cz



1

Obrázek 43 Technický list regulačního ventilu STRÖMAX FODRV [45]

2.11 Trojcestné ventily

Při zapojení zásobníku TV je vždy nutné doplnit třícestný přepínací ventil VCO, který se před každým požadavkem na ohřev TV přepne do zkratu na max 10 min. Topná voda se při zkratu nahřívá a je vpuštěna pomocí přepínacího trojcestného ventilu VW1 do zásobníku TV, tehdy až při zkratu dosáhne požadované teploty. Trojcestný ventil VC1 slouží pro přepnutí do režimu ohřevu bazénu. Návrh je proveden pro variantu 1.

2.11.1 Přehled navržených trojcestných ventilů

Tabulka 26 Přehled navržených trojcestných ventilů

Označení	Typ	DN	Kvs [m ³ /h]
VCO	Ventil 3-cestný směšovací a rozdělovací HERZ	32	16
VW1	Ventil 3-cestný směšovací a rozdělovací HERZ	32	16
VC1	Ventil 3-cestný směšovací a rozdělovací HERZ	32	16

2.11.1.1 Technický list trojcestného směšovacího a rozdělovacího ventilu HERZ

HERZ - 3-CESTNÝ VENTIL

Zmiešavací a rozdeľovací

Technický podklad pre
4037

Vydanie 0711

Montážne rozmery v mm

Objednávkové číslo	Dimenzia	G	a	c	L	H	$\Delta p \text{ max}^*$	kvs (m ³ /h)
1 4037 15	1/2"	G 1 B	50	32	100	117	6	4
1 4037 20	3/4"	G 1 1/4 B	50	33	100	118	5	6,3
1 4037 25	1"	G 1 1/2 B	55	36	110	126	4	10
1 4037 32	1 1/4"	G 2 B	60	38	120	133	3,7	16
1 4037 40	1 1/2"	G 2 1/4 B	70	48	130	153	2,7	25
1 4037 50	2"	G 2 3/4 B	75	54	150	164	1,8	40

* pri použití senovohonu 1 7712 50

3 cestný ventil s vonkajším závitom cylindrický podľa normy ISO 228/1, trieda B plocho tesniaci, pripojky rúr sa musia objednať osobitne, vreteno z ušľachtilej ocele, ventilový kužel z mosadze s tesniacim krúžkom zosilneným sklenenou vatou, zátky s mosadze s EPDM o krúžkom, puzdro z mosadze oc 754 S. V porovnaní s bežne zabudovanými zmiešavačmi má osadenie zmiešavacieho ventilu 4037 tú výhodu, že nemá žiadne utesňovacie hrany a preto sa nemôže opotrebovať a nemôže vykazovať netesnosť. Aj po dlhoročnom užívaní zostane objem presakovanej vody na veľmi nízkej úrovni.

Vyhotovenie

Max. prevádzková teplota: - 5° + 130 °C
 Max. prevádzkový tlak: 16 bar / 130 °C do DN 32
 16 bar / 110 °C pre DN 40 a DN 50
 Pri teplotách < 0°C odporúčame použitie ohrievania upchávkou, pri teplotách > 100 °C odporúčame použitie adaptéra teploty.
 Charakteristika ventilu: lineárna
 Miera presakovania: - regulačná vetva < 0,02 % z hodnoty kvs
 - primiešavacia vetva 1 % z hodnoty kvs
 Armatúry sú vhodné pre zmes vody a etylénglykolu s obsahom etylénglykolu 15-45%.
 Kvalita vody podľa normy ÖNORM H 5195 a VDI 2035.

Prevádzkové údaje

Vyhradzujeme si právo na zmeny dané technickým pokrokom.

HERZ spol. s r.o., Šustekova 16, P.O.BOX 8, 850 05 Bratislava 55
 Tel.: 02/6241 1909, 6241 1910, 6241 1914 • Fax: 02/6241 1925
 GSM: 0907/799 550 • www.herz.eu • e-mail: info@herz.eu

1

Obrázek 44 Technický list trojcestného směšovacího a rozdělovacího ventilu HERZ [34]

2.12 Návrh měřiče tepla

Navrhuji ultrazvukový kompaktní měřič tepla Sharky 775. Tento měřič tepla bude umístěn na každé větvi vedoucí z rozdělovače a sběrače (V1, V2, V3, V4), na větvi TV a na větvi pro ohřev bazénu. Návrh je proveden pro variantu 1.

2.12.1 Přehled použitých měřičů tepla

Tabulka 27 Přehled použitých měřičů tepla

Umístění	Typ	DN	Kvs [m ³ /h]
větev V1	Měřič tepla Sharky 775	20	2,5
větev V2	Měřič tepla Sharky 775	20	2,5
větev V3	Měřič tepla Sharky 775	20	2,5
větev V4	Měřič tepla Sharky 775	15	1,5
TV	Měřič tepla Sharky 775	40	10
Ohřev bazénu	Měřič tepla Sharky 775	40	10

2.12.1.1 Technický list měřiče tepla Sharky 775

KOMPAKTNÍ MĚŘIČ TEPLA ULTRAZVUKOVÝ Sharky 775

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

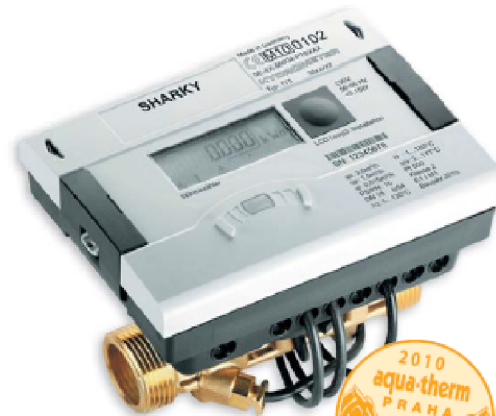
Základní charakteristika:

- schválení podle MID pro dynamický rozsah 1:250 ve třídě 2
- pro jmenovité průtoky od 0,6 m³/h do 60 m³/h a teploty až do 150 °C
- teplotní čidla Pt500 nebo Pt100
- PN25 pro všechny dimenze
- napájení: bateriové / síťové 230 V AC nebo 24 V AC
- extrémně nízká spotřeba, dlouhá životnost baterie (až 16 let)
- odolnost vůči zanášení nečistotami
- modulární koncepce: integrovaný rádiod modul, M-Bus, RS-232, RS-485, analogový výstup 4–20 mA, impulsní vstupy a výstupy

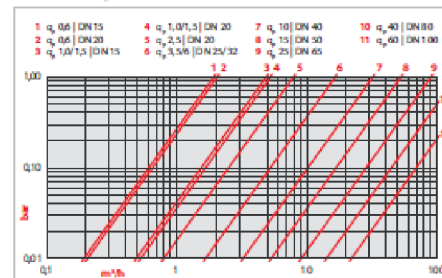
Kalorimetrická část měřiče je již ve standardním provedení vybavena rádiod modulem vysílajícím v pásmu 868 MHz volitelně protokolem Real Data nebo Open Metering a optickým rozhraním. V případě potřeby lze kalorimetrickou část oddělit od průtokoměru a instalovat obě části odděleně. U dimenzí DN 15 a DN 20 může být jedno z teplověrných čidel instalováno přímo v těle průtokoměru.

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

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



Křivka tlakových ztrát



EWT - HYDROMETER

		Sharky 775										
Jmenovitá světlost	DN	mm	15	15	20	25	25	40	50	65	80	100
Jmenovitý průtok	q _n	m ³ /h	0,6	1,5	2,5	3,5	6	10	15	25	40	60/100
Stavební délka		mm	110	110	130	260	260	300	270	300	300	360
Závít		inch	3/4	3/4	1	3/4	3/4	2	příruba	příruba	příruba	příruba
Rozběhový průtok		l/h	1	2,5	4	7	7	20	40	50	80	120
Maximální průtok		m ³ /h	1,2	3	5	7	12	20	30	50	80	120
PN		bar	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Max. teplota (měřič tepla)		°C	130	130	130	150	150	150	150	150	150	150



ENBRA, a.s. www.enbra.cz

Měřiče tepla

Obrázek 45 Technický list měřiče tepla Sharky 775 [36]

2.13 Návrh dalších zařízení technické místnosti

Návrh je prováděn pro variantu 1.

2.13.1 Návrh taktovací nádoby

Tato nádoba neslouží k akumulaci tepla, je v ní stejná teplota jako je právě potřebná pro otopný systém. Nádoba nám hydraulicky odděluje soustavu od primárního okruhu. Zajišťuje dostatek tepla pro odmrazování výparníku pomocí reverzace systému. Objem topné vody v taktovací nádobě má vliv na četnost spínání kompresoru a na rychlost reakce topného systému na změnu venkovní teploty. Proto by taktovací nádoba neměla mít příliš velký ani malý objem.

Objem taktovací nádoby je doporučen od výrobce tepelných čerpadel IVT AIR X navrhovat na 20 l / kW 40 % výkonu při podmínkách 7/35°C. U kaskády tepelných čerpadel se počítá s výkonem pouze jednoho tepelného čerpadla.

Tabulka 28 Návrh taktovací nádoby

Topný výkon při 7°C / 35°C 40 %	5,1	[kW]
Doporučený objem taktovací nádoby	102	[l]

Navrhuji akumulátor IVT BC 100/3 o objemu 100 l pouze pro vytápění.

2.13.1.1 Technický list akumulátoru IVT

Akumulátory IVT

- Vhodné pro kombinaci s tepelnými čerpadly
- 4-trubkové připojení (vyjma BC 040/3)
- Nutné pro systémy s kolísajícím průtokem topné vody nebo připojení k VZT
- Doporučená velikost akumulátoru 10–20 l/kW tepelného čerpadla
- Nehodí se jako akumulátor chladu! (BC 120 je možné použít)
- Na vyžádání možno dodat s maximálním tlakem 6 bar (BC 500/6, BC 750/6)
- Dodávané včetně izolace a opláštění (BC 040 bez opláštění)



AKUMULÁTORY IVT		BC 040/3	BC 100/3	BC 120/3	BC 300/3	BC 500/3	BC 750/3
Objem	l	40	100	120	300	500	750
Šířka/hloubka	mm	Ø 326	Ø 400	Ø 580	600	700	Ø 980
Výška	mm	610	1545	800	1600	1700	1830
Připojení topné vody		1" vnější	1" vnější	1" vnější	3/4" vnější	2" vnější	2" vnější
Jímka čidla / připojení termostatu	mm	—	Ø 9	Ø 9	3/4" vnější	3/4" vnější	3/4" vnější
Vypouštění		—	—	1/2" vnější	KK DN20	3/4" vnější	3/4" vnější
Maximální dovolený tlak	bar	3	3	3	3	3	3
Připojení elektropatrony		—	—	—	—	2" vnější	2" vnější
Vhodné i pro chlazení		NE	NE	ANO	NE	NE	NE
Hmotnost bez vody	kg	15	47	60	77	120	140

Volitelné příslušenství akumulátoru:

- Elektropatrona 6 nebo 9 kW

Obrázek 46 Technický list akumulátoru IVT [21]

2.13.2 Návrh rozdělovače a sběrače

Pro rozdělení okruhů na čtyři větve o celkovém průtoku 1,94 m³/h navrhují kombinovaný rozdělovač a sběrač modulu 100 se čtyřmi výstupními větvemi. RS kombi modulu 100 je pro maximální průtok 10 m³/h, maximální výkon 250 kW. Výšku hrdel volím 150 mm, rozteče mezi hrdly budou 200 mm.

2.13.2.1 Technický list RS kombi

TABULKA UVÁDÍ POUZE ORIENTAČNÍ VÝKONOVÉ PARAMETRY! VŽDY ZÁLEŽÍ NA ROZMÍSTĚNÍ HRDELI								
Q _{max} = [m ³ /hod]	6	10	15	23	42	65	95	130
do výkonu [kW] při Δt=20	120	250	350	550	1000	1500	2100	3000
MODUL	80	100	120	150	200	250	300	350
Průtok. průřez komor S _p (m ²)	0,0019	0,0028	0,0040	0,0070	0,0114	0,0176	0,0271	0,0380
Max. délka (m)	1,5	2,0	3,0					

Těla všech RS KOMBI standardně PN 0,6 MPa, teplota 110 °C

Obrázek 47 Technický list RS [37]

2.14 Návrh zabezpečovacích prvků

Návrh je prováděn pro variantu 1.

2.14.1 Návrh expanzní nádoby

2.14.1.1 Objem vody v soustavě

2.14.1.2 Objem vody v potrubí

Tabulka 29 Objem vody v potrubí

DN	Objem v l [m] potrubí [l/m]	Délka potrubí [m]	Celkový objem [l]
15x1	0,133	410	55
18x1	0,201	92	18
22x1	0,314	226	71
35x1,5	0,804	9	7
42x1,5	1,195	24	28
50x4,6	1,307	183	239
Σ [l]			419

2.14.1.3 Objem vody v otopných plochách

Tabulka 30 Objem vody v otopných plochách

Typ otopného tělesa	Počet [-]	Výkon [W]	Objem, desková tělesa [10l/kW], trubková tělesa [8l/kW], otopné lavice v [l]	Celkový objem [l]
10 VK-500/700	3	201	2,01	6,03
20 VK-500/1100	2	580	5,80	11,60
20 VK-500/700	3	276	2,76	8,28
20 VK-500/900	1	422	4,22	4,22
21 VK-500/1100	1	680	6,80	6,80
K.L.C.-M-1500/600	7	356	2,85	19,94
K.L.C.-M-1820/600	6	437	3,50	20,98
Typ otopné lavice	Počet [-]	-	objem na kus [l]	celkem objem [l]
LKX-110/30/18	5	-	1,00	4,99
LKX-80/30/18	4	-	0,73	2,90
LKX-90/30/18	1	-	0,82	0,82
LKX-120/30/18	10	-	1,09	10,90
LKX-70/30/18	1	-	0,64	0,64
LKX-100/30/18	1	-	0,91	0,91
LKX-60/30/18	2	-	0,55	1,09
Σ [l]				100,08

2.14.1.4 Objem vody v ostatních zařízeních

Tabulka 31 Objem vody v ostatních zařízeních

Typ zařízení	Počet [-]	Objem [l]	Objem celkem [l]
Tepelné čerpadlo	2	4	8
Rozdělovač a sběrač	1	0,16	0,16
Taktovací nádoba	1	100	100
Σ [l]			108

2.14.1.5 Objem vody v soustavě celkem

Tabulka 32 Objem vody v soustavě celkem

Objem vody v soustavě V_0 [l]	627
---------------------------------	-----

2.14.1.6 Expanzní objem

$$V_e = 1,3 \cdot V_0 \cdot n$$

Tabulka 33 Expanzní objem

Maximální teplota otopné vody	t_{max}	62 [°C]
Minimální teplota otopné vody	t_{min}	10 [°C]
Rozdíl t_{max} a t_{min}	Δt_m	52 [°C]
Koeficient tepelné roztažnosti	n	0,018 [-]
Expanzní objem	V_e	14,67 [l]

2.14.1.7 Nejnižší dovolený a pracovní přetlak soustavy

$$p_{dov} \geq 1,1 \cdot h \cdot \rho \cdot g$$

Tabulka 34 Nejnižší dovolený a pracovní přetlak soustavy

Výška vodního sloupce mezi neutrálním bodem a nejvyšším bodem soustavy	h	7,5 [m]
Hustota vody	ρ	1000 [kg/m ³]
Gravitační konstanta	g	10 [N/kg]
Nejnižší dovolený přetlak soustavy	$P_{d,dov}$	82,5 [kPa]
Nejnižší provozní přetlak soustavy	P_d	100 [kPa]

2.14.1.8 Nejvyšší dovolený a pracovní přetlak soustavy

$$p_{hdov} \leq p_k + (hMR \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3})$$

Tabulka 35 Nejvyšší dovolený a pracovní přetlak soustavy

Výšková vzdálenost zařízení s nejmenším p_k od manometrické roviny (+) směrem nahoru, (-) směrem dolů	hMR	-0,6	[m]
Minimum z konstrukčních přetlaků všech komponent soustavy	p_k	250	[kPa]
Nejvyšší dovolený přetlak soustavy	$p_{h,dov}$	244	[kPa]
Nejvyšší provozní přetlak soustavy	p_h	190	[kPa]

2.14.1.9 Předběžný expanzní objem nádoby s membránou či vláknem

$$V_{exp} = \frac{V_e \cdot (p_h + 100)}{p_h - p_d}$$

Tabulka 36 Předběžný objem nádoby s membránou či vláknem

Předběžný expanzní objem nádoby s membránou či vláknem	V_{exp}	47,28	[l]
Skutečný objem expanzní nádoby s membránou či vláknem	V_{skut}	51	[l]
Vypočtený provozní přetlak soustavy ze skutečného objemu expanzní nádoby	p_{hskut}	180,78	[kPa]

Součástí vnitřních jednotek IVT AirBox E 130-170 jsou dvě expanzní nádoby, každá má objem 8 l, dohromady mají expanzní nádoby objem 16 l a to nám nestačí na celou otopnou soustavu. Navrhuji membránovou expanzní nádobu NG 35/6 o objemu 35 l.

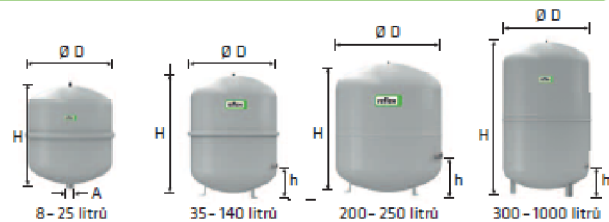
2.14.1.10 Technický list expanzní nádoby Reflex NG 35/6

Membránové expanzní nádoby

Technická data Reflex

Reflex NG, N

- pro uzavřené soustavy topení a chlazení
- závitové připojení
- od 35 litrů stojaté provedení
- membrána podle DIN EN 13831
- přípustná teplota 70 °C
- koncentrace glykolu max 30 %
- schválení podle směrnice pro tlaková zařízení 97/23/EG



6 bar	Typ *	Obj. číslo	Počet	Hmotnost	Ø D	H	h	A	Přetlak plynu
	6 bar/120 °C	šedá	na paletě	(kg)	(mm)	(mm)	(mm)		(bar)
	NG 8/6	8230100 7230107	96	1,6	206	285	-	R ¾	1,5
	NG 12/6	8240100 7240107	72	2,4	280	275	-	R ¾	1,5
	NG 18/6	8250100 7250107	56	3,4	280	345	-	R ¾	1,5
	NG 25/6	8260100 7260107	42	4,2	280	465	-	R ¾	1,5
	NG 35/6	8270100 7270107	24	4,8	354	460	130	R ¾	1,5
	NG 50/6	8001011 7001100	24	5,7	409	493	175	R ¾	1,5
	NG 80/6	8001211 7001300	12	8,7	480	565	175	R 1	1,5
	NG 100/6	8001411 7001500	10	11,4	480	670	175	R 1	1,5
	NG 140/6	8001611 7001700	6	13,1	480	912	175	R 1	1,5
6 bar	N 200/6	8213300 -	4	22,0	634	758	205	R 1	1,5
	N 250/6	8214300 -	4	24,7	634	888	205	R 1	1,5
	N 300/6	8215300 -	-	27,0	634	1092	235	R 1	1,5
	N 400/6	8218000 -	-	47,0	740	1102	245	R 1	1,5
	N 500/6	8218300 -	-	52,0	740	1321	245	R 1	1,5
	N 600/6	8218400 -	-	66,0	740	1531	245	R 1	1,5
	N 800/6	8218500 -	-	96,0	740	1996	245	R 1	1,5
	N 1000/6	8218600 -	-	118,0	740	2406	245	R 1	1,5

* V_s jmenovitý objem v litrech / tlak

* pro soustavy s maximální teplotou výstupní větve 120 °C

Obrázek 48 Technický list expanzní nádoby Reflex NG 35/6 [44]

2.14.1.11 Průměr expanzního potrubí

$$d_p = 10 + 0,6 \cdot Q_p^{0,5}$$

Tabulka 37 Průměr expanzního potrubí

Výkon zdrojů tepla 20°C/55°C		
100%	Q _p	33 [kW]
Vnitřní průměr potrubí	d _p	13,45 [mm]
Navrženo potrubí DN 15		

2.14.2 Posouzení pojistného ventilu

Součástí vnitřních jednotek IVT AirBox E 130-170 jsou pojistné ventily DN 15, 1/2" x 3/4" o otevíracím přetlaku 200kPa. Rozměry pojistných ventilů vyhoví dle výpočtového programu na tzb info.

2.15 Návrh tepelných izolací potrubí

Návrh izolace potrubí je proveden dle online výpočtového programu na tzb info: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/44-vypocet-tepelne-ztraty-potrubí-s-izolací>

Součinitel prostupu tepla izolovaného potrubí:

$$U_o = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_i \cdot (d - 2 \cdot s_t)} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_t} \cdot \ln \frac{d}{d - 2 \cdot s_t} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln \frac{D}{d} + \frac{1}{\alpha_e \cdot D}} \quad [\text{W/mK}]$$

Obrázek 49 Součinitel prostupu tepla izolovaného potrubí

λ_t součinitel tepelné vodivosti materiálu potrubí [W/m·K]

d vnější průměr potrubí [mm]

s_t tloušťka stěny potrubí [mm]

λ_{iz} součinitel tepelné vodivosti materiálu izolace [W/m·K]

D průměr potrubí s tloušťkou izolace [mm]

s_{iz} tloušťka izolace [mm]

α_e součinitel přestupu tepla na vnějším povrchu [W/m²·K]

Vyhláška č. 193/2007 stanovuje (s určitými výjimkami) povinnost opatřit rozvody pro vytápění a TUV tepelnou izolací a definuje tzv. "Určující součinitele prostupu tepla" v závislosti na DN izolovaných rozvodů.

Určující součinitele prostupu tepla pro vnitřní rozvody

DN [mm]	U_o [W / m K]
DN 10 - DN 15	0.15
DN 20 - DN 32	0.18
DN 40 - DN 65	0.27
DN 80 - DN 125	0.34
DN 150 - DN 200	0.40

Obrázek 50 Určující součinitele prostupu tepla pro vnitřní rozvody

2.15.1 Souhrn návrhu tepelných izolací potrubí

Tabulka 38 Souhrn návrhu tepelných izolací potrubí

Rozměr potrubí	Typ izolace	Tloušťka izolace [mm]	Vypočítaný součinitel prostupu tepla	Určující součinitel prostupu tepla	posouzení
-	-	d [mm]	U_o [W/m ² .K]	U_o [W/m ² .K]	-
Měděné potrubí vedené v podlaze, možnost snížení tl. izolace na polovinu.					
15x1	MIRELON (PRO)	6	0,298	0,3	vyhoví
18x1	MIRELON (PRO)	9	0,289	0,3	vyhoví
22x1	MIRELON (PRO)	9	0,331	0,36	vyhoví
Měděné potrubí vedené podél zdi, v šachtě a pod stropem.					
18x1	ROCKWOOL PIPO ALS	30	0,148	0,15	vyhoví
22x1	ROCKWOOL PIPO ALS	30	0,164	0,18	vyhoví
35x1,5	ROCKWOOL PIPO ALS	50	0,164	0,18	vyhoví
42x1,5	ROCKWOOL PIPO ALS	30	0,24	0,27	vyhoví

2.15.1.1 Návrh tepelných izolací mezi venkovními a vnitřními jednotkami

Předizolované potrubí 50x4,6 PE-Xa z polyethylenu s kyslíkovou bariérou včetně vyhřívacího pásu je navrženo na úsek mezi venkovní a vnitřní jednotkou tepelného čerpadla vzduch-voda a na úsek vedený k bazénovému výměníku. Potrubí je vedeno v izolovaném instalačním kanále.

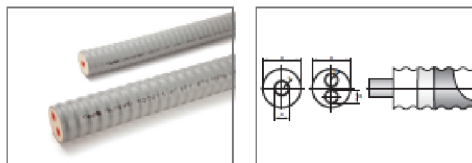
2.15.1.2 Technický list předizolovaného potrubí RAUTHERMEX SDR 11

5.1 PŘEDIZOLOVANÉ POTRUBÍ RAUTHERMEX PRO ROZVODY TOPENÍ A VODY

Potrubí RAUTHERMEX SDR 11

Vnější opláštění ve světle šedé barvě pro rozvody topné vody
Použití do max. 95 °C a 6 bar, skládá se z: potrubí ze zesíleného polyethylenu (PE-Xa) dle DIN 16892/93 s oranžově zbarvenou protikyslíkovou bariérou (EVOH) dle DIN 4726, izolace z kontinuálně vyrobené, FCKW-neobsahující a flexibilní polyuretanové tvrdé pěny, vnější ochranný plášť z PE-LLD, u rozměru 160/250 je vnější plášť hladký z HD-PE.

Balení potrubí v kotočích.



UNO potrubí, SDR 11 (vnější opláštění: světle šedé)

Č. výr.	Typ	d	s	D	Hmotnost kg/m	max. délka v kotočích [m] 2,8 x 1,2	Cena Kč/m
1352161	1001 25/91	25	2,3	93	1,28	570	590,00
1352171	1001 32/91	32	2,9	93	1,38	570	690,00
1352181	1001 40/91	40	3,7	93	1,48	570	790,00
1352191	1001 50/111	50	4,6	113	2,11	400	1 030,00
1352201	1001 63/126	63	5,8	128	2,86	305	1 410,00
1352211	1001 75/162	75	6,8	163	4,37	150	1 880,00
1352221	1001 90/162	90	8,2	163	5,02	150	2 240,00
1352231	1001 110/162*)	110	10,0	163	5,78	150	2 520,00
1352241	1002 125/182*)	125	11,4	184	7,20	86	3 220,00
1303867	1001 140/202*)	140	12,7	202	8,38	75	5 590,00
1352251	1001 160/250**) **)	160	14,6	250	14,14		7 010,00

*) Od dimenze ≥ 110 mm namazat trubku v oblasti násuvné objímky mazadlem.

**) Výroba na zakázku.

DUO potrubí, SDR 11 (vnější opláštění: světle šedé)

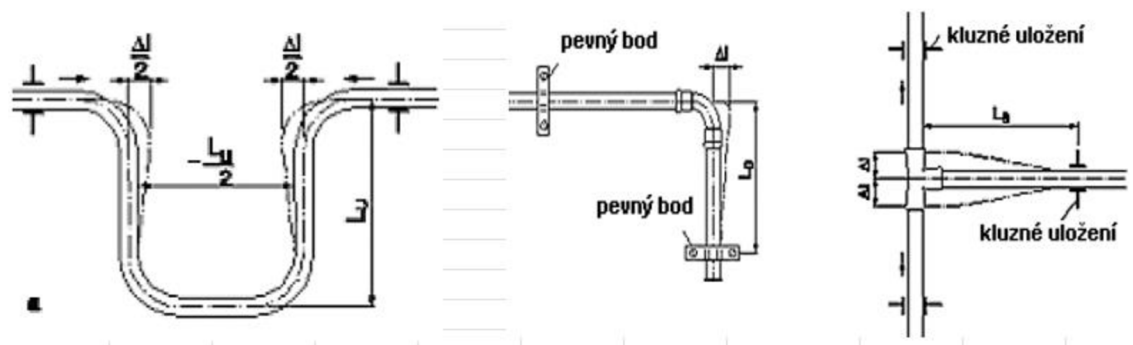
Č. výr.	Typ	2 x d	2 x s	D	Hmotnost kg/m	max. délka v kotočích [m] 2,8 x 1,2	Cena Kč/m
1352261	1001 25+25/111	25	2,3	113	1,85	400	940,00
1352271	1001 32+32/111	32	2,9	113	2,11	400	1 100,00
1352281	1001 40+40/126	40	3,7	128	2,75	305	1 345,00
1352291	1001 50+50/162	50	4,6	163	4,25	150	1 920,00
1352301	1001 63+63/182	63	5,8	184	5,45	86	2 830,00
1356671	1001 75+75/202	75	6,8	202	6,70	75	3 650,00

Obrázek 51 Technický list předizolovaného potrubí RAUTHERMEX SDR 11 [39]

2.16 Kompenzace délkové roztažnosti potrubí

Při rozdílu teploty látky v potrubí a teploty okolního vzduchu potrubí mění svoji délku (dilatuje). Tepelná dilatace bude řešena návrhem kompenzačních tvarů. Kompenzace může být řešena změnou trasy potrubí ve tvaru U a L. V projektu je řešena kompenzace změnou trasy. Ověřena byla délka kompenzačního ramene LB. Délka kompenzačního ramene LB je ve všech posuzovaných úsecích dostačující.

2.16.1 Návrh volné délky kompenzačního ramene výpočtem



Obrázek 52 Kompenzační tvary [40]

2.16.1.1 Výpočet prodloužení ΔL vlivem délkové změny

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

ΔL vypočítané prodloužení [mm]

L původní délka úseku před změnou [m]

α koeficient délkové teplotní roztažnosti [$\text{mm} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$] (tabulka podle materiálu potrubí)

ΔT teplotní rozdíl ($T_{\text{max}} - T_{\text{min}}$) [$^{\circ}\text{C}$]

2.16.1.2 Volná délka kompenzačního ramene LU a LB

$$LU = K \cdot \sqrt{D_b \cdot \Delta L}$$

$$LB = K \cdot \sqrt{D_b \cdot \Delta L}$$

$$K = \sqrt{\frac{1,5 \cdot E}{\sigma}}$$

- LU volná délka kompenzačního ramene LU [mm]
- LB volná délka kompenzačního ramene LB [mm]
- K materiálová konstanta [-]
- Db vnější průměr potrubí [mm]
- ΔL vypočítané prodloužení potrubí [mm]
- E modul pružnosti materiálu potrubí [MPa] (tabulka podle materiálu potrubí)
- σ maximální dovolené napětí materiálu potrubí [MPa] (tabulka podle materiálu potrubí)

2.16.1.3 Rozměry kompenzačních tvarů L

Tabulka 39 Rozměry kompenzačních tvarů L

úsek	L	α	ΔT	ΔL	E	σ	K	Db	LU, LB
[-]	[m]	[mm·m- 1·K-1]	(Tmax- Tmin) [K]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm]	[mm]
1 v 1.PP	15,7	0,017	50	13,35	120000	60	54,77	22	938,49
2 v 1.NP	13,8	0,017	50	11,73	120000	60	54,77	22	879,87
3 v 2.NP	11,2	0,017	50	9,52	120000	60	54,77	22	792,67

2.17 Výpočet poměrů spotřeby tepla a elektřiny tepelným čerpadlem a bivalentním zdrojem - varianta 1

Výpočet je proveden denostupňovou metodou dle výpočtového programu v Microsoft Excelu od výrobce tepelných čerpadel IVT Air X.

Tabulka 40 Výpočet poměrů spotřeby tepla a elektřiny tepelným čerpadlem a bivalentním zdrojem (varianta 1) [43]

Zákazník	XXXXXX	Hodnoty požadovaných výkonů objektu	
Kód příležitosti CRM (povinné)	XXXXXX	Tepelná ztráta domu	19,6 kW
<i>Bez evidence příležitosti v CRM není použití této nabídky povoleno</i>		Výkon pro VZT	0,0 kW
		Technologie a ostatní	0,0 kW
		Výkon pro přípravu TV	3,3 kW
		Q _{tv} TV (vypočítaný)	0,0 kW
		Špičkový na výkon zdroje	19,6 kW
		<i>POZN: Pokud nejsou známy hodnoty ztrát, výkonů technologií a přípravy TV, níže jsou pomocné výpočty pro jejich rychlý odhad</i>	
Lokalita stavby			
Lokalita projektu	Brno		
Venkovní výpočtová teplota	-12 °C		
Střední teplota vnitřního vzduchu	19 °C		
Délka otopného období	232 dnů		

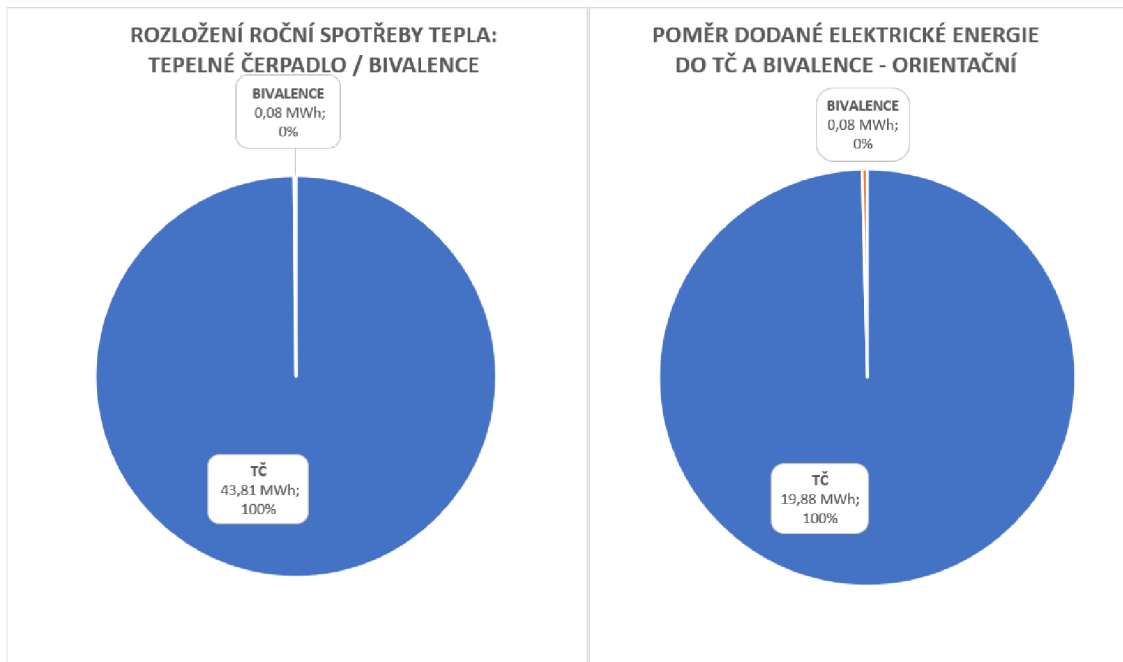
Volba zdroje tepla	
Tepelné čerpadlo	Air X 130
Počet TČ v kaskádě	2
Topný systém	Radiátorový s teplotou 55°C

Výsledné výkony TČ a bivalence	
Výkon TČ při -12 °C	17,1 kW
Výkon bivalence při -12°C	2,5 kW
Bivalentní bod	-9 °C

Roční dodávka tepla TČ a bivalentním zdrojem	
Dodané teplo TČ	43,81 MWh ; 99,8 %
Dodané teplo bivalencí	0,08 MWh ; 0,2 %

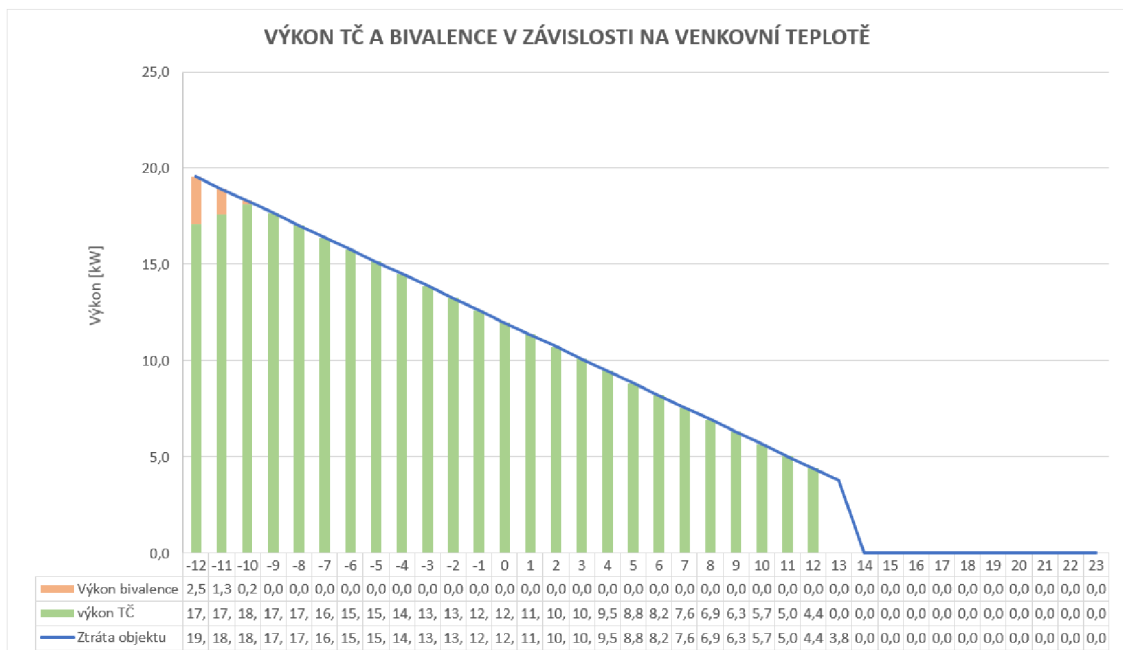
Roční spotřeba el. energie TČ a bivalentního zdroje	
Spotřeba elektřiny TČ	19,88 MWh ; 99,6 %
Spotřeba elektřiny bivalencí	0,08 MWh ; 0,4 %

2.17.1 Rozložení roční spotřeby tepla a poměr dodané elektrické energie do tepelného čerpadla



Obrázek 53 Rozložení roční spotřeby tepla a poměr dodané elektrické energie do tepelného čerpadla (varianta 1) [43]

2.17.2 Výkon tepelného čerpadla a bivalence v závislosti na venkovní teplotě



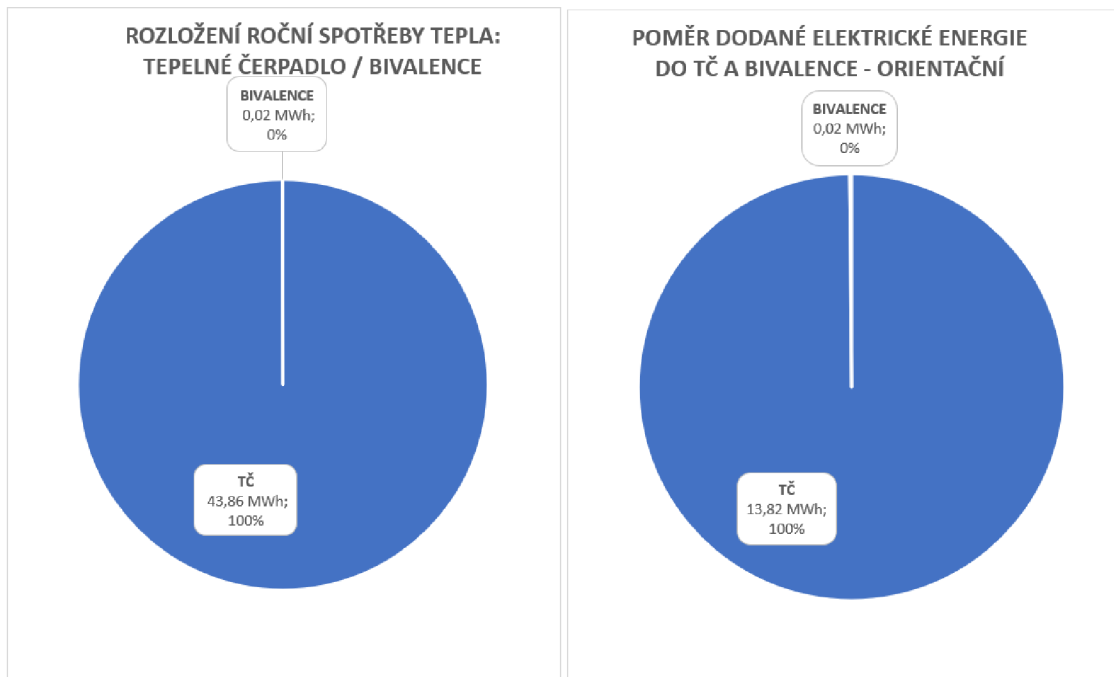
Obrázek 54 Výkon tepelného čerpadla a bivalence v závislosti na venkovní teplotě (varianta1) [43]

2.18 Výpočet poměrů spotřeby tepla a elektřiny tepelným čerpadlem a bivalentním zdrojem - varianta 2

Tabulka 41 Výpočet poměrů spotřeby tepla a elektřiny tepelným čerpadlem a bivalentním zdrojem (varianta 2) [43]

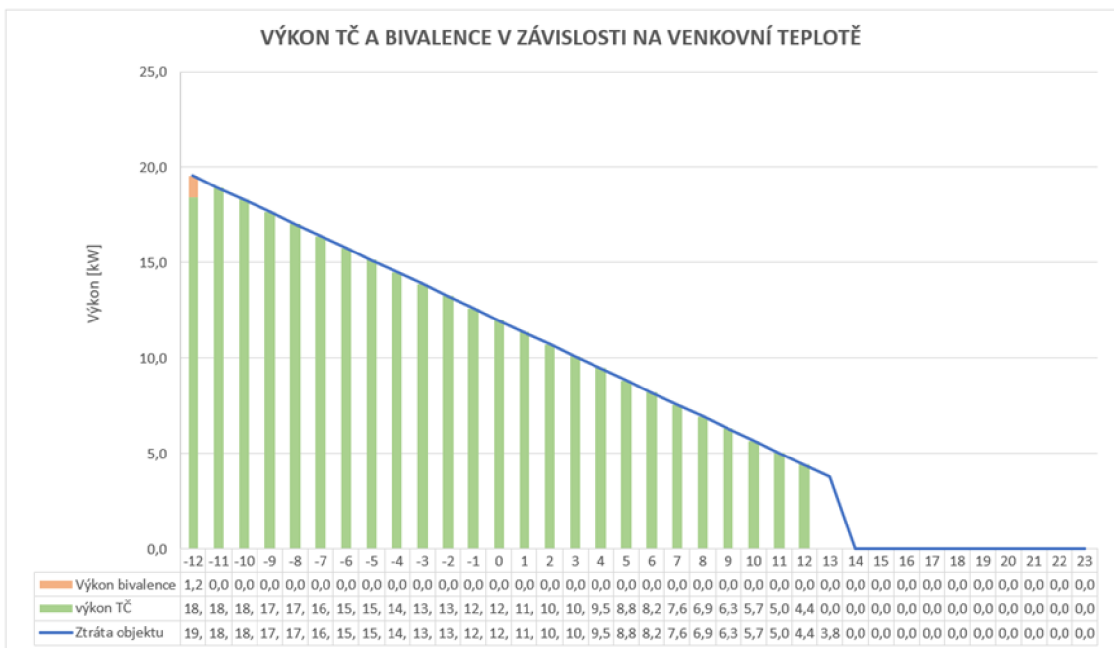
Zákazník	Viktor Topič	Hodnoty požadovaných výkonů objektu	
Kód příležitosti CRM (povinné)	XXXXXX	Tepelná ztráta domu	19,6 kW
Bez evidence příležitosti v CRM není použítí této nabídky povoleno		Výkon pro VZT	0,0 kW
Lokalita stavby		Technologie a ostatní	0,0 kW
Lokalita projektu	Brno	Výkon pro přípravu TV	3,3 kW
Venkovní výpočtová teplota	-12 °C	Q _{tv} TV (vypočítaný)	0,0 kW
Střední teplota vnitřního vzduchu	19 °C	Špičkový na výkon zdroje	19,6 kW
Délka otopného období	232 dnů	<i>POZN: Pokud nejsou známy hodnoty ztrát, výkonů technologií a přípravy TV, níže jsou pomocné výpočty pro jejich rychlý odhad</i>	
Volba zdroje tepla			
Tepelné čerpadlo	Air X 130		
Počet TČ v kaskádě	2		
Topný systém	Podlahový s teplotou 35°C		
Výsledné výkony TČ a bivalence			
Výkon TČ při -12 °C	18,4 kW		
Výkon bivalence při -12°C	1,2 kW		
Bivalentní bod	-11 °C		
Roční dodávka tepla TČ a bivalentním zdrojem			
Dodané teplo TČ	43,86 MWh ; 99,9%		
Dodané teplo bivalencí	0,02 MWh ; 0,1 %		
Roční spotřeba el. energie TČ a bivalentního zdroje			
Spotřeba elektřiny TČ	13,82 MWh ; 99,8%		
Spotřeba elektřiny bivalencí	0,02 MWh ; 0,2 %		

2.18.1 Rozložení roční spotřeby tepla a poměr dodané elektrické energie do tepelného čerpadla



Obrázek 55 Rozložení roční spotřeby tepla a poměr dodané elektrické energie do tepelného čerpadla (varianta 2) [43]

2.18.2 Výkon tepelného čerpadla a bivalence v závislosti na venkovní teplotě



Obrázek 56 Výkon tepelného čerpadla a bivalence v závislosti na venkovní teplotě (varianta 2) [43]

2.19 Technická zpráva

2.19.1 Úvod

2.19.1.1 Účel a funkce zařízení

Projekt řeší přípravu teplé vody, ohřev bazénové vody a dvě varianty návrhu vytápění pomocí tepelných čerpadel vzduch-voda v objektu rodinného domu Révova. V první variantě je navrženo vytápění pomocí otopných lavic, deskových otopných těles, trubkových otopných těles a elektrických přímotopných těles o vyšším teplotním spádu 55/45 °C. V druhé variantě je řešeno vytápění pomocí podlahového vytápění a elektrických přímotopných těles o nižším teplotním spádu 35/30 °C. Pro obě varianty je navržena kaskáda dvou tepelných čerpadel vzduch-voda IVT AIRX130. Pro přípravu teplé vody je navržen zásobník TV HRS 300. Ohřev bazénové vody je řešen pomocí trubkového výměníku. Projekt je zpracován v rozsahu DSP.

2.19.1.2 Výchozí podklady

Výchozími podklady pro projekt jsou stavební výkresy, hygienické předpisy, ČSN a legislativa oboru vytápění.

2.19.1.3 Použité předpisy a technické normy

Nařízení vlády č.361/2007 Sb. ze dne 28. prosince 2007, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci v platném znění

Vyhl. 193/2007- kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu

Nařízení vlády č.272/2011 Sb o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací

Vyhláška 237/2014 - kterou se mění vyhláška č.194/2007 Sb., kterou se stanoví pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody, měrné ukazatele spotřeby tepelné energie pro vytápění a pro přípravu teplé vody a požadavky na vybavení vnitřních tepelných zařízení budov přístroji regulujícími dodávku tepelné energie konečným spotřebitelům-

ČSN EN 12828 - Tepelné soustavy v budovách – Navrhování teplovodních tepelných soustav

ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Požadavky
 ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin
 ČSN EN 12 831-1 – Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu
 ČSN 06 0310 – Tepelné soustavy v budovách – Projektování a montáž
 ČSN 06 0320 – Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody
 ČSN 06 1101 – Otopná tělesa pro ústřední vytápění
 ČSN 06 0830 – Tepelné soustavy v budovách – Zabezpečovací zařízení
 ČSN 73 0802 – Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty
 ČSN 73 0810 – Požární bezpečnost staveb – Společná ustanovení
 Zákon č. 185/2001 Sb. – Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů
 Vyhláška č. 499/2006 Sb. – Vyhláška o dokumentaci staveb

2.19.1.4 Výpočtové hodnoty klimatických poměrů

Místo:	Brno, Révova
Nadmořská výška:	237,000 m n. m.
Výpočtová venkovní teplota:	-12 °C
Počet dnů v otopném období:	232 dnů
Průměrná teplota v otopném období:	3,6 °C

2.19.1.5 Návrhové parametry vnitřního prostředí pro profesi vytápění

Koupelny	24 °C
Obývací pokoj + jídelna + KK a fitness	22 °C
Pokoje, Ložnice a šatny	20 °C
Chodby, haly, WC, předsíně, šatny v chodbách	18 °C
Zádveří, sklady, chodby ve společných prostorech, technická místnost	15 °C
Bazénové hospodářství	10 °C

2.19.1.6 Tepelně technické parametry konstrukcí

Tabulka 42 Tepelně technické parametry konstrukcí

OZN	NÁZEV	U [W/(m ² ·K)]
SO1	OBVODOVÁ STĚNA NOSNÁ K VENKOVNÍMU PROSTŘEDÍ (tl.250mm)	0,127
SO2	OBVODOVÁ STĚNA NOSNÁ PŘILEHLÁ K ZEMINĚ (tl.300mm)	0,232
SN1	VNITŘNÍ STĚNA NOSNÁ (tl.250mm)	0,824
SN2	VNITŘNÍ STĚNA (tl.200mm)	0,916
SN3	VNITŘNÍ STĚNA (tl.175mm)	1,096
SN4	VNITŘNÍ STĚNA (tl.140mm)	1,195
SN5	VNITŘNÍ STĚNA (tl.115mm)	1,347
PDL1	PODLAHA KOMUNIKAČNÍ PLOCHY NA TERÉNU V ÚROVNI 2.PP	0,419
PDL2	PODLAHA KOMUNIKAČNÍ A OBYTNÉ PLOCHY NA TERÉNU V ÚROVNI 1.PP	0,243
PDL3	PODLAHA HYGIENICKÉ PLOCHY BYTŮ NA TERÉNU V ÚROVNI 1.PP	0,213
PDL4	PODLAHA KOMUNIKAČNÍ PLOCHY SPOLEČNĚ NA TERÉNU V ÚROVNI 1.PP	0,213
PDL8	PODLAHA DOMÁCÍ POSILOVNA NA TERÉNU V ÚROVNI 1.PP	0,237
PDL5	PODLAHA KOMUNIKAČNÍ A OBYTNÉ PLOCHY V ÚROVNI 1.NP A 2.NP	0,479
PDL6	PODLAHA HYGIENICKÉ PLOCHY BYTŮ V ÚROVNI 1.NP A 2.NP	0,524
PDL7	PODLAHA KOMUNIKAČNÍ PLOCHY SPOLEČNĚ V ÚROVNI 1.NP A 2.NP	0,524
SCH1	ZELENÁ STŘECHA NAD 2.NP	0,110
SCH2	STŘEŠNÍ TERASA 1.NP	0,136
DO	VENKOVNÍ DVEŘE	0,940
DN	VNITŘNÍ DVEŘE	2,000
OJDX	OKNO, TROJSKLO	1,050

2.19.1.7 Tepelné ztráty objektu

Tabulka 43 Přehled tepelných ztrát objektu

Legenda		Σ budovy	[kW]
φVmi	-	návrhová tepelná ztráta místnosti větráním	φVm 3,58
φHLmi	-	celkový návrhový tepelný výkon budovy	φHLm 19,55
φTmi	-	návrhová tepelná ztráta místnosti prostupem tepla	φTm 15,96

2.19.1.8 Spotřeba tepla a elektřiny

První varianta s otopnými lavicemi a tělesy o teplotním spádu 55/45 °C má roční spotřebu elektrické energie 19,88 MWh a dodané teplo tepelným čerpadlem za rok je 43,81 MWh. Průměrný topný faktor se pohybuje kolem hodnoty 2,2.

Druhá varianta s podlahovým vytápěním o teplotním spádu 35/30 °C má roční spotřebu elektrické energie 13,82 Mwh a dodané teplo tepelným čerpadlem za rok je 43,86 Mwh. Topný faktor se zde pohybuje kolem hodnoty 3,17.

2.19.2 Technické řešení

2.19.2.1 Zdroj tepla

Pro variantu 1 a variantu 2 je navržena kaskáda dvou tepelných čerpadel vzduch-voda IVT AIRX130. Pro variantu 1 byl zvolen teplotní spád dle doporučení výrobce 55/45 °C a pro variantu 2 byl zvolen teplotní spád 35/30 °C. Součástí tepelných čerpadel vzduch-voda jsou dvě vnitřní jednotky IVT AirBox E130-170, každá z nich obsahuje bivalentní zdroj tepla (elektrokotel) až o výkonu 9 kW. Dále součástí vnitřních jednotek je pojišťovací ventil, expanzní nádoba a oběhové čerpadlo. Součástí příslušenství je FILTRBALL a teplotní čidla. Maximální výkon jednoho tepelného čerpadla IVT AIRX130 vzduch-voda při podmínkách 20/35 °C je 17,69 kW a při podmínkách -12/35 °C činí 9 kW. Maximální výkon jednoho tepelného čerpadla IVT AIRX130 vzduch-voda při 20/55 °C je 16,37 kW a při -12/55 °C 8,5 kW.

Odvod kondenzátu od venkovních jednotek je odváděn do vnitřní kanalizace. Odvod kondenzátu je vyhříván elektrickým topným kabelem proti zamrznutí. Součástí venkovních jednotek bude protihlukový kryt.

Odmrazování výparníku je zajištěno reverzním chodem pomocí čtyřcestného ventilu. Venkovní jednotky jsou chráněny proti zamrznutí trvalým chodem oběhových čerpadel, které se nachází ve vnitřních jednotkách. V případě poruchy tepelného čerpadla vzduch-voda je objekt nouzově vytápěn elektrokotlem a oběhové čerpadlo i v tomto provozu přivádí vodu do kondenzátoru a chrání ho tak před zamrznutím. Pro případ delšího výpadku elektrické energie bude potrubí spádované do prostoru vnějších jednotek, kde budou osazeny vypouštěcí kohouty, které umožní kondenzátor a potrubí v nouzi vypustit.

2.19.2.2 Taktovací nádoba

Součástí zařízení technické místnosti je navržena taktovací nádoba IVT BC 100/3 o objemu 100 l. Tato nádoba neslouží k akumulaci tepla, je v ní stejná teplota jako je právě pro otopný systém. Nádoba nám hydraulicky odděluje soustavu od primárního okruhu.

Zajišťuje dostatek tepla pro odmrazování výparníku pomocí reverzace systému. Objem vody v taktovací nádobě má vliv na četnost spínání kompresoru a na rychlost reakce topného systému na změnu venkovní teploty.

2.19.2.3 Příprava TV a ohřev bazénu

Pro přípravu TV je navržen zásobník TV HRS 300 se šnekovým výměníkem o objemu 300 l a teplosměnné ploše 3,5 m².

Součástí rodinného domu je venkovní bazén. Bazén bude mít pouze sezónní využití přes léto. Výkon jednoho tepelného čerpadla nám s přehledem zajistí požadovaný výkon pro ohřev bazénové vody.

2.19.2.4 Expanzní nádoba a pojistný ventil

Součástí vnitřních jednotek IVT AirBox E 130-170 jsou dvě expanzní nádoby, každá má objem 8 l, dohromady mají expanzní nádoby objem 16 l a to nám nestačí na celou otopnou soustavu. Navrhují membránovou expanzní nádobu NG 35/6 o objemu 35 l. Pojistné ventily DN 15 1/2" x 3/4" o otevíracím přetlaku 200 kPa nám vyhoví.

2.19.2.5 Úprava vody a její doplňování

Návrh úpravy vody a její doplňování řeší projekt ZTI.

2.19.3 Technické řešení otopné soustavy - varianta 1

2.19.3.1 Popis otopné soustavy

Otopná soustava je dvoutrubková, teplovodní a s nuceným oběhem vody. Teplotní spád pro otopnou soustavu je navržen 55/45 °C. V technické místnosti je umístěn rozdělovač a sběrač. Z rozdělovače a sběrače jsou navrženy čtyři větve. Větev V1 nám vytápí obytné místnosti v 1.PP a větev V4 nám vytápí společné prostory v 1.PP včetně fitness místnosti. Větev V3 vytápí byt v 1.NP a větev V2 obsluhuje byt ve 2.NP.

2.19.3.2 Otopné plochy

V místnostech, kde se nachází okna bez parapetu jsou navrženy otopné lavice KORALINE Exclusive LKX s přirozenou konvekcí, týká se to obývacích pokojů s

kuchyní, ložnic a fitness. V chodbách a šatnách jsou navržena tělesa RADIK VK. Ve fitness místnosti je navržena kombinace těles RADIK VK a otopných lavic KORALINE Exclusive LKX s přirozenou konvekcí. Do koupelen jsou navržena trubková otopná tělesa KORALUX LINEAR COMFORT-M. Dále jsou elektrická přímotopná tělesa KORALUX LINEAR COMFORT - ER navržena do šaten v prvním nadzemním podlaží. V místnosti bazénového hospodářství je navržen elektrický přímotop ECOFLEX TAC 05.

2.19.3.3 Potrubní rozvody a izolace potrubí

Veškeré potrubí s topnou vodou, tělesa, rozdělovače, oběhová čerpadla a armatury musí být izolovány. Výjimka je u přípojek k otopným tělesům. Po montáži potrubí a provedení tlakových zkouškách bude prováděna izolace potrubí a všech zařízení. Izolace bude provedena a je i navržena v souladu s vyhláškou č. 193/2007.

Předizolované potrubí PE-Xa z polyethylenu s kyslíkovou bariérou včetně vyhřívacího pásu je navrženo na úsek mezi venkovní a vnitřní jednotkou tepelného čerpadla vzduch-voda a na úsek vedený k bazénovému výměníku. Potrubí je vedeno v izolovaném instalačním kanále.

Od vnitřních jednotek je navrženo potrubí z Cu. Spojování bude provedeno pájením. Potrubí je vedeno v tepelné izolaci podlahy a v šachtách. Pro potrubí, které je vedené v tepelné izolaci podlahy je navržena izolace MIRELON (PRO). Potrubí vedené v šachtě a v technické místnosti je izolováno izolací ROCKWOOL PIPO ALS. Kompenzace potrubí je řešena změnou trasy.

Tabulka 44 Souhrn návrhu tepelných izolací potrubí

Rozměr potrubí	Typ izolace	Tloušťka izolace [mm]	Vypočítaný součinitel prostupu tepla	Určující součinitel prostupu tepla	posouzení
-	-	d [mm]	Uo[W/m ² .K]	Uo[W/m ² .K]	-
Měděné potrubí vedené v podlaze, možnost snížení tl. izolace na polovinu.					
15x1	MIRELON (PRO)	6	0,298	0,3	vyhoví
18x1	MIRELON (PRO)	9	0,289	0,3	vyhoví
22x1	MIRELON (PRO)	9	0,331	0,36	vyhoví
Měděné potrubí vedené podél zdi, v šachtě a pod stropem.					
18x1	ROCKWOOL PIPO ALS	30	0,148	0,15	vyhoví
22x1	ROCKWOOL PIPO ALS	30	0,164	0,18	vyhoví
35x1,5	ROCKWOOL PIPO ALS	50	0,164	0,18	vyhoví
42x1,5	ROCKWOOL PIPO ALS	30	0,24	0,27	vyhoví

2.19.3.4 Oběhová čerpadla

Součástí vnitřních jednotek jsou oběhová čerpadla od firmy Grundfos. Tyto oběhová čerpadla nám zajistí nucený oběh vody na primárním okruhu. Dle posouzení jsou oběhová čerpadla pro primární okruh dostačující.

Na sekundární okruhy větví V1, V2, V3 a V4 jsou navržena oběhová čerpadla od Grundfos. Tyto čerpadla jsou řízena na proporcionální tlak.

Tabulka 45 Typy navržených oběhových čerpadel

Větev	Typ
V1	ALPHA2 25-40 130
V2	ALPHA2 25-40 130
V3	ALPHA2 25-40 130
V4	ALPHA2 25-50 180

2.19.3.5 Armatury

V otopné soustavě jsou použity uzavírací kulové kohouty, vypouštěcí kulové kohouty, filtry, zpětné klapky, vyvažovací ventily, tlakoměry, teploměry, automatický odvzdušňovací ventily, trojcestné rozdělovací ventily, pojistné ventily.

Otopná soustava bude odvzdušněna automatickými odvzdušňovacími ventily v nejvyšších bodech potrubního rozvodu. Vypouštění otopné soustavy bude zajištěno vypouštěcími kulovými kohouty.

Otopná tělesa RADIK VK mají integrovanou ventilovou vložku, pro připojení těchto těles je použito připojovací šroubení Vekotec, dále bude osazena termostatická hlavice.

Pro trubková otopná tělesa KORALUX LINEAR COMFORT - M je použita HM ARMATURA. Tato armatura má v sobě integrován ventil a regulační uzavírací šroubení, součástí dodávky je termostatická hlavice.

Pro lavicové konvektory KORALINE Exclusive LKX je použit axiální termostatický ventil, prodlužovací kus a pro připojení připojovací šroubení Vekotec, součástí dodávky je termostatická hlavice.

Elektrické přímotopné těleso KORALUX LINEAR COMFORT - ER je vybaveno elektrickým topným tělesem s integrovaným elektronickým regulátorem.

2.19.3.6 Regulace a měření

Tepelné čerpadlo vzduch-voda je invertorové. Frekvenčně řízený kompresor nám zajistí plynulou regulaci topného výkonu. Topný okruh je řízen ekvitermní regulací, teplota otopné vody se mění v závislosti na venkovní teplotě dle nastavené topné křivky. Změna teploty otopné vody je zajištěna plynulou změnou otáček kompresoru a změnou otáček oběhového čerpadla na primární straně. Dále je teplota v místnosti regulována termostatickými ventily s termostatickými hlavicemi. Oběhová čerpadla za rozdělovačem a sběračem jsou řízena na proporcionální tlak.

Při požadavku na ohřev teplé vody (teplá voda v zásobníku poklesne pod nastavenou teplotu), se přepne trojcestný ventil VCO do zkratu na max 10 min. Voda je vpuštěna pomocí přepínacího trojcestného ventilu VW1 do zásobníku TV až v době, kdy topná voda při zkratu dosáhne požadované teploty (vyšší teploty, než je teplota vody v zásobníku TV). Tento systém nám zabrání ochlazení vody v zásobníku TV. Při požadavku na ohřev TV, dohřívá teplou vodu pouze jedno tepelné čerpadlo vzduch-voda a druhé tepelné čerpadlo vzduch-voda se může věnovat vytápění, pokud existuje požadavek.

Pokud teplota bazénu klesne pod určitou teplotu a zároveň je aktivní bazénová filtrace a neexistuje žádný jiný požadavek, trojcestný přepínací ventil VC1 může přepnout do režimu ohřevu bazénu. Ohřev bazénu má nejnižší prioritu s ohledem na ohřev TV a vytápění.

Pro měření spotřeby tepla jednotlivých bytů a společných prostorů jsou navrženy ultrazvukové kompaktní měřiče tepla Sharky 775. Tyto měřiče tepla jsou umístěny za rozdělovačem a sběračem na všech větvích, na větví TV a na větví pro ohřev bazénu.

2.19.4 Technické řešení otopné soustavy - varianta 2

2.19.4.1 Popis otopné soustavy

Otopná soustava s podlahovým vytápěním má teplotní spád 35/30 °C. Otopná soustava je dvoutrubková, teplovodní s nuceným oběhem vody. Větve vedené z rozdělovače a sběrače jsou řešeny stejným rozložením jako ve variantě 1.

2.19.4.2 Otopné plochy

Návrh podlahového vytápění není řešen hydraulicky, ale pouze výkonově. I pro tuto variantu je navržen stejný zdroj tepla (kaskáda dvou tepelných čerpadel vzduch-voda IVT AIR X130).

Výpočtem podlahového vytápění je zajištěna povrchová teplota podlahy tak, aby nepřekročila hygienicky přístupné hodnoty. Podlahový tepelný výkon směrem nahoru je navržen tak, aby pokryl tepelné ztráty vytápěných místností.

Do koupelen jsou navržena elektrická přímotopná tělesa KORALUX LINEAR COMFORT - ER. Dále jsou elektrická přímotopná tělesa KORALUX LINEAR COMFORT - ER navržena do šaten v prvním nadzemním podlaží. V místnosti bazénového hospodářství je navržen elektrický přímotop ECOFLEX TAC 05.

2.19.4.3 Potrubní rozvody a izolace potrubí

Podlahové krytiny pro podlahové vytápění nepřekročí tepelný odpor 0,15 m².K/W. Potrubí (Uponor Comfort Pipe PLUS PE-Xa 16x2) je uloženo v anhydritové vrstvě, krytí potrubí o výšce 44 mm splňuje podmínku minimálního krytí potrubí dle ČSN EN 1264-4. Na tepelnou izolaci je umístěna podlahová folie z polyethylenu pro podlahové vytápění s vyznačeným rastrem. Potrubí je uchyceno pomocí fixačních spon.

Žádný topný okruh od RS nepřekročí maximální délku potrubí, která činí 100 m pro potrubí PE-Xa 16x2. Při větších vzdálenostech by mohla vzniknout větší tlaková ztráta, než na kterou je trubka navržena. Pokládka podlahového vytápění je přizpůsobena dilatačním spárám tak, aby dilatační spárou procházel co nejmenší počet trubek obvykle pouze přívodní a vratnou trubkou. Trubky vedené v místě dilatačních spár jsou uloženy do chráničky.

Potrubí mezi vnitřní a vnější jednotkou bude řešeno stejně jako ve variantě 1. Potrubí Cu pro napojení rozdělovačů a sběračů je vedené pod stropem.

2.19.4.4 Rozdělovače a sběrače pro podlahové vytápění

Rozdělovač a sběrač bude umístěn nad podlahou ve stěně v podomítkové skříni. Podomítková skříň bude vybavena otevíracími dvířky.

2.19.4.5 Oběhová čerpadla

Součástí vnitřních jednotek jsou oběhová čerpadla od firmy Grunfos. Tyto oběhová čerpadla nám zajistí nucený oběh vody na primárním okruhu.

Na sekundární okruhy větví V1, V2, V3 a V4 budou navržena oběhová čerpadla od Grundfos. Tyto čerpadla budou řízena na proporcionální tlak.

2.19.4.6 Armatury

V otopné soustavě jsou použity uzavírací kulové kohouty, vypouštěcí kulové kohouty, filtry, zpětné klapky, vyvažovací ventily, tlakoměry, teploměry, automatické odvzdušňovací ventily, trojcestné rozdělovací ventily, pojistné ventily.

Otopná soustava bude odvzdušněna automatickými odvzdušňovacími ventily v nejvyšších bodech potrubního rozvodu. Vypouštění otopné soustavy bude zajištěno vypouštěcími kulovými kohouty.

Před rozdělovač a sběrač pro podlahové vytápění bude osazen vyvažovací ventil a uzavírací armatury, pro možnost zaregulování a uzavření. Každý okruh bude vybaven regulačním průtokoměrným ventilem a ventilem s možností uzavření a otevření okruhů. Dále bude RS vybaven odvzdušňovacími a vypouštěcími (napouštěcími) armaturami a bude přizpůsoben pro napojení podlahového vytápění.

2.19.4.7 Regulace a měření

Tepelné čerpadlo vzduch-voda je invertorové. Frekvenčně řízený kompresor nám zajistí plynulou regulaci topného výkonu. Topný okruh je řízen ekvitermní regulací, teplota otopné vody se mění v závislosti na venkovní teplotě podle nastavené topné křivky. Změna teploty otopné vody je zajištěna plynulou změnou otáček kompresoru a změnou otáček oběhového čerpadla na primární straně. Oběhová čerpadla za rozdělovačem a sběračem jsou řízena na proporcionální tlak. Zregulování na rozdělovači a sběrači je zajištěno regulačním průtokoměrným ventilem.

Při požadavku na ohřev teplé vody (teplá voda v zásobníku poklesne pod nastavenou teplotu), se přepne trojcestný ventil VCO do zkratu na max 10 min. Voda je vpuštěna pomocí přepínacího trojcestného ventilu VW1 do zásobníku TV, až v době, kdy topná voda při zkratu dosáhne požadované teploty (vyšší teploty, než je teplota vody v zásobníku TV). Tento systém nám zabrání ochlazování vody v zásobníku TV. Při požadavku na ohřev TV, dohřívá teplou vodu pouze jedno tepelné čerpadlo vzduch-voda a druhé tepelné čerpadlo vzduch-voda se může věnovat vytápění, pokud existuje požadavek.

Pokud teplota bazénu klesne pod určitou teplotu a zároveň je aktivní bazénová filtrace a neexistuje žádný jiný požadavek, trojcestný přepínací ventil VC1 může přepnout do režimu ohřevu bazénu. Ohřev bazénu má nejnižší prioritu s ohledem na ohřev TV a vytápění.

Pro měření spotřeby tepla jednotlivých bytů a společných prostorů jsou navrženy ultrazvukové kompaktní měřiče tepla Sharky 775. Tyto měřiče tepla jsou umístěny za rozdělovačem a sběračem na všech větvích, na větví TV a na větví pro ohřev bazénu.

2.19.5 Požadavky na další profese

2.19.5.1 Požadavky na stavební úpravy

Budou zajištěny prostupy konstrukcemi pro vedení potrubí. Dále budou zhotoveny podhledy. Zajištění servisovatelnosti skříní rozdělovačů a sběračů.

2.19.5.2 Požadavky na elektrickou energii

Tato profese provede napojení všech zařízení, které ho potřebují ke svému provozu.

2.19.5.3 Požadavky na ZTI

ZTI zajistí přívod studené vody. Dále budou zajištěny podlahové vpusti v technické místnosti. Budou zajištěny rozvody od zásobníku TV. Budou nainstalovány kalichy pro pojistné ventily, vypouštěcí kohouty, úpravny vody a dalších zařízení, které ho potřebují.

2.19.5.4 Požadavky na VZT

Zajištění větrání technické místnosti se zdrojem tepla.

2.19.5.5 Požadavky na měření a regulaci

Tato profese zajistí funkci všech zařízení určených pro regulaci a měření.

2.19.6 Montáž a uvedení do provozu

2.19.6.1 Montáž potrubních rozvodů

Při montáži je nutné se řídit koordinačními zásadami pro montáž potrubí všech profesí a elektroinstalace. Nutné je zajistit odvzdušnění otopné soustavy odvzdušňovacími ventily ve všech nejvyšších místech i když tak není zakresleno ve výkrese. Dále je nutné zajistit možnost vypouštění topné vody z otopné soustavy.

2.19.6.2 Zkoušky

Před uvedením do provozu musí být provedeny zkoušky.

2.19.6.3 Zkoušky těsnosti

Zkoušky těsnosti se provádí před provedením nátěrů, zazdění do drážek a před montáží izolací. Otopná soustava se zkouší topnou vodou na nejvyšší dovolený přetlak. Voda nesmí přesáhnout 50 °C. Po naplnění soustavy vodou se celé zařízení odvzdušní a prohlédne, při prohlídce se nesmí projevovat viditelné netěsnosti. Následující prohlídka se provede po 6 hodinách. Výsledek zkoušky je úspěšný, pokud se neprokáží žádné netěsnosti a výrazný pokles tlaku v otopné soustavě. Pokud se netěsnosti projeví je nutné netěsnosti odstranit a zkoušku netěsnosti opakovat.

2.19.6.4 Provozní dilatační zkouška

Zkoušky dilatační se provádí před provedením nátěrů, zazdění do drážek a před montáží izolací. Při dilatační zkoušce se topná voda ohřeje na nejvyšší možnou pracovní teplotu a nechá se vychladnout na teplotu okolního vzduchu. Zkouška je úspěšná, pokud se neprokáží netěsnosti a jiné závady. Pokud se závady projeví je nutné je odstranit a zkoušku opakovat. Výsledek zkoušky se zapíše do stavebního deníku nebo se provede samostatný zápis.

2.19.6.5 Provozní topná zkouška

Pokud má otopná soustava výkon do 100 kW lze topnou zkoušku provádět mimo otopnou sezónu. Provozní topná zkouška se provádí za účelem zajištění správné funkce, nastavení

a seřízení zařízení otopné soustavy. Kontroluje se správná funkce armatur, měřicích zařízení, regulačních zařízení, zdrojů tepla, otopných ploch, zabezpečovacích zařízení, dosažená technických výpočtů projektu. Pokud je tepelná soustava řízena dle projektové dokumentace a výkonem nám zajistí vnitřní výpočtovou teplotu, pak lze otopnou soustavu považovat za spolehlivou, hospodárnou s bezpečným provozem a topnou zkoušku za úspěšnou.

2.19.6.6 První uvedení do provozu

Před prvním uvedením do provozu musí být úspěšné zkoušky tlakové a zkoušky těsnosti, kompletní provedení izolačních prací, kompletní montáž prvků MaR, elektroinstalace, kontrola chladiva a vyzkoušení všech strojů.

Před prvním napuštěním je potřeba provést čištění potrubí. Čištění potrubí probíhá opakovaným propláchnutím vodou. Po vypuštění proplachovací vody a vyčištění všech filtrů lze provést první napuštění otopné soustavy. Otopnou soustavu je nutné naplnit upravenou vodou a kontrolovat funkci odvzdušňovacích ventilů. Po naplnění otopné soustavy lze spustit oběhová čerpadla. Naplněný okruh je nutné nechat cirkulovat několik hodin a poté zkontrolovat tlakovou ztrátu všech filtrů a filtry případně vyčistit. Po vyčištění filtrů lze provést vyregulování jednotlivých prvků a seřízení celého systému z hlediska funkčního.

2.19.7 Bezpečnost a ochrana zdraví při práci, péče o životní prostředí

2.19.7.1 Hluk zařízení

Hlavním zdrojem hluku je tepelné čerpadlo vzduch-voda. Hladina akustického výkonu tepelného čerpadla vzduch-voda činí 61 dB(A).

2.19.7.2 Bezpečnost a ochrana zdraví při práci

Musí být dodržována veškerá bezpečnostní opatření. Montáž všech zařízení musí být prováděna odborně způsobilými pracovníky.

2.19.7.3 Ochrana životního prostředí

Návrh zařízení nebude mít negativní dopad na životní prostředí. Projekt respektuje požadavky na užití energie a pravidla pro vytápění v souladu s vyhláškou č. 193/2007 Sb. V tepelném čerpadlu vzduch-voda je navrženo ekologické chladivo. Tepelná čerpadla vzduch-voda jsou invertorové.

2.19.7.4 Nakládání s odpady

Odpady, které vzniknou v průběhu výstavby budou likvidovány, skladovány a transportovány se zásadami pro nakládání s odpady dle zákona č. 185/2001 Sb.

2.20 Vyhodnocení navržených variant

Z hlediska prostorových nároků je výhodnější varianta s podlahovým vytápěním. Podlahové vytápění je řešeno v anhydritové vrstvě podlahy, a to nám zajistí více volného prostoru na rozdíl od druhé varianty s otopnými lavicemi a otopnými tělesy. Pro tepelné čerpadla je výhodné pracovat s nižším teplotním spádem a větší plochou otopných ploch. Proto je zde varianta s podlahovým vytápěním výhodnější. Podlahové vytápění má větší otopnou plochu a může pracovat s menším teplotním spádem. Při nižším teplotním spádu se zvýší topný faktor a spotřeba elektrické energie se sníží. O tom se můžeme přesvědčit v předchozím výpočtu poměrů spotřeby tepla a elektřiny tepelným čerpadlem.

2.20.1 Vyhodnocení varianty 1 při větším teplotním spádu

Varianta s otopnými lavicemi a tělesy o teplotním spádu 55/45 °C má roční spotřebu elektrické energie 19,88 MWh a dodané teplo tepelným čerpadlem je 43,81 MWh. Průměrný topný faktor se pohybuje kolem hodnoty 2,2. Z grafu lze vyčíst, že bod bivalence je - 9 °C a provoz bivalentního zdroje je minimální.

2.20.2 Vyhodnocení varianty 2 při menším teplotním spádu

Podlahové vytápění pracuje při menším teplotním spádu otopné soustavy. Pro podlahové vytápění byl zvolen teplotní spád 35/30 °C dle doporučení výrobce. Při tomto teplotním spádu roční spotřeba elektrické energie činí 13,82 MWh a dodané teplo tepelným čerpadlem je 43,86 MWh. Bivalentní zdroj je v provozu minimální dobu, bod bivalence zde činí ještě nižší hodnotu než u varianty 1 a to -11 °C. Tato varianta je výhodnější z hlediska ekonomiky provozu a životního prostředí. Tepelné čerpadlo nám spotřebuje o 6,06 MWh méně spotřeby elektrické energie než v první variantě a pracuje na vyšším topném faktoru. Topný faktor se zde pohybuje kolem hodnoty 3,17.

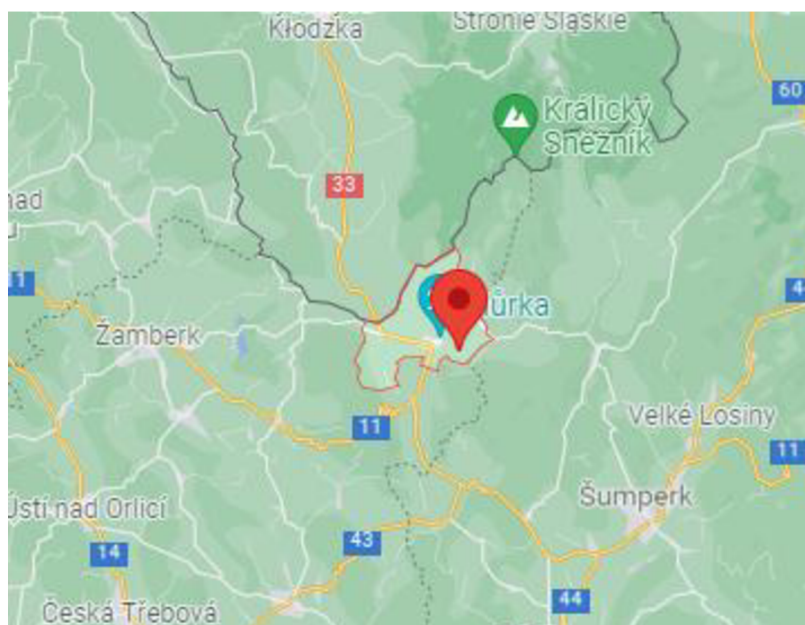
3 Experimentální část

3.1 Úvod do experimentu

V experimentální části se zabývám sledováním provozu a topnými faktory COP tepelného čerpadla vzduch-voda v rodinném domě. Provoz byl sledován v režimu vytápění a ohřevu teplé vody. Součástí jsou naměřené údaje a následná analýza provozu v obou režimech. Dále jsou zjišťovány topné faktory COP v režimu vytápění a v režimu ohřevu teplé vody. Topné faktory COP jsou vypočteny z naměřených hodnot. Měřeny jsou teploty, průtok a spotřeba elektrické energie. Měření probíhalo při různých venkovních teplotách. Měření tepelného čerpadla vzduch-voda v režimu vytápění probíhalo v nižších venkovních teplotách od $-11,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $7,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ a měření v režimu ohřevu teplé vody probíhalo ve venkovních teplotách od $2,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $21,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Celkem bylo provedeno 19 měření. Vypočtené topné faktory COP jsou porovnány s hodnotami topných faktorů COP z grafu od výrobce. Sledovaný systém se skládá z venkovní jednotky NIBE F2120-12 a vnitřní jednotky NIBE VVM 320 R.

3.1.1 Místo měření

Měření probíhalo v jednopodlažním rodinném domě typu bungalov o podlahové ploše 100 m^2 . Tento objekt se nachází v Králíkách v okrese Ústí nad Orlicí.



Obrázek 57 Lokace měření [42]

3.1.2 Popis vnitřní a venkovní jednotky

3.1.2.1 Venkovní jednotka

Venkovní jednotka tepelného čerpadla vzduch-voda se nachází podél obvodové stěny rodinného domu. Součástí tepelného čerpadla vzduch-voda je několik teplotních čidel a průtokoměr.



Obrázek 58 venkovní jednotka NIBE F2120-12

3.1.2.2 Vnitřní jednotka

Vnitřní jednotka je umístěna v půdním prostoru rodinného domu, kde má samostatnou izolovanou místnost. Součástí vnitřní jednotky je ohřívač vody s plnicí spirálou, expanzní nádoba, pojistný ventil, plnicí ventil, elektrokotel, dvě oběhová čerpadla, vyrovnávací nádoba, řídicí systém, několik teplotních čidel a průtokoměr.

Dále součástí vnitřní jednotky je řídicí displej, na kterém lze vyčíst hodnoty z teplotních čidel, průtokoměru a dalších měřících zařízeních.



Obrázek 59 vnitřní jednotka NIBE VVM 320 R.

3.1.3 Pomůcky k měření

3.1.3.1 Řídicí displej vnitřní jednotky



Obrázek 60 Řídicí displej vnitřní jednotky NIBE VVM 320 R

3.1.3.2 Teplotní čidla a průtokoměr

Jsou součástí vnitřní a venkovní jednotky.

3.1.3.3 Elektroměr s přesností na dvě desetinná místa



Obrázek 61 Elektroměr s přesností na dvě desetinná místa

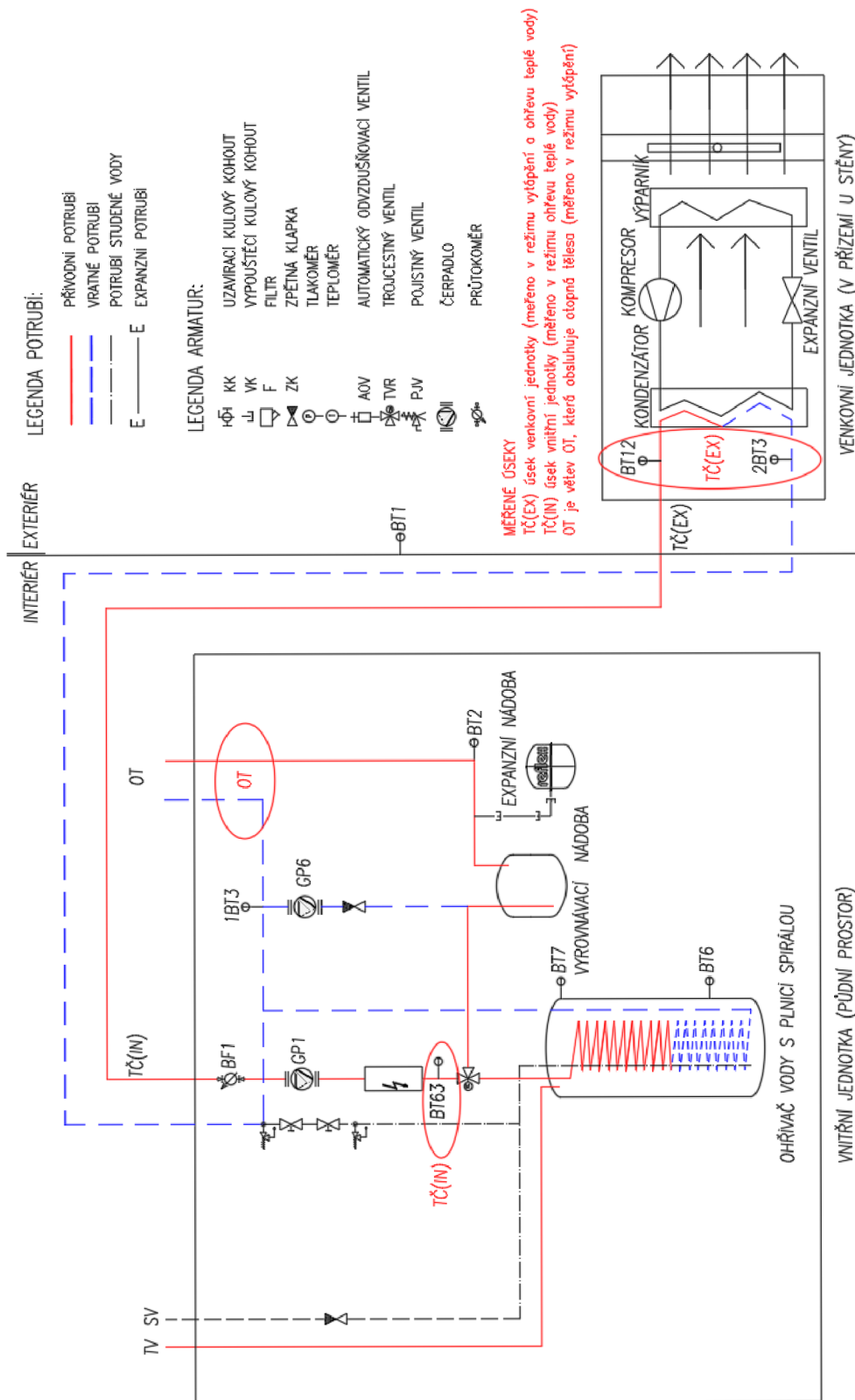
3.1.4 Postup měření

Všechna měření probíhala pomocí řídicího displeje, teplotních čidel a průtokoměru, které jsou součástí topného systému. Součástí displeje je konektor USB. Tento konektor slouží pro nahrání aktualizací softwaru a také pro automatické protokolování aktuálních hodnot z měřících armatur do flashdisku. Časové úseky ukládání lze nastavit.

V průběhu měření se vyskytl problém s USB konektorem a nebylo tak možné nastavit automatické protokolování do flashdisku. Hodnoty byly zapisovány z řídicího displeje ručně do tabulky v excelu.

Součástí jednotky VVM 320 R není elektroměr. Elektroměr byl dodatečně nainstalován. Hodnoty z elektroměru byly odečítány do tabulek v excelu.

3.1.5 Měřicí schéma



Obrázek 62 Měřicí schéma

3.1.5.1 Měřené úseky

Ve schématu jsou měřené úseky vyznačeny červeně.

TČ(EX) úsek venkovní jednotky (měřeno v režimu vytápění a ohřevu teplé vody)

TČ(IN) úsek vnitřní jednotky (měřeno v režimu ohřevu teplé vody)

OT je větev OT, která obsluhuje otopná tělesa (měřeno v režimu vytápění)

3.1.6 Popis regulace systému

Tepelné čerpadlo vzduch-voda je invertorové. Frekvenčně řízený kompresor nám zajistí plynulou regulaci topného výkonu. Topný okruh je řízen ekvitermní regulací, teplota otopné vody se mění v závislosti na venkovní teplotě podle nastavené topné křivky. Změna teploty otopné vody je zajištěna plynulou změnou otáček kompresoru a změnou otáček hlavního oběhového čerpadla GP1. Oběhové čerpadlo GP6 je pomocné oběhové čerpadlo, které se spouští jen při režimu ohřevu TV, aby se zajistil průtok otopným systémem a mohl se měřit deficit tepla, který vznikne v době kdy je tepelné čerpadlo v režimu ohřevu teplé vody. Otopná tělesa jsou bez termostatických hlavice.

Při požadavku na ohřev teplé vody (teplá voda v zásobníku poklesne pod nastavenou teplotu), se přepne trojcestný ventil. Voda je vpuštěna pomocí přepínacího trojcestného ventilu do zásobníku TV a spustí se pomocné oběhové čerpadlo GP6.

3.1.7 Postup a popis zpracování experimentů v režimu vytápění

3.1.7.1 Výpočet COP tepelného čerpadla vzduch-voda v režimu vytápění

Měření probíhalo v časových intervalech po 5 minutách. Z naměřených údajů byly vypočteny výkony větve TČ(EX) a větve OT. Z dodaného tepla a z naměřené spotřeby elektřiny byly určeny topné faktory větve TČ(EX) a větve OT. Dále byly topné faktory COP zprůměrovány za celou dobu měření.

Pomocí průměru venkovní teploty (BT1) a průměru teploty výstupu z tepelného čerpadla (BT12) byl do grafu od výrobce zakreslen bod. V dalším kroku byl z grafu od výrobce zjištěn topný faktor COP a porovnán s naším vypočteným zprůměrovaným topným

faktorem COP větve TČ(EX). Z hodnot topných faktorů COP větve TČ(EX) a větve OT byl vypočten rozdíl.

3.1.7.2 Analýza řízení tepelného čerpadla v režimu vytápění

Zde bylo pomocí několika měření zjišťováno, jak je tepelné čerpadlo vzduch-voda řízeno v režimu vytápění.

3.1.8 Postup a popis zpracování experimentů v režimu ohřevu teplé vody

3.1.8.1 Výpočet COP tepelného čerpadla vzduch-voda v režimu ohřevu teplé vody

Měření probíhalo v časových intervalech po 5 minutách. Z naměřených údajů byl určen výkon větve TČ(IN) a TČ(EX). Z dodaného tepla a z naměřené spotřeby energie P byly vypočteny topné faktory COP větve TČ(IN) a větve TČ(EX). Dále tyto hodnoty topného faktoru COP byly zprůměrovány za celou dobu měření.

Pomocí průměru venkovní teploty (BT1) a průměru teploty výstupu z tepelného čerpadla (BT12) byl do grafu od výrobce zakreslen bod. V dalším kroku byl zjištěn topný faktor COP z grafu od výrobce a porovnán s naším vypočteným topným faktorem COP větve TČ(EX). Z hodnot topných faktorů COP větve TČ(IN) a TČ(EX) byl vypočten rozdíl.

3.1.8.2 Analýza řízení tepelného čerpadla v režimu ohřevu teplé vody

Zde bylo pomocí několika měření zjišťováno, jak je tepelné čerpadlo vzduch-voda řízeno v režimu ohřevu teplé vody.

3.1.9 Použité vztahy a veličiny

3.1.9.1 Výpočet výkonu větve Q

$$Q = M \cdot c \cdot \Delta t \text{ [W]}$$

M průtok [l/s]

C měrná tepelná kapacita [J/kg· K]

Δt teplotní rozdíl [°C]

3.1.9.2 Výpočet topného faktoru COP

$$\text{COP} = Q/P \text{ [-]}$$

Q teplo dodané [kWh]

P spotřeba elektrické energie [kWh]

3.2 Naměřené hodnoty a jejich zpracování (režim vytápění)

3.2.1 Analýza řízení tepelného čerpadla v režimu vytápění

3.2.1.1 Stupně-minuty

Tepelné čerpadlo vzduch-voda v režimu vytápění je řízeno pomocí hodnoty stupně-minuty.

Funkce stupně-minuty jsou mírou pro aktuální požadavek na vytápění určují, kdy se má spustit nebo zastavit kompresor a pomocný ohřev (elektrokotel).

Stupně-minuty tepelné čerpadlo vypočítává pomocí rozdílu teplot mezi přívodní skutečnou aktuální teplotou do vytápění a potřebnou výpočtovou teplotou z topné křivky. Pokud přívodní aktuální teplota do vytápění je nižší než výpočtová teplota, stupně-minuty se budou snižovat. Pokud je aktuální teplota pro vytápění vyšší než výpočtová teplota z topné křivky, hodnoty stupně-minuty se budou zvyšovat.

Pokud tepelné čerpadlo dosáhne kladné hodnoty stupňů-minut, kompresor se vypne. Kompresor zůstane pozastavený, dokud stupně-minuty neklesnou na určitou minusovou hodnotu.

Tuto hodnotu si lze nastavit. Například, hodnota z výroby je nastavená na -80 stupňů-minut. Tepelné čerpadlo začne vypočítávat v jakém množství a jak dlouho dodává příliš málo tepla, pokud tato hodnota dosáhne -80 tepelné čerpadlo se spustí.

3.2.1.2 1) Měření v režimu vytápění při průměrné venkovní teplotě 0,3 °C

Tabulka 46 Měření v režimu vytápění při průměrné venkovní teplotě 0,3 °C

23.03.2021	NAMĚŘENÉ HODNOTY				VÝPOČET
t1	t2	BT2	BTV	BSM	-
čas	čas	PŘÍVOD OT	VÝPOČTOVÁ TEPLOTA Z TOPNÉ KŘIVKY	STUPNĚ-MINUTY	ROZDÍL TEPLOT (BT2 - BTV)
-	[s]	[°C]	[°C]	-	[°C]
9:42:26	0	39,1	35,3	-11,2	
9:42:27	1	39,1	35,3	-11,2	
9:42:28	2	39,1	35,3	-11,2	
9:42:29	3	39,1	35,3	-7,4	3,8
9:42:30	4	39,1	35,3	-7,4	3,8
9:42:31	5	39,1	35,3	-7,4	3,8
9:42:32	6	39,1	35,3	-7,4	3,8
9:42:33	7	39,1	35,3	-7,4	3,8
9:42:34	8	39,1	35,3	-7,4	3,8
9:42:35	9	39,1	35,3	-7,4	3,8
9:42:36	10	39,1	35,3	-7,4	3,8
9:42:37	11	39,1	35,3	-7,4	3,8
9:42:38	12	39,1	35,3	-7,4	3,8
9:42:39	13	39,1	35,3	-7,4	3,8
9:42:40	14	39,1	35,3	-7,4	3,8
9:42:41	15	39,1	35,3	-7,4	3,8
9:42:42	16	39,1	35,3	-7,4	3,8
9:42:43	17	39,1	35,3	-7,4	3,8
9:42:44	18	39,1	35,3	-7,4	3,8
9:42:45	19	39,1	35,3	-7,4	3,8
9:42:46	20	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:42:47	21	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:42:48	22	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:42:49	23	39,1	35,3	-7,4	3,8
9:42:50	24	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:42:51	25	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:42:52	26	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:42:53	27	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:42:54	28	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:42:55	29	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:42:56	30	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:42:57	31	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:42:58	32	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:42:59	33	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:43:00	34	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:43:01	35	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:43:02	36	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:43:03	37	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:43:04	38	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:43:05	39	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:43:06	40	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:43:07	41	39,2	35,3	-7,4	3,9

9:43:08	42	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:43:09	43	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:43:10	44	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:43:11	45	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:43:12	46	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:43:13	47	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:43:14	48	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:43:15	49	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:43:16	50	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:43:17	51	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:43:18	52	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:43:19	53	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:43:20	54	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:43:21	55	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:43:22	56	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:43:23	57	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:43:24	58	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:43:25	59	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:43:26	60	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:43:27	61	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:43:28	62	39,2	35,3	-7,4	3,9
9:43:29	63	39,2	35,3	-3,5	
9:43:30	64	39,2	35,3	-3,5	
9:43:31	65	39,2	35,3	-3,5	
				PRŮMĚR (ΔT)	3,87

3.2.1.3 Zjištěný výpočet stupňů-minut z naměřených hodnot

Počítá se každou minutu rozdíl teplot mezi přívodem na vytápění a požadovanou vypočtenou teplotou z ekvitemní křivky, za 1 minutu se udělá průměr a přičte se k hodnotě stupně-minuty v dané minutě. A tak získáme stupně-minuty v další minutě.

V našem případě byl počítán průměr rozdílu teplot ΔT v úseku 9:42:29 až 9:43:28. Hodnota ΔT se rovná 3,87. Tato hodnota se přičte ke stupňům-minut právě v našem počítaném úseku 9:42:29 až 9:43:28 a tím dostaneme stupně-minuty v další minutě konkrétně v úseku 9:43:29 až 9:44:28.

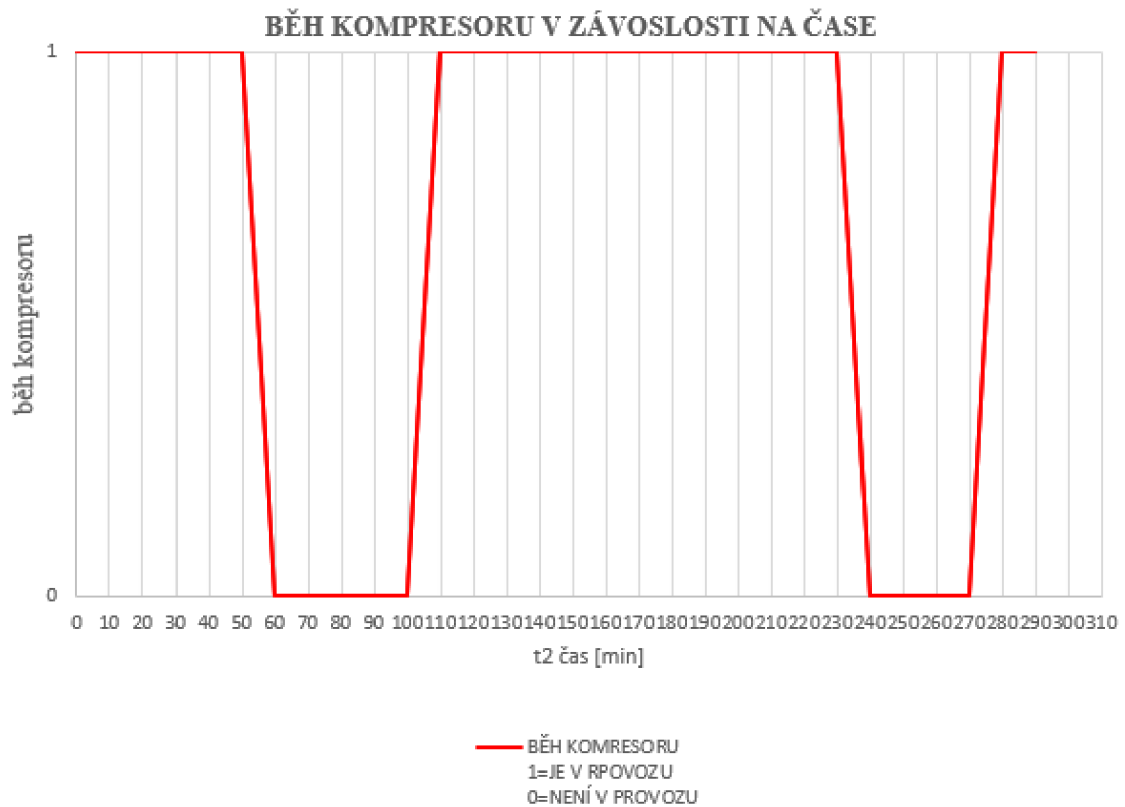
3.2.1.4 Zjištěný vzorec pro výpočet stupně-minuty

$$BSM = \Delta T + (\text{stupně-minuty v dalším úseku}) = + 3,87 - 7,4 = - 3,5 [-]$$

3.2.1.5 2) Měření v režimu vytápění při průměrné venkovní teplotě 3,1 °C

Tabulka 47 Měření v režimu vytápění při průměrné venkovní teplotě 3,1 °C

04.04.2021	NAMĚŘENÉ HODNOTY				VÝPOČET
t1	t2	BT2	BTV	BSM	–
čas	čas	PŘÍVOD OT	VÝPOČTOVÁ TEPLOTA Z TOPNÉ KŘIVKY	STUPNĚ- MINUTY	BĚH KOMRESORU 1=JE V RPOVOZU 0=NENÍ V PROVOZU
–	[min]	[°C]	[°C]	–	–
9:20:24	0	34,0	34,7	-147,6	1
9:30:24	10	31,5	34,6	-167,5	1
9:40:23	20	38,6	34,6	-144,3	1
9:50:23	30	37,9	34,5	-112,1	1
10:00:23	40	38,3	34,5	-76,1	1
10:10:23	50	38,6	34,4	-36,0	1
10:20:23	60	38,6	34,4	6,0	0
10:30:23	70	33,9	34,4	20,5	0
10:40:22	80	31,8	34,4	4,8	0
10:50:22	90	30,1	34,3	-28,7	0
11:00:22	100	28,8	34,2	-76,5	0
11:10:22	110	31,6	34,2	-114,7	1
11:20:22	120	32,5	34,1	-135,7	1
11:30:22	130	33,2	34,0	-146,9	1
11:40:22	140	34,1	33,9	-152,3	1
11:50:21	150	34,2	33,9	-149,7	1
12:00:21	160	34,5	33,8	-145,6	1
12:10:21	170	34,9	33,7	-135,8	1
12:20:21	180	35,0	33,6	-123,8	1
12:30:21	190	35,5	33,6	-107,6	1
12:40:21	200	35,4	33,5	-89,1	1
12:50:20	210	35,7	33,5	-68,7	1
13:00:20	220	35,7	33,5	-46,8	1
13:10:20	230	35,8	33,4	-24,0	1
13:20:20	240	36,0	33,4	0,4	0
13:30:20	250	32,0	33,4	5,2	0
13:40:20	260	30,2	33,3	-18,2	0
13:50:20	270	28,9	33,3	-55,7	0
14:00:19	280	30,9	33,2	-99,8	1
14:10:19	290	31,6	33,2	-120,4	1



Obrázek 63 Graf běhu kompresoru v závislosti na čase

3.2.1.6 Vyhodnocení řízení tepelného čerpadla vzduch-voda z naměřených údajů

Měření probíhalo v časových úsecích po 10 minutách. Od 20 minuty je přívodní teplota OT (BT2) vyšší než výpočtová teplota z topné křivky (BTV). Z toho důvodu nám roste hodnota stupně-minuty. V 60 minutě nám hodnota stupně-minuty dosáhne kladné hodnoty a zastaví se kompresor.

V systému vnitřní jednotky je nastavená spouštěcí hodnota kompresoru na -80 stupňů-minut, jakmile dosáhne této hodnoty kompresor se spustí.

3.2.2 Výpočet COP tepelného čerpadla vzduch-voda v režimu vytápění

3.2.2.1 1) Měření v režimu vytápění při průměrné venkovní teplotě 4,4 °C

Tabulka 48 Měření v režimu vytápění při průměrné venkovní teplotě 4,4 °C

18.04.2021		NAMĚŘENÉ HODNOTY						
t1	t2	BT1	BT12	2BT3	BT2	1BT3	BF1	P
čas	čas	VENKOVNÍ TEPLOTA	PŘÍVOD VĚTVE TČ(EX)	ODVOD VĚTVE TČ(EX)	PŘÍVOD VĚTVE OT	ODVOD VĚTVE OT	PRŮTOK OT, TČ	SPOTŘEBA ELEKTRINY
-	[min]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[l/min]	[kWh]
21:54:33	0	4,4	34,0	29,1	33,1	29,3	13,4	1323,185
21:59:33	5	4,5	34,7	29,7	33,8	29,9	13,8	1323,280
22:04:33	10	4,5	35,3	30,4	34,4	30,6	14,4	1323,380
22:09:33	15	4,5	35,8	31,1	35,1	31,2	14,9	1323,478
22:14:33	20	4,4	36,5	31,7	35,8	31,8	15,0	1323,577
22:19:33	25	4,4	37,1	32,3	36,3	32,4	15,0	1323,675
22:24:33	30	4,4	37,6	32,8	36,8	32,9	15,1	1323,778
22:29:33	35	4,4	37,9	33,1	37,3	33,3	15,3	1323,880
PRŮMĚR		4,4	36,1					

18.04.2021		VÝPOČET							
t2	C	Q TČ(EX)	Q OT	Q TČ(EX)	Q OT	P	COP TČ (EX)	COP OT	ROZDÍL COP
čas	MĚRNÁ TEPELNÁ KAPACITA	VÝKON VĚTVE TČ(EX)	VÝKON VĚTVE OT	TEPLO DODANÉ TČ(EX)	TEPLO ODEBRANÉ (VĚTEV OT)	SPOTŘEBA ELEKTRINY	TOPNÝ FAKTOR VĚTVE TČ(EX)	TOPNÝ FAKTOR VĚTVE OT	ROZDÍL TOPNÝCH FAKTORŮ VĚTVE TČ(EX) A OT
[min]	[J/kg.K]	[kW]	[kW]	[kWh/5min]	[kWh/5min]	[kWh/5min]	-	-	-
0	4180	4,574	3,547	0,381	0,296	0,095	4,013	3,112	0,901
5	4180	4,807	3,749	0,401	0,312	0,095	4,217	3,289	0,928
10	4180	4,916	3,812	0,410	0,318	0,100	4,096	3,177	0,920
15	4180	4,879	4,048	0,407	0,337	0,098	4,149	3,442	0,706
20	4180	5,016	4,180	0,418	0,348	0,099	4,222	3,519	0,704
25	4180	5,016	4,076	0,418	0,340	0,098	4,265	3,466	0,800
30	4180	5,049	4,103	0,421	0,342	0,103	4,085	3,319	0,766
35	4180	5,116	4,264	0,426	0,355	0,102	4,180	3,483	0,697
PRŮMĚR							4,153	3,351	0,803

3.2.2.2 2) Měření v režimu vytápění při průměrné venkovní teplotě 7,3 °C

Tabulka 49 Měření v režimu vytápění při průměrné venkovní teplotě 7,3 °C

19.04.2021	NAMĚŘENÉ HODNOTY							
t1	t2	BT1	BT12	2BT3	BT2	1BT3	BF1	P
čas	čas	VENKOVNÍ TEPLOTA	PŘÍVOD VĚTVE TČ(EX)	ODVOD VĚTVE TČ(EX)	PŘÍVOD VĚTVE OT	ODVOD VĚTVE OT	PRŮTOK OT, TČ	SPOTŘEBA ELEKTRINY
–	[min]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[l/min]	[kWh]
14:10:07	0	7,1	32,6	28,6	31,9	28,7	11,2	1335,100
14:15:07	5	7,2	32,8	28,9	32,2	29,0	11,0	1335,155
14:20:07	10	7,2	32,9	29,1	32,4	29,2	11,2	1335,210
14:25:07	15	7,2	33,0	29,3	32,5	29,4	11,0	1335,265
14:30:07	20	7,3	33,8	29,4	32,6	29,4	10,7	1335,320
14:35:07	25	7,4	33,7	29,5	33,1	29,6	11,0	1335,380
14:40:07	30	7,5	34,1	29,7	33,4	29,8	11,1	1335,440
14:45:07	35	7,6	33,8	30,0	33,4	30,0	11,1	1335,500
14:50:07	40	7,6	33,5	30,1	33,3	30,1	10,3	1335,550
14:55:07	45	7,8	33,7	30,1	33,2	30,1	10,1	1335,600
15:00:07	50	7,8	34,3	30,0	33,9	30,1	10,7	1335,662
15:05:07	55	7,7	34,4	30,2	33,9	30,3	10,7	1335,725
PRŮMĚR		7,3	33,3					

19.04.2021	VÝPOČET								
t2	C	Q TČ(EX)	Q OT	Q TČ(EX)	Q OT	P	COP TČ (EX)	COP OT	ROZDÍL COP
čas	MĚRNÁ TEPELNÁ KAPACITA	VÝKON VĚTVE TČ(EX)	VÝKON VĚTVE OT	TEPLO DODANÉ TČ(EX)	TEPLO ODEBRANÉ (VĚTVE OT)	SPOTŘEBA ELEKTRINY	TOPNÝ FAKTOR VĚTVE TČ(EX)	TOPNÝ FAKTOR VĚTVE OT	ROZDÍL TOPNÝCH FAKTORŮ VĚTVE TČ(EX) A OT
[min]	[J/kg.K]	[kW]	[kW]	[kWh/5min]	[kWh/5min]	[kWh/5min]	–	–	–
0	4180	3,121	2,497	0,260	0,208	0,055	4,729	3,783	0,946
5	4180	2,989	2,452	0,249	0,204	0,055	4,528	3,716	0,813
10	4180	2,965	2,497	0,247	0,208	0,055	4,492	3,783	0,709
15	4180	2,835	2,376	0,236	0,198	0,055	4,296	3,599	0,697
20	4180	3,280	2,385	0,273	0,199	0,055	4,970	3,614	1,355
25	4180	3,219	2,682	0,268	0,224	0,060	4,470	3,725	0,745
30	4180	3,403	2,784	0,284	0,232	0,060	4,726	3,867	0,859
35	4180	2,939	2,629	0,245	0,219	0,060	4,081	3,652	0,430
40	4180	2,440	2,296	0,203	0,191	0,050	4,066	3,827	0,239
45	4180	2,533	2,181	0,211	0,182	0,050	4,222	3,635	0,586
50	4180	3,205	2,833	0,267	0,236	0,062	4,308	3,807	0,501
55	4180	3,131	2,684	0,261	0,224	0,063	4,141	3,550	0,592
PRŮMĚR							4,419	3,713	0,706

3.2.2.3 3) Měření v režimu vytápění při průměrné venkovní teplotě -5,1 °C

Tabulka 50 Měření v režimu vytápění při průměrné venkovní teplotě -5,1 °C

07.12.2021		NAMĚŘENÉ HODNOTY						
t1	t2	BT1	BT12	2BT3	BT2	1BT3	BF1	P
čas	čas	VENKOVNÍ TEPLOTA	PŘÍVOD VĚTVE TČ(EX)	ODVOD VĚTVE TČ(EX)	PŘÍVOD VĚTVE OT	ODVOD VĚTVE OT	PRŮTOK OT, TČ	SPOTŘEBA ELEKTRINY
-	[min]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[l/min]	[kWh]
20:00:00	0	-5,0	41,3	33,2	39,8	33,5	13,3	3527,190
20:05:00	5	-5,0	42,1	34,3	40,9	34,6	13,8	3527,380
20:10:00	10	-5,0	43,1	35,4	41,8	35,6	13,9	3527,590
20:15:00	15	-5,0	43,9	36,2	42,7	36,4	14,3	3527,810
20:20:00	20	-5,0	44,7	37,0	43,4	37,2	14,3	3528,010
20:25:00	25	-5,1	45,2	37,7	44,0	37,8	14,5	3528,240
20:30:00	30	-5,1	45,9	38,3	44,6	38,4	14,3	3528,460
20:35:00	35	-5,1	46,3	38,7	45,2	38,9	14,2	3528,680
20:40:00	40	-5,1	46,8	39,2	45,6	39,4	14,3	3528,910
20:45:00	45	-5,1	47,2	39,6	46,1	39,8	14,4	3529,135
PRŮMĚR		-5,1	44,7					

07.12.2021		VÝPOČET							
t2	C	Q TČ(EX)	Q OT	Q TČ(EX)	Q OT	P	COP TČ (EX)	COP OT	ROZDÍL COP
čas	MĚRNÁ TEPELNÁ KAPACITA	VÝKON VĚTVE TČ(EX)	VÝKON VĚTVE OT	TEPLO DODANÉ TČ(EX)	TEPLO ODEBRANÉ (VĚTVE OT)	SPOTŘEBA ELEKTRINY	TOPNÝ FAKTOR VĚTVE TČ(EX)	TOPNÝ FAKTOR VĚTVE OT	ROZDÍL TOPNÝCH FAKTORŮ VĚTVE TČ(EX) A OT
[min]	[J/kg.K]	[kW]	[kW]	[kWh/5min]	[kWh/5min]	[kWh/5min]	-	-	-
0	4180	7,505	5,837	0,625	0,486	0,190	3,292	2,560	0,731
5	4180	7,499	6,057	0,625	0,505	0,190	3,289	2,656	0,632
10	4180	7,456	6,004	0,621	0,500	0,210	2,959	2,382	0,576
15	4180	7,671	6,276	0,639	0,523	0,220	2,906	2,377	0,528
20	4180	7,671	6,177	0,639	0,515	0,200	3,196	2,574	0,623
25	4180	7,576	6,263	0,631	0,522	0,230	2,745	2,269	0,476
30	4180	7,571	6,177	0,631	0,515	0,220	2,868	2,340	0,528
35	4180	7,518	6,232	0,627	0,519	0,220	2,848	2,361	0,487
40	4180	7,571	6,177	0,631	0,515	0,230	2,743	2,238	0,505
45	4180	7,624	6,320	0,635	0,527	0,225	2,824	2,341	0,483
PRŮMĚR							3,013	2,440	0,573

3.2.2.4 4) Měření v režimu vytápění při průměrné venkovní teplotě -2,6 °C

Tabulka 51 Měření v režimu vytápění při průměrné venkovní teplotě -2,6 °C

08.12.2021		NAMĚŘENÉ HODNOTY						
t1	t2	BT1	BT12	2BT3	BT2	1BT3	BF1	P
čas	čas	VENKOVNÍ TEPLOTA	PŘÍVOD VĚTVE TČ(EX)	ODVOD VĚTVE TČ(EX)	PŘÍVOD VĚTVE OT	ODVOD VĚTVE OT	PRŮTOK OT, TČ	SPOTŘEBA ELEKTRINY
–	[min]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[l/min]	[kWh]
12:35:00	0	-2,9	34,0	29,7	30,2	29,7	13,1	3552,230
12:40:00	5	-2,9	35,6	29,7	33,8	29,8	12,2	3552,330
12:45:00	10	-2,9	36,5	30,3	35,1	30,4	12,2	3552,460
12:50:00	15	-2,7	37,4	31,0	36,1	31,1	12,2	3552,590
12:55:00	20	-2,6	38,0	31,7	36,8	31,9	12,5	3552,720
13:00:00	25	-2,6	38,6	32,4	37,4	32,5	12,5	3552,840
13:05:00	30	-2,7	39,3	33,0	38,2	33,1	12,5	3552,970
13:10:00	35	-2,6	39,8	33,4	38,7	33,6	12,8	3553,110
13:15:00	40	-2,6	40,2	34,0	39,2	34,1	13,1	3553,240
13:20:00	45	-2,5	40,6	34,5	39,6	34,7	13,4	3553,380
13:25:00	50	-2,5	40,1	35,0	35,3	35,0	13,3	3553,480
13:30:00	55	-2,4	36,4	31,0	34,2	31,1	13,4	3553,580
13:35:00	60	-2,5	37,6	32,6	36,0	32,7	15,7	3553,690
PRŮMĚR		-2,6	38,0					

08.12.2021		VÝPOČET								
t2	C	Q TČ(EX)	Q OT	Q TČ(EX)	Q OT	P	COP TČ (EX)	COP OT	ROZDÍL COP	
čas	MĚRNÁ TEPELNÁ KAPACITA	VÝKON VĚTVE TČ(EX)	VÝKON VĚTVE OT	TEPLO DODANÉ TČ(EX)	TEPLO ODEBRANÉ (VĚTVE OT)	SPOTŘEBA ELEKTRINY	TOPNÝ FAKTOR VĚTVE TČ(EX)	TOPNÝ FAKTOR VĚTVE OT	ROZDÍL TOPNÝCH FAKTORŮ VĚTVE TČ(EX) A OT	
[min]	[J/kg.K]	[kW]	[kW]	[kWh/5min]	[kWh/5min]	[kWh/5min]	–	–	–	
0	4180	3,924	0,456	0,327	0,038	0,100	3,270	0,380	2,890	
5	4180	5,015	3,400	0,418	0,283	0,100	4,179	2,833	1,346	
10	4180	5,270	3,995	0,439	0,333	0,130	3,378	2,561	0,817	
15	4180	5,440	4,250	0,453	0,354	0,130	3,487	2,724	0,763	
20	4180	5,486	4,267	0,457	0,356	0,130	3,517	2,735	0,782	
25	4180	5,399	4,267	0,450	0,356	0,120	3,749	2,963	0,786	
30	4180	5,486	4,441	0,457	0,370	0,130	3,517	2,847	0,670	
35	4180	5,707	4,548	0,476	0,379	0,140	3,397	2,707	0,690	
40	4180	5,658	4,654	0,472	0,388	0,130	3,627	2,984	0,644	
45	4180	5,695	4,574	0,475	0,381	0,140	3,390	2,723	0,667	
50	4180	4,725	0,278	0,394	0,023	0,100	3,938	0,232	3,706	
55	4180	5,041	2,894	0,420	0,241	0,100	4,201	2,412	1,789	
60	4180	5,469	3,609	0,456	0,301	0,110	4,143	2,734	1,409	
PRŮMĚR							3,676	2,372	1,304	

3.2.2.5 5) Měření v režimu vytápění při průměrné venkovní teplotě 0,0 °C

Tabulka 52 Měření v režimu vytápění při průměrné venkovní teplotě 0,0 °C

09.12.2021		NAMĚŘENÉ HODNOTY						
t1	t2	BT1	BT12	2BT3	BT2	1BT3	BF1	P
čas	čas	VENKOVNÍ TEPLOTA	PŘÍVOD VĚTVE TČ(EX)	ODVOD VĚTVE TČ(EX)	PŘÍVOD VĚTVE OT	ODVOD VĚTVE OT	PRŮTOK OT, TČ	SPOTŘEBA ELEKTŘINY
–	[min]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[l/min]	[kWh]
12:20:00	0	0,1	33,5	28,4	31,9	28,5	12,7	3581,280
12:25:00	5	0,0	34,6	29,2	33,3	29,3	12,8	3581,390
12:30:00	10	0,1	35,4	29,6	34,3	29,8	12,9	3581,490
12:35:00	15	0,0	36,1	30,4	35,0	29,9	13,1	3581,610
12:40:00	20	0,1	35,9	30,2	33,9	31,3	13,0	3581,700
12:45:00	25	0,0	34,5	28,9	33,2	30,2	13,1	3581,790
12:50:00	30	0,0	34,2	29,7	32,6	29,8	15,4	3581,890
12:55:00	35	0,0	35,7	30,4	34,3	30,5	14,1	3582,000
13:00:00	40	-0,1	36,4	31,1	35,4	31,2	14,4	3582,120
13:05:00	45	-0,1	37,1	31,7	36,1	31,9	14,2	3582,240
13:10:00	50	-0,1	37,8	32,4	36,8	32,5	14,0	3582,360
13:15:00	55	-0,1	38,5	33,0	37,5	33,1	14,2	3582,480
13:20:00	60	0,0	39,0	33,4	38,2	33,5	14,1	3582,610
PRŮMĚR		0,0	36,1					

09.12.2021		VÝPOČET							
t2	C	Q TČ(EX)	Q OT	Q TČ(EX)	Q OT	P	COP TČ (EX)	COP OT	ROZDÍL COP
čas	MĚRNÁ TEPELNÁ KAPACITA	VÝKON VĚTVE TČ(EX)	VÝKON VĚTVE OT	TEPLO DODANÉ TČ(EX)	TEPLO ODEBRANÉ (VĚTEV OT)	SPOTŘEBA ELEKTŘINY	TOPNÝ FAKTOR VĚTVE TČ(EX)	TOPNÝ FAKTOR VĚTVE OT	ROZDÍL TOPNÝCH FAKTORŮ VĚTVE TČ(EX) A OT
[min]	[J/kg.K]	[kW]	[kW]	[kWh/5min]	[kWh/5min]	[kWh/5min]	–	–	–
0	4180	4,512	3,008	0,376	0,251	0,110	3,418	2,279	1,139
5	4180	4,815	3,567	0,401	0,297	0,110	3,648	2,702	0,946
10	4180	5,212	4,044	0,434	0,337	0,100	4,344	3,370	0,974
15	4180	5,202	4,654	0,434	0,388	0,120	3,613	3,232	0,380
20	4180	5,162	2,355	0,430	0,196	0,090	4,780	2,180	2,600
25	4180	5,111	2,738	0,426	0,228	0,090	4,732	2,535	2,197
30	4180	4,828	3,004	0,402	0,250	0,100	4,023	2,503	1,520
35	4180	5,206	3,733	0,434	0,311	0,110	3,944	2,828	1,116
40	4180	5,317	4,213	0,443	0,351	0,120	3,692	2,926	0,766
45	4180	5,342	4,155	0,445	0,346	0,120	3,710	2,885	0,824
50	4180	5,267	4,194	0,439	0,349	0,120	3,657	2,912	0,745
55	4180	5,441	4,353	0,453	0,363	0,120	3,778	3,023	0,756
60	4180	5,501	4,617	0,458	0,385	0,130	3,526	2,959	0,567
PRŮMĚR							3,913	2,795	1,118

3.2.2.6 6) Měření v režimu vytápění při průměrné venkovní teplotě 2,5 °C

Tabulka 53 Měření v režimu vytápění při průměrné venkovní teplotě 2,5 °C

16.12.2021		NAMĚŘENÉ HODNOTY						
t1	t2	BT1	BT12	2BT3	BT2	1BT3	BF1	P
čas	čas	VENKOVNÍ TEPLOTA	PŘÍVOD VĚTVE TČ(EX)	ODVOD VĚTVE TČ(EX)	PŘÍVOD VĚTVE OT	ODVOD VĚTVE OT	PRŮTOK OT, TČ	SPOTŘEBA ELEKTRINY
–	[min]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[l/min]	[kWh]
9:52:00	0	2,4	36,3	32,1	35,8	32,0	14,5	3768,990
9:57:00	5	2,5	36,5	32,1	35,7	32,2	14,8	3769,090
10:02:00	10	2,5	37,3	32,6	36,3	32,7	14,7	3769,190
10:07:00	15	2,6	37,9	33,1	37,0	33,1	14,8	3769,290
10:12:00	20	2,6	38,2	33,5	37,5	33,6	15,4	3769,400
PRŮMĚR		2,5	37,2					

16.12.2021		VÝPOČET							
t2	C	Q TČ(EX)	Q OT	Q TČ(EX)	Q OT	P	COP TČ (EX)	COP OT	ROZDÍL COP
čas	MĚRNÁ TEPELNÁ KAPACITA	VÝKON VĚTVE TČ(EX)	VÝKON VĚTVE OT	TEPLO DODANÉ TČ(EX)	TEPLO ODEBRANÉ (VĚTEV OT)	SPOTŘEBA ELEKTRINY	TOPNÝ FAKTOR VĚTVE TČ(EX)	TOPNÝ FAKTOR VĚTVE OT	ROZDÍL TOPNÝCH FAKTORŮ VĚTVE TČ(EX) A OT
[min]	[J/kg.K]	[kW]	[kW]	[kWh/5min]	[kWh/5min]	[kWh/5min]	–	–	–
0	4180	4,243	3,839	0,354	0,320	0,100	3,536	3,199	0,337
5	4180	4,537	3,609	0,378	0,301	0,100	3,781	3,007	0,773
10	4180	4,813	3,687	0,401	0,307	0,100	4,011	3,072	0,939
15	4180	4,949	4,021	0,412	0,335	0,100	4,124	3,351	0,773
20	4180	5,042	4,184	0,420	0,349	0,100	4,202	3,487	0,715
PRŮMĚR							3,931	3,223	0,707

3.2.2.7 7) Měření v režimu vytápění při průměrné venkovní teplotě 3,1 °C

Tabulka 54 Měření v režimu vytápění při průměrné venkovní teplotě 3,1 °C

16.12.2021		NAMĚŘENÉ HODNOTY						
t1	t2	BT1	BT12	2BT3	BT2	1BT3	BF1	P
čas	čas	VENKOVNÍ TEPLOTA	PŘÍVOD VĚTVE TČ(EX)	ODVOD VĚTVE TČ(EX)	PŘÍVOD VĚTVE OT	ODVOD VĚTVE OT	PRŮTOK OT, TČ	SPOTŘEBA ELEKTRINY
–	[min]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[l/min]	[kWh]
13:50:00	0	3,1	32,8	28,4	31,8	28,5	13,2	3772,050
13:55:00	5	3,1	33,5	29,0	32,6	29,1	13,3	3772,140
14:00:00	10	3,1	34,0	29,5	33,2	29,6	13,8	3772,240
14:05:00	15	3,0	34,7	30,1	33,8	30,2	14,2	3772,320
14:10:00	20	3,1	35,3	30,7	34,4	30,8	14,1	3772,410
14:15:00	25	3,1	35,7	31,3	34,9	31,3	14,3	3772,500
14:20:00	30	3,0	36,1	31,7	35,5	31,8	14,4	3772,590
14:25:00	35	3,0	36,5	32,1	35,8	32,2	14,4	3772,680
14:30:00	40	3,0	36,8	32,5	36,1	32,5	14,5	3772,780
PRŮMĚR		3,1	35,0					

16.12.2021		VÝPOČET							
t2	C	Q TČ(EX)	Q OT	Q TČ(EX)	Q OT	P	COP TČ (EX)	COP OT	ROZDÍL COP
čas	MĚRNÁ TEPELNÁ KAPACITA	VÝKON VĚTVE TČ(EX)	VÝKON VĚTVE OT	TEPLO DODANÉ TČ(EX)	TEPLO ODEBRANÉ (VĚTEV OT)	SPOTŘEBA ELEKTRINY	TOPNÝ FAKTOR VĚTVE TČ(EX)	TOPNÝ FAKTOR VĚTVE OT	ROZDÍL TOPNÝCH FAKTORŮ VĚTVE TČ(EX) A OT
[min]	[J/kg.K]	[kW]	[kW]	[kWh/5min]	[kWh/5min]	[kWh/5min]	-	-	-
0	4180	4,046	3,035	0,337	0,253	0,090	3,747	2,810	0,937
5	4180	4,170	3,243	0,347	0,270	0,090	3,861	3,003	0,858
10	4180	4,326	3,461	0,361	0,288	0,100	3,605	2,884	0,721
15	4180	4,551	3,561	0,379	0,297	0,080	4,740	3,710	1,030
20	4180	4,519	3,536	0,377	0,295	0,090	4,184	3,274	0,910
25	4180	4,383	3,586	0,365	0,299	0,090	4,059	3,321	0,738
30	4180	4,414	3,712	0,368	0,309	0,090	4,087	3,437	0,650
35	4180	4,414	3,612	0,368	0,301	0,090	4,087	3,344	0,743
40	4180	4,344	3,637	0,362	0,303	0,100	3,620	3,030	0,589
PRŮMĚR							3,999	3,201	0,797

3.2.2.8 8) Měření v režimu vytápění při průměrné venkovní teplotě - 11,7 °C

Tabulka 55 Měření v režimu vytápění při průměrné venkovní teplotě -11,7 °C

26.12.2021		NAMĚŘENÉ HODNOTY						
t1	t2	BT1	BT12	2BT3	BT2	1BT3	BF1	P
čas	čas	VENKOVNÍ TEPLOTA	PŘÍVOD VĚTVE TČ(EX)	ODVOD VĚTVE TČ(EX)	PŘÍVOD VĚTVE OT	ODVOD VĚTVE OT	PRŮTOK OT, TČ	SPOTŘEBA ELEKTRINY
-	[min]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[l/min]	[kWh]
9:40:00	0	-11,9	42,0	34,3	40,4	34,7	13,9	4073,110
9:45:00	5	-11,8	43,1	35,3	41,5	35,5	13,8	4073,340
9:50:00	10	-11,7	44,0	36,1	42,4	36,3	13,8	4073,580
9:55:00	15	-11,7	44,8	36,8	43,3	37,0	13,8	4073,820
10:00:00	20	-11,5	45,5	37,5	44,1	37,6	13,8	4074,065
PRŮMĚR		-11,7	43,9					

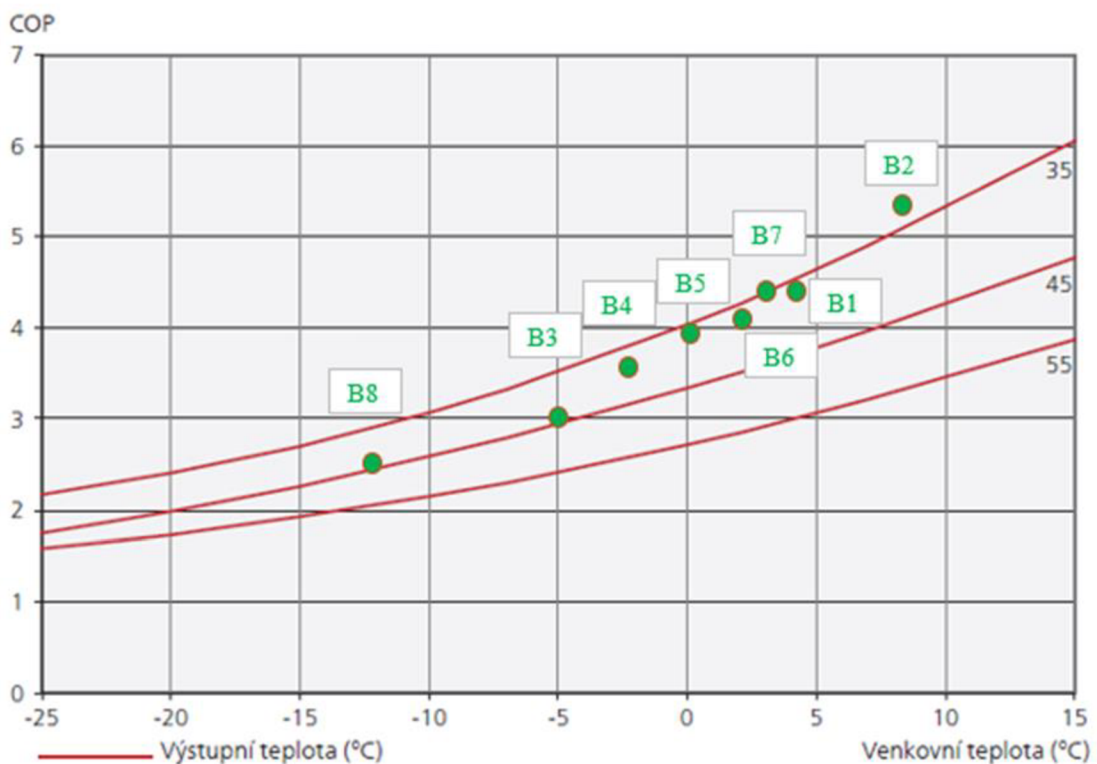
26.12.2021		VÝPOČET							
t2	C	Q TČ(EX)	Q OT	Q TČ(EX)	Q OT	P	COP TČ (EX)	COP OT	ROZDÍL COP
čas	MĚRNÁ TEPELNÁ KAPACITA	VÝKON VĚTVE TČ(EX)	VÝKON VĚTVE OT	TEPLO DODANÉ TČ(EX)	TEPLO ODEBRANÉ (VĚTEV OT)	SPOTŘEBA ELEKTRINY	TOPNÝ FAKTOR VĚTVE TČ(EX)	TOPNÝ FAKTOR VĚTVE OT	ROZDÍL TOPNÝCH FAKTORŮ VĚTVE TČ(EX) A OT
[min]	[J/kg.K]	[kW]	[kW]	[kWh/5min]	[kWh/5min]	[kWh/5min]	-	-	-
0	4180	7,456	5,520	0,621	0,460	0,230	2,702	2,000	0,702
5	4180	7,499	5,768	0,625	0,481	0,230	2,717	2,090	0,627
10	4180	7,595	5,865	0,633	0,489	0,240	2,637	2,036	0,601
15	4180	7,691	6,057	0,641	0,505	0,240	2,671	2,103	0,567
20	4180	7,691	6,249	0,641	0,521	0,245	2,616	2,126	0,491
PRŮMĚR							2,668	2,071	0,598

3.2.3 Vyhodnocení výpočtů COP

3.2.3.1 Vynesení naměřených bodů

Pomocí průměrné venkovní teploty (BT1) a průměrné teploty výstupu z tepelného čerpadla (BT12) byly do grafu od výrobce zakresleny body. Z grafu od výrobce byl odečten topný faktor COP a porovnán s vypočtenými hodnotami COP větve TČ(EX).

COP F2120-12



Obrázek 64 Graf topného faktoru COP při různých výstupních teplotách z TČ [6]

3.2.3.2 Porovnání topných faktorů COP

Zde je topný faktor COP z grafu od výrobce porovnán s naším vypočteným topným faktorem COP.

Tabulka 56 Porovnání topných faktorů COP

číslo měření	COP z grafu od výrobce	vypočtené průměrné COP TČ (EX)	rozdíl COP
1	4,30	4,20	0,10
2	5,30	4,40	0,90
3	3,00	3,00	0,00
4	3,60	3,70	-0,10
5	4,00	3,90	0,10
6	4,10	3,90	0,20
7	4,30	4,00	0,30
8	2,50	2,70	-0,20

3.2.3.3 Závěr

Byly určeny topné faktory COP při provozu tepelného čerpadla v režimu vytápění úseku TČ(EX) a úseku OT. Topné faktory v úseku TČ(EX) jsou porovnány s topnými faktory COP od výrobce. COP od výrobce byly zjištěny pomocí grafu. Ve většině případů je vyšší topný faktor od výrobce a reálný faktor vypočtený má nižší hodnotu. Protože výrobce nepočítá se spotřebou elektrické energie pro oběhová čerpadla v otopné soustavě a nepočítá se spotřebou elektrické energie pro bivalentní zdroj, z tohoto důvodu bude ve skutečnosti vyšší spotřeba elektrické energie a nižší topný faktor COP. V našem případě bivalentní zdroj nebyl v provozu v žádném měření.

Dále byl vypočten rozdíl mezi topnými faktory větvi OT a TČ(EX). V některých případech je topný faktor větve OT výrazně nižší při rozjezdu tepelného čerpadla, kde je výrazně nižší i teplota přívodu větve OT (BT2) oproti teplotě z výstupu tepelného čerpadla (BT12). Může to být způsobeno vyrovnávací nádobou, která se při rozjezdu tepelného čerpadla nabíjí. Po rozjezdu tepelného čerpadla rozdíl teplot a topných faktorů už nejsou tak vysoké. Další ztráty tepla jsou způsobené délkou potrubí mezi venkovní a vnitřní jednotkou.

3.3 Naměřené hodnoty a jejich zpracování (režim ohřevu teplé vody)

3.3.1 Analýza řízení tepelného čerpadla v režimu ohřevu teplé vody

3.3.1.1 Úvod

Tepelné čerpadlo vzduch-voda v režimu ohřevu teplé vody je řízeno pomocí teplotního čidla BT6. Toto teplotní čidlo je umístěno ve spodní části ohřívače teplé vody u plnění. Na řídicím displeji vnitřní jednotky si lze vybrat mezi třemi režimy.

3.3.1.2 Režimy pro ohřev teplé vody

Hospodárný režim je nejúspornější ze všech tří režimů, používá se v malé domácnosti s malou spotřebou teplé vody.

Normální režim poskytuje více teplé vody a je vhodný pro většinu domácností.

Extra režim vyrábí největší množství teplé vody. K ohřevu se používá kompresor a elektrokotel, což není úsporné.

Dále lze nastavit na řídicím displeji vnitřní jednotky spouštěcí a zastavovací teplotu. Tento proces je řízen pomocí teplotního čidla BT6.

3.3.1.3 Provozní priorita

Na displeji vnitřní jednotky lze nastavit prioritu provozu pro ohřev teplé vody a vytápění. Zde se nastavuje, jak dlouho má instalace zpracovávat každý požadavek, pokud se objeví dva požadavky zároveň. Hodnota se nastavuje v minutách.

Například pokud nastavím hodnotu 0 minut pro vytápění a 30 minut pro ohřev teplé vody a nastanou dva požadavky zároveň, požadavek pro vytápění nemá přednost a bude aktivován pouze v případě, že neexistuje žádný jiný požadavek.

Z výroby jsou nastavené oba požadavky na 30 minut. Je to z toho důvodu, aby se při dlouhodobém požadavku na vytápění i ohřevu teplé vody mohly oba režimy vystřídat a nedocházelo tak k malému množství teplé vody v zásobníku anebo naopak k příliš nízké pokojové teplotě.

3.3.1.4 1) Měření v režimu ohřevu teplé vody při průměrné venkovní teplotě 4,1 °C

Tabulka 57 Měření v režimu ohřevu teplé vody při průměrné venkovní teplotě 4,1 °C

04.04.2021		NAMĚŘENÉ HODNOTY						
t1	t2	BT6	BT7	BT12	BSM	–	–	
čas	čas	TEPLÁ VODA, ZÁSOBNÍK DOLNÍ	TEPLÁ VODA, ZÁSOBNÍK HORNÍ	PŘÍVOD VĚTVY TČ(EX)	STUPNĚ-MINUTY	PROVOZNÍ PRIORITA, 1 = REŽIM TEPLÉ VODY, 0 = REŽIM VYTÁPĚNÍ	POŽADAVEK	
–	[min]	[°C]	[°C]	[°C]	–	–	–	
18:05:16	0	48,30	51,00	35,80	-3,5	0	VYTÁPĚNÍ	
18:06:16	1	48,30	51,00	35,70	-0,5	0		
18:07:16	2	48,30	51,00	35,00	2,5	1	VYTÁPĚNÍ + TEPLÁ VODA	
18:08:16	3	47,90	51,00	47,70	4,9	1		
18:09:16	4	47,00	51,00	45,10	6,4	1		
18:10:16	5	46,10	50,90	45,60	7,3	1		
18:11:16	6	45,50	50,90	50,30	7,7	1		
18:12:16	7	45,20	50,90	50,10	7,8	1		
18:13:15	8	45,10	50,90	51,10	7,5	1		
18:14:15	9	45,20	50,80	52,70	6,9	1		
18:15:15	10	45,40	50,80	54,20	6,0	1		
18:16:15	11	45,60	50,80	54,60	4,9	1		
18:17:15	12	45,80	50,80	55,40	3,6	1		
18:18:15	13	46,10	50,80	56,00	2,1	1		
18:19:15	14	46,40	50,80	56,80	0,4	1		
18:20:15	15	46,70	50,90	57,50	-1,5	1		
18:21:15	16	47,00	51,00	58,00	-3,5	1		
18:22:15	17	47,20	51,10	58,30	-5,7	1		
18:23:15	18	47,50	51,30	58,80	-8,0	1		
18:24:15	19	47,70	51,40	59,50	-10,5	1		
18:25:15	20	48,00	51,60	60,00	-13,1	1		
18:26:15	21	48,20	51,80	60,50	-15,8	1		
18:27:15	22	48,50	52,10	61,00	-18,6	1		
18:28:15	23	48,90	52,30	61,30	-21,5	1		
18:29:15	24	49,20	52,60	61,80	-24,5	1		
18:30:15	25	49,50	53,00	62,30	-27,7	1		
18:31:15	26	49,80	53,30	62,70	-31,0	1		
18:32:15	27	50,10	53,50	63,10	-34,4	1		
18:33:15	28	50,40	53,80	63,40	-38,0	1		
18:34:15	29	50,70	54,30	64,00	-41,7	1		
18:35:15	30	51,00	54,60	64,20	-45,5	0		
18:36:15	31	51,40	54,80	61,00	-48,8	0	VYTÁPĚNÍ	
18:37:15	32	51,70	55,00	35,60	-38,4	0		

3.3.1.5 Vyhodnocení řízení tepelného čerpadla vzduch-voda z naměřených údajů

Naše měřené tepelné čerpadlo vzduch-voda je nastaveno pro ohřev teplé vody v režimu normální. Spouštěcí teplota je nastavená z výroby na 48 °C a zastavovací teplota na 51 °C. Jakmile poklesne teplota na teplotním čidle BT6 na 48,3 °C, tepelné čerpadlo vypne režim vytápění a upřednostní režim pro ohřev teplé vody i když požadavek na vytápění je stále aktuální, maximální výstupní teplota činí až 64,2 °C. Při dosažení teploty 51 °C na teplotním čidle BT6 tepelné čerpadlo zastaví režim ohřevu teplé vody a dále pokračuje v režimu vytápění.

V našem případě tepelné čerpadlo splnilo požadavek pro ohřev teplé vody do 30 minut. Už po 28 minutách se tepelné čerpadlo vrátilo zpět do režimu vytápění.

Pokud by tepelné čerpadlo nespĺnilo požadavek na ohřev teplé vody do 30 minut, vrací se opět do režimu vytápění. A svůj požadavek na ohřev teplé vody dokončí až po 30 minutách režimu vytápění nebo dříve po splnění požadavku na vytápění.

3.3.1.6 2) Měření v režimu ohřevu teplé vody při průměrné venkovní teplotě 13,2 °C

Tabulka 58 Měření v režimu ohřevu teplé vody při průměrné venkovní teplotě 13,2 °C

10.04.2021		NAMĚŘENÉ HODNOTY						
t1	t2	BT6	BT7	BT12	BSM	–	–	
čas	čas	TEPLÁ VODA, ZÁSOBNÍK DOLNÍ	TEPLÁ VODA, ZÁSOBNÍK HORNÍ	PŘÍVOD VĚTVE TČ(EX)	STUPNĚ-MINUTY	PROVOZNÍ PRIORITY, 1 = REŽIM TEPLÉ VODY, 0 = REŽIM VYTÁPĚNÍ	POŽADAVEK	
–	[min]	[°C]	[°C]	[°C]	–	–	–	
9:40:00	0	41,9	54,5	40,4	30,0	1	TEPLÁ VODA	
9:45:00	5	41,1	54,4	50,0	22,0	1		
9:50:00	10	43,4	54,4	53,8	13,0	1		
9:55:00	15	45,7	54,3	55,7	0,0	1		
10:00:00	20	46,7	54,3	57,4	-10,0	1		
10:05:00	25	47,7	54,2	58,3	-24,0	1		
10:10:00	30	48,9	54,0	60,1	-42,0	1		
10:15:00	35	50,0	54,4	62,1	-55,0	1		
10:20:00	40	50,9	54,9	62,3	-72,0	1		

3.3.1.7 Vyhodnocení řízení tepelného čerpadla vzduch-voda z naměřených údajů

Před měřením nebyl požadavek na vytápění ani na ohřev teplé vody. Při používání teplé vody v domácnosti nám teplota ve spodní části zásobníku na teplotním čidle BT6 klesla pod 48 °C, ihned se spustilo tepelné čerpadlo do režimu ohřevu teplé vody, teplá voda v domácnosti byla dále používána, proto nám teplota ve spodní části zásobníku klesla až na 41,1 °C.

V tomto případě byla velká spotřeba teplé vody v domácnosti a tepelné čerpadlo běželo v režimu ohřevu teplé vody až 40 min. Což je více než nastavených 30 minut v provozní prioritě. Po dobu měření nebyl požadavek na vytápění, proto tepelné čerpadlo v režimu ohřevu teplé vody mohlo běžet déle než 30 minut.

3.3.2 Výpočet COP tepelného čerpadla vzduch-voda v režimu vytápění

3.3.2.1 1) Měření v režimu ohřevu teplé vody při průměrné venkovní teplotě 16,3 °C

Tabulka 59 Měření v režimu ohřevu teplé vody při průměrné venkovní teplotě 16,3 °C

18.08.2021									
NAMĚŘENÉ HODNOTY									
t1	t2	BT1	BT12	BT63	2BT3	BT7	BT6	BF1	P
čas	čas	VENKOVNÍ TEPLOTA	PŘÍVOD VĚTVE TČ(EX)	PŘÍVOD VĚTVE TČ(IN)	ODVOD VĚTVE TČ(EX)	ZÁSOBNÍK TV HORNÍ	ZÁSOBNÍK TV DOLNÍ	PRŮTOK TČ	SPOTŘEBA ELEKTRINY
-	[min]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[l/min]	[kWh]
22:02:57	0	16,3	45,1	40,6	38,9	52,9	39,0	11,3	2051,385
22:07:57	5	16,3	52,1	49,1	42,4	52,9	41,1	10,0	2051,530
22:12:57	10	16,4	54,8	53,5	46,3	52,8	43,9	9,2	2051,685
22:17:57	15	16,3	57,1	54,9	47,8	52,7	45,9	8,1	2051,810
22:22:57	20	16,2	58,7	56,4	48,6	52,9	47,0	7,8	2051,940
PRŮMĚR		16,3	53,6						

18.08.2021									
VÝPOČET									
t2	C	Q TČ(IN)	Q TČ(EX)	Q TČ(IN)	Q TČ(EX)	P	COP TČ(IN)	COP TČ(EX)	ROZDÍL COP
čas	MĚRNÁ TEPELNÁ KAPACITA	VÝKON VĚTVE TČ(IN)	VÝKON VĚTVE TČ(EX)	TEPLO DODANÉ TČ(IN)	TEPLO DODANÉ TČ(EX)	SPOTŘEBA ELEKTRINY	TOPNÝ FAKTOR VĚTVE TČ(IN)	TOPNÝ FAKTOR VĚTVE TČ(EX)	ROZDÍL TOPNÝCH FAKTORŮ VĚTVÍ TČ(IN) A TČ(EX)
[min]	[J/kg.K]	[kW]	[kW]	[kWh/5min]	[kWh/5min]	[kWh/5min]	-	-	-
0	4180	1,338	4,881	0,112	0,407	0,145	0,769	2,805	2,0
5	4180	4,668	6,758	0,389	0,563	0,145	2,683	3,884	1,2
10	4180	4,615	5,448	0,385	0,454	0,155	2,481	2,929	0,4
15	4180	4,007	5,248	0,334	0,437	0,125	2,671	3,499	0,8
20	4180	4,239	5,488	0,353	0,457	0,130	2,717	3,518	0,8
PRŮMĚR							2,638	3,457	1,1

3.3.2.2 2) Měření v režimu ohřevu teplé vody při průměrné venkovní teplotě 21,4 °C

Tabulka 60 Měření v režimu ohřevu teplé vody při průměrné venkovní teplotě 21,4 °C

22.08.2021									
NAMĚŘENÉ HODNOTY									
t1	t2	BT1	BT12	BT63	2BT3	BT7	BT6	BF1	P
čas	čas	VENKOVNÍ TEPLOTA	PŘÍVOD VĚTVE TČ(EX)	PŘÍVOD VĚTVE TČ(IN)	ODVOD VĚTVE TČ(EX)	ZÁSOBNÍK TV HORNÍ	ZÁSOBNÍK TV DOLNÍ	PRŮTOK TČ	SPOTŘEBA ELEKTRINY
-	[min]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[l/min]	[kWh]
11:40:00	0	21,1	49,2	46,6	43,4	53,3	44,5	14,1	2063,180
11:45:00	5	21,3	54,3	51,4	46,8	53,2	45,7	9,8	2063,280
11:50:00	10	21,4	57,4	54,8	49,0	53,1	47,5	8,9	2063,390
11:55:00	15	21,6	60,0	57,1	50,8	53,2	49,0	7,8	2063,510
12:00:00	20	21,8	62,2	59,2	52,4	53,9	50,1	7,8	2063,630
PRŮMĚR		21,4	56,6						

22.08.2021									
VÝPOČET									
t2	C	Q TČ(IN)	Q TČ(EX)	Q TČ(IN)	Q TČ(EX)	P	COP TČ(IN)	COP TČ(EX)	ROZDÍL COP
čas	MĚRNÁ TEPELNÁ KAPACITA	VÝKON VĚTVE TČ(IN)	VÝKON VĚTVE TČ(EX)	TEPLO DODANÉ TČ(IN)	TEPLO DODANÉ TČ(EX)	SPOTŘEBA ELEKTRINY	TOPNÝ FAKTOR VĚTVE TČ(IN)	TOPNÝ FAKTOR VĚTVE TČ(EX)	ROZDÍL TOPNÝCH FAKTORŮ VĚTVÍ TČ(IN) A TČ(EX)
[min]	[J/kg.K]	[kW]	[kW]	[kWh/5min]	[kWh/5min]	[kWh/5min]	-	-	-
0	4180	3,143	5,697	0,262	0,475	0,100	2,619	4,748	2,1
5	4180	3,141	5,121	0,262	0,427	0,100	2,617	4,267	1,6
10	4180	3,596	5,208	0,300	0,434	0,110	2,724	3,946	1,2
15	4180	3,423	4,999	0,285	0,417	0,120	2,377	3,472	1,1
20	4180	3,695	5,325	0,308	0,444	0,120	2,566	3,698	1,1
PRŮMĚR							2,581	4,026	1,4

3.3.2.3 3) Měření v režimu ohřevu teplé vody při průměrné venkovní teplotě 17,6 °C

Tabulka 61 Měření v režimu ohřevu teplé vody při průměrné venkovní teplotě 17,6 °C

14.09.2021									
NAMĚŘENÉ HODNOTY									
t1	t2	BT1	BT12	BT63	2BT3	BT7	BT6	BF1	P
čas	čas	VENKOVNÍ TEPLOTA	PŘÍVOD VĚTVE TČ(EX)	PŘÍVOD VĚTVE TČ(IN)	ODVOD VĚTVE TČ(EX)	ZÁSOBNÍK TV HORNÍ	ZÁSOBNÍK TV DOLNÍ	PRŮTOK TČ	SPOTŘEBA ELEKTRINY
–	[min]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[l/min]	[kWh]
11:12:00	0	17,2	46,0	44,5	41,5	53,4	46,0	14,7	2198,390
11:17:00	5	17,3	50,0	47,6	43,7	53,3	44,8	10,3	2198,490
11:22:00	10	17,5	52,7	50,3	44,4	53,3	45,1	7,8	2198,590
11:27:00	15	17,6	55,8	52,5	46,0	53,2	46,1	6,9	2198,700
11:32:00	20	17,7	58,0	55,0	48,0	53,2	47,1	7,0	2198,820
11:37:00	25	17,8	60,2	57,1	49,8	53,2	48,1	7,2	2198,930
11:42:00	30	17,8	61,4	59,0	51,7	53,6	49,3	7,1	2199,060
PRŮMĚR		17,6	54,9						

14.09.2021									
VÝPOČET									
t2	C	Q TČ(IN)	Q TČ(EX)	Q TČ(IN)	Q TČ(EX)	P	COP TČ(IN)	COP TČ(EX)	ROZDÍL COP
čas	MĚRNÁ TEPELNÁ KAPACITA	VÝKON VĚTVE TČ(IN)	VÝKON VĚTVE TČ(EX)	TEPLO DODANÉ TČ(IN)	TEPLO DODANÉ TČ(EX)	SPOTŘEBA ELEKTRINY	TOPNÝ FAKTOR VĚTVE TČ(IN)	TOPNÝ FAKTOR VĚTVE TČ(EX)	ROZDÍL TOPNÝCH FAKTORŮ VĚTVÍ TČ(IN) A TČ(EX)
[min]	[J/kg.K]	[kW]	[kW]	[kWh/5min]	[kWh/5min]	[kWh/5min]	–	–	–
0	4180	3,072	4,608	0,256	0,384	0,100	2,560	3,840	1,3
5	4180	2,799	4,521	0,233	0,377	0,100	2,332	3,767	1,4
10	4180	3,206	4,510	0,267	0,376	0,100	2,672	3,759	1,1
15	4180	3,125	4,711	0,260	0,393	0,110	2,367	3,569	1,2
20	4180	3,414	4,877	0,284	0,406	0,120	2,371	3,387	1,0
25	4181	3,662	5,217	0,305	0,435	0,110	2,774	3,952	1,2
30	4182	3,611	9,934	0,301	0,828	0,130	2,315	6,368	4,1
PRŮMĚR							2,484	4,092	1,6

3.3.2.4 4) Měření v režimu ohřevu teplé vody při průměrné venkovní teplotě 10,2 °C

Tabulka 62 Měření v režimu ohřevu teplé vody při průměrné venkovní teplotě 10,2 °C

19.09.2021		NAMĚŘENÉ HODNOTY							
t1	t2	BT1	BT12	BT63	2BT3	BT7	BT6	BF1	P
čas	čas	VENKOVNÍ TEPLOTA	PŘÍVOD VĚTVE TČ(EX)	PŘÍVOD VĚTVE TČ(IN)	ODVOD VĚTVE TČ(EX)	ZÁSOBNÍK TV HORNÍ	ZÁSOBNÍK TV DOLNÍ	PRŮTOK TČ	SPOTŘEBA ELEKTRINY
–	[min]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[l/min]	[kWh]
20:25:00	0	10,4	39,6	37,6	35,0	54,3	39,3	14,2	2236,090
20:30:00	5	10,3	49,5	44,7	39,8	53,9	34,4	11,3	2236,230
20:35:00	10	10,3	54,4	51,2	43,8	53,8	38,6	11,7	2236,440
20:40:00	15	10,2	55,6	53,4	46,7	53,7	42,3	10,1	2236,630
20:45:00	20	10,1	57,9	55,3	48,2	53,6	45,3	9,6	2236,790
20:50:00	25	10,1	60,1	57,5	50,3	53,5	47,1	9,3	2236,970
PRŮMĚR		10,2	52,9						

19.09.2021		VÝPOČET							
t2	C	Q TČ(IN)	Q TČ(EX)	Q TČ(IN)	Q TČ(EX)	P	COP TČ(IN)	COP TČ(EX)	ROZDÍL COP
čas	MĚRNÁ TEPELNÁ KAPACITA	VÝKON VĚTVE TČ(IN)	VÝKON VĚTVE TČ(EX)	TEPLO DODANÉ TČ(IN)	TEPLO DODANÉ TČ(EX)	SPOTŘEBA ELEKTRINY	TOPNÝ FAKTOR VĚTVE TČ(IN)	TOPNÝ FAKTOR VĚTVE TČ(EX)	ROZDÍL TOPNÝCH FAKTORŮ VĚTVÍ TČ(IN) A TČ(EX)
[min]	[J/kg.K]	[kW]	[kW]	[kWh/5min]	[kWh/5min]	[kWh/5min]	–	–	–
0	4180	2,572	4,551	0,214	0,379	0,140	1,531	2,709	1,2
5	4180	3,857	7,636	0,321	0,636	0,140	2,296	4,545	2,2
10	4180	6,032	8,640	0,503	0,720	0,210	2,394	3,429	1,0
15	4180	4,714	6,262	0,393	0,522	0,190	2,068	2,747	0,7
20	4180	4,748	6,487	0,396	0,541	0,160	2,473	3,379	0,9
25	4181	4,665	6,349	0,389	0,529	0,180	2,160	2,940	0,8
PRŮMĚR							2,154	3,291	1,1

3.3.2.5 5) Měření v režimu ohřevu teplé vody při průměrné venkovní teplotě 13,2 °C

Tabulka 63 Měření v režimu ohřevu teplé vody při průměrné venkovní teplotě 13,2 °C

04.10.2021									
NAMĚŘENÉ HODNOTY									
t1	t2	BT1	BT12	BT63	2BT3	BT7	BT6	BF1	P
čas	čas	VENKOVNÍ TEPLOTA	PŘÍVOD VĚTVE TČ(EX)	PŘÍVOD VĚTVE TČ(IN)	ODVOD VĚTVE TČ(EX)	ZÁSOBNÍK TV HORNÍ	ZÁSOBNÍK TV DOLNÍ	PRŮTOK TČ	SPOTŘEBA ELEKTRINY
–	[min]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[l/min]	[kWh]
9:40:00	0	12,8	40,4	38,1	36,1	54,5	41,9	16,0	2364,440
9:45:00	5	12,8	50,0	46,2	41,6	54,4	41,1	10,6	2364,560
9:50:00	10	12,9	53,8	51,4	44,5	54,4	43,4	9,5	2364,690
9:55:00	15	13,1	55,7	53,3	46,8	54,3	45,7	7,8	2364,810
10:00:00	20	13,1	57,4	55,2	47,6	54,3	46,7	7,3	2364,920
10:05:00	25	13,3	58,3	55,5	48,5	54,2	47,7	7,1	2365,040
10:10:00	30	13,4	60,1	57,2	50,4	54,0	48,9	7,3	2365,160
10:15:00	35	13,5	62,1	59,1	52,0	54,4	50,0	7,1	2365,280
10:20:00	40	13,6	62,3	59,5	52,2	54,9	50,9	7,3	2365,390
PRŮMĚR		13,2	55,6						

04.10.2021									
VÝPOČET									
t2	C	Q TČ(IN)	Q TČ(EX)	Q TČ(IN)	Q TČ(EX)	P	COP TČ(IN)	COP TČ(EX)	ROZDÍL COP
čas	MĚRNÁ TEPELNÁ KAPACITA	VÝKON VĚTVE TČ(IN)	VÝKON VĚTVE TČ(EX)	TEPLO DODANÉ TČ(IN)	TEPLO DODANÉ TČ(EX)	SPOTŘEBA ELEKTRINY	TOPNÝ FAKTOR VĚTVE TČ(IN)	TOPNÝ FAKTOR VĚTVE TČ(EX)	ROZDÍL TOPNÝCH FAKTORŮ VĚTVÍ TČ(IN) A TČ(EX)
[min]	[J/kg.K]	[kW]	[kW]	[kWh/5min]	[kWh/5min]	[kWh/5min]	–	–	–
0	4180	2,229	4,793	0,186	0,399	0,120	1,548	3,329	1,8
5	4180	3,397	6,203	0,283	0,517	0,120	2,359	4,308	1,9
10	4180	4,567	6,155	0,381	0,513	0,130	2,927	3,946	1,0
15	4180	3,532	4,836	0,294	0,403	0,120	2,453	3,359	0,9
20	4180	3,865	4,984	0,322	0,415	0,110	2,928	3,776	0,8
25	4180	3,462	4,847	0,289	0,404	0,120	2,404	3,366	1,0
30	4180	3,458	4,933	0,288	0,411	0,120	2,402	3,426	1,0
35	4180	3,512	4,996	0,293	0,416	0,120	2,439	3,469	1,0
40	4181	3,713	5,137	0,309	0,428	0,110	2,813	3,891	1,1
PRŮMĚR							2,475	3,652	1,2

3.3.2.6 6) Měření v režimu ohřevu teplé vody při průměrné venkovní teplotě 6,9 °C

Tabulka 64 Měření v režimu ohřevu teplé vody při průměrné venkovní teplotě 6,9 °C

18.10.2021									
NAMĚŘENÉ HODNOTY									
t1	t2	BT1	BT12	BT63	2BT3	BT7	BT6	BF1	P
čas	čas	VENKOVNÍ TEPLOTA	PŘÍVOD VĚTVE TČ(EX)	PŘÍVOD VĚTVE TČ(IN)	ODVOD VĚTVE TČ(EX)	ZÁSOBNÍK TV HORNÍ	ZÁSOBNÍK TV DOLNÍ	PRŮTOK TČ	SPOTŘEBA ELEKTRINY
–	[min]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[l/min]	[kWh]
11:30:00	0	6,8	49,5	45,7	39,1	54,5	32,0	11,3	2563,580
11:35:00	5	6,7	54,3	51,1	43,8	54,3	37,6	12,1	2563,790
11:40:00	10	6,8	56,2	53,5	47,1	54,0	42,3	10,4	2563,980
11:45:00	15	6,9	58,3	55,5	48,8	53,9	45,3	9,5	2564,150
11:50:00	20	7,0	60,6	57,8	50,9	53,8	47,3	9,6	2564,340
11:55:00	25	7,1	63,1	60,2	53,1	54,3	49,2	9,6	2564,520
PRŮMĚR		6,9	57,0						

18.10.2021									
VÝPOČET									
t2	C	Q TČ(IN)	Q TČ(EX)	Q TČ(IN)	Q TČ(EX)	P	COP TČ(IN)	COP TČ(EX)	ROZDÍL COP
čas	MĚRNÁ TEPELNÁ KAPACITA	VÝKON VĚTVE TČ(IN)	VÝKON VĚTVE TČ(EX)	TEPLO DODANÉ TČ(IN)	TEPLO DODANÉ TČ(EX)	SPOTŘEBA ELEKTRINY	TOPNÝ FAKTOR VĚTVE TČ(IN)	TOPNÝ FAKTOR VĚTVE TČ(EX)	ROZDÍL TOPNÝCH FAKTORŮ VĚTVÍ TČ(IN) A TČ(EX)
[min]	[J/kg.K]	[kW]	[kW]	[kWh/5min]	[kWh/5min]	[kWh/5min]	–	–	–
0	4180	5,196	8,187	0,433	0,682	0,210	2,062	3,249	1,2
5	4180	6,154	8,851	0,513	0,738	0,210	2,442	3,512	1,1
10	4180	4,637	6,593	0,386	0,549	0,190	2,034	2,892	0,9
15	4180	4,434	6,287	0,370	0,524	0,170	2,174	3,082	0,9
20	4180	4,615	6,487	0,385	0,541	0,190	2,024	2,845	0,8
25	4180	4,748	6,688	0,396	0,557	0,180	2,198	3,096	0,9
PRŮMĚR							2,156	3,113	1,0

3.3.2.7 7) Měření v režimu ohřevu teplé vody při průměrné venkovní teplotě 2,4 °C

Tabulka 65 Měření v režimu ohřevu teplé vody při průměrné venkovní teplotě 2,4 °C

16.12.2021									
NAMĚŘENÉ HODNOTY									
t1	t2	BT1	BT12	BT63	2BT3	BT7	BT6	BF1	P
čas	čas	VENKOVNÍ TEPLOTA	PŘÍVOD VĚTVE TČ(EX)	PŘÍVOD VĚTVE TČ(IN)	ODVOD VĚTVE TČ(EX)	ZÁSOBNÍK TV HORNÍ	ZÁSOBNÍK TV DOLNÍ	PRŮTOK TČ	SPOTŘEBA ELEKTRINY
–	[min]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[l/min]	[kWh]
9:25:00	0	2,4	52,7	52,2	43,7	51,0	43,0	10,6	3768,080
9:30:00	5	2,4	54,4	52,3	44,9	50,9	44,3	10,0	3768,220
9:35:00	10	2,4	57,3	54,4	47,4	50,8	46,3	9,8	3768,400
9:40:00	15	2,4	60,0	57,0	50,0	51,6	47,8	9,8	3768,600
9:45:00	20	2,4	62,3	59,5	52,3	52,9	49,3	9,8	3768,800
PRŮMĚR		2,4	57,3						

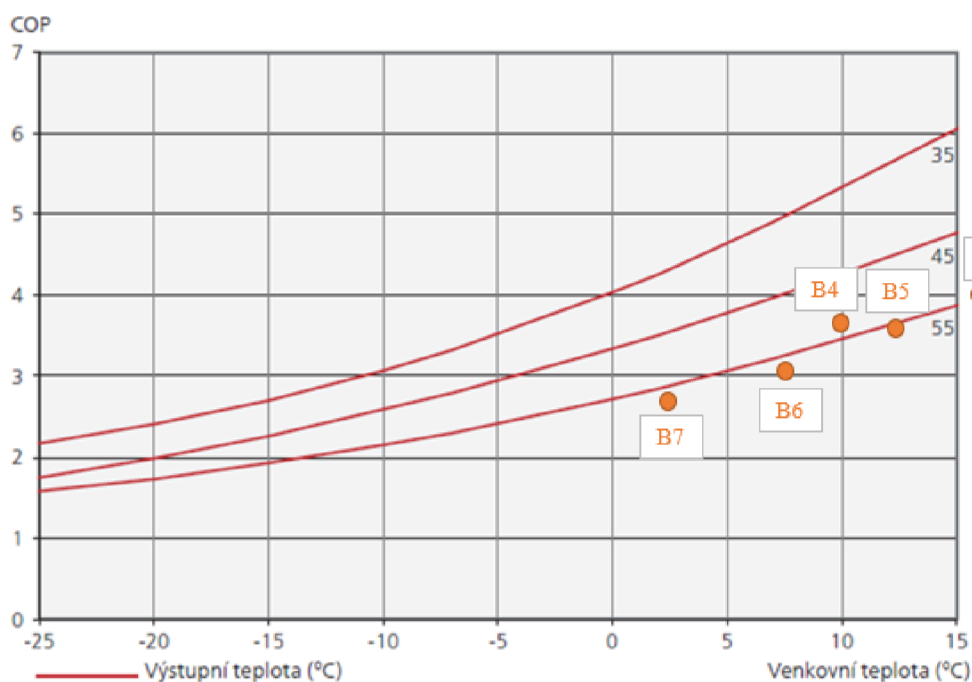
16.12.2021		VÝPOČET							
t2	C	Q TČ(IN)	Q TČ(EX)	Q TČ(IN)	Q TČ(EX)	P	COP TČ(IN)	COP TČ(EX)	ROZDÍL COP
čas	MĚRNÁ TEPELNÁ KAPACITA	VÝKON VĚTVE TČ(IN)	VÝKON VĚTVE TČ(EX)	TEPLO DODANÉ TČ(IN)	TEPLO DODANÉ TČ(EX)	SPOTŘEBA ELEKTRINY	TOPNÝ FAKTOR VĚTVE TČ(IN)	TOPNÝ FAKTOR VĚTVE TČ(EX)	ROZDÍL TOPNÝCH FAKTORŮ VĚTVÍ TČ(IN) A TČ(EX)
[min]	[J/kg.K]	[kW]	[kW]	[kWh/5min]	[kWh/5min]	[kWh/5min]	-	-	-
0	4180	6,277	6,646	0,523	0,554	0,140	3,736	3,956	0,2
5	4180	5,155	6,618	0,430	0,552	0,140	3,069	3,939	0,9
10	4180	4,779	6,759	0,398	0,563	0,180	2,213	3,129	0,9
15	4180	4,779	6,827	0,398	0,569	0,200	1,991	2,845	0,9
20	4180	4,916	6,827	0,410	0,569	0,200	2,048	2,845	0,8
PRŮMĚR							2,611	3,343	0,7

3.3.3 Vyhodnocení výpočtu COP

3.3.3.1 Vynesení naměřených bodů

Pomocí průměru venkovní teploty (BT1) a průměru teploty výstupu z tepelného čerpadla (BT12) byly do grafu od výrobce zakresleny body. Z grafu od výrobce byl odečten topný faktor COP a porovnán s vypočtenými hodnotami.

COP F2120-12



Obrázek 65 Graf topného faktoru COP při různých výstupních teplotách z TČ [6]

3.3.3.2 Porovnání topných faktorů COP

Zde je topný faktor COP z grafu od výrobce porovnán s naším vypočteným topným faktorem COP.

Tabulka 66 Porovnání topných faktorů COP

číslo měření	COP z grafu od výrobce	vypočtené průměrné COP TČ (EX)	rozdíl COP
1	4,00	3,50	0,50
2	4,20	4,00	0,20
3	4,10	4,00	0,10
4	3,70	3,30	0,40
5	3,60	3,70	-0,10
6	3,00	3,10	-0,10
7	2,90	3,30	-0,40

3.3.3.3 Závěr

Byl určen topný faktor COP v úseku TČ(IN) a TČ(EX) při provozu tepelného čerpadla v režimu ohřevu teplé vody. Topné faktory v úseku TČ(EX) jsou porovnány s topnými faktory COP od výrobce. COP od výrobce byly zjištěny pomocí grafu. Ve většině případů je vyšší topný faktor od výrobce a reálný faktor vypočtený má nižší hodnotu. Protože výrobce nepočítá se spotřebou elektrické energie pro oběhová čerpadla v otopné soustavě a nepočítá se spotřebou elektrické energie pro bivalentní zdroj, z tohoto důvodu bude ve skutečnosti vyšší spotřeba elektrické energie a nižší topný faktor COP. V našem případě bivalentní zdroj nebyl v provozu v žádném měření

Dále byl vypočten rozdíl mezi topnými faktory větví TČ(IN) a TČ(EX). Topný faktor větve TČ(IN) je nižší oproti topnému faktoru TČ(EX). Je to způsobenou ztrátou tepla potrubí mezi vnitřní a vnější jednotkou.

Závěr

Tématem diplomové práce byly tepelná čerpadla vzduch-voda. Diplomová práce byla rozdělena na tři části. První teoretická část obsahuje teoretický popis tepelných čerpadel vzduch-voda. Zabývám se zde základním rozdělením těchto tepelných čerpadel, dále je popsán jejich princip, topný faktor, návrh, provoz a řízení, typy odmrazování, odvod kondenzátu a akumulární nádoba.

V druhé části diplomové práce řeším návrh vytápění, ohřevu teplé vody a ohřev bazénové vody v rodinném domě Révova. Návrh je zde řešen ve dvou variantách. Pro obě varianty je zde navržena kaskáda dvou tepelných čerpadel vzduch-voda. V první variantě je navrženo vytápění pomocí otopných lavic, deskových otopných těles, trubkových otopných těles a elektrických přímotopných těles. Teplotní spád je zde zvolen 55/45 °C. V druhé variantě řeším vytápění pomocí podlahového vytápění a elektrických přímotopných těles. Zde je zvolen nižší teplotní spád 35/30 °C. Součástí této části je vyhodnocení obou variant. Pro přípravu teplé vody je navržen nepřímotopný zásobník teplé vody. Ohřev bazénové vody je řešen pomocí trubkového výměníku. Dále je zde zpracována technická zpráva. Součástí projektu je výkresová dokumentace.

Třetí část diplomové práce je experimentální. Zde se zabývám sledováním provozu a topnými faktory COP tepelného čerpadla vzduch-voda v rodinném domě. Provoz byl sledován v režimu vytápění a ohřevu teplé vody. Součástí jsou naměřené údaje a následná analýza provozu v obou režimech. Dále byly zjišťovány topné faktory COP v režimu vytápění a režimu ohřevu teplé vody. Topné faktory COP byly vypočteny z naměřených hodnot. Měřeny byly teploty, průtok a spotřeba elektrické energie. Měření probíhalo při různých venkovních teplotách. Měření tepelného čerpadla vzduch-voda v režimu vytápění probíhalo v nižších venkovních teplotách od -11,7 °C do 7,3 °C a měření v režimu ohřevu teplé vody probíhalo ve venkovních teplotách od 2,4 °C do 21,4 °C. Celkem bylo provedeno 19 měření. Vypočtené topné faktory COP byly porovnány s hodnotami topných faktorů COP z grafu od výrobce. Vypočtené topné faktory COP měly ve většině případů nižší hodnotu než topné faktory COP z grafu od výrobce. Výrobci nepočítají s veškerou potřebnou elektrickou energií pro otopný systém, z tohoto důvodu jsou naše vypočtené topné faktory COP nižší. Sledovaný systém se skládá z venkovní jednotky NIBE F2120-12 a vnitřní jednotky NIBE VVM 320 R.

Seznam použitých zdrojů

Tištěné zdroje

1. KARLÍK, Robert. Tepelné čerpadlo pro váš dům. Praha: Grada Publishing, a. s., 2009. ISBN 978-80-247-2720-2
2. SRDEČNÝ, Karel. TRUXA, Jan. Tepelná čerpadla. Brno: ERA group spol. s r.o., 2005.

Elektronické zdroje

3. projektuj-tepelna-čerpadla: Dokumentace IVT AIR X vzduch/voda [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.projektuj-tepelna-čerpadla.cz/cz/ivt-air-x-vzduch-voda>
4. projektuj-tepelna-čerpadla: Tepelná čerpadla vzduch/voda [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.projektuj-tepelna-čerpadla.cz/>
5. tzbinfo: Tepelná čerpadla vzduch-voda pro vnitřní instalaci [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-čerpadla/18362-tepelna-čerpadla-vzduch-voda-pro-vnitřni-instalaci>
6. NIBE: Tepelné čerpadlo NIBE F2120 [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.nibe.cz/tepelna-čerpadla-vzduch-voda/tepelne-čerpadlo-nibe-f2120#ke-stazeni>
7. tzbinfo: Parametry pro hodnocení efektivity tepelných čerpadel COP a SCOP [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-čerpadla/13196-parametry-pro-hodnoceni-efektivity-tepelnych-čerpadel-cop-a-scop>
8. tzbinfo: Topný faktor tepelného čerpadla [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-čerpadla/2443-jak-je-to-vlastne-s-topnym-faktorem-ii>
9. tzbinfo: Využívání a provozování tepelných čerpadel v nízkoenergetických domech [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-čerpadla/12211-vyuzivani-a-provozovani-tepelnych-čerpadel-v-nízkoenergetických-domech>

10. tzbinfo: Postup při návrhu tepelných čerpadel [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/12401-postup-pri-navrhu-tepelnych-cerpadel>
11. projektuj-tepelna-čerpadla: Správný výkon tepelného čerpadla vzduch/voda [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.projektuj-tepelna-cerpadla.cz/cz/spravny-vykon-tepelneho-cerpadla-vzduch-voda>
12. projektuj-tepelna-čerpadla: Příprava teplé vody pro rodinný dům [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.projektuj-tepelna-cerpadla.cz/cz/priprava-teple-vody-pro-rodinny-dum>
13. projektuj-tepelna-čerpadla: Ohřev bazénu pomocí tepelných čerpadel [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.projektuj-tepelna-cerpadla.cz/cz/ohrev-bazenu-pomoci-tepelnych-cerpadel>
14. IHS: Tepelná čerpadla s plynulou regulací výkonu [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.ivt-heatingsystems.cz/proc-je-stale-vice-a-vice-tepelnych-cerpadel-rizenych-frekvencnim-menicem/>
15. tzbinfo: Tepelná čerpadla vzduch-voda s plynulým řízením výkonu frekvenčním měničem/inverterem [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/5244-smer-vyvoje-tepelnych-cerpadel-tepelna-cerpadla-vzduch-voda-s-plynulym-rizenim-vykonu-frekvencnim-menicem-inverterem>
16. tzbinfo: Ekvitermní regulace – princip a využití v systémech regulace vytápění [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/6294-ekvitermni-regulace-princip-a-vyuziti-v-systemech-regulace-vytapani>
17. tepelka: Odmrazování tepelného čerpadla [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.tepelka.cz/odmrazovani-tepelneho-cerpadla.php>
18. ekovy: Tepelná čerpadla vzduch-voda [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <http://www.ekovy.cz/tepelna-cerpadla-vzduch-voda.htm>
19. projektuj-tepelna-čerpadla: Akumulační (taktovací) nádoba pro tepelné čerpadlo [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.projektuj-tepelna-cerpadla.cz/cz/akumulacni-taktovaci-nadoba-pro-tepelne-cerpadlo>

20. tzbinfo: Význam akumulční/taktovací nádoby u tepelného čerpadla vzduch-voda [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/9113-vyznam-akumulacni-taktovaci-nadoby-u-tepelneho-cerpadla-vzduch-voda>
21. projektuj-tepelná-čerpadla: IVT BC akumulátor topné vody [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.projektuj-tepelnacerpadla.cz/cz/ivt-bc-akumulatory-topne-vody>
22. Korado: desková otopná tělesa [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/common/downloads/radik-deskova-otopna-telesa-1579165439.pdf>
23. Korado: KORALINE - nový katalog [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/common/downloads/koraline-novy-katalog.pdf>
24. Korado: trubková otopná tělesa [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/common/downloads/koralux-trubkova-otopna-telesa-1549972273.pdf>
25. Korado: armatura HM [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/common/downloads/pripojovaci-armatura-hm-1425561282.pdf>
26. HEIMEIER: Připojovací šroubení Vekotec [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <http://www.vpksk.sk/dokumenty/vekotec.pdf>
27. Korado: elektrické přímotopné těleso [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/common/downloads/radik-deskova-otopna-telesa-1579165439.pdf>
28. Korado: příslušenství pro elektrické topné těleso [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/montaz-a-prislusenstvi/montaz-a-prislusenstvi-koralux/prislusenstvi-pro-elektricke-topne-teleso.html>
29. Přimotopy.eu: elektrický přímotop [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.primotopy.eu/ecoflex-tac-05-elektricky-primotopny-konvektor-500-w-p356/>

30. projektuj-tepelna-čerpadla: Dokumentace AUSTRIA EMAIL HRS zásobní teplé vody [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.projektuj-tepelna-čerpadla.cz/cz/austria-email-hrs-zasobniky-teple-vody>
31. OHŘEV-BAZÉNU: Výměníky BOWMAN Titanové [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.ohrev-bazenu.cz/vymeniky-bowman-titanove/#BS70>
32. Grundfos: Dimenzovat čerpadlo [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.grundfos.com/cz>
33. Grundfos: Oběhové čerpadlo [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://product-selection.grundfos.com/cz/products/up-oem-north-america/upm-geo-oem/upm-geo-59C23853?tab=variant-curves>
34. Herz: Trojcestný směšovací a rozdělovací ventil pro plynulou regulaci [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.herz.cz/kulove-pojistne-smesovaci-a-redukcniventily/trojcestne-ctyrcestne-ventily-smesovaci/herz-3-cestny-smesovaci-a-rozdelovaci-ventil-1025>
35. Herz: Regulační ventil přímý, STROMAX-GR s lineární charakteristikou [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.herz.cz/profesionalni-vyvazovani/regulacni-a-uzaviraci-ventily-prime/herz-stromax-gr-vyvazovaci-ventil-2162>
36. ENBRA: Měřič tepla SHARKY 775 [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.enbra.cz/sharky-775-dn-15-qp-1-5-m3-h-l-110-mm-topeni-chlazení>
37. Elt-Ekotherm a.s.: RS Kombi [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.etl.cz/katalog-vyroby>
38. tzb-info: Výpočet tepelné ztráty potrubí s izolací [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/44-vypocet-tepelne-zraty-potrubi-s-izolaci>
39. Rehau: Předizolované potrubí [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.rehau.com/downloads/591832/rauthermex.pdf>
40. Moodle: Vybrané statě z vytápění [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://lms.fce.vutbr.cz/course/view.php?id=421>

41. NIBE: Vnitřní systémová jednotka VVM 320 [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.nibe.cz/systemove-vnitri-jednotky-a-regulace/nibe-vvm-320-vnitri-systemova-jednotka>
42. Google: Maps [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.google.com/maps/>
43. projektuj-tepelna-čerpádk: Výpočtové pomůcky pro projektanty [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.projektuj-tepelna-čerpádk.cz/cz/vypoctove-pomucky-pro-projektanty>
44. Reflex: Expanzní nádoby [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.reflexcz.cz/cz/expanzni-nadoby-reflex-ng-a-n>
45. Herz: Regulační ventil šikmý, STROMAX FODRV s lineární charakteristikou [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.herz.cz/profesionalni-vyvozovani/regulacni-a-uzaviraci-ventily-sikme/herz-stromax-4017-m-vyvozovaci-ventil-s-linearnou-charakteristikou-a-meracou-clonou-2170>

Seznam použitých obrázků a tabulek

Seznam použitých obrázků

Obrázek 1 Vnitřní jednotky tepelného čerpadla vzduch-voda [3].....	18
Obrázek 2 Venkovní jednotka tepelného čerpadla vzduch-voda [4].....	18
Obrázek 3 Tepelné čerpadlo vzduch-voda vnitřní provedení [5]	19
Obrázek 4 Schéma chladivového okruhu tepelného čerpadla vzduch-voda [6].....	20
Obrázek 5 Topný faktor [2, s. 10]	21
Obrázek 6 COP (Topný faktor) při různých výstupních teplotách [6].....	22
Obrázek 7 Příklad parametrů tepelného čerpadla vzduch-voda [3].....	23
Obrázek 8 Průběh výkonu tepelného čerpadla vzduch-voda a tepelné ztráty vs. bod bivalence [11].....	25
Obrázek 9 Provozy tepelného čerpadla [10].....	27
Obrázek 10 Topná křivka [41].....	29
Obrázek 11 Chladivový okruh tepelného čerpadla vzduch-voda (režim vytápění) [18].....	30
Obrázek 12 Chladivový okruh tepelného čerpadla vzduch-voda (režim odmrazování) [18]	31
Obrázek 13 Námraza na výparníku tepelného čerpadla vzduch-voda.....	32
Obrázek 14 Odvod kondenzátu do kanalizace [3].....	33
Obrázek 15 Odvod kondenzátu do terénu pod tepelné čerpadlo [3].....	33
Obrázek 16 Akumulační (taktovací) nádrž [21]	34
Obrázek 17 Technický list otopných těles RADIK VK [22].....	53
Obrázek 18 Technický list lavicových konvektorů KORALINE Exclusive LKX [23].....	54
Obrázek 19 Technický list trubkových otopných těles KORALUX LINEAR COMFORT – M [24].....	55
Obrázek 20 Technický list elektrických přímotopů ECOFLEX TAC 05 [29].....	56
Obrázek 21 Technický list elektrického přímotopného tělesa KORALUX LINEAR COMFORT – ER [27]	57

Obrázek 22 Technický list pro otopná tělesa v provedení VENTIL KOMPAKT (část 1) [22].....	59
Obrázek 23 Technický list pro otopná tělesa v provedení VENTIL KOMPAKT (část 2) [22].....	60
Obrázek 24 Technický list ARMATURY HM (část 1) [25].....	61
Obrázek 25 Technický list ARMATURY HM (část 2) [25].....	62
Obrázek 26 Technický list přípojovacího šroubení VEKOTEC [26].....	63
Obrázek 27 Technický list axiálního termostatického ventilu a prodlužovacího kusu [23].....	64
Obrázek 28 Technický list venkovní jednotky IVT AIR X 130 [3].....	73
Obrázek 29 Technický list vnitřní jednotky IVT AirBox E 130-170 [3]	74
Obrázek 30 Průběh výkonu Air X130 a tepelné ztráty vs. bod bivalence (varianta 1) [3].....	75
Obrázek 31 Průběh výkonu Air X130 a tepelné ztráty vs. bod bivalence (varianta 2) [3].....	76
Obrázek 32 Akustická data tepelného čerpadla IVT AIR X s nastavci na sání a výfuku [3].....	78
Obrázek 33 Akustická data tepelného čerpadla IVT AIR X s běžným provedením [3]	79
Obrázek 34 Křivka odběru a dodávky.....	82
Obrázek 35 Technický list zásobníku TV HRS 300 [30]	84
Obrázek 36 Technický list trubkového výměníku BOWMAN Solar 70 Titan pro ohřev bazénové vody [31]	86
Obrázek 37 Technický list oběhového čerpadla pro větev V1 [32].....	95
Obrázek 38 Technický list oběhového čerpadla pro větev V2 [32].....	96
Obrázek 39 Technický list oběhového čerpadla pro větev V3 [32].....	97
Obrázek 40 Technický list oběhového čerpadla pro větev V4 [32].....	98
Obrázek 41 Křivky oběhového čerpadla Grundfos UPM GEO 25-85 PWM [33].....	99
Obrázek 42 Technický list regulačního ventilu, STRÖMAX-GR [35]	101
Obrázek 43 Technický list regulačního ventilu STRÖMAX FODRV [45]	102

Obrázek 44 Technický list trojcestného směšovacího a rozdělovacího ventilu HERZ [34].....	104
Obrázek 45 Technický list měřiče tepla Sharky 775 [36].....	106
Obrázek 46 Technický list akumulátoru IVT [21].....	108
Obrázek 47 Technický list RS [37].....	109
Obrázek 48 Technický list expanzní nádoby Reflex NG 35/6 [44]	113
Obrázek 49 Součinitel prostupu tepla izolovaného potrubí.....	114
Obrázek 50 Určující součinitele prostupu tepla pro vnitřní rozvody	114
Obrázek 51 Technický list předizolovaného potrubí RAUTHERMEX SDR 11 [39]...	116
Obrázek 52 Kompenzační tvary [40].....	117
Obrázek 53 Rozložení roční spotřeby tepla a poměr dodané elektrické energie do tepelného čerpadla (varianta 1) [43].....	120
Obrázek 54 Výkon tepelného čerpadla a bivalence v závislosti na venkovní teplotě (varianta1) [43].....	120
Obrázek 55 Rozložení roční spotřeby tepla a poměr dodané elektrické energie do tepelného čerpadla (varianta 2) [43].....	122
Obrázek 56 Výkon tepelného čerpadla a bivalence v závislosti na venkovní teplotě (varianta 2) [43].....	122
Obrázek 57 Lokace měření [42]	140
Obrázek 58 venkovní jednotka NIBE F2120-12	141
Obrázek 59 vnitřní jednotka NIBE VVM 320 R.....	142
Obrázek 60 Řídící displej vnitřní jednotky NIBE VVM 320 R.....	142
Obrázek 61 Elektroměr s přesností na dvě desetinná místa.....	143
Obrázek 62 Měřicí schéma	144
Obrázek 63 Graf běhu kompresoru v závislosti na čase.....	151
Obrázek 64 Graf topného faktoru COP při různých výstupních teplotách z TČ [6]159	
Obrázek 65 Graf topného faktoru COP při různých výstupních teplotách z TČ [6]170	

Seznam použitých tabulek

Tabulka 1 Svislé konstrukce	37
Tabulka 2 Vodorovné konstrukce	40
Tabulka 3 Výplně otvorů	46
Tabulka 4 Výpočet tepelných ztrát	47
Tabulka 5 Přehled celkových vypočtených tepelných ztrát.....	49
Tabulka 6 Návrh otopných ploch - varianta 1	50
Tabulka 7 Celkový součet výkonů otopných ploch - varianta 1	52
Tabulka 8 Výpočet součinitele prostupu tepla na příslušné straně podlahy	66
Tabulka 9 Výpočet výkonů podlahového vytápění (1.PP část 1)	68
Tabulka 10 Výpočet výkonů podlahového vytápění (1.PP část 2)	69
Tabulka 11 Výpočet výkonů podlahového vytápění (1.NP část 1)	70
Tabulka 12 Výpočet výkonů podlahového vytápění (1.NP část 2)	70
Tabulka 13 Výpočet výkonů podlahového vytápění (2.NP část 1)	71
Tabulka 14 Výpočet výkonů podlahového vytápění (2.NP část 2)	71
Tabulka 15 Parametry kaskády dvou tepelných čerpadel Air X130 (varianta 1).....	76
Tabulka 16 Parametry kaskády dvou tepelných čerpadel Air X130 (varianta 2).....	77
Tabulka 17 Výpočet hladiny akustického tlaku.....	78
Tabulka 18 Dimenzování zásobníkového ohřívače vody podle křivek dodávky a odběru tepla dle ČSN 06 0320	81
Tabulka 19 Objem zásobníku a potřebná teplosměnná plocha.....	82
Tabulka 20 Doba dohřevu.....	83
Tabulka 21 Dimenzování a hydraulické seřízení okruhu od RS	87
Tabulka 22 Dimenzování a hydraulické seřízení sekundárního okruhu od taktovací nádoby po RS.....	91
Tabulka 23 Dimenzování a hydraulické seřízení primárního okruhu od venkovní jednotky po RS.....	92
Tabulka 24 Přehled navržených větví V1, V2, V3 a V4	93
Tabulka 25 Přehled navržených vyvažovacích ventilů.....	100
Tabulka 26 Přehled navržených trojcestných ventilů	103
Tabulka 27 Přehled použitých měřičů tepla	105
Tabulka 28 Návrh taktovací nádoby	107

Tabulka 29 Objem vody v potrubí	110
Tabulka 30 Objem vody v otopných plochách	110
Tabulka 31 Objem vody v ostatních zařízeních.....	111
Tabulka 32 Objem vody v soustavě celkem	111
Tabulka 33 Expanzní objem	111
Tabulka 34 Nejnižší dovolený a pracovní přetlak soustavy	111
Tabulka 35 Nejvyšší dovolený a pracovní přetlak soustavy.....	112
Tabulka 36 Předběžný objem nádoby s membránou či vláknem	112
Tabulka 37 Průměr expanzního potrubí.....	113
Tabulka 38 Souhrn návrhu tepelných izolací potrubí	115
Tabulka 39 Rozměry kompenzačních tvarů L	118
Tabulka 40 Výpočet poměrů spotřeby tepla a elektřiny tepelným čerpadlem a bivalentním zdrojem (varianta 1) [43]	119
Tabulka 41 Výpočet poměrů spotřeby tepla a elektřiny tepelným čerpadlem a bivalentním zdrojem (varianta 2) [43]	121
Tabulka 42 Tepelně technické parametry konstrukcí	125
Tabulka 43 Přehled tepelných ztrát objektu	125
Tabulka 44 Souhrn návrhu tepelných izolací potrubí	128
Tabulka 45 Typy navržených oběhových čerpadel	129
Tabulka 46 Měření v režimu vytápění při průměrné venkovní teplotě 0,3 °C	148
Tabulka 47 Měření v režimu vytápění při průměrné venkovní teplotě 3,1 °C	150
Tabulka 48 Měření v režimu vytápění při průměrné venkovní teplotě 4,4 °C	152
Tabulka 49 Měření v režimu vytápění při průměrné venkovní teplotě 7,3 °C	153
Tabulka 50 Měření v režimu vytápění při průměrné venkovní teplotě -5,1 °C.....	154
Tabulka 51 Měření v režimu vytápění při průměrné venkovní teplotě -2,6 °C.....	155
Tabulka 52 Měření v režimu vytápění při průměrné venkovní teplotě 0,0 °C	156
Tabulka 53 Měření v režimu vytápění při průměrné venkovní teplotě 2,5 °C	157
Tabulka 54 Měření v režimu vytápění při průměrné venkovní teplotě 3,1 °C	157
Tabulka 55 Měření v režimu vytápění při průměrné venkovní teplotě -11,7 °C.....	158
Tabulka 56 Porovnání topných faktorů COP.....	160
Tabulka 57 Měření v režimu ohřevu teplé vody při průměrné venkovní teplotě 4,1 °C	162

Tabulka 58 Měření v režimu ohřevu teplé vody při průměrné venkovní teplotě 13,2 °C	163
Tabulka 59 Měření v režimu ohřevu teplé vody při průměrné venkovní teplotě 16,3 °C	164
Tabulka 60 Měření v režimu ohřevu teplé vody při průměrné venkovní teplotě 21,4 °C	165
Tabulka 61 Měření v režimu ohřevu teplé vody při průměrné venkovní teplotě 17,6 °C	166
Tabulka 62 Měření v režimu ohřevu teplé vody při průměrné venkovní teplotě 10,2 °C	167
Tabulka 63 Měření v režimu ohřevu teplé vody při průměrné venkovní teplotě 13,2 °C	168
Tabulka 64 Měření v režimu ohřevu teplé vody při průměrné venkovní teplotě 6,9 °C	169
Tabulka 65 Měření v režimu ohřevu teplé vody při průměrné venkovní teplotě 2,4 °C	169
Tabulka 66 Porovnání topných faktorů COP	171

Seznam příloh

Varianta 1

Č. výkresu: D.1.1.1	TECHNICKÉ PODLAŽÍ
Č. výkresu: D.1.1.2	PŮDORYS 1.PP
Č. výkresu: D.1.1.3	PŮDORYS 1.NP
Č. výkresu: D.1.1.4	PŮDORYS 2.NP
Č. výkresu: D.1.1.5	SCHÉMA ZAPOJENÍ ZDROJE TEPLA

Varianta 2

Č. výkresu: D.1.2.1	TECHNICKÉ PODLAŽÍ
Č. výkresu: D.1.2.2	PŮDORYS 1.PP
Č. výkresu: D.1.2.3	PŮDORYS 1.NP
Č. výkresu: D.1.2.4	PŮDORYS 2.NP
Č. výkresu: D.1.2.5	SCHÉMA ZAPOJENÍ ZDROJE TEPLA

Experimentální část

Č. výkresu: D.1.3.1	MĚŘÍCÍ SHÉMA
---------------------	--------------