

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

TEPELNÁ ČERPADLA ZEMĚ - VODA

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

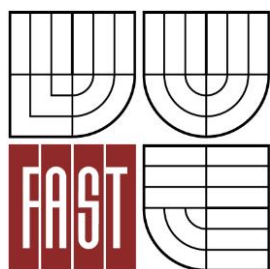
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. TOMÁŠ KOVÁŘÍK

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

TEPELNÁ ČERPADLA ZEMĚ - VODA GROUND-SOURCE HEAT PUMP

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. TOMÁŠ KOVÁŘÍK

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MARCELA POČINKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

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

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. Tomáš Kovářík
Název	Tepelná čerpadla země - voda
Vedoucí diplomové práce	Ing. Marcela Počinková, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2013
Datum odevzdání diplomové práce	17. 1. 2014
V Brně dne 31. 3. 2013	

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

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

Podklady a literatura

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

Zásady pro vypracování

Práce bude zpracována v souladu s platnými předpisy (zákony a vyhláškami, normami) pro navrhování zařízení techniky staveb.

A. Analýza tématu, cíle a metody řešení

Analýza zadaného tématu, normové a legislativní podklady

Cíl práce, zvolené metody řešení

Aktuální technická řešení v praxi

Teoretické řešení (s využitím fyzikální podstaty dějů)

Experimentální řešení (popis metody a přístrojové techniky)

Řešení využívající výpočetní techniku.

B. Aplikace tématu na zadané budově - koncepční řešení

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

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

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

C1. Experimentální řešení a zpracování výsledků

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

Předepsané přílohy

.....

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

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá daným tématem ve třech rovinách teoretické, praktické a experimentální. Projekt řeší vytápění mateřské školy, experiment se zabývá vybíjením kapacity vrtu pro tepelná čerpadla země – voda.

Klíčová slova

Tepelné čerpadlo země – voda, vrt pro tepelná čerpadla, vytápění, větrání, mateřská škola, tepelný výměník.

Abstract

Master's thesis deals with the theme in three parts theoretical, practical and experimental. Project deals with heating nursery school and experiment deals with capacity reduction borehole heating exchanger for ground – source heat pump.

Keywords

Ground – source heat pump, borehole heating exchanger, heating systém, cooling systém, nursery school, heat exchanger.

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Tomáš Kovářík *Tepelná čerpadla země - voda*. Brno, 2014. 171 s., 13 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Marcela Počinková, Ph.D..

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 14.1.2014

.....
podpis autora
Bc. Tomáš Kovářik

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 14.1.2014

.....
podpis autora
Bc. Tomáš Kovářik

Poděkování

Děkuji vedoucí mé diplomové práce Ing. Marcele Počinkové, Ph.D. za odborný dohled a cenné informace, které mi v průběhu zpracovávání této práce předala, ale i za příjemnou spolupráci.

OBSAH PRÁCE

A - ANALÝZA TÉMATU, CÍLE A METODY ŘEŠENÍ	13
A1. ANALÝZA ZADANÉHO TÉMATU, NORMOVÉ A LEGISLATIVNÍ PODKLADY	14
A1.1. Analýza zadaného tématu práce	14
A1.2. Normové a legislativní podklady	14
A2. CÍL PRÁCE, ZVOLENÉ METODY ŘEŠENÍ	15
A3. AKTUÁLNÍ TECHNICKÁ ŘEŠENÍ V PRAXI	16
A4. TEORETICKÉ ŘEŠENÍ - TEPELNÁ ČERPADLA ZEMĚ - VODA	17
A4.1. Úvod	18
A4.2. Princip funkce tepelného čerpadla	18
A4.2.1. Kompresorové tepelné čerpadlo	18
A4.2.2. Absorpční tepelná čerpadla	22
A4.2.3. Adsorpční tepelné čerpadlo	23
A4.3. Topný faktor	26
A4.3.1. Vyjádření topného faktoru	26
A4.3.2. Skutečný topný faktor	27
A4.4. Bod bivalence tepelného čerpadla	28
A4.4.1. Monovalentní provoz	28
A4.4.2. Bivalentní provoz	29
A4.5. Rozdělení tepelných čerpadel	32
A4.5.1. Tepelná čerpadla země – voda	32
A4.5.2. Tepelná čerpadla voda - voda	33
A4.5.3. Tepelná čerpadla vzduch - voda	34
A4.5.4. Tepelná čerpadla vzduch - vzduch	36
A4.5.5. Příklad tepelného čerpadla s neobvyklým řešením	37
A4.6. Tepelná čerpadla země - voda	37
A4.6.1. Horizontální výměník	37
A4.6.2. Vertikální výměník	42
A4.7. Výměna tepla mezi teplotonosnou látkou a okolní horninou	51
A5. EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ (popis metody a přístrojové techniky)	55
A6. ŘEŠENÍ VYUŽÍVAJÍCÍ VÝPOČETNÍ TECHNIKU	56
B – APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ	57
B1. ANALÝZA OBJEKTU	59
B2. KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ NUCENÉHO VĚTRÁNÍ	60
B3. VÝPOČET SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA	63
B4. VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT	65
B5. TABULKA MÍSTNOSTÍ	86
B6. DIMENZOVÁNÍ OTOPNÝCH PLOCH	88
B6.1. Varianta A	88
B6.2. Varianta B	95
B6.2.1. Návrh otopných těles a konvektorů	95
B6.2.2. Výpočet podlahového vytápění	105
B7. NÁVRH PŘÍPRAVY TEPLÉ VODY	108
B8. DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ	110
B8.1. Varianta - A	110
B8.1.1. Větev I (konvektory)	111
B8.1.2. Větev II (otopná tělesa)	111
B8.2. Varianta - B	120
B8.2.1. Větev I (otopná tělesa + konvektory)	121

	B8.2.2. Větev II (podlahové vytápění)	127
B9.	NÁVRH OBĚHOVÝCH ČERPADEL	128
	B9.1. Varianta - A	128
	B9.1.1. Větev I (konvektory)	128
	B9.1.2. Větev II (otopná tělesa)	129
	B9.2. Varianta - B	129
	B9.2.1. Větev I (otopná tělesa + konvektory)	129
	B9.2.2. Větev II (podlahové vytápění -> R+S – A)	130
	B9.2.3. Větev III (podlahové vytápění -> R+S – B)	131
	B9.3. Zásobníkový ohřívač teplé vody	132
B10.	NÁVRH IZOLACE POTRUBÍ	132
	B10.1. Určující hodnoty součinitelů prostupu tepla u vnitřních rozvodů	132
	B10.2. Tloušťka izolace	132
B11.	NÁVRH ULOŽENÍ POTRUBÍ	133
B12.	NÁVRH ROZDĚLOVAČŮ A SBĚRAČŮ	133
	B12.1. Hlavní rozdělovač/sběrač	133
	B12.1.1. Varianta - A	133
	B12.1.2. Varianta - B	133
	B12.2. Rozdělovač/sběrač pro podlahové vytápění	134
	B12.2.1. Rozdělovač/sběrač – A	134
	B12.2.2. Rozdělovač/sběrač – B	134
B13.	NÁVRH ZDROJE TEPLA	134
	B13.1. Návrh tepelného čerpadla	134
	B13.2. Návrh vertikálního a horizontálního výměníku	136
	B13.2.1. Návrh hloubky vrtu	136
	B13.2.2. Návrh plochy zemního kolektoru	136
B14.	NÁVRH AKUMULAČNÍHO VYROVNÁVACÍHO ZÁSOBNÍKU	136
B15.	NÁVRH POJISTNÉHO ZAŘÍZENÍ	137
	B15.1. Návrh expanzní nádoby	137
	B15.1.1. Výpočet vodního objemu	138
	B15.1.2. Expanzní nádoba - varianta - A	139
	B15.1.3. Expanzní nádoba - varianta - B	139
	B15.2. Výpočet pojistného ventilu	140
B16.	ROČNÍ SPOTŘEBA TEPLA	141
	B16.1. Roční spotřeba tepla na přípravu teplé vody	141
	B16.2. Roční spotřeba tepla na vytápění	141
	B16.3. Roční spotřeba tepla na větrání	141
	B16.3.1. Výpočet výkonu ohřívače vzduchu	141
	B16.3.2. Potřeba tepla na nucené větrání	142
B17.	IDEOVÉ ŘEŠENÍ NAVAZUJÍCÍCH PROFESÍ TZB	142
	B17.1. Vzduchotechnika	142
	B17.2. Zdravotně technické instalace	142
	B17.3. Elektroinstalace	143
	B17.4. Měření a regulace	143
B18.	HODNOCENÍ NAVRŽENÝCH VARIANT	143
	B18.1. Způsob jímání tepla ze země	143
	B18.2. Volba otopných ploch v 1 NP	143
C – EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ A ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ		144
C1.	ÚVOD	145
C2.	CÍL MĚŘENÍ	145
C3.	MĚŘENÍ TEPLIT	145

C4.	MĚRNÝ ODBĚROVÝ TEPELNÝ TOK	145
C5.	ZPRACOVÁNÍ HODNOT PRO JEDEN VRT	146
C5.1.	Průběh teplot na primárním (solankovém) okruhu	147
C5.2.	Průběh teplot na sekundární straně tepelného čerpadla	147
C5.3.	Výkonové parametry tepelného čerpadla	149
C5.3.1.	Chladicí výkon tepelného čerpadla	150
C5.3.2.	Topný faktor	150
C5.3.3.	Elektrický příkon a topný výkon tepelného čerpadla	150
C5.4.	Skutečné měrné odběrové toky	150
C6.	ZPRACOVÁNÍ HODNOT PO PŘIDÁNÍ DRUHÉHO VRTU	151
C6.1.	Průběh teplot na primární a sekundární straně tepelného čerpadla	151
C6.2.	Výkonové parametry tepelného čerpadla	153
C7.	SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ	154
C8.	NÁSLEDKY NESPRÁVNÉHO PROVOZU TEPELNÉHO ČERPADLA	154
C9.	MOŽNÁ OPATŘENÍ	154
C10.	ZÁVĚR	155
C11	PŘÍLOHY	155
D –	PROJEKT	156
D1.	TECHNICKÁ ZPRÁVA	158
D1.1.	Úvod	158
D1.1.1.	Umístění a popis objektu	158
D1.1.2.	Provoz objektu	158
D1.1.3.	Normové a legislativní podklady	158
D1.1.4.	D1.1.4. Podklady	159
D1.2.	Tepelné ztráty a potřeba tepla	159
D1.2.1.	Klimatické poměry	159
D1.2.2.	Vnitřní teploty	159
D1.2.3.	Tepelně technické parametry konstrukcí	159
D1.2.4.	Potřeba tepla pro vytápění, větrání a ohřev teplé vody	160
D1.3.	Zdroj tepla	160
D1.3.1.	Zdroj tepla	160
D1.3.2.	Pojistné zařízení	160
D1.4.	Otopná soustava varianta - A	161
D1.4.1.	Popis otopné soustavy	161
D1.4.2.	Čerpací technika	161
D1.4.3.	Plnění a vypouštění soustavy	161
D1.4.4.	Otopné plochy	161
D1.4.5.	System měření a regulace	162
D1.4.6.	Izolace potrubí	162
D1.4.7.	Příprava teplé vody	162
D1.4.8.	Ohříváč vzduchu	162
D1.4.9.	Nátěry	163
D1.5.	Otopná soustava varianta - B	163
D1.5.1.	Popis otopné soustavy	163
D1.5.2.	Čerpací technika	163
D1.5.3.	Plnění a vypouštění soustavy	163
D1.5.4.	Otopné plochy	164
D1.5.5.	System měření a regulace	164
D1.5.6.	Izolace potrubí	164
D1.5.7.	Příprava teplé vody	165
D1.5.8.	Ohříváč vzduchu	165

D1.5.9.	Nátěry	165
D1.6.	Požadavky na ostatní profese	165
D1.6.1.	Stavební práce	165
D1.6.2.	Zdravotechnika	165
D1.6.3.	Elektroinstalace	165
D1.6.4.	Měření a regulace	165
D1.7.	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci	166
D1.8.	Zkoušky otopného systému	166
D2.	SEZNAM VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE	166
ZÁVĚR		167
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ		168
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ		170

ÚVOD

Tématem diplomové práce jsou tepelná čerpadla země – voda. Práci jsem rozdělil do čtyř celků. Hlavní částí prvního celku (A) nazvaného Analýza tématu, cíle a metody řešení je kapitola Teoretické řešení, které poskytuje základní přehled o aktuálních technických řešeních v praxi, s přihlédnutím k využití fyzikální podstaty dějů. Teoretická část je podkladem pro aplikaci tématu na zadané budově i pro experiment realizovaný na reálné budově a zpracování výsledků z něj vycházejících. Nedílnou součástí celku A je dále zejména odkaz na normové a legislativní podklady, popis experimentální metody a přístrojové techniky, příklady možností využívající výpočetní techniku. V části B – Aplikace tématu na zadané budově byl navržen teplovodní systém vytápění mateřské školky, kde bylo jako zdroj tepla pro vytápění využito tepelné čerpadlo země voda. Návrh technického řešení spočíval ve výpočtu tepelných ztrát dle aktuálně platných norem, návrhu otopných ploch, dimenzování trubního rozvodu otopné vody, výběru konkrétního tepelného čerpadla země –voda z aktuální nabídky běžně dostupných výrobků na našem trhu. Součástí je i dimenzování zemního vrtu pro tepelné čerpadlo, který byl jako zdroj nízkopotencionální energie zvolen a výpočet plochy horizontálního zemního výměníku, který byl z prostorových i technicko-ekonomických důvodů zamítnut. Dále je přiložena dokumentace koncepčního řešení nucené distribuce větracího vzduchu. Tepelná ztráta prostupem a částečně i větráním, je tedy pokryta teplovodní otopnou soustavou, kde jsou otopné plochy v první variantě zastoupeny podlahovými konvektory a otopnými lavicemi v hlavních místnostech školky a deskovými otopnými tělesy v podružných částech budovy. Ve druhé variantě jsou podlahové konvektory a otopné lavice nahrazeny teplovodním podlahovým vytápěním. V obou variantách byla otopná soustava hydraulicky vyregulována. Výstupem části B je výkresová dokumentace v rozpracovanosti rozšířeného projektu pro stavební povolení a stručná technická zpráva. Tyto výstupy byly zařazeny z důvodu lepší orientace do dodatečně zavedené části D – Projekt. Část C – Experimentální řešení a zpracování výsledků zahrnuje zejména výstupy zpracovaných dat, jejich vyhodnocení a vyvození důsledků. Experiment byl realizovaný na reálné budově, rodinném domu ve Vyškově. Z měření byla k dispozici data téměř za čtyři otopné sezóny na jejichž základě bylo sledování prochládní vrtu a jeho následky.

DIPLOMOVÁ PRÁCE
NA TÉMA
TEPELNÁ ČERPADLA ZEMĚ – VODA

ČÁST A – ANALÝZA TÉMATU, CÍLE A METODY ŘEŠENÍ

Obsah kapitoly:

A1. ANALÝZA ZADANÉHO TÉMATU, NORMOVÉ A LEGISLATIVNÍ PODKLADY	14
A1.1. Analýza zadaného tématu práce	14
A1.2. Normové a legislativní podklady	14
A2. CÍL PRÁCE, ZVOLENÉ METODY ŘEŠENÍ	15
A3. AKTUÁLNÍ TECHNICKÁ ŘEŠENÍ V PRAXI	16
A4. TEORETICKÉ ŘEŠENÍ - TEPELNÁ ČERPADLA ZEMĚ - VODA	17
A4.1. Úvod	18
A4.2. Princip funkce tepelného čerpadla	18
A4.2.1. Kompresorové tepelné čerpadlo	18
A4.2.2. Absorpční tepelná čerpadla	22
A4.2.3. Adsorpční tepelné čerpadlo	23
A4.3. Topný faktor	26
A4.3.1. Vyjádření topného faktoru	26
A4.3.2. Skutečný topný faktor	27
A4.4. Bod bivalence tepelného čerpadla	28
A4.4.1. Monovalentní provoz	28
A4.4.2. Bivalentní provoz	29
A4.5. Rozdělení tepelných čerpadel	32
A4.5.1. Tepelná čerpadla země – voda	32
A4.5.2. Tepelná čerpadla voda - voda	33
A4.5.3. Tepelná čerpadla vzduch - voda	34
A4.5.4. Tepelná čerpadla vzduch - vzduch	36
A4.5.5. Příklad tepelného čerpadla s neobvyklým řešením	37
A4.6. Tepelná čerpadla země - voda	37
A4.6.1. Horizontální výměník	37
A4.6.2. Vertikální výměník	42
A4.7. Výměna tepla mezi teplonosnou látkou a okolní horninou	51
A5. EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ (popis metody a přístrojové techniky)	55
A6. ŘEŠENÍ VYUŽÍVAJÍCÍ VÝPOČETNÍ TECHNIKU	56

A1. ANALÝZA ZADANÉHO TÉMATU, NORMOVÉ A LEGISLATIVNÍ PODKLADY

A1.1. Analýza zadaného tématu práce

Práce se zabývá tématem ve třech rovinách, teoretické, praktické a v rovině experimentu realizovaném na reálné budově.

Teoretická část poskytuje zejména celkový přehled o dané problematice od konkrétních způsobů aktuálních technických řešení v praxi po vysvětlení využití fyzikální podstaty dějů. Je výchozím vodítkem pro aplikaci tématu na budovu a pro zpracování dat a vyhodnocení experimentu.

Aplikace tématu na zadané budově řeší návrh teplovodní vytápěcí soustavy mateřské školky s tepelným čerpadlem země – voda jako zdrojem tepla. Součástí jsou doložené výpočty standardně prováděné při návrhu otopných soustav (např. výpočet tepelných ztrát, návrh otopných ploch, dimenzování rozvodů otopné vody včetně hydraulického vyregulování soustavy), dále je přiložena dokumentace koncepce nuceného větrání. Nedílnou součástí je návrh tepelného čerpadla země – voda, včetně zemního hloubkového vrtu a variantní návrh plochy horizontálního zemního výměníku. Variantně je řešena i distribuce tepla v místnostech, kdy v první variantě byly použity podlahové konvektory na přirozenou i nucenou konvekci a otopné lavice. V podružných místnostech byla osazena desková otopná tělesa. Ve druhé variantě byly konvektory a otopné lavice nahrazeny teplovodním podlahovým vytápěním. Výstupem je výkresová dokumentace v rozpracovanosti rozšířeného projektu pro stavební povolení a stručná technická zpráva.

Experimentální řešení a zpracování výsledků vychází z dat naměřených během experimentu prováděném na reálné budově. Pro provádění měření posloužilo tepelné čerpadlo země-voda s hlubinným zemním vrtem u rodinného domu ve Vyškově. Téměř po čtyři otopné sezony bylo možné měřit a sledovat naměřené teploty na primární a na sekundární straně tepelného čerpadla. Pomocí naměřených dat, bylo zejména sledováno, jakým způsobem se projevuje doba regenerace vrtu na výkonu zdroje tepla.

A1.2. Normové a legislativní podklady

ČSN EN 15450 - Tepelné soustavy v budovách - Navrhování tepelných soustav s tepelnými čerpadly

ČSN EN 12831 - Výpočet tepelného výkonu

ČSN EN 12828 - Navrhování teplovodních tepelných soustav

ČSN 730540 - Tepelná ochrana budov

ČSN EN 1264 - Zabudované vodní velkoplošné otopné a chladicí soustavy

ČSN 06 0320 - Tepelné soustavy v budovách - Příprava teplé vody

ČSN 06 0830 - Tepelné soustavy v budovách - Zabezpečovací zařízení

ČSN 73 0540 - Tepelná ochrana budov

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

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

Vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby

Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci

Vyhláška MMRČR č. 499/2006 Sb. O dokumentaci staveb

A2. CÍL PRÁCE A ZVOLENÉ METODY ŘEŠENÍ

Cílem teoretické části diplomové práce je poskytnout čtenáři celkový přehled o daném tématu. Od informací zcela obecných, jako je například vysvětlení principů na, kterých je založena funkce tepelného čerpadla, nebo vysvětlení fyzikální podstaty dějů, poskytuje i informace o aktuálních řešeních v praxi. Je uveden přehled různých možností realizace vytápění tepelnými čerpadly, včetně informací, které vedou čtenáře ke správnému výběru vhodné varianty pro konkrétní aplikace. Kromě základního přehledu o dané problematice je teoretická část výchozí pro zpracování části B – Aplikace tématu na zadané budově a části C – Experimentální řešení a zpracování výsledků.

Aplikace tématu na budově je částí praktickou. Úkolem je aplikovat teoretické vědomosti v praxi. Výstupem má být návrh technického řešení (včetně doložených výpočtů) v rozpracovanosti rozšířeného projektu pro stavební povolení pro zadanou budovu. Vypracování předpokládá využití nejen nově získaných informací, ale i hlubších znalostí z oboru vytápění a větrání budov.

Smyslem experimentálního řešení a zpracování výsledků je postihnout dílčí část zadané problematiky experimentem realizovaným v laboratoři nebo reálné budově. V mém případě byl experiment realizován na konkrétní budově. Cílem bylo sledovat, jakým způsobem se projevuje množství tepla, které lze odebrat zemině v závislosti na době, kterou

má zemina k dispozici pro svou regeneraci. Úkolem bylo i navrhnout majiteli daného tepelného čerpadla vhodná technická opatření k tomu, aby dosáhl očekávaných výsledků při využívání tepelného čerpadla tepelného čerpadla jako zdroje tepla pro vytápění.

Pro řešení diplomové práce byly zvoleny zejména numerické metody, které jsou relativně názorné. Na rozdíl od softwarového řešení, které pro dosažení maximálního uživatelského komfortu zpravidla nezatěžují uživatele fyzikou, umožňují numerické metody lépe pochopit fyzikální podstatu dějů. Vzhledem k pracnosti numerických metod však byla většina výpočtů provedena pomocí běžného tabulkového procesoru, popř. volně dostupných návrhových aplikací na internetu.

A3. AKTUÁLNÍ TECHNICKÁ ŘEŠENÍ V PRAXI

Tepelná čerpadla, zrovna tak jako celý obor vytápění a větrání, jsou záležitostí velmi rychle a dynamicky se rozvíjející. V tomto oboru je pořád něco nového. Tepelná čerpadla jsou však navíc, v našich podmínkách, v porovnání s jinými zdroji tepla, relativně nová. Tudiž aktuální poznatky a informace se k nám dostávají nejen z roviny technologického pokroku, ale i zkušeností z realizovaných projektů. Co se týká právě druhých zmiňovaných zdrojů, lze čerpat ze zkušeností nabytých jak v České republice, tak ze zahraničí, kde zejména v ekonomicky vyspělejších zemích mají tepelná čerpadla delší tradici. Zejména kvůli stále se zvyšující účinnosti nových řad tepelných čerpadel, nabývají na oblibě tepelná čerpadla vzduch – voda, které jsou již schopny pracovat i při velmi nízkých teplotách. Oproti tepelným čerpadlům země – voda zde odpadá nákladné pořízení vrtu, či horizontálního zemního výměníku. Čím dál častěji se také používají tepelná čerpadla ve spojení s teplovzdušným vytápěním. Výrobci tepelných čerpadel se snaží vzhledem širšímu záběru potenciálních klientů oslovovat zájemce nejen z řad stavebníků novostaveb, ale i lidem provádějící rekonstrukce starších domů. Těmto se snaží vyjít vstříc zejména tak, že produkují takzvaná dvoustupňová vysokoteplotní tepelná čerpadla, která nevyžadují kompletní výměnu otopné soustavy. Aktuální technická řešení v praxi pro tepelná čerpadla země – voda jsou uvedeny v teoretické části. V této oblasti použití tepelných čerpadel je stále více aktuální využití stavebních konstrukcí, jako součástí jímacího zařízení nízkopotenciální energie ze země, příkladem jsou například energetické piloty. Zajímavých výsledků můžeme dosáhnout také použitím tzv. kompresorového tepelného čerpadla s reverzibilním chodem, kde pomocí čtyřcestného ventilu přepínáme mezi vytápěcím a chladičím režimem. Tento systém lze s výhodou použít u budov, kde se využívá ke zvýšení uživatelského komfortu systém chlazení s fan-coily a venkovními jednotkami. Tento systém pak funguje v letním režimu chlazení a v zimním období jej můžeme využívat k vytápění objektu. Mezi novinky na trhu patří také tzv. adsorpční zeolitové tepelné čerpadlo, které je založeno na adsorpci vodních par na keramické (zeolitové) hmotě s extrémně velkým povrchem.

A4. TEORETICKÉ ŘEŠENÍ
TEPELNÁ ČERPADLA ZEMĚ – VODA

A4.1. ÚVOD

Tato kapitola seznámí čtenáře s vlastním principem tepelného čerpadla a s parametry důležitými pro návrh vycházející z fyzikální podstaty dějů. Poskytne základní přehled o typech tepelných čerpadel dostupných na současném trhu, s popisy které vedou k zamyšlení o vhodnosti daného typu tepelného čerpadla pro jeho konkrétní praktickou aplikaci. Poskytne podrobnější informace o aktuálních technických řešeních tepelných čerpadel země – voda. Dále je například uveden fyzikální popis přenosu tepla mezi vodou a horninou.

A4.2. PRINCIP FUNKCE TEPELNÉHO ČERPADLA

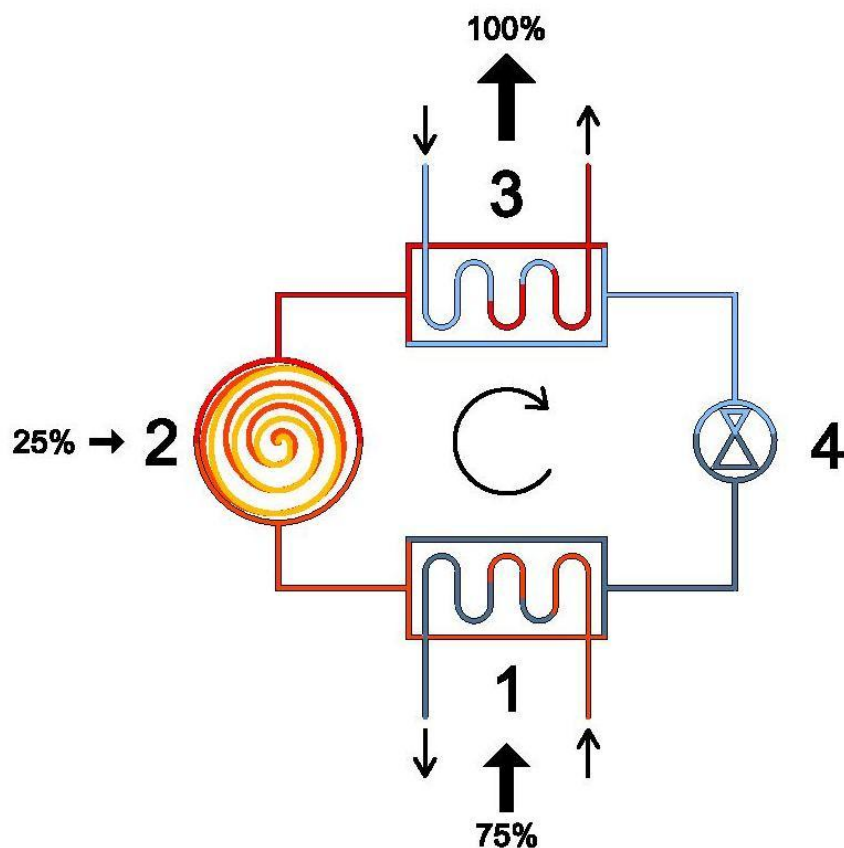
A4.2.1. Kompresorová tepelná čerpadla [1], [2], [3]

Jako příklad kompresorového tepelného čerpadla, které lze nalézt prakticky v každé domácnosti, nám může posloužit běžná chladnička. Každá elektrická lednička obsahuje čtyři stejné základní prvky jako kompresorové tepelné čerpadlo. Těmito prvky jsou výparník (1), kompresor (2), kondenzátor (3) a expanzní ventil (4). Uvedené prvky jsou vřazeny do uzavřeného okruhu, kterým prochází pracovní látka tzv. chladivo.

Chladivem označujeme látku, která se při nízké teplotě a tlaku snadno vypařuje (čímž přijímá teplo) a při vyšší teplotě a tlaku opět lehce kondenzuje (čímž zároveň teplo předává). Její podstata tedy spočívá ve změně skupenství, čímž se liší od tzv. teplotnosných látek (např. vody), které se standardně využívají pro přenos tepla v otopných soustavách. Chladivo se v tepelném čerpadle vyskytuje dvou stavech kapalném a plynném.

Během fázové změny z kapaliny na plyn je z okolí odebíráno teplo. To můžeme pozorovat i na svém těle např. když jsme po koupání mokří a je nám zima, přesto že okolní vzduch dosahuje příznivých teplot. Pocit chladu je způsoben právě odparem vody z povrchu těla. Při zkapalnění naopak chladivo teplo předává, jde o tzv. kondenzační teplo.

Zásadní rozdíl mezi chladničkou a tepelným čerpadlem však spočívá v pojetí jejich funkce. V chladničce odebíráme teplo z uskladněných potravin a předáváme jej do okolního prostředí, získáváme tedy chlad. Pomocí tepelného čerpadla odebíráme využitelnou energii prostředí pro získání tepla.



Obr. 1 Schéma tepelného čerpadla
(1-výparník, 2-kompresor, 3-kondenzátor, 4-expanzní ventil)

Jak již bylo řečeno výše, pracovní látka (chladiivo) obíhá soustavou mezi čtyřmi základními komponenty. Z termodynamického hlediska vykonává kruhový uzavřený cyklus, zvaný též jako Carnotův oběh. U tepelných čerpadel během pracovní cyklu dodáváme teplo do soustavy z tzv. nízko potenčního zdroje (voda, země, vzduch) plus dodáváme další energii kompresorem a zároveň teplo odebíráme např. prostřednictvím otopné vody.

Popis jednotlivých komponent kompresorového tepelného čerpadla:

1. Výparník

Výparník je tepelný výměník, kde prostřednictvím teplosměnné plochy přicházejí do vzájemné interakce dvě tekutiny – chladiivo a teplotně vyšší látka, distribuující energii od nízkoteplotního zdroje.

Do výparníku, kde je snížený tlak vstupuje chladiivo o teplotě nižší než je teplota ochlazované látky a vypaří se. Při vypařování odebere teplo druhé látky.

2. Kompresor

Kompresor stlačí vypařené chladiivo na tzv. kondenzační tlak (čímž mu dodá i další energii) a dopraví jej do kondenzátoru.

3. Kondenzátor

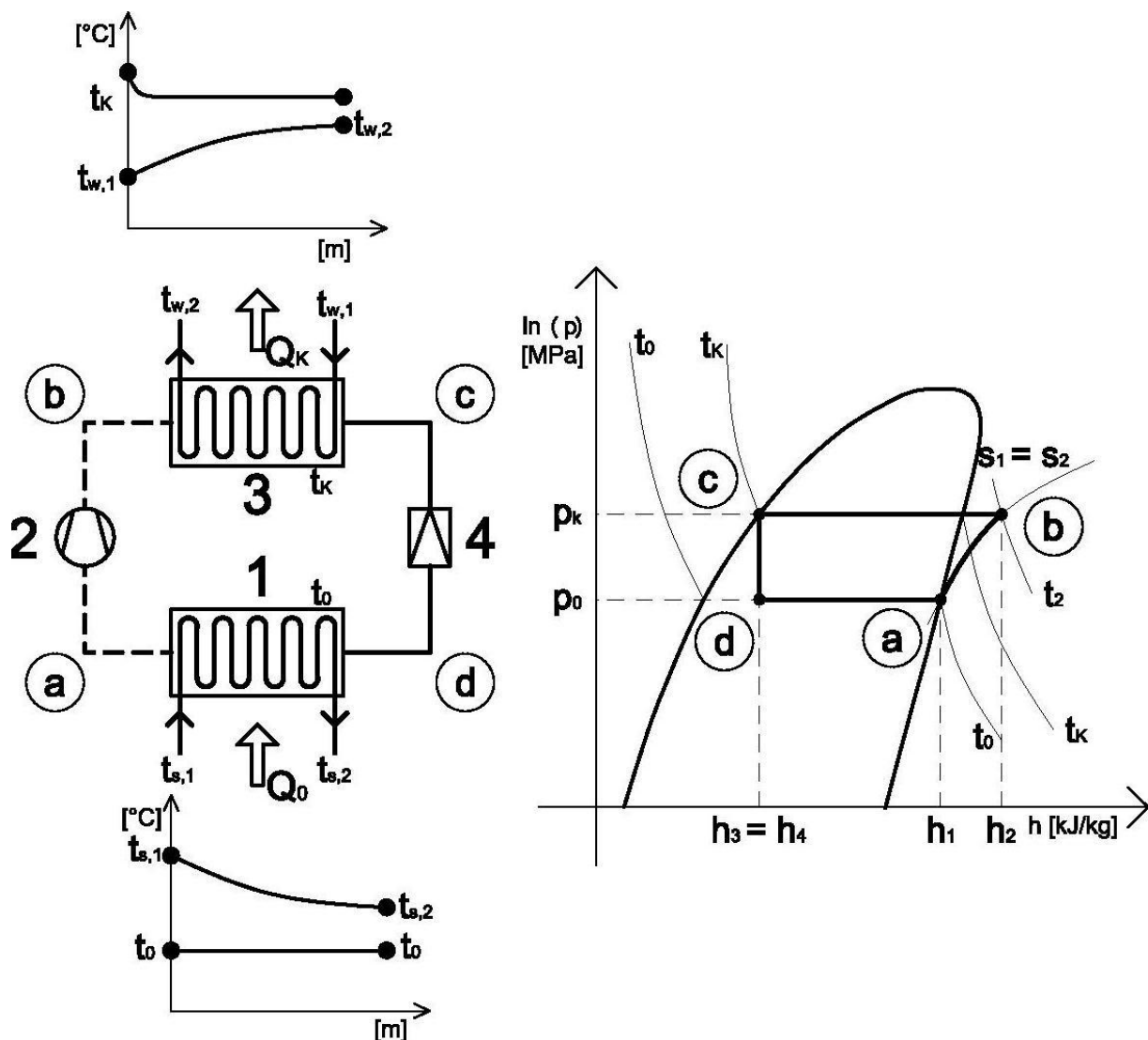
Kondenzátor je opět výměník tepla, ve kterém kromě předání tepla dochází i ke kondenzaci. Právě díky kondenzačnímu a výparnému teplu je přenos energie tak efektivní.

Ohřívanou látkou je v tomto případě otopná voda, či voda určená k ohřevu teplé vody. Teplota ohřívané látky podmiňuje kondenzaci chladiva.

4. Expanzní ventil

Z kondenzátoru prochází chladivo zpět do výparníku přes expanzní (škrtkový) ventil. Tento ventil sníží tlak z tlaku kondenzačního na tlak ve výparníku. Za expanzním ventilem je pracovní látka ve stavu mokré páry.

Princip kompresorového čerpadla je dále znázorněn na obr.: 2, kde je opět na schématu znázorněno tepelné čerpadlo a Carnotův cyklus v p-h diagramu. Zde 1-výparník, 2-kompresor, 3-kondenzátor, 4-expanzní ventil. Písmena a, b, c, d označují děje mezi jednotlivými komponenty. Dále t =teplota, h =entalpie, s =entropie, p =tlak. Q_0 , Q_k znázorňují teplo přijímané soustavou a teplo odevzdávané.



Obr. 2 Carnotův cyklus

Z diagramu lze odvodit bilanční rovnici ze které vyplývá:

- Množství tepla přijatého výparníkem:

$$Q_{14} = m \cdot (h_1 - h_4)$$

- Potřebná izoentropická kompresní práce:

$$W_{12} = m \cdot (h_2 - h_1)$$

- Množství tepla odváděného při kondenzaci:

$$Q_{23} = m \cdot (h_2 - h_3)$$

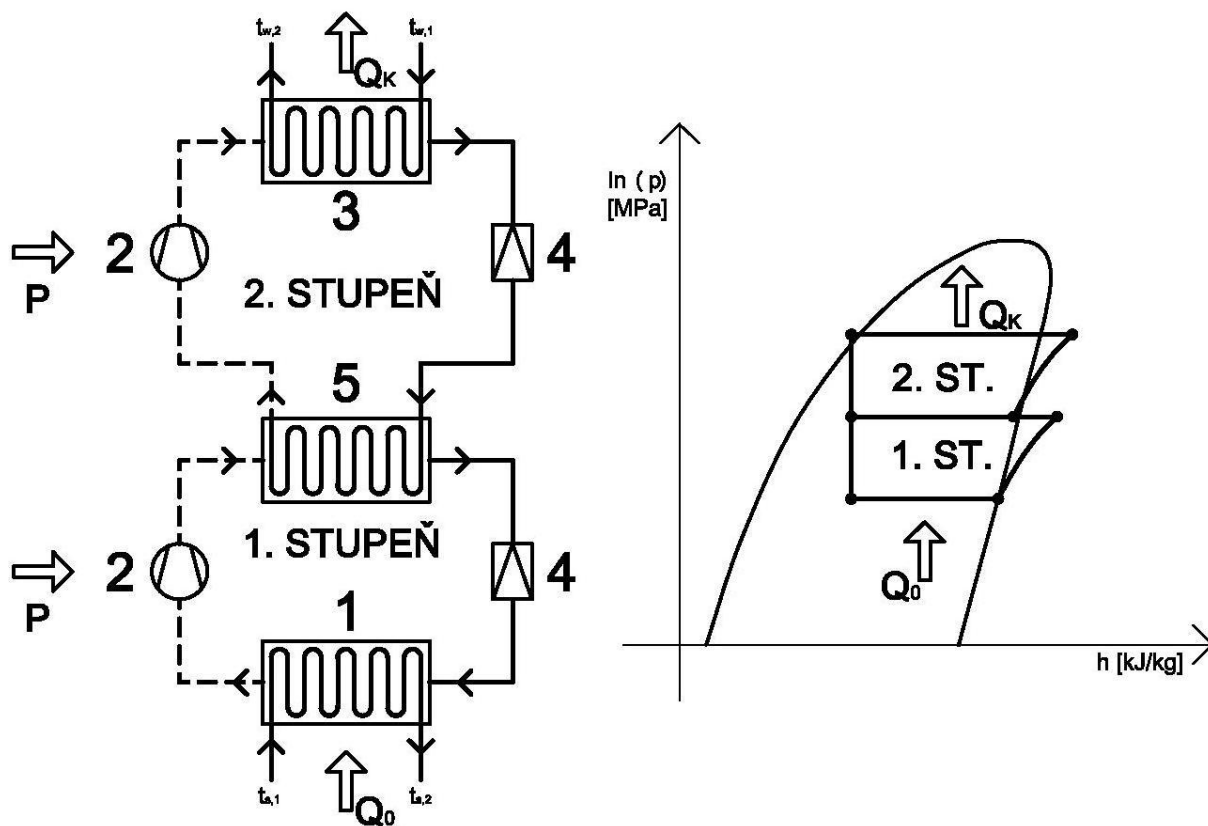
- Izoentropický průběh škrcení:

$$h_3 = h_4$$

- Chladicí faktor

$$\text{COP} = \frac{Q_{14}}{W_{12}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{T_0}{T_k - T_0}$$

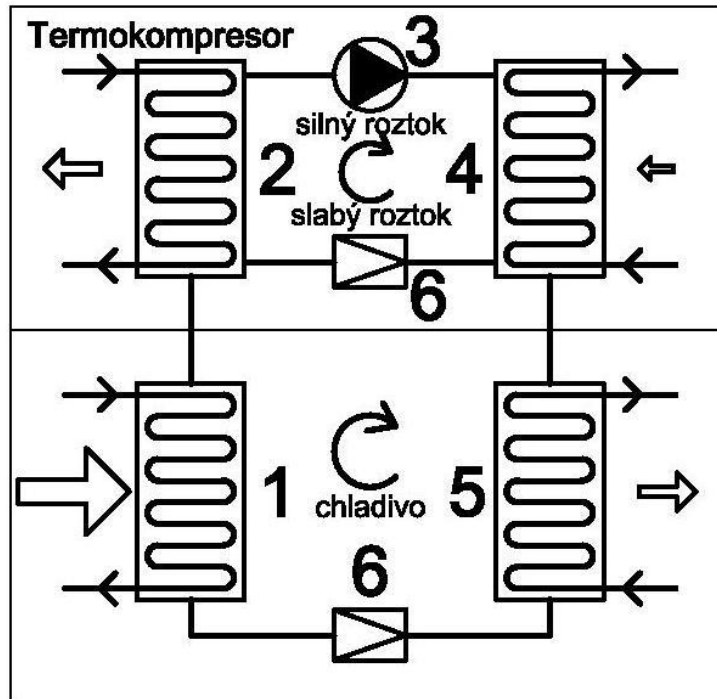
Kompresorová tepelná čerpadla se mohou vyskytovat v různých modifikacích, kdy můžeme mezi prvky umožňující konat tepelnému čerpadlu Carnotův cyklus vkládat další komponenty. Tyto prvky zpravidla zefektivňují práci chladiva, o vhodné modifikaci rozhoduje mnoho faktorů například vlastnosti konkrétního chladiva. Soustavu tedy lze například doplnit o podchlazovač kapalného chladiva, vnitřní výměník který podchladí kapalně chladivo a předejde chladivo v plynné fázi, nejčastěji se však využívá tzv. dvoustupňové zapojení, které se využívá při potřebě vyšších výstupních teplot ze zdroje tepla. Výstupní teplota otopné vody u tohoto typu čerpadel dosahuje zpravidla 80 – 85°C. Tento typ tepelných čerpadel se nejvíce ocení zejména, pokud chceme vyměnit stávající kotel přímo za tepelné čerpadlo, přičemž otopná tělesa a rozvody mají zůstat zachovány. V každém z okruhů tohoto čerpadla může obíhat jiné chladivo, ale aby tepelné čerpadlo fungovalo, musejí být v provozu oba okruhy. Schéma dvoustupňového tepelného čerpadla je zobrazeno na obr. č. 3. Jinou možností jak získat vyšší teplotu otopné vody je např. vstřikování páry do kompresního procesu.



Obr. 3 Schéma dvoustupňového vysokoteplotního tepelného čerpadla
(1 – výparník, 2 – kompresor, 3 – kondenzátor, 4- expanzní ventil, 5 – kondenzátor/výparník)

A4.2.2. Absorpční tepelná čerpadla

Dalším typem tepelného čerpadla je tepelné čerpadlo absorpční. I zde dochází k odpařování chladiva, které odebírá teplo z nízkopotenciálního zdroje. Další energie však není dodávána kompresorem, ale další tepelnou energií a čerpadlem. V okruhu absorpčního tepelného čerpadla obíhá kromě chladiva i absorpční látka, podstatné je že tyto látky mají rozdílnou teplotu varu. Jedním ze základních prvků je opět výparník, kde dojde k odpaření chladiva. Tyto páry dále postupují do absorbéru, kde jsou absorbovány do kapalné absorpční látky. Zároveň dochází k uvolnění absorpčního tepla. Takto vzniklá kapalná směs je čerpána za zvýšeného tlaku do další sekce, kde je ohřáta. Zvýšením teploty je chladivo ze směsi opět vypařeno a pokračuje do kondenzátoru. Absorpční látka zůstává kapalná a vrací se do absorbéru. Po té co plynné chladivo předá své teplo a zkondenzuje v kondenzátoru, odchází přes expanzní ventil zpět do výparníku. Tento typ tepelných čerpadel není ovšem příliš rozšířen.



Obr. 4 Funkční schéma absorpčního čerpadla
(1 – výparník, 2 – absorbér, 3 – čerpadlo, 4 – parní generátor, 5 – kondenzátor, 6 – škrtkící ventil)

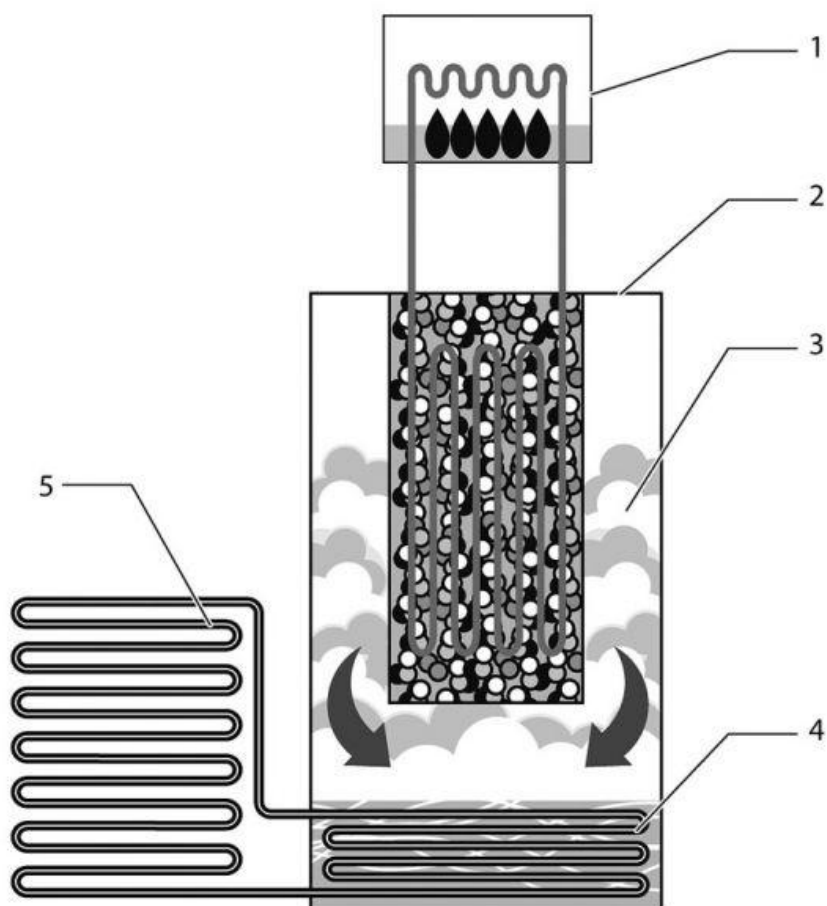
A4.2.3. Adsorpční tepelné čerpadlo

K novinkám na trhu patří tzv. adsorpční tepelná čerpadla zeolitová [4]. Základním prvkem zeolitových tepelných čerpadel jsou malé kuličky zeolitu, keramické hmoty s extrémně velkým povrchem, které jsou schopné opakovaně absorbovat a následně uvolňovat velké množství vody. Při procesu adsorpce vzniká exotermická reakce, při níž se uvolňuje teplo.

Princip funkce zeolitového tepelného čerpadla:

1. Fáze vysoušení zeolitu (desorpce)

Princip spočívá v tom, že plynová kondenzační jednotka (1) ohřívá zeolitový vakuový modul (2) na teplotu kolem 110 °C, což způsobí odpařování vody. Výsledná pára (3) přechází do spodní, chladnější části modulu. Když se dostane do výměníku (4) na bázi vody, páry zkondenzují a produkují kondenzační teplo. Toto teplo se odevzdává do vytápěcího okruhu (5).

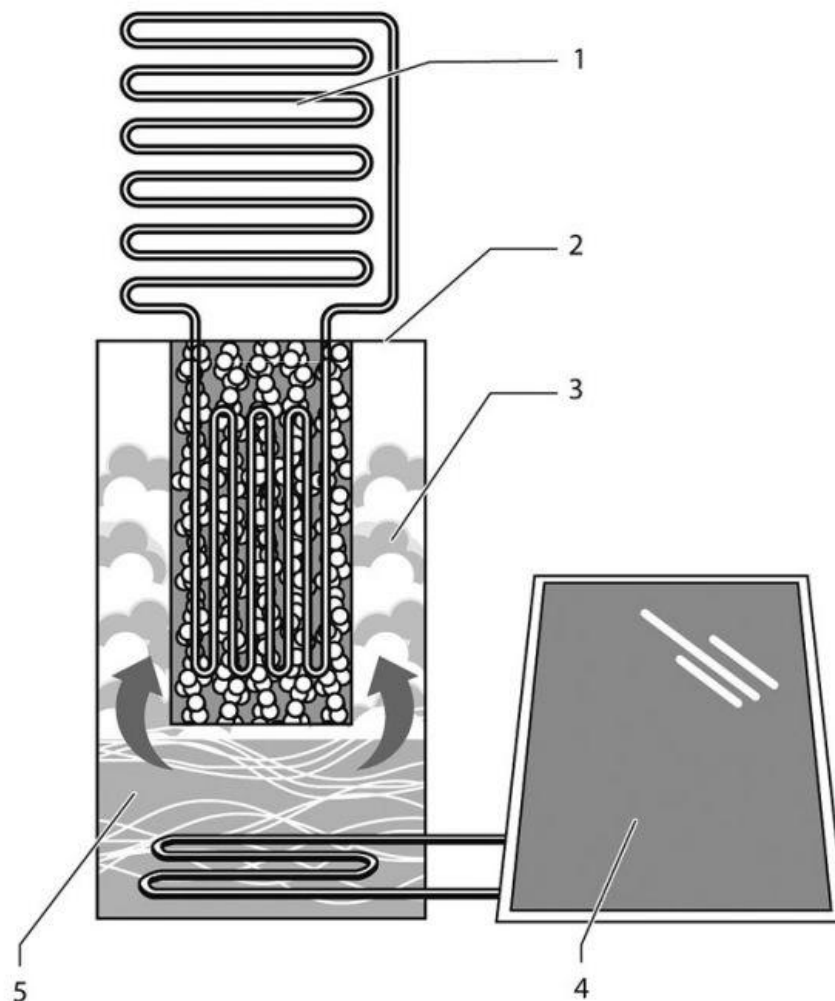


Obr. 5 Fáze vysoušení zeolitu (desorpce)

(1 – plynová kondenzační jednotka, 2 – zeolitový vakuový modul, 3 – vodní pára, 4 – výměník (zkondenzovaná voda), 5 – vytápěcí okruh)

2. Fáze zvlhčení zeolitu (adsorpce)

Po té co zeolit dosáhne své maximální teploty a je úplně suchý, modul vychladne na teplotu okolního prostředí. Pomocí slunečních kolektorů (4) se voda při nízkých teplotách odpařuje (5) (odpaření probíhá díky vakuovému kontejneru (2) už při teplotě 5 °C), vodní pára (3) stoupá vzhůru a znova se rychle absorbuje do zeolitu. Při tomto procesu se uvolňuje teplo, které se rovněž odevzdává do vytápěcího okruhu (1). Jen co se odpaří veškerá voda a zeolit ji pohltí, celý proces začíná nanovo. Různé fáze procesu přitom probíhají v zařízení současně.



*Obr. 6 Fáze zvlhčení zeolitu (adsorpce)
 (1 – vytápěcí okruh, 2 - zeolitový vakuový modul, 3 – vodní pára, 4 – solární kolektory, 5 – odpařovaná voda)*

Konkrétním výrobkem tohoto typu čerpadla je např. tepelné čerpadlo zeoTHERM firmy Vaillant. Při adsorpci nedochází k úniku emisí do ovzduší, proto jde o ekologický proces. Zároveň jsou zeolity šetrné k životnímu prostředí, netoxické a nehořlavé. Zeolitové tepelné čerpadlo lze považovat za hybridní systém, který kombinuje několik technologií šetrných k životnímu prostředí. Tepelné čerpadlo zeo THERM (Vaillant) je složené ze tří různých zdrojů tepla – kondenzačního kotle, zeolitu a solárních kolektorů. Výrobce udává, že efektivnost systému se zeolitovými čerpadly je v porovnání s běžnými samostatnými kondenzačními kotli o 20% vyšší.

A4.3. TOPNÝ FAKTOR

A4.3.1. Vyjádření topného faktoru [1], [2], [3]

Topný faktor tzv. COP (Coefficient Of Performance) je jedna z nejdůležitějších charakteristik tepelného čerpadla. Získává se na základě měření, resp. výpočtu pro konkrétní výrobek, za určitých provozních podmínek. Podle základní definice udává poměr mezi využitelným tepelným výkonem a příkonem elektrického kompresoru.

$$\text{COP} = \frac{\Phi_{HP,hw}}{P_{HP} + P_{HP,aux}}$$

$\Phi_{HP,hw}$ = topný výkon pro vytápění, popř. přípravu teplé vody

P_{HP} = elektrický příkon kompresoru

$P_{HP,aux}$ = příkon pro překonání tlakové ztráty ve výparníku a kondenzátoru, odmrazování a regulaci

Tuto rovnici lze přepsat i takto:

$$\text{COP} = \frac{Q_T}{Q_T - Q_{CH}}$$

Q_T = topný výkon TČ

Q_{CH} = chladící výkon TČ

P = elektrický příkon TČ

Topný faktor lze vyjádřit i pomocí teplot:

$$\text{COP} = \frac{T_k}{T_k - T_0} \cdot \eta_{TČ}$$

T_k = kondenzační teplota

T_0 = vypařovací teplota

$\eta_{TČ}$ = srovnávací účinnost tepelného čerpadla

Z výše uvedených vztahů vyplývá, že pokud bude mít tepelné čerpadlo například výkon 9kW a COP rovno 3, bude elektrický příkon roven 3 kW.

Uvedené veličiny jsou ve vzájemné interakci a jsou proměnné. Obecně lze říci, že čím máme menší teplotní rozdíl mezi výparníkem a kondenzátorem, tím větší je topný faktor. To je důvod, proč je vhodné při použití tepelného čerpadla volit menší teploty vody v otopné

soustavě. Proto se doporučuje např. zvolit místo klasických otopných těles podlahové vytápění. Výrobce tepelných čerpadel firma Buderus uvádí pro porovnání tento příklad:

- Jak velký je topný faktor tepelného čerpadla v kombinaci s podlahovým vytápěním s teplotou na výstupu 35°C a otopnými tělesy s teplotou 50°C při teplotě tepelného zdroje 0°C?

Ke stanovení COP platí přibližný vzorec: $COP = (0,5.T)/(T-T_0)$, kde

T = Absolutní teplota spotřebiče tepla [K]

T₀ = Absolutní teplota zdroje tepla [K]

Pro podlahové vytápění:

$$T = 35^{\circ}\text{C} = 273 + 35 = 308 \text{ K}$$

$$T_0 = 0^{\circ}\text{C} = 273 \text{ K}$$

$$\Rightarrow \Delta T = 35 \text{ K}$$

$$\Rightarrow COP = (0,5 \cdot 308)/35 = 4,4$$

Pro vytápění s otopnými tělesy:

$$T = 50^{\circ}\text{C} = 273 + 50 = 323 \text{ K}$$

$$T_0 = 0^{\circ}\text{C} = 273 \text{ K}$$

$$\Rightarrow \Delta T = 50 \text{ K}$$

$$\Rightarrow COP = (0,5 \cdot 323)/50 = 3,2$$

Příklad ukazuje 36% zvýšení topného faktoru pro podlahové vytápění oproti vytápění s otopnými tělesy. Z toho vychází empirické pravidlo: Snížení teploty o 1°C níže = zvýšení topného faktoru o 25%.

Vzhledem ke skutečnosti, že teplota zeminy je v zimním období vyšší než teplota vzduchu, lze obecně konstatovat, že tepelná čerpadla země/voda mají lepší účinnost.

A4.3.2. Skutečný topný faktor [5]

Jelikož můžeme definici topného faktoru tepelného čerpadla chápat jen v relaci mezi produkovaným teplem (topným výkonem) a energií pro pohon kompresoru (příkonem kompresoru), můžeme mít zavádějící informace pro ekonomické zhodnocení a výpočet návratnosti pořízení tepelného čerpadla. Vždy je nutné prověřit dle jaké metodiky hodnota COP stanovena. V tomto případě se jedná pouze o teoretický topný faktor samotného kompresoru. Reálný topný faktor tepelného čerpadla a topný faktor vytápěcího systému musí zohlednit celou řadu dalších skutečností. Zejména:

- Cca 5% energie pro pohon kompresoru se nepřemění na využitelné teplo, představuje tedy ztráty do okolí.

- Do příkonu je nutno zahrnout i příkon potřebný pro dopravu nízkopotenciálního tepla do tepelného čerpadla. Jde o příkon oběhových čerpadel obstarávající oběh nemrznoucí směsi v zemním kolektoru či teplotně nosné látky ve vrtu u TČ země/voda, čerpání podzemní vody u TČ voda/voda, či pohon ventilátorů u TČ vzduch/voda.
- Při bivalentním zapojení je do příkonu třeba zahrnout i příkon doplňkového bivalentního zdroje.
- Nutno zohlednit i přípravu teplé vody.

A4.4. Bod bivalence tepelného čerpadla [2], [3]

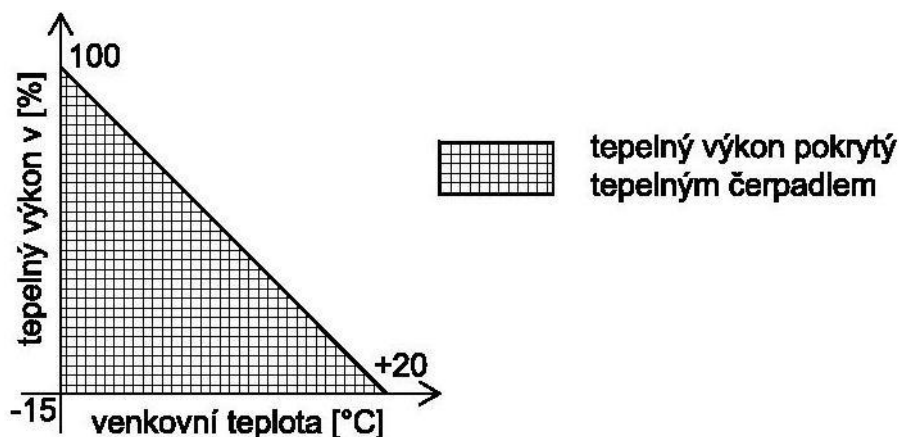
Vzhledem k tomu, že většinou nastane potřeba plného výkonu zdroje tepla jen na několik dnů v roce, není vždy nutné navrhnout tepelné čerpadlo na pokrytí maximální tepelné ztráty. Např. při určité teplotě venkovního vzduchu může část špičkového výkonu přebrat záložní zdroj. Tomuto systému říkáme bivalentní provoz. Hraniční teplota mezi bivalentním a monovalentním provozem se se volí zpravidla mezi -5°C až -10°C . Jde tedy o teploty, které se v otopném období trvale nevyskytují, ale nejsou ani výjimečné.

Pro volbu bivalentního provozu přispívá i fakt vysokých pořizovacích nákladů vlastního tepelného čerpadla, vysokých nákladů na zemní práce při provádění plošných kolektorů, vrtů apod.. Další nevýhodou při dimenzování na plný výkon je cyklování tepelných čerpadel vzduch/voda, které jsou více závislé na teplotě venkovního vzduchu.

Jako záložní zdroj se často volí elektrokotel, moderní regulace však umožňuje použití i dalších zdrojů, např. plynový kotel. Při nižších nárocích na komfort užívání mohou funkci špičkového zdroje převzít i krb, či krbová kamna.

A4.4.1. Monovalentní provoz

U tohoto systému pokrývá veškerou potřebu tepla na vytápění a přípravu teplé vody tepelné čerpadlo. Tento systém je obzvláště vhodný pro tepelná čerpadla země/voda, jelikož máme k dispozici stabilní příjem nízkopotenciální tepelné energie, bez velkého vlivu teploty venkovního vzduchu. Z tepelných čerpadel vzduch/vzduch se jako monovalentní navrhují většinou moderní tepelná čerpadla s regulovatelným výkonem kompresoru.

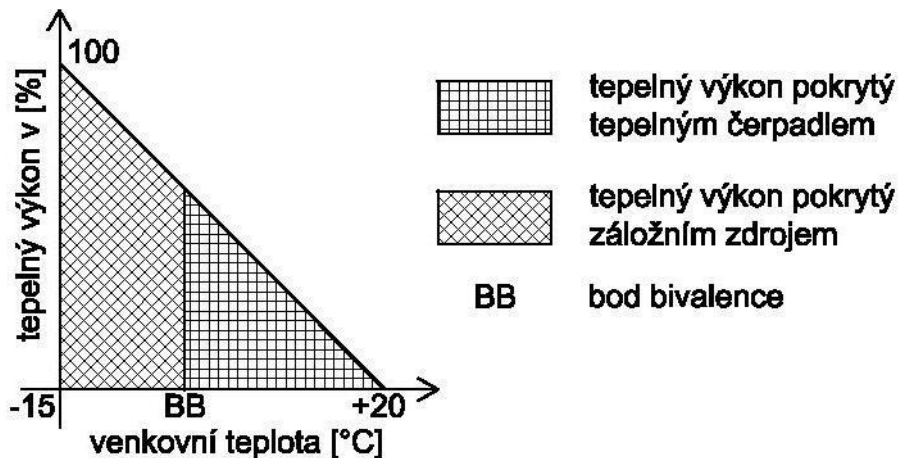


A4.4.2. Bivalentní provoz

Bivalentní provoz je vhodný zejména pro tepelná čerpadla vzduch/voda. Jejich výkon a topný faktor se snižující se teplotou klesá. Pokud bychom měli tepelné čerpadlo s kompresorem bez regulovatelného výkonu, docházelo by při venkovních teplotách nižších, než na které byla spočítána tepelná ztráta k tzv. taktování (vypínání a zapínání tepelného čerpadla v rychlém sledu). Jde o nežádoucí stav, který má za následek snížení životnosti zařízení. Částečně se dá tomuto jevu předcházet malou „akumulační“ nádrží zvanou taktovací, která prodlouží dobu, po kterou čerpadlo pracuje. Na rozdíl od konvenčních tepelných čerpadel umožňují tepelná čerpadla s invertorovou technologií (frekvenčním měničem) plynulou regulaci výkonu. Obvykle je možné výkon regulovat v rozmezí 30–100 %. Proto je možné tyto systémy dimenzovat na plnou tepelnou ztrátu při výpočtové teplotě.

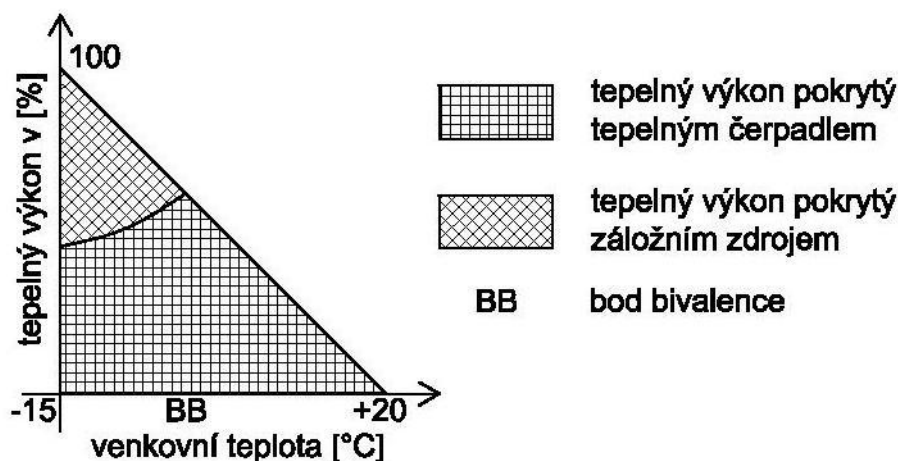
Tepelná čerpadla dimenzovaná na plnou tepelnou ztrátu však vycházejí poměrně draho a jejich plný výkon se využívá jen zřídka, proto je ve většině případů vhodné zvolit bivalentní provoz.

Alternativně-bivalentní provoz znamená, že tepelné čerpadlo pracuje pouze do doby, pokud venkovní teploty nedosáhnou bodu bivalence. Pak se tepelné čerpadlo ostaví a veškerou potřebu tepla obstará záložní zdroj.



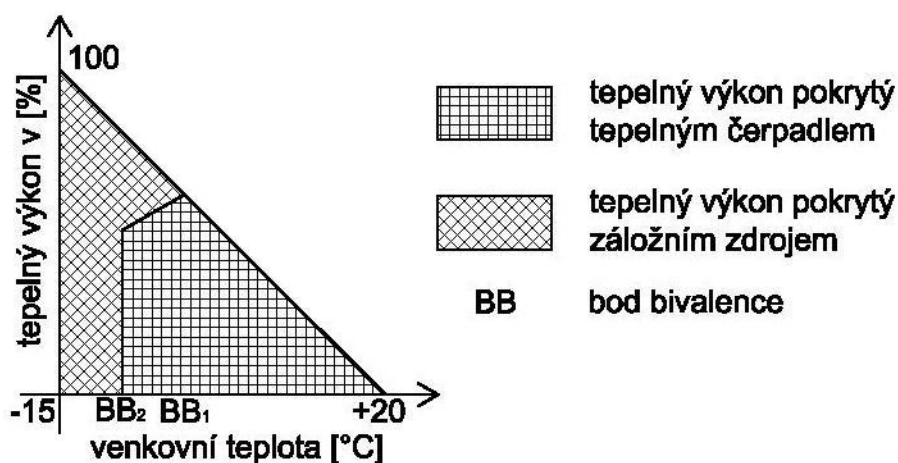
Obr. 8 Alternativně-bivalentní provoz tepelného čerpadla

Paralelně-bivalentní zdroj je takový, kdy tepelné čerpadlo pracuje po celou dobu a jen při nízkých teplotách, kdy výkon tepelného čerpadla nestačí, se přidává další záložní zdroj. Oba zdroje pak pracují současně.



Obr. 9 Paralelně-bivalentní provoz tepelného čerpadla

Částečně paralelně-bivalentní provoz zahrnuje kombinaci předchozích dvou typů. Při vyšších teplotách pracuje tepelné čerpadlo samostatně, od určitého bodu se k němu přidá sekundární zdroj, přičemž pracují současně a jen při nejnižších teplotách dojde k odstavení tepelného čerpadla. V tuto chvíli pracuje opět jen záložní zdroj. Tento systém je vhodný spíše pro soustavy s nižší teplotou otopné vody.



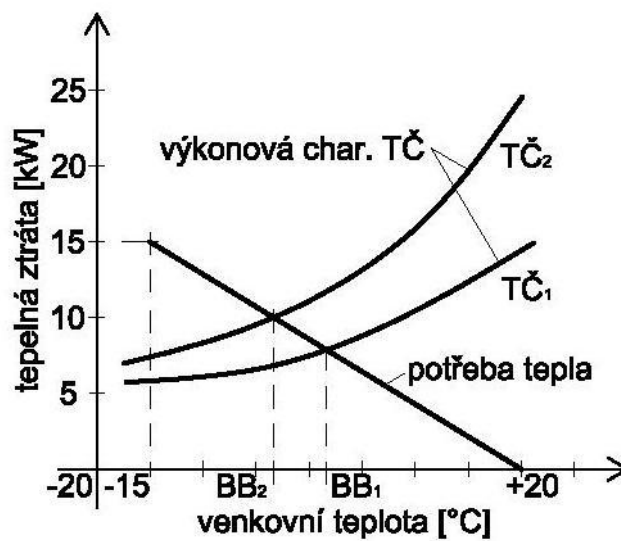
Obr. 10 Částečně paralelně-bivalentní provoz tepelného čerpadla

Monoenergetický způsob provozu

U monoenergetického způsobu provozu jsou energetické špičky pokrývány elektrickou patronou. V ideálním případě je tento dohřev schopen podporovat jak přípravu teplé vody, tak i vytápění. Pak je možné i zvýšení teploty teplé vody za účelem tepelné dezinfekce k potlačení Legionelly.

Určení bodu bivalence se provádí např. na základě výkonové charakteristiky čerpadla. Ta bývá uvedena výrobcem tepelného čerpadla jako ve formě grafu. Bod bivalence je

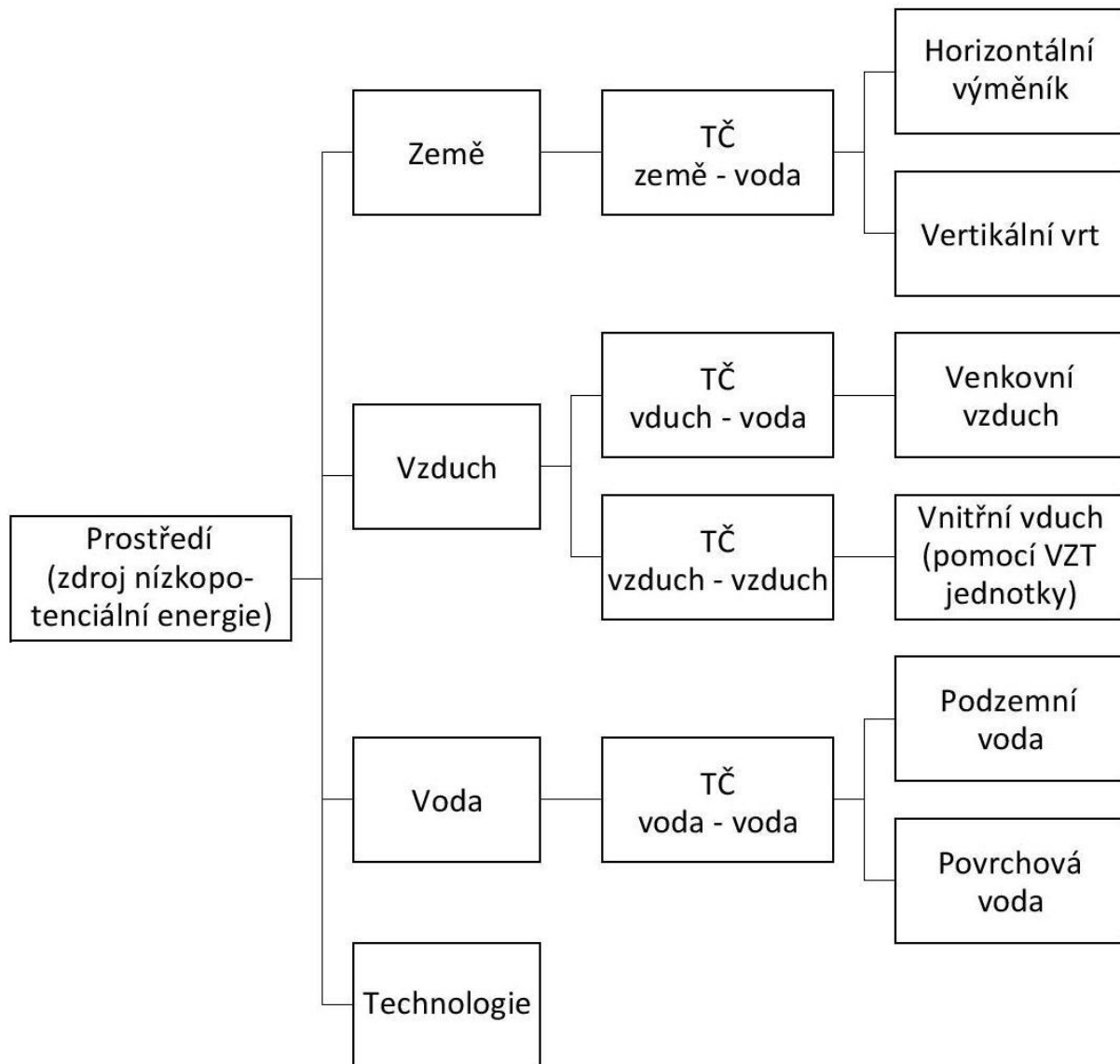
průsečík charakteristické křivky TČ a přímky, která zjednodušeně vyjadřuje potřebu tepla v závislosti na venkovní teplotě. Příklad grafu je uveden na obr. 11.



Obr. 11 Graf pro určení bodu bivalence

A4.5. ROZDĚLENÍ TEPELNÝCH ČERPADEL

Tepelná čerpadla lze dělit podle různých kritérií, nejzákladnější je však rozdělení podle prostředí, ze kterého je tepelným čerpadlem nízkopotenciální energie odebírána. Zpravidla teplo odebíráme ze země, vzduchu popř. vody, nebo se využívá odpadní technologické teplo. Schéma typického rozdělení je uvedeno na obr. 12.



Obr. 12 Schéma typického rozdělení tepelných čerpadel dle prostředí, ze kterého je odebírána energie

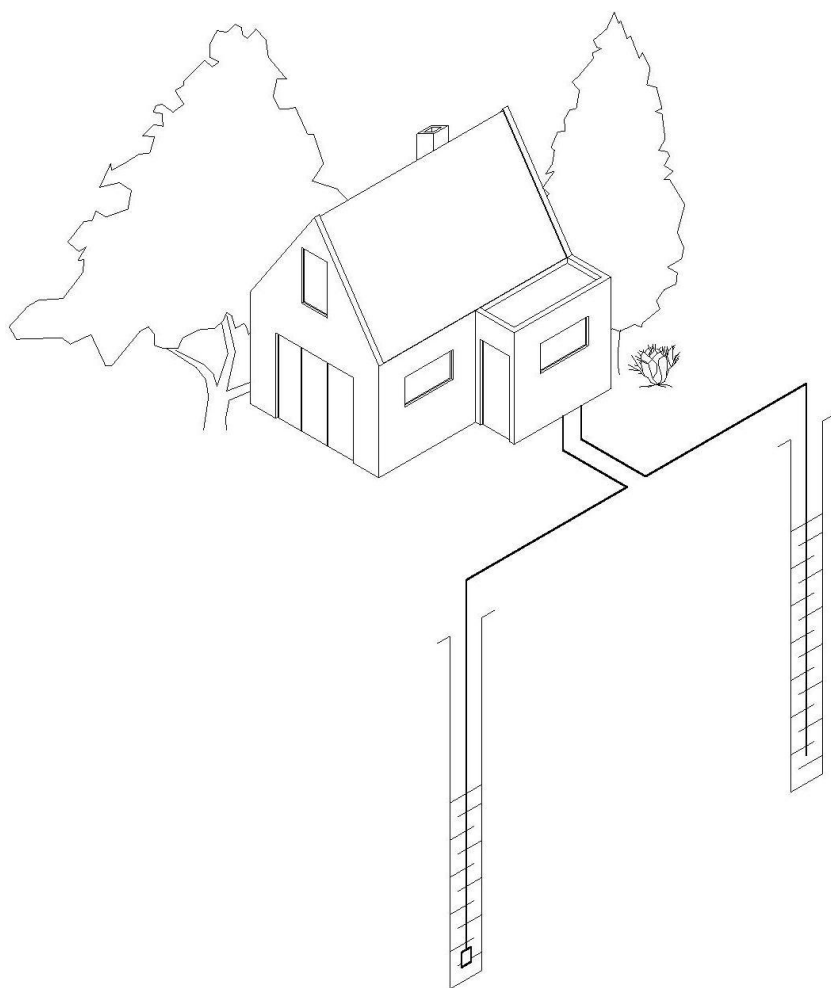
A4.5.1. Tepelná čerpadla země – voda

Těmto typům tepelných čerpadel je věnována samostatná kapitola, kde jsou podrobně rozebírána tepelná čerpadla s horizontálním výměníkem (A4.6.1.) a vertikálním výměníkem (A4.6.2.). V této kapitole jsou však pro doplnění uvedeny i další typy tepelných čerpadel.

A4.5.2. Tepelná čerpadla voda – voda

Tepelná čerpadla využívající podzemní vodu [6]

Pro získávání podzemní vody se nejčastěji využívá studna, v ojedinělých případech se dá využít např. voda z jeskynních jezer, starých důlních děl a hlubinných vrtů. U klasického systému máme dvě studny, zdrojovou a vsakovací. Z první čerpáme vodu např. ponorným čerpadlem do tepelného čerpadla, kde z ní odebíráme energii, po ochlazení se voda vypouští do druhé, takzvané vsakovací studny. Ve výjimečných případech lze vodu vypouštět do vodoteče. Velkou výhodou těchto typů tepelných čerpadel je nejvyšší průměrný roční topný faktor, při nejnižších nákladech. Takových výsledků dosahuje díky relativně vysoké teplotě spodní vody, která se v hloubkách od 10 m pohybuje během celého roku v rozmezí 8°C až 10°C. V některých oblastech lze čerpat i vodu termální, která dosahuje teplot mnohem vyšších. Bohužel však tato čerpadla skýtají celou řadu nevýhod. Základním problémem bývá, že se jen ve výjimečných případech nachází v blízkosti stavby dostatečně vydatný zdroj vody. Když už se vytápěný objekt v lokalitě s dostatečně vydatným zdrojem vody vyskytne, nemusí být voda v potřebné kvalitě, nebo nemusí být povolen úřady. Pro jednání s úřady je nutno zajistit nákladný hydrogeologický posudek. V lokalitách nacházejících se v I. pásmu lázní a minerálních vod, bývá provádění vrtů a čerpání podzemní vody zakázáno. Další věc, kterou je potřeba před realizací studně pro tepelné čerpadlo zajistit je chemický rozbor vody. Ten má vyloučit to, že není voda příliš mineralizována, což by mělo za následek zanášení výměníků tepelného čerpadla. Vydatnost zdroje se prověřuje čerpací zkouškou. Problémem bývá také zanášení vsakovací studně, či to že studna není schopna pojmout potřebné čerpané množství ochlazené vody. Další nevýhodou je riziko, že v průběhu provozu může dojít vlivem lidských aktivit či přírodních vlivů k poklesu přítoku podzemní vody. U hlubinných důlních děl a vrtů může být skutečný topný faktor výrazně snížen v důsledku potřeby velkého množství elektrické energie pro ponorné čerpadlo. Nelze opomenout i ekologické hledisko. Vzhledem k tomu že čerpaná voda protéká přímo tepelným čerpadlem, hrozí při poruše výparníku únik chladiva nebo oleje do vody.



Obr. 13 Tepelné čerpadlo voda – voda se zdrojovou a vsakovací studnou

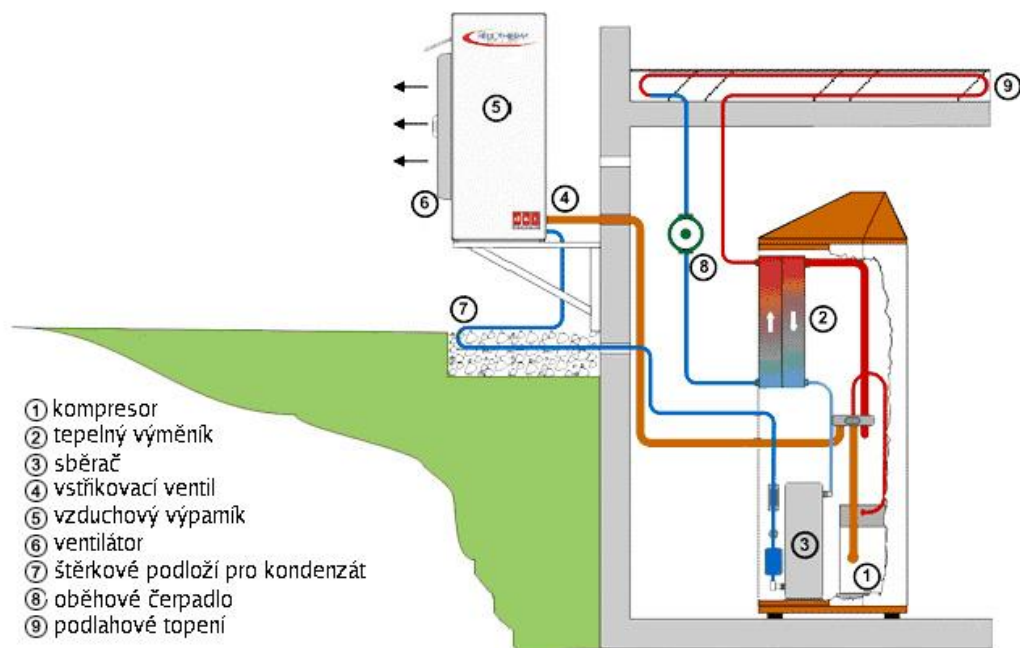
Tepelná čerpadla využívající povrchovou vodu [7]

Povrchová voda jako zdroj nízkopotenciální energie pro tepelná čerpadla v praxi využívá zcela výjimečně. Teoreticky lze využít vody z vodotečí, či umělých (popř. přírodních) vodních nádrží. Provádět se dá např. položením smyčky z PE trubek na dno nádrže, případně vodoteče. V potrubí musí být jako teplonosná látka použita ekologická nemrznoucí směs, např. směs na bázi vody s technickým lihem. Další možností je čerpání vody přímo do tepelného čerpadla a po jejím ochlazení zpětné vypouštění. Realizace je však spojena s řadou problémů a omezení. Hlavním omezením je už samotný nedostatek zdrojů, jen zřídka je vodný zdroj vody v dané lokalitě dostupný. Velkou překážkou jsou legislativní omezení. Technické problémy způsobuje poměrně nízká teplota povrchových vod a její znečištění. Teplota povrchových vod kolísá s venkovními teplotami, popř. hrozí i její zamrznutí.

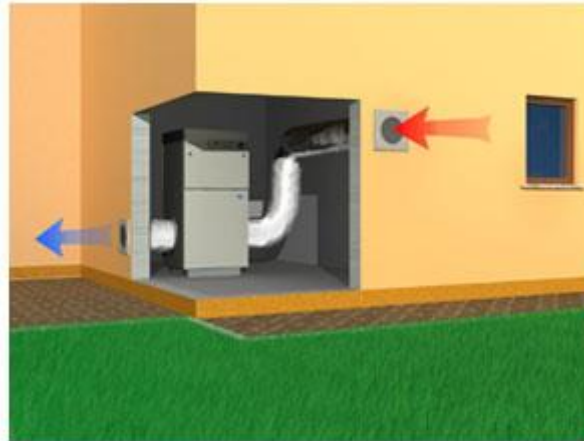
A4.5.3. Tepelná čerpadla vzduch – voda [8], [9]

Tepelné čerpadlo vzduch – voda je v našich podmínkách poměrně populární. Výhodou oproti tepelným čerpadlům jímající teplo ze země, odpadá u tohoto systému

náročná a nákladná realizace hlubinných vrtů, či plošných kolektorů. Výhodná jsou zejména v klimaticky mírnějších oblastech s menším počtem mrazových dnů. V současné době se nacházejí na trhu tepelná čerpadla, která jsou schopna vytápět i při teplotách -25°C , ale přesto se obecně doporučuje při nižších teplotách bivalentní provoz. Zdrojem nízkopotenciální energie pro tato zařízení je zpravidla venkovní vzduch. Tyto systémy se provádějí nejčastěji ve dvou provedeních. V první variantě je výparník tepelného čerpadla umístěn přímo ve venkovním prostředí a zbylá část v budově viz obr. 14, ve druhé variantě je jednotka umístěna celá v budově a venkovní vzduch je do ní přiváděn potrubím. U této varianty je potřeba zajistit, aby se přiváděný a ochlazený odváděný vzduch vzájemně neovlivňovaly viz obr. 15. Tato jednotka se jeví výhodná i z ekologického hlediska, protože teplo které vzduchu odebereme je opět do venkovního prostředí vráceno tepelnými ztrátami, nenarušují tak teplotní rovnováhu okolí. Výhodou je, že mohou pracovat celoročně, na rozdíl od čerpadel odebírajících teplo ze země, které zpravidla vyžadují v letním období přestávku, aby v průběhu času nedocházelo ke snižování jejich výkonu. Některé typy těchto čerpadel mohou pracovat i v reverzním provozu, tedy v létě chladit.



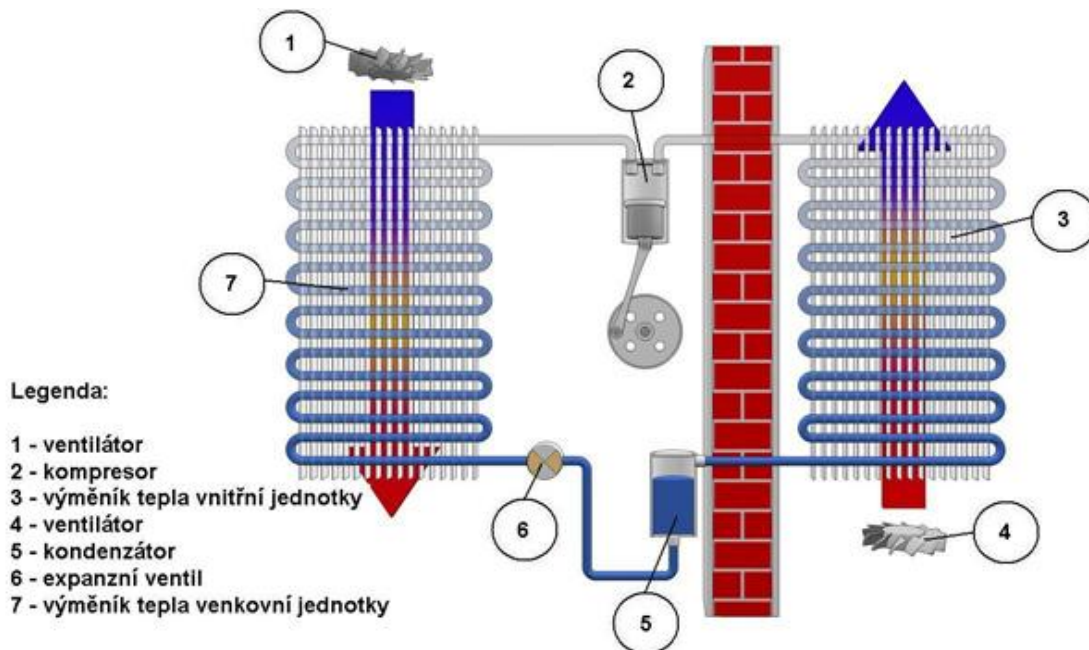
Obr.14 Tepelné čerpadlo vzduch – voda s výparníkem ve venkovním prostředí [9]



Obr. 15 Tepelné čerpadlo vzduch – voda s výparníkem umístěným v jednotce v interiéru [9]

A4.5.3. Tepelná čerpadla vzduch – vzduch [10]

Zdrojem tepla pro tento systém může být jak venkovní, tak vnitřní vzduch. Často se tento typ tepelných čerpadel využívá u budov s nuceným větráním, kdy je teplo odebíráno z odváděného odpadního vzduchu a využito pro ohřev čerstvého přívodního vzduchu. Tepelné čerpadlo bývá běžnou součástí vzduchotechnických jednotek, které zajišťují odvlhčování klimatizovaných prostor, zejména bazénových hal. V těchto jednotkách odebíráme z nadměrně vlhkého vzduchu teplo, čím jej ochladíme, tak aby přebytečná voda ve vzduchu zkonzovala. Takto upravený vzduch následně ohřejeme na kondenzátoru tepelného čerpadla na požadovanou teplotu. Nevýhodou je, že tímto systémem nemůžeme zpravidla ohřívat teplou vodu.



Obr. 16 Schéma tepelného čerpadla vzduch – vzduch [10]

A4.5.4. Příklad tepelného čerpadla s neobvyklým řešením [11]

Projekt byl realizován v Praze, kde k vytápění školy bylo zapojeno tepelné čerpadlo využívající teplo z odpadních vod kanalizační sítě. Na stěny kanalizační stoky bylo po celém obvodu v délce 100 m osazeno osm smyček potrubí, naplněných nemrznoucí směsí, které jsou přes rozdělovač a sběrač napojeny na tepelné čerpadlo. Výkon tohoto zařízení je trojnásobně vyšší při klasickém uložení kolektoru do země.



Obr. 17 Kolektor v kanalizační síti [11]

A4.6. Tepelná čerpadla země – voda

A4.6.1. Horizontální výměník [12], [13], [14]

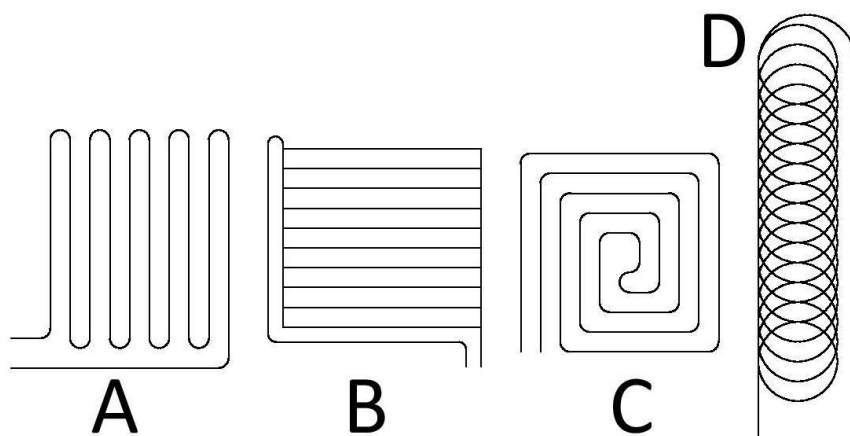
Horizontální výměník, lze přirovnat ke slunečnímu kolektoru se zemním akumulátorem pohlcené sluneční energie s ročním cyklem nabíjení a vybíjení. Plošný kolektor je tvořen výměníkem z polyetylenového potrubí, naplněným nemrznoucí směsí (popř. chladivem). Potrubí je uloženo minimálně 1 m pod terénem, většinou však bývá v hloubce 1,5 – 2 m. Rozteč potrubí má být minimálně 0,6 m (doporučuje se 1 m). Vzdálenost od základů budovy se nedoporučuje menší než 1,5 m, z důvodu promrzání základů. Doporučená ideální délka jednotlivých okruhů je z důvodu snížení tlakových ztrát 100 až 120 m. Jednotlivé okruhy bývají napojeny na rozdělovač a sběrač ve venkovní jímce, kde je lze uzavírat jednotlivé smyčky, provádět odzdušnění, popř. regulovat průtok. Ani na primárním okruhu se nesmí opomenout instalovat pojistný ventil a expanzní nádobu. Při výpočtu tlakových ztrát jednotlivých okruhů je nutno zohlednit odlišné vlastnosti (např. viskozitu) nemrznoucí směsí od vody. Vzhledem k tomu, že teplota v těchto kolektorech může ke konci topného období klesat až pod bod mrazu, je potřeba např. při křížení páteřního vedení kolektoru od sběrné jímky s dešťovou kanalizací a jinými vedeními opatřit obě křížující se vedení izolací. Dále mají být izolovány prostupy do budovy. Izolace nesmí být nasáková vodou, před destrukcí se chrání pomocí chráničky z odolného PVC. V kamenitém půdě musí být potrubí chráněno pískovým obsypem. Pro potrubí plošných kolektorů se používá nejčastěji potrubí průměrů 25, 32 a 40 mm. Velikost plochy kolektoru je závislá na tom, zda

je kolektor používán jen v otopném období, nebo celoročně, na vlastnostech podloží (tepelná kapacita, tepelná vodivost), popř. na tom, zda v letním období do kolektoru teplo ukládáme například odpadní teplo od strojního chlazení, popř. přebytky ze solárního systému.



Obr. 18 Tepelné čerpadlo země – voda s plošným výměníkem

Základní způsoby kladení potrubí jsou znázorněny na obr. 19. Obr. 19A znázorňuje „klasické“ sériové uložení. Na obr. 19B je tzv. paralelní umístění, obr. 19 C – tzv. uložení do meandru (vhodné provádět v případech skrývky). Na obr. 19D jsou tzv. slinky, jde o spirálové uložení v lokalitách s prostorovým omezením pro pokládku. Trubky se ukládají v zemi způsobem vodorovných smyček. Vyjimečně se slinky používají i u svislých vrtů.



Obr. 19 Způsoby uložení potrubí ve vodorovném výměníku [1]

Způsoby pokládky dle technologie provedení výkopů lze provádět např. jako klasický výkop bagrem, zemním rýhovačem, pomocí drážkovačky, celoplošnou skrývkou apod.. Klasický výkop bagrem se provádí na šířku lžíce 0,6 až 0,8 m, do kterého se pokládá smyčka kolektoru. Na jednu stranu výkopu přívodní potrubí, na druhou vratné. Při výkopu další smyčky můžeme vytěženou zeminou zasypávat již hotovou část. Potrubí se může ukládat do pískového lože, v závislosti na kamenitosti zeminy a na mechanické odolnosti zvoleného druhu potrubí. Drážky pro kolektor vytvořené zemním rýhovačem umožňuje vytvořit drážky šíře 100 až 150 mm. Výhodou je rychlá realizace, na rozdíl od klasického výkopu bagrem si sedá zemina pouze v místě drážky. Přibližně po půl roce až roce se zemina dosype a provedou se konečné terénní úpravy. Problémy při provedení mohou nastat při provádění drážek ve skalnatém podloží, nebo při obsahu množství velkých kamenů, které řetěz rýhovače nevnese z drážky. Celoplošná skrývka se provádí jen ve výjimečných případech, umožňuje snadnou pokládku potrubí do meandru. Ve výjimečných případech, lze místo výkopu provádět i vysokou navážku na stávající terén. Celoplošná skrývka, či celoplošná navážka se zpravidla nevyplatí provádět jen z důvodu realizace tepelného čerpadla.



Obr. 20 Klasické hloubení výkopu bagrem [12]



Obr. 21 Hloubení výkopu zemním rýhovačem [12]

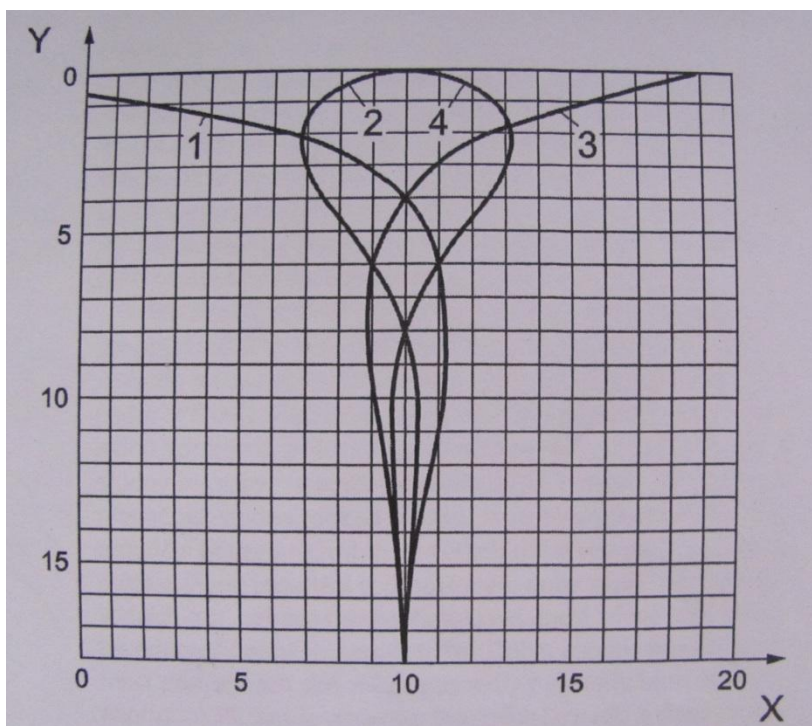


Obr. 22 Pohled do drážky od zemního rýhovače [12]



Obr. 23 Provádění zemního kolektoru pomocí drážkovačky [13]

Teplota země ve vrstvách do hloubky až 20 m, může během roku kolísat. S rostoucí hloubkou sezónní kolísání teplot klesá. Typické hodnoty neovlivněných teplot zemského masivu jsou na obr.24 , kde na ose X je vynesena teplota okolní zeminy ve vodorovné úrovni ve [°C], osa Y udává hloubku v [m]. Pod číslem 1 je vynesena teplotní křivka 1. února, 2 je teplotní křivka 1. května, 3 zobrazuje teplotní křivku 1. srpna a čtvrtá křivka je teplotní křivka 1. listopadu.



Obr. 24 Teoretické rozložení teploty v závislosti na hloubce pro oblast se střední roční venkovní teplotou 10 °C. Dle ČSN EN 15450

Výkon čerpání tepla pro vodorovné zemní výměníky tepla lze dle ČSN EN 15450 v jednoduchých případech (tj. rodinné domy) získat pomocí průměrné hodnoty výkonu čerpání tepla stanovením odběrového tepelného toku na m^2 plochy zemního kolektoru ve $W \cdot m^{-2}$. Odběrový výkon závisí na kvalitě zemského masivu a době trvání čerpání tepla (doba provozu tepelného čerpadla v hodinách za rok). Hodnoty uvedené v tabulce č. 1 předpokládají doby provozu tepelného čerpadla 1800 h a 2400 h za rok pro samotné vytápění. Přidaná produkce tepla pro přípravu teplé vody může být v tabulce uvážena prodloužením doby provozu. Vodorovné zemní kolektory by neměly být zastavěny.

Kvalita zemského masivu	Měrný odběrový tepelný tok $W \cdot m^{-2}$	
	doba provozu 1800 h za rok	doba provozu 2400 h za rok
Suchá, nesoudržná zemina	10	8
Vlhká, soudržná zemina	20 – 30	16 – 24
Vodou nasycený písek nebo štěrk	40	32

Tab. 1 Příklad požadavků na kvalitu zemského masivu ve střední Evropě dle ČSN EN 15450

A4.6.2. Vertikální výměník

Vertikální výměník využívá na rozdíl od horizontálního výměníku, čerpajícího především teplo naakumulované ze slunečního záření a venkovního teplejšího vzduchu, zemské teplo. Jde o teplo vzniklé v zemském jádru rozpadem radioaktivních prvků, které prostupuje na zemský povrch. Už od hloubky kolem patnácti metrů pod terénem, viz obr. 24, je teplota konstantní během celého roku, není tedy ovlivněna ročními obdobími. V České republice se teplota v hloubce 15-20 m pod terénem pohybuje okolo $10^{\circ}C$. S každými dalšími třiceti metry směrem do hloubky roste zhruba o $1^{\circ}C$ (tzv. geotermický gradient). Průměrný tepelný tok (množství tepla, které projde jednotkovou plochou na zemském povrchu) je dle [6] na Zemi 40 až $70 mW \cdot m^{-2}$. Lokality s nejvyšší hustotou zemského tepla v ČR mají až $90 mW \cdot m^{-2}$ (např. Ostravsko, okolí obce Boží Dar v Krušných horách). Zemské teplo se jímá pomocí vrtů hloubky 50 až 150 mm, průměru obvykle 130 až 220 mm. U nezpevněných sedimentů jde o průměry od 200 do 250 mm, ve skalních nebo podskaálních horninách se volí průměry kolem 150 mm. Nejčastěji používaným typem sondy je dvojitá sonda „U“ skládající se ze spojené dvojice umělohmotných potrubních smyček ve tvaru písmene „U“. Běžně používány jsou i jednoduché sondy „U“, které se skládají pouze z jedné smyčky umělohmotné trubky. Ojediněle jsou používány koaxiální sondy, které se skládají z vnitřní a vnější trubky. Speciálním případem sondy jsou tzv. energetické piloty, jde o hluboké základové piloty budov, které jsou vystrojeny uvnitř uloženými umělohmotnými trubkami. U klasických „U“ sond je důležité pro správný přenos tepla oddělení od sebe jednotlivých zvodnělých poloh horninového souboru a stabilizace stěn vrtu, vyplněním prostoru mezi trubkami a stěnou vrtu vhodným materiálem. K vyplnění se obvykle používá směs betonitu a cementu. Zcela nevhodné je vyplnit vrt pískem nebo vytěženým materiálem. Pro větší výkony je možné použít i více vrtů, které je však potřeba navrhovat v bezpečném rozestupu,

aby se vzájemně neovlivňovaly. Do vrtu je také možné teplo ukládat, např. v letním období lze vrt dotovat teplem z chlazení budovy.



Obr. 25 Tepelné čerpadlo země – voda s vertikálním výměníkem

K vystrojení vrtů [15] pro tepelná čerpadla se používá polyethyleny rozdílných kvalit. Vzhledem k tomu, že vystrojení vrtu tvoří cca 3% z ceny celého systému, jsou improvizace a nevhodná řešení zcela zbytečná. Při správně nainstalovaném kolektoru do vrtu je možno počítat s životností více než 100 let. Pro vystrojování vrtů se používá vysokohustotní polyethylen PE 100, který se osvědčil pro svoje dobré mechanické vlastnosti. Byl však vyvinut především pro rozvody plynu, proto se nyní doporučují zejména speciální polyethyleny vyvinuté přímo pro vystrojování vrtů. Příkladem je PE 100-RC, který prokázal např. vzhledem k běžnému PE 100 až deseti násobně vyšší odolnost. Ukázka vratného „U“ kolena je vyobrazena na obr. 26 a obr. 27. Koleno usměrňuje tok média zpět a má zásadní vliv na provozní a bezpečnostní charakter instalace. Pro snadnější aplikaci sondy do vrtu slouží litinové závaží, kontejner, pouzdro nebo kombinace pouzdro + kontejner viz obr. 28.

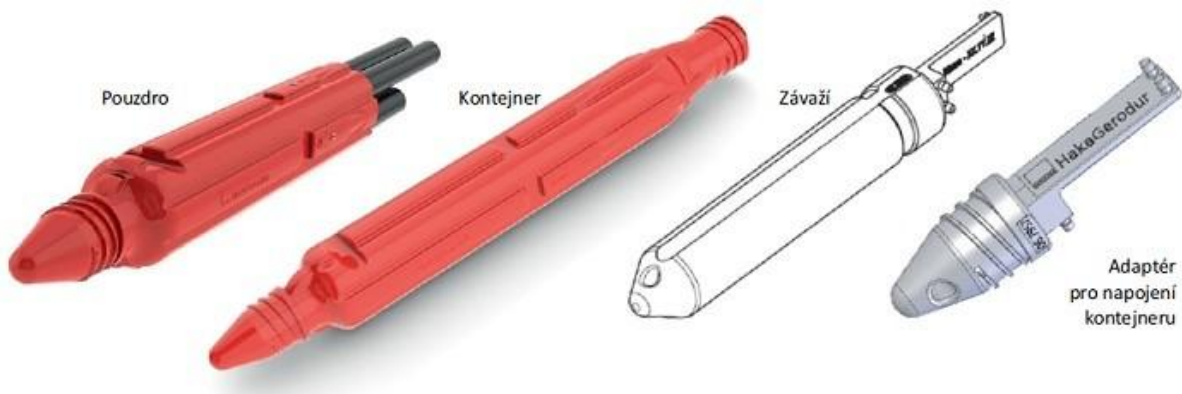


Obr. 26 Detail vratného „U“ kolena [16]

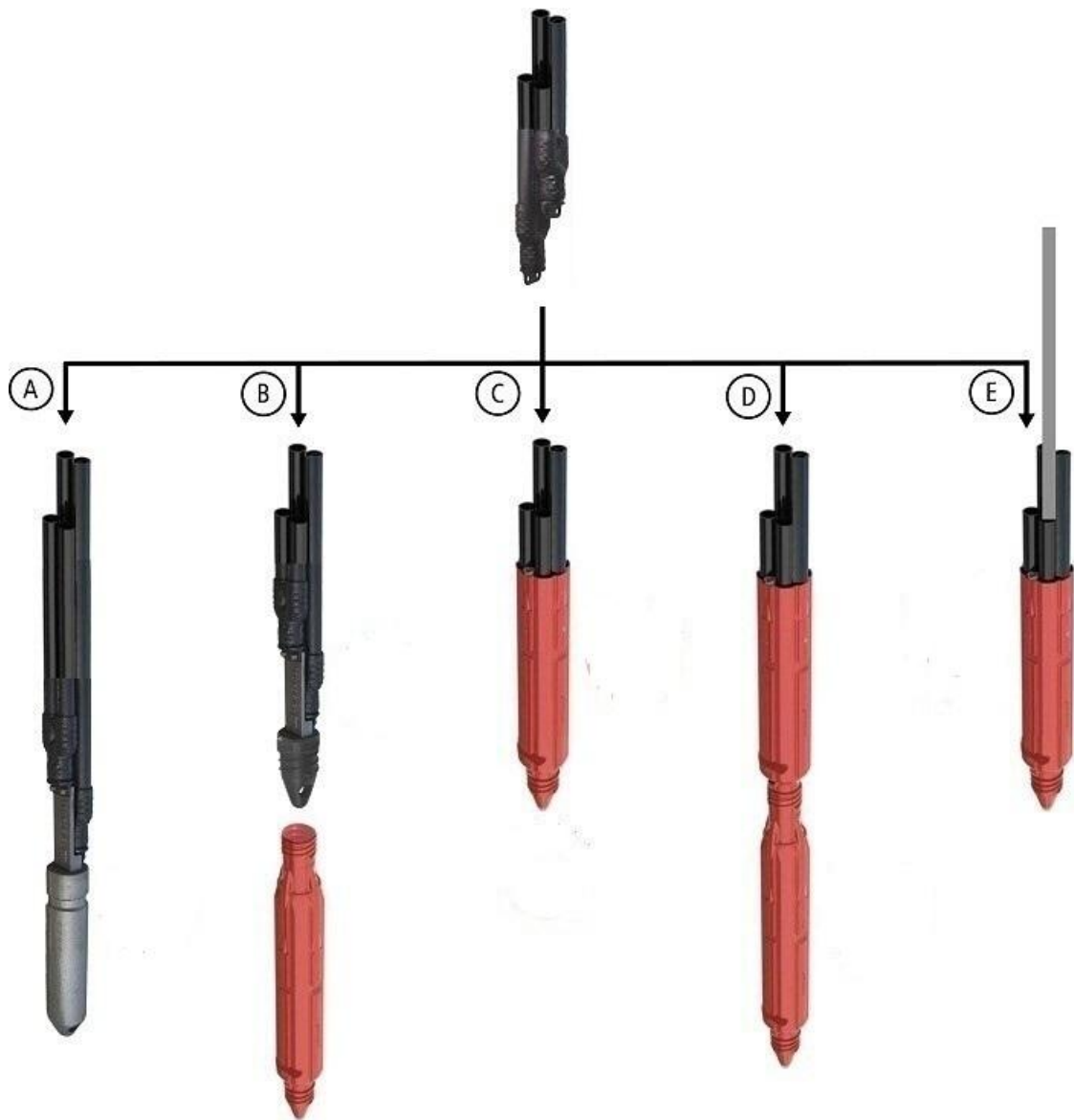
Legenda k obr. 26: 1 – průchozí design se zvětšeným průřezem, 2- uložení pro pouzdro (alternativa kontejnerového závaží), 3- separační jímka, sběrač nečistot, 4 – umělohmotný výlisek s provedenou tlakovou zkouškou, 5 – uchycení litinového závaží, 6 – ochranná struktura s nopy, 7 – zesílená tloušťka stěny „U“ kolena.



Obr. 27 Pata sondy se separační jímkou [16]



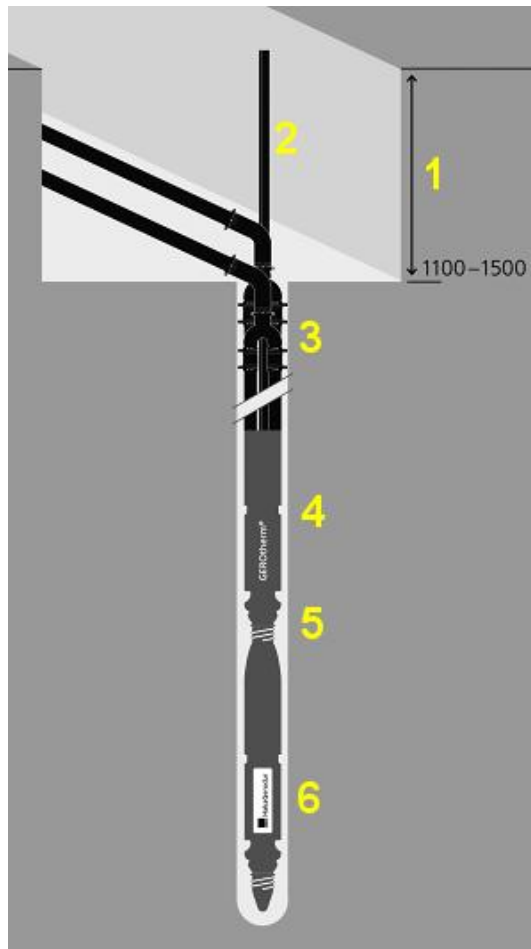
Obr. 28 Pouzdro, kontejner a závaží [17]



Obr. 29 Komponenty systému GEROtherm [17]

Legenda k obr. 29: A – sonda s klasickým litinovým závažím, B – sonda s adaptérem pro montáž kontejnerového závaží, C – nasunuté pouzdro, D – našroubovaný kontejner na nasunuté pouzdro, E – způsob pro zavádění sondy injekčními kovovými tyčemi.

Na obr. 30 je uveden příklad, jak by měl vypadat vrt pro tepelné čerpadlo země – voda, dle firmy GEROtop [18], kde: 1 – Potřebná hloubka výkopu, 2 – Tlakové injektování vrtu, které zajistí kontakt horninového prostředí s vystrojením vrtu. Injektování se provádí pomocí injektážního potrubí, které se zavádí spolu se sondou do vrtu. Tímto potrubím se tlakově vyplňuje vrt odspoda vzhůru, injektážní směsí, 3 – Redukce počtu větví, 4 – Pouzdro, které se nasadí na patu sondy a zajistí se šrouby, 5 – Vratné „U“ koleno, 6 – Kontejnerové závaží, které slouží pro snadnější instalaci sondy do vrtu. Olovnicovým efektem směřuje sondu ke dnu vrtu a slouží také jako ochrana vratného „U“ kolena. Kontejner je vyroben z umělé hmoty, před zavěšením na sondu se vyplní pískem.

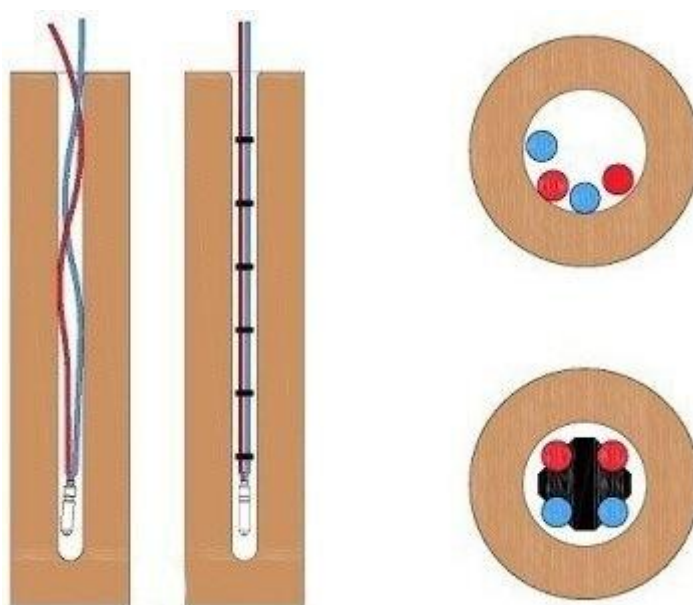


Obr. 30 Příklad vystrojení sondy [18]

Aby bylo zajištěno souměrné uspořádání potrubí ve vrtu, instalují se postupně při spouštění sondy do vrtu vymežovací díly. Neuspořádané vystrojení sondy snižuje výkon vrtu až o 15 %. Potrubí bez vymežovacích dílů se ve vrtu vzájemně dotýká, což má za následek nedokonalé rozložení ploch pro přenos energie. Pro správnou funkci se doporučuje instalace vymežovacích prvků v rozestupu dvou metrů.

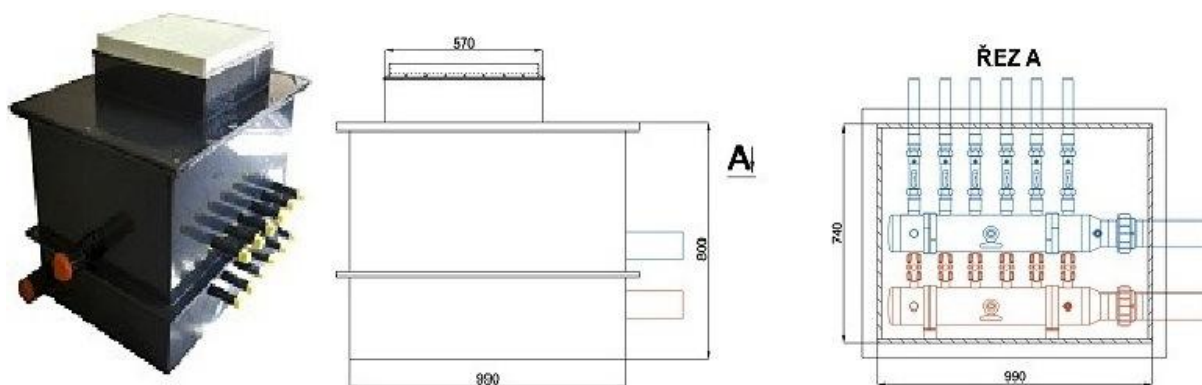


Obr. 31 Vymezovací díl [18]



Obr. 32 Provedení instalace s a bez vymezovacích dílů [18]

Pro napojení většího počtu vertikálních sond (popř. okruhů horizontálního kolektoru), lze využít prefabrikované jímký, které se doporučuje instalovat co nejbližší vrtnému poli (popř. zemnímu kolektoru). Příklady jímek jsou uvedeny na obrázcích.



Obr. 33 Příklad prefabrikované jímky [19]



Obr. 34 Prefabrikovaná šachta [19]

Neobvyklým řešením pro realizaci vrtů pro tepelná čerpadla jsou tak zvané energetické piloty [20]. Velice efektivní a investičně zajímavá se ukazuje možnost využívání stavebních konstrukcí, pro k jímání a ukládání energie, kromě již zmíněných energetických pilot lze k tomuto účelu využívat i tzv. energetické stěny a energetické základy. Tato technologie se uplatňuje výhradně u novostaveb a je s ní nutno počítat od samého prvopočátku návrhu stavby, dodatečné úpravy projektové dokumentace bývají komplikované. Stavby s piloty se provádějí zejména v místech s nezpevněným podložím, v místech se zvýšenou hladinou podzemní vody a zpravidla u výškových budov. Na stavbách se setkáváme s piloty o průměru 120 – 1200 mm a hloubek od 3 do 30 m. Ve většině případů lze tyto využít pro jímání a ukládání energie. Vlastní piloty se provádějí tak, že se na armovací koš pilot naváží smyčky z potrubí, kterými při provozu obíhá nemrznoucí kapalina. Objem betonu a zeminy pod objektem je možné využívat jako „akumulátor“ chladu nebo tepla. V zimním období odebírá tepelné čerpadlo z hmoty pod budovou teplo a ukládá chlad. Naopak v letním období se uložený chlad využívá k chlazení budovy a ukládá se teplo. Zejména u kancelářských objektů, bývá v současné době požadavek na chlad v létě mnohem

vyšší než potřeba energie na vytápění v zimě. Systém chlazení může fungovat v tzv. režimu „free cooling“ kdy čerpáme chlad ze země pouze pomocí oběhových čerpadel, tedy bez práce kompresoru tepelného čerpadla. Chlad se využívá přímo ve vzduchotechnice budovy nebo se stropních či stěnových panelech. Někdy však může dojít k tomu, že se chlad uložený v zemině vyčerpá, v takovém případě musí nastoupit práce tepelného čerpadla. Důležité je uvědomit si, že ve většině případů, zejména u velkých administrativních budov, není možné využívat energetické piloty pouze pro vytápění, nebo pouze pro chlazení. Vždy je nutné pracovat se systémem s oběma režimy, jak chlazení, tak vytápění. Základy budovy mají pouze omezenou kapacitu, kterou můžeme např. pouhým chlazením vyčerpat. Jistou výhodou nabízejí lokality s pohybem spodní vody, tedy například silně zvodnělé štěrkové podloží. Taková prostředí mohou zajistit neomezený přísun energie. Konstrukce pilot je tvořena hmotou betonu, vyztuženou ocelovým armovacím košem. Na armovací koš je navinuto a navázáno potrubí. Tímto potrubím pak proudí po uvedení systému do provozu teplotně aktivní látka, zpravidla nemrznoucí kapalina, kterou se předává teplo (popř. chlad) tepelnému čerpadlu. Potrubí musí být navrženo dle zásad hydrauliky, s minimální tlakovou ztrátou. Pokud energetické piloty nepokryjí celou potřebu energie, je možné doplnit je dalšími hlubinnými vrty na volném prostranství. Příkladem kde byly využity energetické piloty v Brně lze uvést např. mediálně známou výškovou budovu AZ Tower.



Obr. 35 Vizualizace energetických pilot pod objektem [20]



Obr. 36 Energetická pilota s vystrojením [21]



Obr. 37 Svedení potrubí od pilot k rozdělovači (MAIN TOWER-Frankfurt) [20]

Výkon čerpání tepla dle ČSN EN 15450

Pro menší tepelná čerpadla s výkonem do 30 kW lze získat průměrné hodnoty výkonu čerpání tepla stanovením odběrového tepelného toku na m délky zemního vrtu ve W/m. Odběrový výkon závisí na kvalitě zemského masivu a době trvání čerpání tepla (doba provozu tepelného čerpadla v hodinách za rok). Hodnoty uvedené v tabulce č. předpokládají doby provozu tepelného čerpadla 1800 a 2400 h za rok pro samotné vytápění. Přidanou produkci tepla pro přípravu teplé vody je nutné v tabulce zohlednit prodloužením doby provozu. Tabulka č.2 také předpokládá rozsah roční střední venkovní teploty 9°C až 11°C a platí pro jednoduché soustavy s nejvýše pěti vrtů. Pokud se kvalita zemského masivu během vrtání výrazně mění, délka vrtu (popř. počet vrtů) se musí přizpůsobit pro kompenzaci odchylky od maximálního odběrového tepelného toku.

Pro delší doby provozu je nutné při návrhu soustavy vzít v úvahu roční odebrané teplo na metr hloubky vrtu (v kWh/m za rok), neboť tato hodnota odráží dlouhodobý vliv průběžného čerpání tepla. Hodnota by měla být mezi 100 kWh/m a 150 kWh/m za rok pro samotné vytápění. Teplotní spád mezi vratnou teplotou teplotnosné látky a neovlivněnou teplotou zemského masivu (tj. v 10 m hloubky) nesmí během nepřetržitého provozu dosáhnout hodnot, které by způsobily technické problémy v provozu. Typická hodnota pro střední Evropu je 11 K.

Pro větší zemní zdroje pro soustavy s tepelnými čerpadly se požadují konkrétní výpočty s použitím analytických metod nebo numerických simulačních metod.

Druh zemského masivu	Měrný odběrový tepelný tok [W/m]	
	Doba provozu 1 800 h	Doba provozu 2 400 h
Obecné směrné hodnoty:		
Špatné podloží (suchý sediment a $\lambda < 1,5$ W/(m.K)	25	20
Běžné podloží a vodou nasycený sediment $1,5 < \lambda < 3,0$ W/(m.K)	60	50
Pevná skála s vysokou tepelnou vodivostí $\lambda > 3,0$	84	70

W/(m.K)		
Jednotlivé druhy zemského masivu:		
Suchý štěrk nebo písek	< 25	< 20
Štěrk nebo písek nasycený vodou	65 – 80	55 – 65
Štěrk nebo písek se silným prouděním spodní vody	80 – 100	80 – 100
Vlhký jíl	35 – 50	30 – 40
Vápencový masiv	55 – 70	45 – 60
Pískovec	65 – 80	55 – 65
Křemičitý magmatit (např. granit)	65 – 85	55 – 70
Bazální magmatit (např. basalt)	40 – 65	35 – 55
Diorit	70 - 85	60 - 70
POZNÁMKA: Hodnoty platí pro soustavy s tepelnými čerpadly o tepelném výkonu do 30 kW		

Tab. 2 Měrné odběrové tepelné toky pro různé druhy zemského masivu ve střední Evropě dle ČSN EN 15450

A4.7. VÝMĚNA TEPLA MEZI TEPLONOSNOU LÁTKOU A OKOLNÍ HORNINOU [22]

Základní matematický vztah popisující výměnu tepla mezi hloubkovým vrtaným výměníkem BHE (Borehole Heating Exchanger) a horninou, má podobu Ohmova zákona (množství odebíraného tepla je přímo úměrné rozdílu teplot a nepřímo úměrné tepelnému odporu).

$$q' = \frac{\Delta T}{R} = \frac{\Delta T}{R_b + R_e}, \text{ kde}$$

q' výměna tepla připadající na 1 m tepelně aktivní délky [W/m]

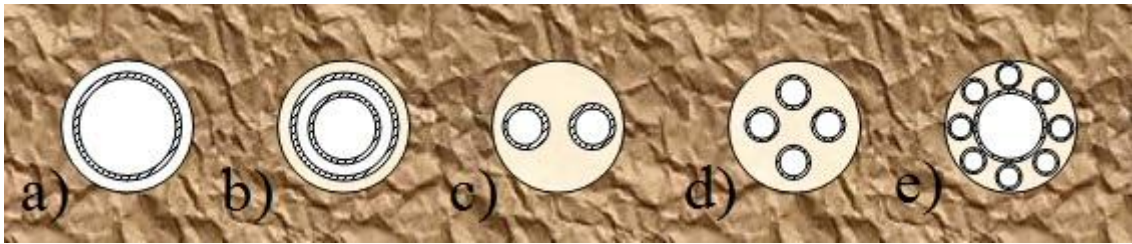
ΔT Rozdíl teplot mezi teplonosnou látkou a vrtem dosud neovlivněnou horninou [K]

R tepelný odpor mezi teplonosnou látkou a tepelně neovlivněnou horninou [(K.m)/W]

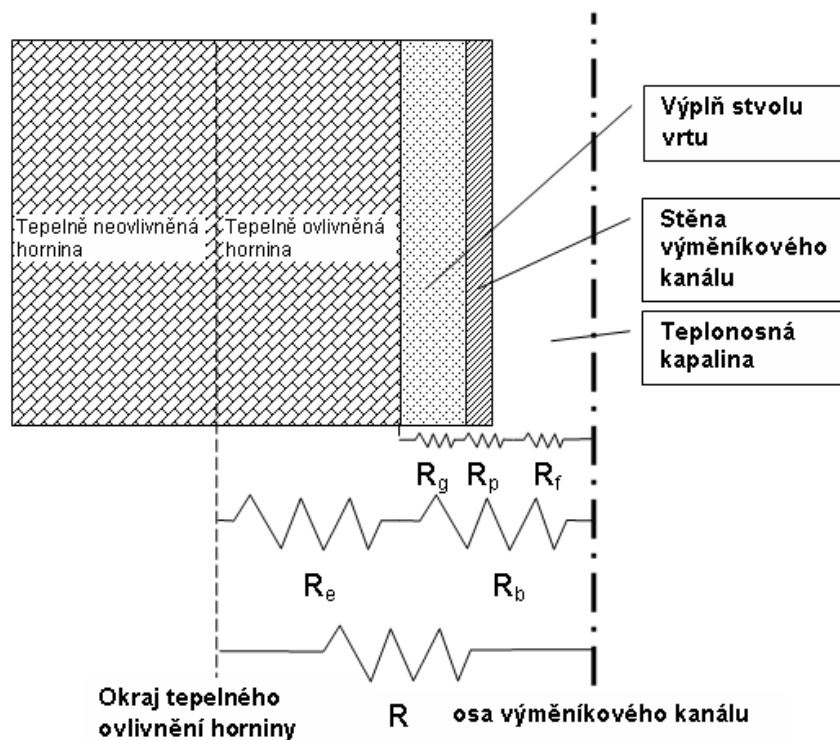
R_b Celkový vnitřní tepelný odpor vrtu [(K.m)/W]

R_e Vnější tepelný odpor, který klade proudícímu teplu hornina mezi stěnou (okrajem) vrtu a hranicí, za kterou jí vrt zatím ještě tepelně neovlivnil [(K.m)/W]

Vnitřní odpor R_b závisí na uspořádání kanálů, kterými proudí teplonosná látka z tepelného čerpadla do vrtu a ohřátá zpět do tepelného čerpadla. Uspořádání má zajistit to, aby teplonosná látka proudila co nejbližší hornině a přitom nedocházelo k tepelnému zkratu. Nejčastější typy uspořádání jsou uvedeny na obr. 38. Pro vysvětlení využijeme nejjednodušší variantu uzavřený koaxiál, kde odpor vrtu R_b je součtem složek R_g , R_p a R_f , viz obr. 39.



Obr. 38 Nejčastější půdorysné uspořádání výměňkových kanálů v BHE [22], kde a) otevřený koaxiál, b) uzavřený koaxiál, c) jednoduchá „U“ smyčka, d) dvojitá „U“ smyčka, e) mnohosmyčkový koaxiál.



Obr. 39 Schéma tepelného odporu R [22]

R_f tepelný odpor mezi kapalinou a vnitřní stranou stěny výměňkového kanálu $[(K.m)/W]$

R_p tepelný odpor stěny výměňkového kanálu $[(K.m)/W]$

R_g tepelný odpor výplně mezi výměňkovým kanálem a stěnou vrtu $[(K.m)/W]$

Jednotlivé hodnoty odporů R_x jsou převrácené hodnoty tepelných vodivostí λ $[W/(m.K)]$. Pokud zohledníme, že nám schéma zobrazuje průřez jednou polovinou válce uzavřeného koaxiálního BHE a když uvedené odpory převedeme na tepelné vodivosti, lze

dosazením do vzorce pro prostup tepla válcovou stěnou, můžeme získat vztah pro výpočet výměny tepla připadajícího na jeden metr tepelně aktivní délky vrtu.

$$q' = \frac{\Delta T}{\frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{\alpha \cdot d_p} + \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{\lambda_p} \cdot \ln \frac{d_g}{d_p} + \frac{1}{\lambda_g} \cdot \ln \frac{d_b}{d_g} \right) + \frac{1}{2\lambda_e} \cdot \ln \frac{2r_e}{d_b} \right]}, \text{ kde}$$

α součinitel přestupu tepla z proudící kapaliny do vnitřní stěny výměníku [W/(m².K)]

d_p vnitřní průměr kruhového výměníkového kanálu vrtu [m]

λ_p tepelná vodivost stěny výměníkového kanálu vrtu [W/(m.K)]

d_g vnější průměr kruhového výměníkového kanálu vrtu [m]

λ_g tepelná vodivost výplně mezi výměníkovým kanálem a okrajem vrtu [W/(m.K)]

d_b hloubený průměr vrtu [m]

λ_e tepelná vodivost horniny [W/(m.K)]

r_e Výpočtová vzdálenost okraje vrtem tepelně neovlivněné horniny od okraje vrtu

Tepelný odpor R_f mezi teplonosnou kapalinou a vnitřní stranou stěny aktivního kanálu je největší při laminárním proudění, protože při něm se kapalina nepromíchává a tepelný tok musí překonávat celou vzdálenost mezi osou a vnitřní stěnou trubky, oproti tomu turbulentní víření kapalinu promíchává na jednotnou teplotu. Do jaké míry je víření kapaliny intenzivní udává Reynoldsovo číslo Re [-]. Při nízkých hodnotách Re je proudění uvnitř výměníku laminární a tedy přechodový odpor R_f velký. Pro výpočet tepelného odporu R_f je nutné vypočítat také hodnotu součinitele přestupu tepla z proudící kapaliny do vnitřní stěny výměníku α [W/(m².K)]. Pro výpočet lze aplikovat následující vztah:

$$\alpha = \frac{Nu}{d_p} \cdot \lambda_f, \text{ kde}$$

Nu Nusseltovo číslo [-], $Nu(Pr; Re)$

λ_f tepelná vodivost kapaliny při její střední teplotě ve výměníkovém kanálu [W/(m.K)]

d_p vnitřní průměr kruhového výměníkového kanálu vrtu [m]

Pr Prandtlovo číslo [-]

Re Reynoldsovo číslo [-]

$$Re = \frac{v \cdot d_p \cdot \rho}{\mu} = \frac{v \cdot d_p}{\nu}, \text{ kde}$$

v střední rychlost kapaliny [$m \cdot s^{-1}$]

ρ objemová hmotnost kapaliny při její střední teplotě ve výměňkovém kanálu [$kg \cdot m^{-3}$]

μ dynamická viskozita kapaliny při její střední teplotě ve výměňkovém kanálu [$Pa \cdot s$]

ν kinematická viskozita kapaliny při její střední teplotě ve výměňkovém kanálu
[$m^2 \cdot s^{-1}$]

Tepelný odpor mezi vnitřní stranou stěny výměňkového kanálu a okrajem vrtu

Tepelná odpor stěny aktivního výměňkového kanálu R_p a tepelný odpor výplně R_g , která ho tepelně připojuje k hornině, jsou konstantní. Polyetylen má tepelnou vodivost λ_g cca $0,4 W/(m.K)$. Tepelné vodivosti výplňových materiálů jsou následující: stagnující voda $0,5 W/(m.K)$, betonit $0,4-0,8 W/(m.K)$, betonit s grafitem $3,0 W/(m.K)$.

Tepelný odpor mezi okrajem vrtu a okrajem tepelně neovlivněné horniny

Výpočtová vzdálenost okraje vrtem tepelně neovlivněné horniny od okraje vrtu r_e :

$$r_e = \sqrt{2 \cdot a \cdot t}, \text{ kde}$$

a teplotní vodivost horniny [$m^2 \cdot s^{-1}$]

t čas od okamžiku, kdy se změna teploty teplotnosné látky projeví na stěně vrtu a začne se od ní šířit horninou do okolí.

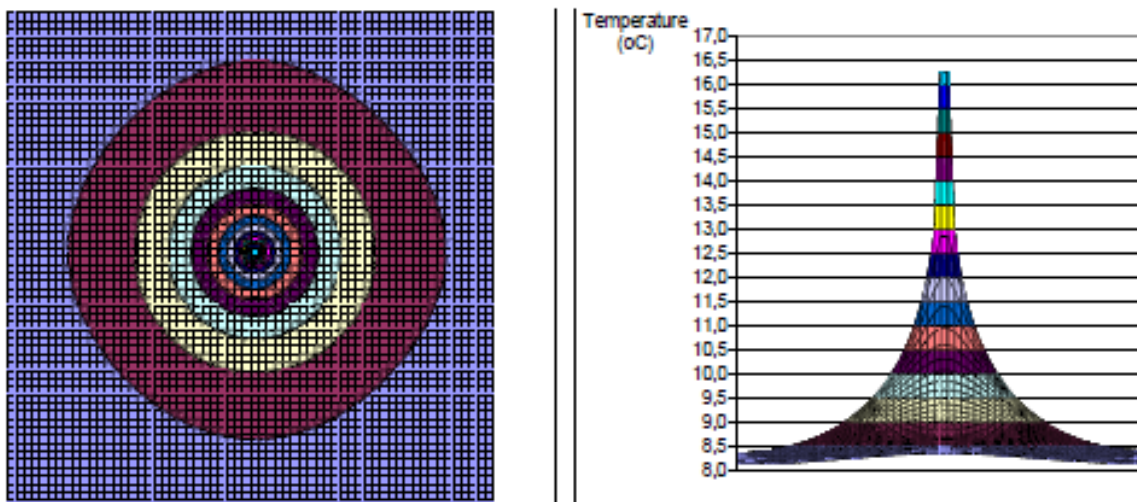
$$a = \frac{\lambda_e}{c_{ve}}, \text{ } c_{ve} = c_e \cdot \rho, \text{ kde}$$

c_{ve} objemová tepelná kapacita horniny, zahrnující pevnou, kapalnou i plynnou fázi
[$J/(m^3 \cdot K)$]

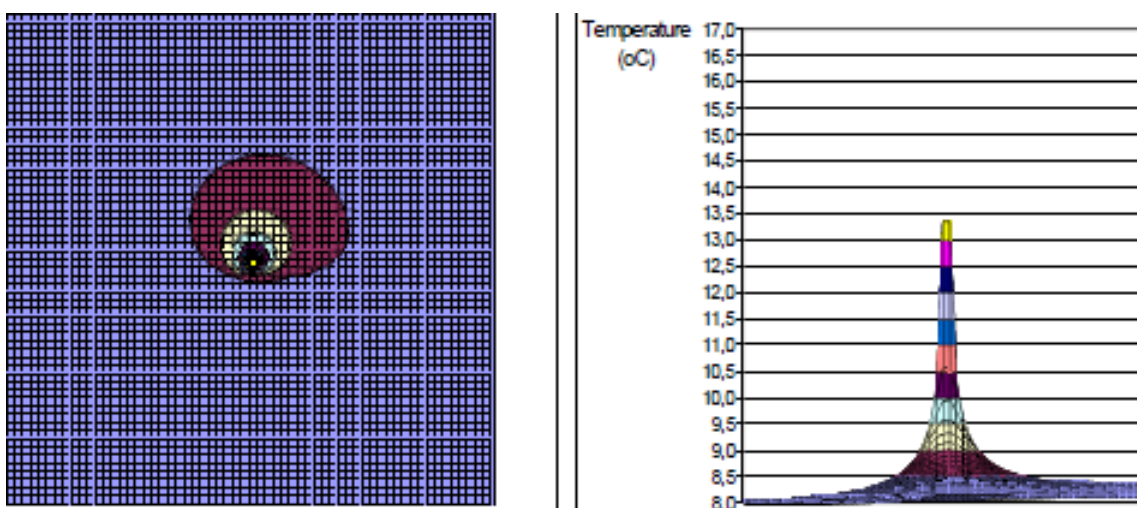
c_e měrná tepelná kapacita horniny, zahrnující její pevnou, kapalnou i plynnou fázi
[$J/(kg \cdot K)$]

ρ objemová hmotnost horniny, zahrnující její pevnou, kapalnou i plynnou fázi [kg/m^3]

Tyto rovnice byly odvozeny pro šíření tepla za předpokladu, že se teplo šíří jen kondukcí ve zcela homogenní hornině, ve které nedochází k pohybu podzemní vody. Jak by pro tyto podmínky vypadalo teplotní pole vrtu, do kterého bylo ukládáno teplo je zobrazeno na obr. 40. Pro srovnání jak by vypadalo teplotní pole vrtu, který se nachází 72 mm od pukliny, kterou proudí podzemní voda a vyobrazeno na obr. 41.



Obr. 40 Rozdělení teplot kolem vrtu při ukládání tepla do homogenní horniny s nehybnou podzemní vodou [22]



Obr. 41 Rozložení teplot při ukládání tepla do horniny vrtem umístěným u pukliny, kterou proudí podzemní voda [22]

A5. EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ

Experiment byl prováděn na reálné budově, kde je jako zdroj tepla nainstalované tepelné čerpadlo země – voda doplněné akumulacím vyrovnávacím zásobníkem s el. dohřevem. Jedná se o objekt rodinného domu ve Vyškově (Jihomoravský kraj). Měřenými veličinami byly teploty solanky a otopné vody. Měření bylo prováděno nejprve nárazově ve vybraných dnech a časech, později bylo měření prováděno kontinuálně pomocí měřicí stanice se záznamem dat v časovém kroku pěti minut. Celkem máme k dispozici data téměř za čtyři otopné sezony. Naměřené hodnoty byly statisticky vyhodnoceny a na základě základních výpočtů týkající se problematiky vytápění a tepelných čerpadel byly vyvozeny

závěry. Hlavním záměrem bylo sledování možného vybíjení vrtu a zjištění možné závislosti mezi množstvím tepla, které lze zemině odebrat na dobu provozu tepelného čerpadla.

A6. ŘEŠENÍ VYUŽÍVAJÍCÍ VÝPOČETNÍ TECHNIKU

Dle [23] umožňuje simulace transportu tepla v horninovém prostředí v současnosti řada komerčního i volně dostupného softwaru. Z volně dostupných programů lze na stránkách USGS najít například programy: HST3D, HYDROTHERM, SUTRA-MS, nebo SEAWAT. Mezi komerční software pro výpočet proměnlivě nasyceného proudění podzemní vody a transportu tepla patří například program FeFlow. Český software, s možnostmi simulace duálního proměnlivě nasyceného proudění podzemní vody, transportu rozpuštěných látek a tepla, zaměřený na detailní popis procesů v nesatureované zóně, je program S1D. Program je vyvíjen při katedře hydrauliky a hydrologie na Českém vysokém učení technickém v Praze prof. Tomášem Vogelem. Na Vysokém učení technickém, Fakultě stavební, Ústavu TZB byla vytvořena v roce 2012 aplikace za podpory projektu specifického výzkumu FAST-S-12-17 – Systémy techniky prostředí pro trvale udržitelnou výstavbu. Aplikace je primárně určena k návrhu tepelného čerpadla podle ČSN EN 15316-4-2. Své uplatnění najde jednak u projektantů a dále pak u studentů připravujících se na jejich budoucí povolání. Na projektu se podíleli Ing. Petr Horák, Ph.D., Ing. Josef Plášek, Ph.D., Ing. Marcel Koňářík. [24]

Pro vlastní zpracování částí B a C této diplomové práce byl využit tabulkový procesor, který umožňuje názorné sestavení algoritmů. Jinou vhodnou variantou využití softwaru pro standardní výpočty ve vytápění (př. výpočet tepelných ztrát, dimenzování trubního rozvodu, dimenzování podlahového vytápění apod.) je využití např. programu PROTECH. Pro dimenzování některých částí soustavy byly použity dostupné aplikace např. na internetovém portálu tzb-info.cz. Pro grafický výstup výkresová dokumentace, schémat a obrázků v hlavním dokumentu diplomové práce byl zvolen program AutoCad 2012. Pro další úpravu obrázků a textů byly použity volně dostupné aplikace na internetu a další produkty MS Office.

DIPLOMOVÁ PRÁCE
NA TÉMA
TEPELNÁ ČERPADLA ZEMĚ – VODA

ČÁST B – APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ

Obsah kapitoly:

B1.	ANALÝZA OBJEKTU	59
B2.	KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ NUCENÉHO VĚTRÁNÍ	60
B3.	VÝPOČET SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA	63
B4.	VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT	65
B5.	TABULKA MÍSTNOSTÍ	86
B6.	DIMENZOVÁNÍ OTOPNÝCH PLOCH	88
	B6.1. Varianta A	88
	B6.2. Varianta B	95
	B6.2.1. Návrh otopných těles a konvektorů	95
	B6.2.2. Výpočet podlahového vytápění	102
B7.	NÁVRH PŘÍPRAVY TEPLÉ VODY	108
B8.	DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ	110
	B8.1. Varianta - A	110
	B8.1.1. Větev I (konvektory)	111
	B8.1.2. Větev II (otopná tělesa)	117
	B8.2. Varianta - B	120
	B8.2.1. Větev I (otopná tělesa + konvektory)	121
	B8.2.2. Větev II (podlahové vytápění)	127
B9.	NÁVRH OBĚHOVÝCH ČERPADEL	128
	B9.1. Varianta - A	128
	B9.1.1. Větev I (konvektory)	128
	B9.1.2. Větev II (otopná tělesa)	129
	B9.2. Varianta - B	129
	B9.2.1. Větev I (otopná tělesa + konvektory)	129
	B9.2.2. Větev II (podlahové vytápění -> R+S – A)	130
	B9.2.3. Větev III (podlahové vytápění -> R+S – B)	131
	B9.3. Zásobníkový ohříváč teplé vody	132
B10.	NÁVRH IZOLACE POTRUBÍ	132
	B10.1. Určující hodnoty součinitelů prostupu tepla u vnitřních rozvodů	132
	B10.2. Tloušťka izolace	132

B11. NÁVRH ULOŽENÍ POTRUBÍ	133
B12. NÁVRH ROZDĚLOVAČŮ A SBĚRAČŮ	133
B12.1. Hlavní rozdělovač/sběrač	133
B12.1.1. Varianta - A	133
B12.1.2. Varianta - B	133
B12.2. Rozdělovač/sběrač pro podlahové vytápění	134
B12.2.1. Rozdělovač/sběrač – A	134
B12.2.2. Rozdělovač/sběrač – B	134
B13. NÁVRH ZDROJE TEPLA	134
B13.1. Návrh tepelného čerpadla	134
B13.2. Návrh vertikálního a horizontálního výměníku	133
B13.2.1. Návrh hloubky vrtu	136
B13.2.2. Návrh plochy zemního kolektoru	136
B14. NÁVRH AKUMULAČNÍHO VYROVNÁVACÍHO ZÁSOBNÍKU	136
B15. NÁVRH POJISTNÉHO ZAŘÍZENÍ	137
B15.1. Návrh expanzní nádoby	137
B15.1.1. Výpočet vodního objemu	138
B15.1.2. Expanzní nádoba - varianta - A	139
B15.1.3. Expanzní nádoba - varianta - B	139
B15.2. Výpočet pojistného ventilu	140
B16. ROČNÍ SPOTŘEBA TEPLA	141
B16.1. Roční spotřeba tepla na přípravu teplé vody	141
B16.2. Roční spotřeba tepla na vytápění	141
B16.3. Roční spotřeba tepla na větrání	141
B16.3.1. Výpočet výkonu ohřívače vzduchu	141
B16.3.2. Potřeba tepla na nucené větrání	142
B17. IDEOVÉ ŘEŠENÍ NAVAŽUJÍCÍCH PROFESÍ TZB	142
B17.1. Vzduchotechnika	142
B17.2. Zdravotně technické instalace	142
B17.3. Elektroinstalace	143
B17.4. Měření a regulace	143
B18. HODNOCENÍ NAVRŽENÝCH VARIANT	143
B18.1. Způsob jímání tepla ze země	143
B18.2. Volba otopných ploch v 1 NP	143

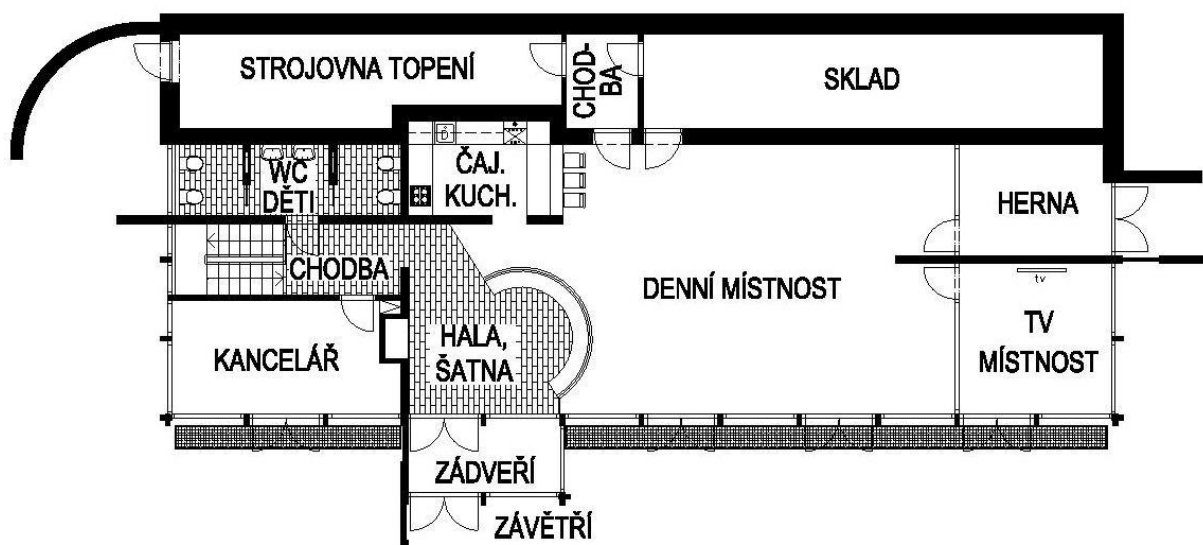
B1. ANALÝZA OBJEKTU

Zadanou budovou je novostavba mateřské školky. Jedná se o objekt s jedním podzemním a jedním nadzemním podlažím, přičemž i první nadzemní podlaží je z jedné strany zapuštěno do svahu tak, že terén přechází plynule na plochu vegetační střechu. V nadzemní části objektu se nachází herny, kancelář, čajová kuchyňka a toalety dětí, dále pak vstup do objektu, který navazuje na šatnu. V 1 NP se nachází i strojovna topení a skladové prostory pro potřeby dětí (např. mobilních lůžek). V podzemním podlaží se nacházejí šatny a toalety pro personál, prádelna a další skladové prostory. Podzemní podlaží je zcela pod terémem, okna zde jsou orientována do anglických dvorků.

Z konstrukčního hlediska se jedná o monolitický systém z železobetonu. Obalové konstrukce jsou zaizolovány polystyrenem. Vegetační extenzivní střecha má klasickou skladbu s proměnnou výškou substrátu, pohybující se v rozmezí 0,4 – 1,4 m. Výplně otvorů jsou tvořeny prosklenými stěnami s francouzskými okny a okny z dřevěných europrofilů s izolačním dvojsklem. Z tepelně technického hlediska vyhovuje většina obalových konstrukcí doporučeným hodnotám součinitele prostupu tepla normy ČSN 73 0540 pro pasivní domy.

Zdrojem tepla pro vytápění objektu je tepelné čerpadlo země – voda se třemi vrty. V objektu je kromě vytápění řešen zásobníkový ohřev teplé vody a koncepce nuceného rovnotlakého větrání. Distribuce tepla v objektu je řešena ve dvou variantách. U obou variant je shodně řešeno vytápění podzemního podlaží pomocí deskových otopných těles. Nadzemní podlaží je však v první variantě vytápěno podlahovými konvektory na nucenou i přirozenou konvekci a otopnými lavicemi na přirozenou konvekci. Ve druhé variantě bylo jako dominantní pro vytápění nadzemního podlaží zvoleno podlahové vytápění.

PŮDORYS 1 NP

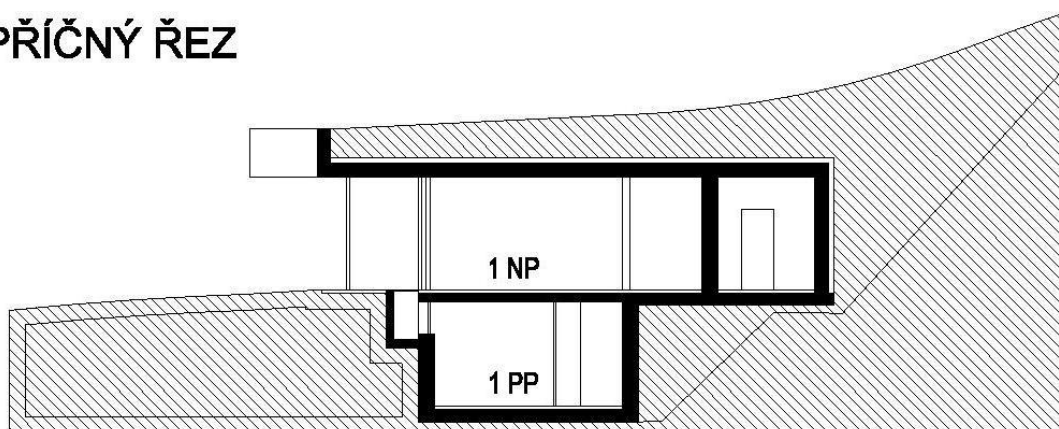


Obr. 42 Studie – půdorys 1 NP



Obr. 43 Studie – půdorys 1 PP

PŘÍČNÝ ŘEZ

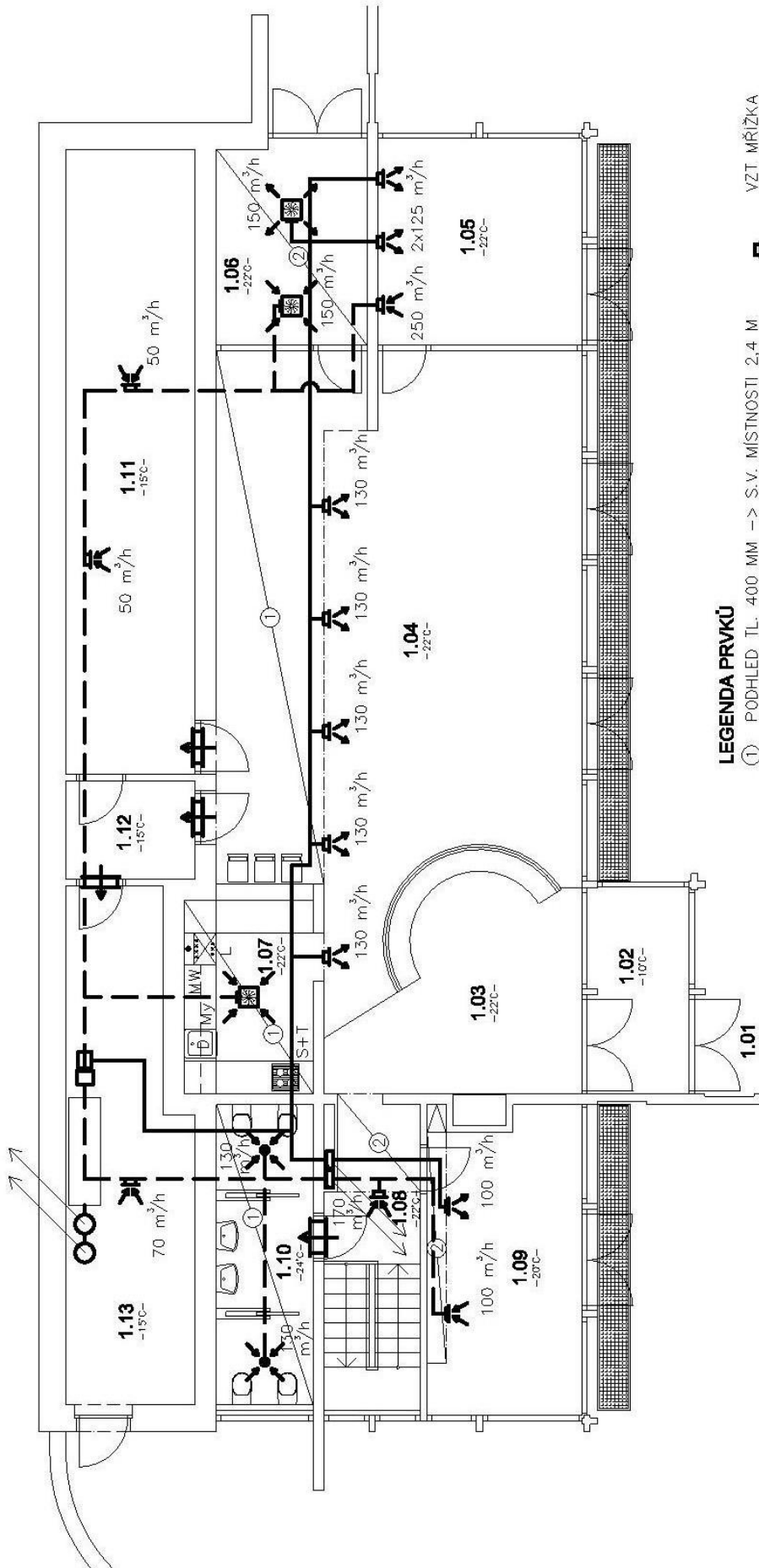


Obr. 44 Studie – příčný řez

B2. KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ NUCENÉHO VĚTRÁNÍ

Průtoky vzduchu jsou navrženy tak, aby zajišťovaly požadovanou hygienickou výměnu vzduchu, celá soustava pracuje v rovnotlakém režimu větrání. Nucené větrání nezajišťuje teplovzdušné vytápění objektu. Přívodní vzduch je připravován v centrální vzduchotechnické jednotce umístěné ve strojovně topení a dále je distribuován po budově pomocí vzduchotechnických rozvodů a koncových elementů. Vzduch je ohříván přímo ve vzduchotechnické jednotce, kde je venkovní přiváděný vzduch předehříván v deskovém rekuperačním výměníku a následně dohříván pomocí teplovodního výměníku, připojeného ke zdroji tepla pro vytápění objektu. Veškerý vzduch, který je přiváděn do místností má teplotu 20 °C, dle potřeby je pak dohříván přímo v místnosti pomocí teplovodního systému vytápění na požadovanou teplotu. Vzduchotechnické potrubí je v obou podlažích vedeno pod stropem v sádkartonovém podhledech a v podružných místnostech i volně pod stropem. Jako koncové elementy slouží talířové ventily, vířivé vyústky, vzduchotechnické mřížky a do podružných místností, které jsou větrány podtlakově, je vzduch přiváděn dveřními mřížkami.

KONCEPCE NÁVRHU NUCENÉHO VĚTRÁNÍ 1 NP



LEGENDA PRVKŮ

- ① PODHLED TL. 400 MM → S.V. MÍSTNOSTI 2,4 M
- ② PODHLED TL. 200 MM → S.V. MÍSTNOSTI 2,6 M
- PŘÍVOD VZDUCHU
- - - ODVOD VZDUCHU
- VZT MŘÍŽKA (PŘÍVOD VZDUCHU)
- VZT MŘÍŽKA (ODVOD VZDUCHU)
- TALÍŘOVÝ VENTIL (PŘÍVOD VZDUCHU)
- DVEŘNÍ MŘÍŽKA (ODVOD VZDUCHU)

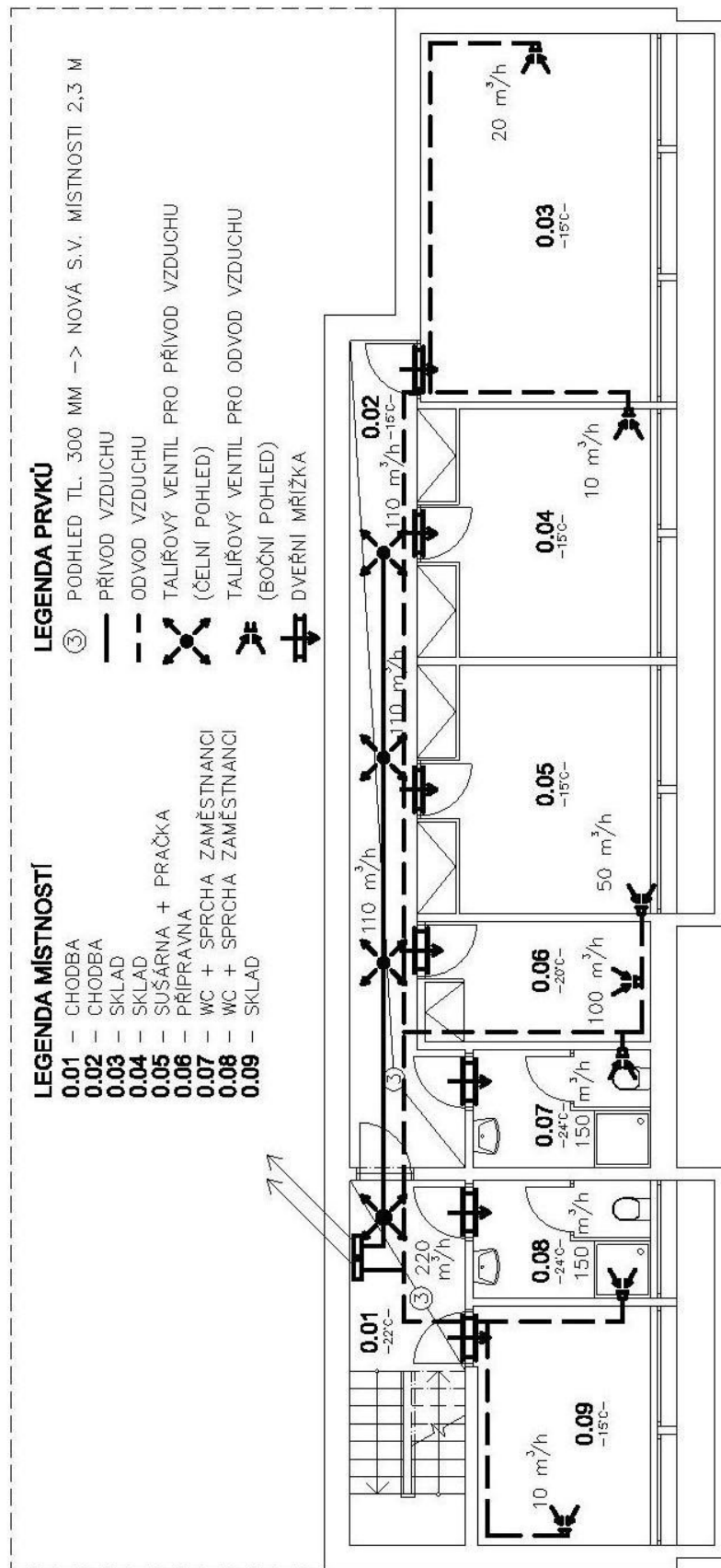
LEGENDA MÍSTNOSTÍ

- 1.08 - CHODBA
- 1.09 - KANCELÁŘ
- 1.10 - WC - DĚTI
- 1.11 - SKLAD
- 1.12 - CHODBA
- 1.13 - STROJOVNA TOPENÍ

LEGENDA MÍSTNOSTÍ

- 1.01 - ZÁVĚTRÍ
- 1.02 - ZÁDVEŘÍ
- 1.03 - HALA, SATNA
- 1.04 - DENNÍ MÍSTNOST
- 1.05 - TELEVIZNÍ MÍSTNOST
- 1.06 - HERNA
- 1.07 - ČAJ. KUCHYŇKA

KONCEPCE NÁVRHU NUCENÉHO VĚTRÁNÍ 1 PP



B3. VÝPOČET SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA

VÝPOČET SOUČINITEĽŮ PROSTUPU TEPLA								
Č. vrst.	Popis konstrukce	d_i	λ_i	R_i	R_{si}	R_{se}	R	U
		m	$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$	$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$			$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$	
S1 - Stěna obvodová								
1	Tepelná izolace z EPS	0,250	0,037	6,757	0,130	0,040	7,116	0,141
2	Železobetonová stěna	0,250	1,580	0,158				
3	Interiérová omítka	0,025	0,800	0,031				
				Σ 6,946				
S2 - Obvodová stěna přilehlá k zemině								
1	Nopová fólie	-		0,000	0,130	0,000	3,290	0,304
2	Tepelná izolace z XPS	0,100	0,034	2,941				
3	Asfaltové hydroizolační pásy	-		0,000				
4	Srovnávací omítka	0,020	0,800	0,025				
5	Zalívané betonové tvarovky	0,250	1,430	0,175				
6	Interiérová omítka	0,015	0,800	0,019				
				Σ 3,160				
S3 - Pilíře v obvodové stěně								
1	Lepené lamelové dřevo	0,300	0,150	2,000	0,130	0,040	2,170	0,461
				Σ 2,000				
S4 - Střecha								
1	Násyp se zahradním substrátem	0,400	2,300	0,174	0,100	0,040	7,260	0,138
2	Drenážní vrstva	-		0,000				
3	Geotextilie	-		0,000				
4	Nopová fólie	-		0,000				
5	Geotextilie	-		0,000				
6	Hydroizolační pás	-		0,000				
7	Podkladní hydroizolační pás	-		0,000				
8	Tepelná izolace z EPS	0,250	0,037	6,757				
9	Parotěsný modifikovaný pás	-		0,000				
10	Penetrace	-		0,000				
11	Železobetonový strop	0,250	1,580	0,158				
12	Interiérová omítka	0,025	0,800	0,031				
				Σ 7,120				
S5 - Vnitřní nosná stěna (tl. 400 mm)								
1	Interiérová omítka	0,025	0,800	0,031	0,130	0,130	0,544	1,838
2	Železobetonová stěna	0,350	1,580	0,222				
3	Interiérová omítka	0,025	0,800	0,031				
				Σ 0,284				
S6 - Vnitřní ztužující stěna (tl. 200 mm)								
1	Interiérová omítka	0,025	0,800	0,031	0,130	0,130	0,417	2,396
2	Železobetonová stěna	0,150	1,580	0,095				
3	Interiérová omítka	0,025	0,800	0,031				
				Σ 0,157				

S7 - Vnitřní příčka (tl. 125 mm)								
1	SDK (2x12,5 mm)	0,025	0,220	0,114	0,130	0,130	1,538	0,650
2	Minerální vlna	0,040	0,039	1,026				
3	Vzduchová vrstva	0,035	1,380	0,025				
4	SDK (2x12,5 mm)	0,025	0,220	0,114				
				Σ			1,278	

S8 - Stropní konstrukce (keramická dlažba)								
1	Keramická dlažba	0,010	1,010	0,010	0,100	0,100	2,021	0,495
2	Lepidlo na dlažbu	0,005	1,160	0,004				
3	Cementový potěr	0,050	1,300	0,038				
4	Tepelná izolace	0,060	0,038	1,579				
5	Železobetonový strop	0,250	1,580	0,158				
6	Interiérová omítka	0,025	0,800	0,031				
				Σ			1,821	

S9 - Stropní konstrukce (koberec)								
1	Zátěžový koberec	0,006	0,065	0,092	0,100	0,100	2,107	0,475
2	Bezprašný nátěr	-		0,000				
3	Cementový potěr	0,060	1,300	0,046				
4	Tepelná izolace	0,060	0,038	1,579				
5	Železobetonový strop	0,250	1,580	0,158				
6	Interiérová omítka	0,025	0,800	0,031				
				Σ			1,907	

S10 - Podlaha na terénu (keramická dlažba)								
1	Keramická dlažba	0,010	1,010	0,010	0,100		5,652	0,177
2	Lepidlo na dlažbu	0,005	1,160	0,004				
3	Cementový potěr	0,050	1,300	0,038				
4	Tepelná izolace z EPS	0,200	0,037	5,405				
5	Asfaltový HI pás + penetrace	-		0,000				
6	Vyztužený podkladní beton	0,135	1,430	0,094				
				Σ			5,552	

S11 - Podlaha na terénu (koberec)								
1	Zátěžový koberec	0,006	0,065	0,092	0,100		5,738	0,174
2	Bezprašný nátěr	-		0,000				
3	Cementový potěr	0,060	1,300	0,046				
4	Tepelná izolace z EPS	0,200	0,037	5,405				
5	Asfaltový HI pás + penetrace	-		0,000				
6	Vyztužený podkladní beton	0,135	1,430	0,094				
				Σ			5,638	

B4. VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT

VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM - ZÁDVERŽÍ (1.02)								
Tepeelné ztráty přímo do venkovního prostředí								
Č.k.	Popis	A_k [m ²]	U_k [W.m ² .K ⁻¹]	ΔU [W.m ² .K ⁻¹]	U_{kc} [W.m ² .K ⁻¹]	e_k [-]	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W.K ⁻¹]	
SO	Obvodová stěna (S6)	5,320	0,300	0,020	0,320	1,000	1,702	
PS	Prosklená stěna (S12)	20,480	0,900	0,020	0,920	1,000	18,842	
Sch	Střecha (S4)	7,370	0,138	0,020	0,158	1,000	1,164	
							$H_{T,ie}$ [W/K] =	21,708

Tepeelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílnoú teplotu						
Č.k.	Popis	A_k [m ²]	U_k [W.m ² .K ⁻¹]	f_{ij} [-]	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ [W.K ⁻¹]	
PS	Prosklená stěna (12)	10,750	0,900	-0,480	-4,644	
					$H_{T,ij}$ [W/K] =	-4,644

$$f_i = (10-22)/[10-(-15)] = -0,480$$

$$f_i = (t_i-t_j)/[t_i-(t_e)] = 1,000$$

Tepeelné ztráty zeminou							
Č.k.	Popis	A_k [m ²]	$U_{equiv,k}$ [W.m ² .K ⁻¹]	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W.K ⁻¹]	f_{g1} [-]	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [-]	
PdI	Podlaha na terénu (S10)	7,37	0,726	5,351	1,45	0,327	
					$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) =$	5,351	
						$H_{T,iue}$ [W/K] =	$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w =$
							2,537

$$f_{g2} = (15-5,2)/[15-(-15)] = 0,327$$

CELKOVÁ MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $H_{T,i}$ [w/K] =	19,601
$\theta_{int} - \theta_e = 15-(-15) =$	25,000
NÁVRHOVÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\phi_{T,i}$ [kW] =	0,490

VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM - HALA, ŠATNA (1.03)						
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Č.k.	Popis	A_k [m ²]	U_k [W.m ² K ⁻¹]	ΔU [W.m ² K ⁻¹]	U_{kc} [W.m ² K ⁻¹]	e_k [-]
Sch	Střecha (S4)	9,770	1,380	0,020	1,400	1,000
						$H_{T,ie}$ [W/K] =
						13,678
		$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$		[W.K ⁻¹]		
		13,678				

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílную teplotu						
Č.k.	Popis	A_k [m ²]	U_k [W.m ² K ⁻¹]	f_{ij} [-]	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ [W.K ⁻¹]	
PS	Prosklená stěna (S12)	10,750	0,900	0,324	3,135	
SN1	Stěna do místnosti 1,09 (S6)	11,460	2,396	0,054	1,483	
Pd11	Stop nad m. 0,07 (S8)	5,745	0,495	-0,054	-0,154	
Pd12	Strop nad m. 0,06 (S8)	7,471	0,463	0,054	0,187	
Pd13	Strop nad m. 0,02 (S8)	3,171	0,463	0,189	0,277	
						$H_{T,ij}$ [W/K] =
						4,928

$$f_{PS} = (22-10)/[22-(-15)] = 0,324$$

$$f_{SN1} = (22-20)/[22-(-15)] = 0,054$$

$$f_{Pd11} = (22-24)/[22-(-15)] = -0,054$$

$$f_{Pd12} = (22-20)/[22-(-15)] = 0,054$$

$$f_{Pd13} = (22-15)/[22-(-15)] = 0,189$$

$$f_i = (t_i - t_j) / [t_i - (t_e)] = 1,000$$

CELKOVÁ MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $H_{T,i}$ [W/K] =		18,606
$\theta_{int} - \theta_e = 22 - (-15) =$		37,000
NÁVRHOVÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_{T,i}$ [kW] =		0,688

VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM - DENNÍ MÍSTNOST (1.04)

Tepeelné ztráty přímo do venkovního prostředí

Č.k.	Popis	A_k [m ²]	U_k [W.m ² K ⁻¹]	ΔU [W.m ² K ⁻¹]	U_{kc} [W.m ² K ⁻¹]	e_k [-]	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W.K ⁻¹]
PS	Prosklená stěna (S12)	29,500	0,900	0,020	0,920	1,000	27,140
Sch	Střecha (S4)	69,540	0,138	0,020	0,158	1,000	10,987
$H_{T,ie}$ [W/K] =							38,127

Tepeelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílnoú teplotu

Č.k.	Popis	A_k [m ²]	U_k [W.m ² K ⁻¹]	f_{ij} [-]	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ [W.K ⁻¹]
SN	Stěna do místností 1.11-12 (S5)	25,350	1,838	0,189	8,806
D	Vnitřní dveře do m. 1.11-1.12	4,040	2,000	0,189	1,527
Pdl1	Strop nad m. 0.02-0.05 (S10)	49,040	0,445	0,189	4,125
Pdl2	Strop nad m. 0.03-0.05 (S10)	29,665	0,445	0,189	2,495
$H_{T,ij}$ [W/K] =					16,953

$$f_{SN} = (22-15)/[22-(-15)] = 0,189$$

$$f_{Pdl1} = (22-15)/[22-(-15)] = 0,189$$

$$f_{Pdl2} = (t_i-t_j)/[t_i-(t_e)] = 1,000$$

$$f_i = (t_i-t_j)/[t_i-(t_e)] = 1,000$$

$$f_j = (t_i-t_j)/[t_i-(t_e)] = 1,000$$

Tepeelné ztráty zeminou

Č.k.	Popis	A_k [m ²]	$U_{equiv,k}$ [W.m ² K ⁻¹]	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W.K ⁻¹]	f_{g1} [-]	G_w	f_{g2}	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [-]	
Pdl3	Podlaha na terénu	20,500	0,17	3,485	1,45	1	0,454	0,658	
$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) =$				3,485					
$H_{T,iue}$ [W/K] =					$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w =$				2,294

$$f_{g2} = (22-5,2)/[22-(-15)] = 0,454$$

CELKOVÁ MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $H_{T,i}$ [W/K] =	57,374
$\theta_{int} - \theta_e = 22-(-15) =$	37,000
NÁVRHOVÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_{T,i}$ [kW] =	2,123

VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM - TELEVIZNÍ MÍSTNOST (1.05)							
Tepebné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Č.k.	Popis	A_k [m ²]	U_k [W.m ² K ⁻¹]	ΔU [W.m ² K ⁻¹]	U_{kc}	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W.K ⁻¹]	
PS	Prosklená stěna (S12)	21,420	0,900	0,020	0,920	19,706	
Sch	Střecha (S4)	14,630	0,138	0,020	0,158	2,312	
						$H_{T,ie}$ [W/K] =	22,018

Tepebné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílnoú teplotu							
Č.k.	Popis	A_k [m ²]	U_k [W.m ² K ⁻¹]	f_{ij}	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ [W.K ⁻¹]		
Pdl	Strop nad místností 0.03 (9)	14,630	0,445	0,189	1,230		
						$H_{T,ij}$ [W/K] =	1,230

$$f_i = (22-15)/[22-(-15)] = 0,189$$

$$f_i = (t_i-t_j)/[t_i-(t_e)] = 1,000$$

CELKOVÁ MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $H_{T,i}$ [W/K] =		23,248
$\theta_{int} - \theta_e = 22-(-15) =$		37,000
NÁVRHOVÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_{T,i}$ [kW] =		0,860

VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM - HERNA (1.06)

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí

Č.k.	Popis	A_k [m ²]	U_k [W.m ² K ⁻¹]	ΔU [W.m ² K ⁻¹]	U_{kc} [W.m ² K ⁻¹]	e_k [-]	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W.K ⁻¹]
PS	Prosklená stěna (S12)	5,152	0,900	0,020	0,920	1,000	4,740
Sch	Střecha (S4)	10,590	0,138	0,020	0,158	1,000	1,673
$H_{T,ie}$ [W/K] =							6,413

$$f_i = (22-15)/[22-(-15)] = 0,189$$

$$f_i = (t_i-t_j)/(t_i-(t_e)) = 1,000$$

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílnoú teplotu

Č.k.	Popis	A_k [m ²]	U_k [W.m ² K ⁻¹]	f_{ij} [-]	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ [W.K ⁻¹]
SN	Stěna do místnosti 1.11 (S5)	10,760	1,838	0,189	3,738
$H_{T,ij}$ [W/K] =					3,738

Tepelné ztráty zeminou

Č.k.	Popis	A_k [m ²]	$U_{equiv,k}$ [W.m ² K ⁻¹]	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W.K ⁻¹]	f_{g1} [-]	f_{g2} [-]	G_w [-]	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [-]	
Pdl	Podlaha na terénu (S11)	10,590	0,17	1,800	1,45	0,454	1	0,658	
SOZ	Stěna přilehlá k zemině (S2)	2,832	0,14	0,396					
$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) =$				2,197					
$H_{T,iue}$ [W/K] =					$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w =$				1,446

$$f_{g2} = (22-5,2)/[22-(-15)] = 0,454$$

CELKOVÁ MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $H_{T,i}$ [W/K] =	11,597
$\theta_{int} - \theta_e = 15 - (-15) =$	37,000
NÁVRHOVÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_{T,i}$ [kW] =	0,429

VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM - ČAJOVÁ KUCH. (1.07)

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí

Č.k.	Popis	A_k [m ²]	U_k [W.m ² K ⁻¹]	ΔU [W.m ² K ⁻¹]	U_{kc} [W.m ² K ⁻¹]	e_k [-]	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W.K ⁻¹]
Sch	Střecha (S4)	9,270	0,138	0,020	0,158	1,000	1,465
$H_{T,ie}$ [W/K] =							1,465

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu

Č.k.	Popis	A_k [m ²]	U_k [W.m ² K ⁻¹]	f_{ij} [-]	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ [W.K ⁻¹]
SN1	Stěna do místnosti 1.13 (S5)	11,505	1,838	0,189	3,997
SN2	Stěna do místnosti 1.10 (S6)	6,195	2,396	-0,054	-0,802
$H_{T,ij}$ [W/K] =					3,195

$$f_{SN1} = (22-15)/[22-(-15)] = 0,189$$

$$f_{SN2} = (22-24)/[22-(-15)] = -0,054$$

$$f_i = (t_i-t_j)/(t_i-(t_e)) = 1,000$$

Tepelné ztráty zeminou

Č.k.	Popis	A_k [m ²]	$U_{equiv,k}$ [W.m ² K ⁻¹]	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W.K ⁻¹]	f_{g1} [-]	f_{g2} [-]	G_w [-]	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [-]	
Pdl	Podlaha na terénu	9,270	0,170	1,576	1,45	0,454	1	0,658	
$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) =$				1,576					
$H_{T,iue}$ [W/K] =					$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w =$				1,037

$$f_{g2} = (22-5,2)/[22-(-15)] = 0,454$$

CELKOVÁ MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $H_{T,i}$ [w/K] =	5,697
$\theta_{int} - \theta_e = 22 - (-15) =$	37,000
NÁVRHOVÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_{T,i}$ [kW] =	0,211

VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM - CHODBA (1.08)							
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Č.k.	Popis	A_k [m ²]	U_k [W.m ² K ⁻¹]	ΔU [W.m ² K ⁻¹]	U_{kc} [W.m ² K ⁻¹]	e_k [-]	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W.K ⁻¹]
PS	Prosklená stěna (S12)	5,310	0,900	0,020	0,920	1,000	4,885
Sch	Střecha (S4)	10,370	1,138	0,020	1,158	1,000	12,008
						$H_{T,ie}$ [W/K] =	16,894

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílную teplotu						
Č.k.	Popis	A_k [m ²]	U_k [W.m ² K ⁻¹]	f_{ij} [-]	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ [W.K ⁻¹]	
SN1	Stěna do místnosti 1.10 (S5)	17,110	1,838	-0,054	-1,698	
SN2	Stěna do místnosti 1.09 (S7)	17,110	0,650	0,054	0,601	
					$H_{T,ij}$ [W/K] =	-1,098

$$f_{ij} = (22-24)/[22-(-15)] = -0,054$$

$$f_{ij} = (22-20)/[22-(-15)] = 0,054$$

$$f_{ij} = (t_i-t_j)/[t_i-(t_e)] = 1,000$$

CELKOVÁ MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $H_{T,i}$ [w/K] =	15,796
$\theta_{int} - \theta_e = 22-(-15) =$	37,000
NÁVRHOVÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\phi_{T,i}$ [kW] =	0,584

VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM - KANCELÁŘ (1.09)						
Tepeelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Č.k.	Popis	A_k [m ²]	U_k [W.m ² K ⁻¹]	ΔU [W.m ² K ⁻¹]	U_{kc} [W.m ² K ⁻¹]	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W.K ⁻¹]
PS	Prosklená stěna (S12)	25,591	0,900	0,020	0,920	23,544
Sch	Střecha (S4)	15,830	0,138	0,020	0,158	2,501
$H_{T,ie}$ [W/K] =						26,045

Tepeelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílnoú teplotu						
Č.k.	Popis	A_k [m ²]	U_k [W.m ² K ⁻¹]	f_{ij} [-]	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ [W.K ⁻¹]	
SN1	Stěna do místnosti 1.03 (S6)	11,460	2,396	-0,054	-1,483	
SN2	Stěna do místnosti 1.08 (S7)	17,110	0,650	-0,054	-0,601	
Pd11	Strop nad místností 0.08 (S8)	4,450	0,495	-0,114	-0,251	
Pd12	Strop nad místností 0.09 (S8)	10,170	0,463	0,143	0,673	
$H_{T,ij}$ [W/K] =						-1,661

$$f_i = (20-22)/[20-(-15)] = -0,054$$

$$f_i = (20-15)/[20-(-15)] = 0,143$$

$$f_i = (20-24)/[20-(-15)] = -0,114$$

$$f_i = (t_i-t_j)/[t_i-(t_e)] = 1,000$$

$$f_i = (t_i-t_j)/[t_i-(t_e)] = 1,000$$

CELKOVÁ MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $H_{T,i}$ [W/K] =	24,384
$\theta_{int} - \theta_e = 20-(-15) =$	35,000
NÁVRHOVÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\phi_{T,i}$ [kW] =	0,853

VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM - WC DĚTI (1.10)

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí

Č.k.	Popis	A_k [m ²]	U_k [W.m ² K ⁻¹]	ΔU [W.m ² K ⁻¹]	U_{kc} [W.m ² K ⁻¹]	e_k [-]	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W.K ⁻¹]
PS	Prosklená stěna (S12)	5,310	0,900	0,020	0,920	1,000	4,885
Sch	Střecha (S4)	10,080	0,138	0,020	0,158	1,000	1,593
$H_{T,ie}$ [W/K] =							6,478

$$f_i = (24-15)/[24-(-15)] = 0,231$$

$$f_i = (24-22)/[24-(-15)] = 0,051$$

$$f_i = (t_i-t_j)/[t_i-(t_e)] = 1,000$$

$$f_i = (t_i-t_j)/[t_i-(t_e)] = 1,000$$

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu

Č.k.	Popis	A_k [m ²]	U_k [W.m ² K ⁻¹]	f_{ij} [-]	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ [W.K ⁻¹]
SN1	Stěna do místnosti 1.13 (S5)	17,110	1,838	0,231	7,265
SN2	Stěna do m. 1.07-1.08 (S6)	20,325	2,396	0,051	2,484
D	Dveře do místnosti 1.08	1,818	2,000	0,051	0,185
$H_{T,ij}$ [W/K] =					9,934

Tepelné ztráty zeminou

Č.k.	Popis	A_k [m ²]	$U_{equiv,k}$ [W.m ² K ⁻¹]	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W.K ⁻¹]	f_{g1} [-]	f_{g2} [-]	G_w [-]	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [-]	
Pdl	Podlaha na terénu	10,080	0,170	1,714	1,45	0,482	1	0,699	
$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) =$					1,714				
$H_{T,ue}$ [W/K] =								$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w =$	1,198

$$f_{g2} = (24-5,2)/[24-(-15)] = 0,482$$

CELKOVÁ MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $H_{T,i}$ [w/K] = 17,609

$\theta_{int} - \theta_e = 24-(-15) =$ 39,000

NÁVRHOVÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_{T,i}$ [kW] = **0,687**

VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM - SKLAD (1.11)						
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Č.k.	Popis	A_k [m ²]	U_k [W.m ² K ⁻¹]	ΔU [W.m ² K ⁻¹]	U_{kc} [W.m ² K ⁻¹]	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W.K ⁻¹]
Sch	Střecha (S4)	27,960	0,138	0,020	0,158	4,418
						$H_{T,ie}$ [W/K] = 4,418

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílnoú teplotu						
Č.k.	Popis	A_k [m ²]	U_k [W.m ² K ⁻¹]	f_{ij} [-]	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ [W.K ⁻¹]	
SN	Stěna do m. 1.04, 1.06 (S5)	32,340	1,838	-0,233	-13,850	
D	Dveře do místnosti 1.04	2,020	2,000	-0,233	-0,941	
						$H_{T,ij}$ [W/K] = -14,791

$$f_i = (15-22)/[15-(-15)] = -0,233$$

$$f_i = (t_i-t_j)/[t_i-(t_e)] = 1,000$$

$$f_i = (t_i-t_j)/[t_i-(t_e)] = 1,000$$

Tepelné ztráty zeminou								
Č.k.	Popis	A_k [m ²]	$U_{equiv,k}$ [W.m ² K ⁻¹]	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W.K ⁻¹]	f_{g1} [-]	G_w [-]	f_{g2} [-]	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [-]
Pd1	Podlaha na terénu (S10)	27,960	0,140	3,914				
SOZ	Stěna přilehlá k zemině (S2)	41,448	0,222	9,201	1,45	1	0,327	0,474
				$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) =$	13,116			
						$H_{T,iue}$ [W/K] =	$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w =$	6,219

$$f_{g2} = (15-5,2)/[15-(-15)] = 0,327$$

CELKOVÁ MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $H_{T,i}$ [W/K] =	-4,154
$\theta_{int} - \theta_e = 15-(-15) =$	30,000
NÁVRHOVÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\phi_{T,i}$ [kW] =	-0,125

VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM - CHODBA (1.12)						
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Č.k.	Popis	A_k [m ²]	U_k [W.m ² K ⁻¹]	ΔU [W.m ² K ⁻¹]	U_{kc} [W.m ² K ⁻¹]	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W.K ⁻¹]
Sch	Střecha (S4)	4,380	0,138	0,020	0,158	0,692
$H_{T,ie}$ [W/K] =						0,692

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu					
Č.k.	Popis	A_k [m ²]	U_k [W.m ² K ⁻¹]	f_{ij} [-]	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ [W.K ⁻¹]
SN	Stěna do m. 1.04 (S5)	3,364	1,838	-0,233	-1,441
D	Dveře do místnosti 1.04	2,020	2,000	-0,233	-0,941
$H_{T,ij}$ [W/K] =					-2,382

$$f_i = (15-22)/[15-(-15)] = -0,233$$

$$f_i = (t_i-t_j)/[t_i-(t_e)] = 1,000$$

$$f_i = (t_i-t_j)/[t_i-(t_e)] = 1,000$$

Tepelné ztráty zeminou								
Č.k.	Popis	A_k [m ²]	$U_{equiv,k}$ [W.m ² K ⁻¹]	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W.K ⁻¹]	f_{g1} [-]	f_{g2} [-]	G_w [-]	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [-]
Pdl	Podlaha na terénu (S10)	4,380	0,140	0,613	1,45	0,327	1	0,474
SOZ	Stěna přilehlá k zemině (S2)	5,383	0,222	1,195				
$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) =$				1,808				
$H_{T,iue}$ [W/K] =					$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w =$		0,857	

$$f_{g2} = (15-5,2)/[15-(-15)] = 0,327$$

CELKOVÁ MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $H_{T,j}$ [w/K] =	-0,833
$\theta_{int} - \theta_e = 15-(-15) =$	30,000
NÁVRHOVÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\phi_{T,j}$ [kW] =	-0,025

VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM - STROJOVNA TOPENÍ (1.13)

Tepeelné ztráty přímo do venkovního prostředí

Č.k.	Popis	A_k [m ²]	U_k [W.m ² .K ⁻¹]	ΔU [W.m ² .K ⁻¹]	U_{kc} [W.m ² .K ⁻¹]	e_k [-]	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W.K ⁻¹]
Sch	Střecha (S4)	20,650	0,138	0,020	0,158	1,000	3,263
SO	Obvodová stěna (S1)	5,060	0,141	0,020	0,161	1,000	0,815
D	Dveře do exteriéru	2,020	0,900	0,020	0,920	1,000	1,858
$H_{T,ie}$ [W/K] =							5,936

Tepeelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílnoú teplotu

Č.k.	Popis	A_k [m ²]	U_k [W.m ² .K ⁻¹]	f_{ij} [-]	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ [W.K ⁻¹]
SN1	Stěna do m. 1.04 (S5)	14,380	1,838	-0,233	-6,158
SN2	Stěna do m. 1.10 (S5)	15,930	1,838	-0,300	-8,784
$H_{T,ij}$ [W/K] =					-14,942

$$f_{ij} = (15-22)/[15-(-15)] = -0,233$$

$$f_{ij} = (15-24)/[15-(-15)] = -0,300$$

$$f_{ij} = (t_i - t_j) / [t_i - (t_e)] = 1,000$$

Tepeelné ztráty zeminou

Č.k.	Popis	A_k [m ²]	$U_{equiv,k}$ [W.m ² .K ⁻¹]	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W.K ⁻¹]	f_{g1} [-]	G_w [-]	f_{g2} [-]	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [-]	
Pdl	Podlaha na terénu (S10)	20,650	0,140	2,891	1,45	1	0,327	0,474	
SOZ	Stěna přilehlá k zemině (S2)	28,541	0,222	6,336					
$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) =$				9,227					
$H_{T,iue}$ [W/K] =					$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w =$				4,375

$$f_{g2} = (15-5,2)/[15-(-15)] = 0,327$$

CELKOVÁ MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $H_{T,i}$ [W/K] = -4,631

$$\theta_{int} - \theta_e = 15 - (-15) = 30,000$$

NÁVRHOVÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_{T,i}$ [kW] = -0,139

VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM - CHODBA (0.01)

Teplenné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílnoú teplotu						
Č.k.	Popis	A _k	U _k	f _{ij}	A _k ·U _k ·f _{ij}	[W·K ⁻¹]
		[m ²]	[W·m ² ·K ⁻¹]	[-]	[W·K ⁻¹]	
SN1	Stěna do místnosti 0.09 (S6)	7,673	2,396	0,189	3,475	
SN2	Stěna do místnosti 0.09 (S7)	0,950	0,650	0,189	0,117	
SN3	Stěna do místnosti 0.08 (S7)	3,682	0,650	-0,054	-0,129	
SN4	Stěna do místnosti 0.02 (S6)	3,304	2,396	0,189	1,496	
D1	Dveře do místnosti 0.09	1,818	2,000	0,189	0,687	
D2	Dveře do místnosti 0.08	1,818	2,000	-0,054	-0,196	
D3	Dveře do místnosti 0.02	1,818	2,000	0,189	0,687	
H_{T,ij} [W/K] =						6,136

$$f_{SN1} = (22-15)/[22-(-15)] = 0,189$$

$$f_{SN2} = (22-24)/[22-(-15)] = -0,054$$

$$f_i = (t_i-t_j)/(t_i-(t_e)) = 1,000$$

$$f_i = (t_i-t_j)/(t_i-(t_e)) = 1,000$$

$$f_i = (t_i-t_j)/(t_i-(t_e)) = 1,000$$

$$f_i = (t_i-t_j)/(t_i-(t_e)) = 1,000$$

$$f_i = (t_i-t_j)/(t_i-(t_e)) = 1,000$$

$$f_i = (t_i-t_j)/(t_i-(t_e)) = 1,000$$

Teplenné ztráty zeminou								
Č.k.	Popis	A _k	U _{equiv,k}	A _k ·U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	f _{g1} ·f _{g2} ·G _w
		[m ²]	[W·m ² ·K ⁻¹]	[W·K ⁻¹]	[-]	[-]	[-]	[-]
Pd1	Podlaha na terénu (S10)	10,260	0,140	1,436				
SOZ	Stěna přilehlá k zemině (S2)	20,625	0,222	4,579	1,45	0,454	1	0,658
(Σ_kA_k·U_{equiv,k}) =				6,015				
H_{T,iue} [W/K] =							(Σ_kA_k·U_{equiv,k})·f_{g1}·f_{g2}·G_w =	3,960

$$f_{g2} = (22-5,2)/[22-(-15)] = 0,454$$

CELKOVÁ MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM H _{T,i} [W/K] =	10,096
θ _{int} - θ _e = 22 - (-15) =	37,000
NÁVRHOVÁ ZTRÁTA PROSTUPEM Φ_{T,i} [kW] =	0,374

VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM - CHODBA (0.02)

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu						
Č.k.	Popis	A _k	U _k	f _{ij}	A _k ·U _k ·f _{ij}	
		[m ²]	[W·m ² ·K ⁻¹]	[-]	[W·K ⁻¹]	
SN1	Stěna do místnosti 0.07 (S7)	3,689	0,650	-0,300	-0,719	
SN3	Stěna do místnosti 0.06 (S7)	5,738	0,650	-0,167	-0,623	
SN4	Stěna do místnosti 0.01 (S6)	3,304	2,396	-0,233	-1,845	
D1	Dveře do místnosti 0.07	1,818	2,000	-0,300	-1,091	
D2	Dveře do místnosti 0.06	1,818	2,000	-0,167	-0,607	
D3	Dveře do místnosti 0.01	1,818	2,000	-0,233	-0,847	
Str	Strop	14,935	0,445	-0,233	-1,549	
H _{T,ij} [W/K] =					-7,280	

$$f_{SN1} = (15-24)/[15-(-15)] = -0,300$$

$$f_{SN2} = (15-20)/[15-(-15)] = -0,167$$

$$f_{SN3} = (15-22)/[15-(-15)] = -0,233$$

$$f_i = (t_i-t_j)/[t_i-(t_e)] = 1,000$$

$$f_j = (t_i-t_j)/[t_i-(t_e)] = 1,000$$

$$f_j = (t_i-t_j)/[t_i-(t_e)] = 1,000$$

$$f_j = (t_i-t_j)/[t_i-(t_e)] = 1,000$$

$$f_j = (t_i-t_j)/[t_i-(t_e)] = 1,000$$

Tepelné ztráty zeminou						
Č.k.	Popis	A _k	U _{equiv,k}	A _k ·U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}
		[m ²]	[W·m ² ·K ⁻¹]	[W·K ⁻¹]	[-]	[-]
Pd1	Podlaha na terénu (S10)	14,935	0,140	2,091	1,45	0,327
SOZ	Stěna přilehlá k zemině (S2)	38,665	0,222	8,584	1,45	0,327
(Σ _k A _k ·U _{equiv,k}) =				10,675		
H _{T,iue} [W/K] =					(Σ _k A _k ·U _{equiv,k})·f _{g1} ·f _{g2} =	5,061

$$f_{g2} = (15-5,2)/[15-(-15)] = 0,327$$

CELKOVÁ MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM H _{T,i} [w/K] =	-2,219
θ _{int} - θ _e = 15-(-15) =	30,000
NÁVRHOVÁ ZTRÁTA PROSTUPEM Φ _{T,i} [kW] =	-0,067

VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM - SKLAD (0.03)							
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Č.k.	Popis	A_k [m ²]	U_k [W.m ² K ⁻¹]	ΔU [W.m ² K ⁻¹]	U_{kc} [W.m ² K ⁻¹]	e_k [-]	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W.K ⁻¹]
SO	Obvodová stěna (S1)	1,435	0,141	0,020	0,161	1,000	0,231
O	Okna	4,592	0,900	0,020	0,920	1,000	4,225
$H_{T,ie}$ [W/K] =							4,456

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílnoú teplotu					
Č.k.	Popis	A_k [m ²]	U_k [W.m ² K ⁻¹]	f_{ij} [-]	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ [W.K ⁻¹]
Str	Strop	15,040	0,445	-0,233	-1,559
$H_{T,ij}$ [W/K] =					-1,559

$$f_{str} = (15-22)/[15-(-15)] = -0,233$$

$$f_i = (ti-tj)/[ti-(te)] = 1,000$$

Tepelné ztráty zeminou								
Č.k.	Popis	A_k [m ²]	$U_{equiv,k}$ [W.m ² K ⁻¹]	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W.K ⁻¹]	f_{g1} [-]	f_{g2} [-]	G_w [-]	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [-]
Pdl	Podlaha na terénu (S10)	20,660	0,140	2,892				
SOZ	Stěna přilehlá k zemině (S2)	32,544	0,222	7,225	1,45	0,327	1	0,474
$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) =$				10,117				
$H_{T,ue}$ [W/K] =					$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w =$			4,797

$$f_{g2} = (15-5,2)/[15-(-15)] = 0,327$$

CELKOVÁ MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $H_{T,i}$ [w/K] =	7,693
$\theta_{int} - \theta_e = 15-(-15) =$	30,000
NÁVRHOVÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\phi_{T,i}$ [kW] =	0,231

VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM - SKLAD (0.04)

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí

Č.k.	Popis	A_k [m ²]	U_k [W.m ² .K ⁻¹]	ΔU [W.m ² .K ⁻¹]	U_{kc} [W.m ² .K ⁻¹]	e_k [-]	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W.K ⁻¹]
SO	Obvodová stěna (S1)	0,970	0,141	0,020	0,161	1,000	0,156
O	Okna	3,104	0,900	0,020	0,920	1,000	2,856
$H_{T,ie}$ [W/K] =							3,012

$$f_{str} = (15-22)/[15-(-15)] = -0,233$$

$$f_i = (t_i-t_j)/[t_i-(t_e)] = 1,000$$

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu

Č.k.	Popis	A_k [m ²]	U_k [W.m ² .K ⁻¹]	f_{ij} [-]	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ [W.K ⁻¹]
Str	Strop	12,180	0,445	-0,233	-1,263
$H_{T,ij}$ [W/K] =					-1,263

Tepelné ztráty zeminou

Č.k.	Popis	A_k [m ²]	$U_{equiv,k}$ [W.m ² .K ⁻¹]	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W.K ⁻¹]	f_{g1} [-]	G_w [-]	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [-]	
Pdl	Podlaha na terénu (S10)	12,180	0,140	1,705	1,45	1	0,474	
SOZ	Stěna přilehlá k zemině (S2)	6,402	0,222	1,421	0,327	1	0,474	
$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) =$				3,126				
$H_{T,iue}$ [W/K] =					$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w =$			1,482

$$f_{g2} = (15-5,2)/[15-(-15)] = 0,327$$

CELKOVÁ MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $H_{T,i}$ [W/K] =	3,231
$\theta_{int} - \theta_e = 15-(-15) =$	30,000
NÁVRHOVÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_{T,i}$ [kW] =	0,097

VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM - SUŠÁRNA + PRAČKA (0.05)						
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Č.k.	Popis	A_k [m ²]	U_k [W.m ² K ⁻¹]	ΔU [W.m ² K ⁻¹]	U_{kc} [W.m ² K ⁻¹]	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W.K ⁻¹]
SO	Obvodová stěna (S1)	0,970	0,141	0,020	0,161	0,156
O	Okna	3,104	0,900	0,020	0,920	2,856
						$H_{T,ie}$ [W/K] = 3,012

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílную teplotu					
Č.k.	Popis	A_k [m ²]	U_k [W.m ² K ⁻¹]	f_{ij} [-]	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ [W.K ⁻¹]
Str	Strop	12,180	0,445	-0,233	-1,263
SN	Stěna do místnosti 0.06 (S6)	8,333	2,396	-0,167	-3,334
					$H_{T,ij}$ [W/K] = -4,597

$$f_{str} = (15-22)/[15-(-15)] = -0,233$$

$$f_i = (15-20)/[15-(-15)] = -0,167$$

$$f_j = (t_i-t_j)/(t_i-t_e) = 1,000$$

Tepelné ztráty zeminou								
Č.k.	Popis	A_k [m ²]	$U_{equiv,k}$ [W.m ² K ⁻¹]	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W.K ⁻¹]	f_{g1} [-]	G_w [-]	f_{g2} [-]	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [-]
Pdl	Podlaha na terénu (S10)	12,180	0,140	1,705	1,45	1	0,327	0,474
SOZ	Stěna přilehlá k zemině (S2)	6,402	0,222	1,421				
				$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) = 3,126$				
					$H_{T,iue}$ [W/K] =	$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w =$	1,482	

$$f_{g2} = (15-5,2)/[15-(-15)] = 0,327$$

CELKOVÁ MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $H_{T,i}$ [W/K] =	-0,103
$\theta_{int} - \theta_e = 15-(-15) =$	30,000
NÁVRHOVÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\phi_{T,i}$ [kW] =	-0,003

VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM - ÚPRAVNA (0.06)

Teplné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílnoú teplotu						
Č.k.	Popis	A _k	U _k	f _{ij}	A _k ·U _k ·f _{ij}	
		[m ²]	[W·m ² ·K ⁻¹]	[-]	[W·K ⁻¹]	
Str	Strop (S8)	6,521	0,463	-0,057	-0,172	
SN1	Stěna do místnosti 0.05 (S6)	8,333	2,396	0,134	2,675	
SN2	Stěna do místnosti 0.07 (S6)	7,803	2,396	-0,114	-2,131	
SN3	Stěna do místnosti 0.02 (S7)	5,738	0,650	0,134	0,500	
D	Dveře do místnosti 0.02	1,818	2,000	0,134	0,487	
H _{T,ij} [W/K] =					1,359	

$$f_{Str} = (20-22)/[20-(-15)] = -0,057$$

$$f_{SN1} = (20-15)/[20-(-15)] = 0,143$$

$$f_{SN2} = (20-24)/[20-(-15)] = -0,114$$

$$f_i = (t_i-t_j)/[t_i-(t_e)] = 1,000$$

$$f_i = (t_i-t_j)/[t_i-(t_e)] = 1,000$$

$$f_i = (t_i-t_j)/[t_i-(t_e)] = 1,000$$

Teplné ztráty zeminou								
Č.k.	Popis	A _k	U _{equiv,k}	A _k ·U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	f _{g1} ·f _{g2} ·G _w
		[m ²]	[W·m ² ·K ⁻¹]	[W·K ⁻¹]	[-]	[-]	[-]	[-]
Pdl	Podlaha na terénu (S10)	6,521	0,140	0,913	1,45	0,423	1	0,613
SOZ	Stěna přilehlá k zemině (S2)	5,088	0,222	1,130				
(Σ _k A _k ·U _{equiv,k}) =				2,042				
H _{T,iue} [W/K] =							(Σ _k A _k ·U _{equiv,k})·f _{g1} ·f _{g2} ·G _w =	1,253

$$f_{g2} = (20-5,2)/[20-(-15)] = 0,423$$

CELKOVÁ MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM H _{T,i} [W/K] =	2,612
θ _{int} - θ _e = 20-(-15) =	35,000
NÁVRHOVÁ ZTRÁTA PROSTUPEM Φ _{T,i} [kW] =	0,091

VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM - WC + SPRCHA ZAMĚŠTNANCI (0.07)

Teplné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu						
Č.k.	Popis	A _k	U _k	f _{ij}	A _k ·U _k ·f _{ij}	
		[m ²]	[W·m ² ·K ⁻¹]	[-]	[W·K ⁻¹]	
Str	Strop (S8)	5,110	0,463	0,051	0,121	
SN1	Stěna do místnosti 0.06 (S6)	8,186	2,396	0,102	2,001	
SN2	Stěna do místnosti 0.02 (S7)	3,689	0,650	0,231	0,554	
D	Dveře do místnosti 0.02	1,818	2,000	0,231	0,840	
H _{T,ij} [W/K] =						3,515

$$f_{Str} = (24-22)/[24-(-15)] = 0,051$$

$$f_{SN1} = (24-20)/[24-(-15)] = 0,102$$

$$f_{SN2} = (24-15)/[24-(-15)] = 0,231$$

$$f_i = (t_i-t_j)/[t_i-(t_e)] = 1,000$$

$$f_j = (t_i-t_j)/[t_i-(t_e)] = 1,000$$

Teplné ztráty zeminou								
Č.k.	Popis	A _k	U _{equiv,k}	A _k ·U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	f _{g1} ·f _{g2} ·G _w
		[m ²]	[W·m ² ·K ⁻¹]	[W·K ⁻¹]	[-]	[-]	[-]	[-]
Pdl	Podlaha na terénu (S10)	5,110	0,140	0,715	1,45	0,482	1	0,699
SOZ	Stěna přilehlá k zemině (S2)	5,060	0,222	1,123				
(Σ _k A _k ·U _{equiv,k}) =				1,839				
H _{T,ue} [W/K] =						(Σ _k A _k ·U _{equiv,k})·f _{g1} ·f _{g2} ·G _w =	1,285	

$$f_{g2} = (24-5,2)/[24-(-15)] = 0,482$$

CELKOVÁ MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM H _{T,i} [w/K] =	4,800
θ _{int} - θ _e = 24-(-15) =	39,000
NÁVRHOVÁ ZTRÁTA PROSTUPEM Φ _{T,i} [kW] =	0,187

VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM - WC + SPRCHA ZAMĚŠTNANCI (0.08)

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí

Č.k.	Popis	A_k [m ²]	U_k [W.m ² K ⁻¹]	ΔU [W.m ² K ⁻¹]	U_{kc} [W.m ² K ⁻¹]	e_k [-]	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W.K ⁻¹]
SO	Obvodová stěna (S1)	0,460	0,141	0,020	0,161	1,000	0,074
O	Okno	1,472	0,900	0,020	0,920	1,000	1,354
$H_{T,ie}$ [W/K] =							1,428

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu

Č.k.	Popis	A_k [m ²]	U_k [W.m ² K ⁻¹]	f_{ij} [-]	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ [W.K ⁻¹]
Str	Strop (S8)	5,110	0,463	0,102	0,241
SN1	Stěna do místnosti 0.09 (S7)	7,631	0,650	0,231	1,146
SN2	Stěna do místnosti 0.01 (S7)	3,242	0,650	0,051	0,107
D	Dveře do místnosti 0.01	1,818	2,000	0,051	0,185
$H_{T,ij}$ [W/K] =					1,680

$$f_{Spr} = (24-20)/[24-(-15)] = 0,102$$

$$f_{SN1} = (24-15)/[24-(-15)] = 0,231$$

$$f_{SN2} = (24-22)/[24-(-15)] = 0,051$$

$$f_i = (t_i-t_j)/[t_i-(t_e)] = 1,000$$

$$f_j = (t_i-t_j)/[t_i-(t_e)] = 1,000$$

Tepelné ztráty zeminou

Č.k.	Popis	A_k [m ²]	$U_{equiv,k}$ [W.m ² K ⁻¹]	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W.K ⁻¹]	f_{g1} [-]	f_{g2} [-]	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [-]	
Pdl	Podlaha na terénu (S10)	5,110	0,140	0,715	1,45	0,482	1	0,699	
SOZ	Stěna přilehlá k zemině (S2)	3,036	0,222	0,674					
$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) =$				1,389					
$H_{T,ije}$ [W/K] =					$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w =$				0,971

$$f_{g2} = (24-5,2)/[24-(-15)] = 0,482$$

CELKOVÁ MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $H_{T,i}$ [W/K] =	4,079
$\theta_{int} - \theta_e = 24 - (-15) =$	39,000
NÁVRHOVÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\phi_{T,i}$ [kW] =	0,159

VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM - SKLAD (0.09)

Tepebné ztráty přímo do venkovního prostředí

Č.k.	Popis	A_k [m ²]	U_k [W.m ² K ⁻¹]	ΔU [W.m ² K ⁻¹]	U_{kc} [W.m ² K ⁻¹]	e_k [-]	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W.K ⁻¹]
SO	Obvodová stěna (S1)	0,935	0,141	0,020	0,161	1,000	0,151
O	Okno	2,992	0,900	0,020	0,920	1,000	2,753
$H_{T,ie}$ [W/K] =							2,903

Tepebné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu

Č.k.	Popis	A_k [m ²]	U_k [W.m ² K ⁻¹]	f_{ij} [-]	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ [W.K ⁻¹]
Str	Strop (S8)	10,170	0,463	-0,167	-0,786
SN1	Stěna do místnosti 0.08 (S7)	7,631	0,650	-0,300	-1,488
SN2	Stěna do místnosti 0.01 (S7)	0,730	0,650	-0,233	-0,111
SN3	Stěna do místnosti 0.01 (S6)	8,378	2,396	-0,233	-4,677
D	Dveře do místnosti 0.01	1,818	2,000	-0,233	-0,847
$H_{T,ij}$ [W/K] =					-7,909

$$f_{Str} = (15-20)/[15-(-15)] = -0,167$$

$$f_{SN1} = (15-24)/[15-(-15)] = -0,300$$

$$f_{SN2} = (15-22)/[15-(-15)] = -0,233$$

$$f_i = (t_i - t_j)/[t_i - (t_e)] = 1,000$$

$$f_i = (t_i - t_j)/[t_i - (t_e)] = 1,000$$

$$f_i = (t_i - t_j)/[t_i - (t_e)] = 1,000$$

Tepebné ztráty zeminou

Č.k.	Popis	A_k [m ²]	$U_{equiv,k}$ [W.m ² K ⁻¹]	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W.K ⁻¹]	f_{g1} [-]	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [-]
Pd1	Podlaha na terénu (S10)	10,170	0,140	1,424	1,45	1	0,474
SOZ	Stěna přilehlá k zemině (S2)	18,458	0,222	4,098			
$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) =$				5,521			
$H_{T,iue}$ [W/K] =					$(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w =$	2,618	

$$f_{g2} = (15-5,2)/[15-(-15)] = 0,327$$

$$H_{T,ie} = -2,388$$

$$\theta_{int} - \theta_e = 15 - (-15) = 30,000$$

$$\text{NÁVRHOVÁ ZTRÁTA PROSTUPEM } \phi_{T,i} \text{ [kW]} = -0,072$$

B5. TABULKA MÍSTNOSTÍ

Návrhové hodnoty - pro dimenzování otopné soustavy INP															
TABULKA MÍSTNOSTÍ		Údaje o místnosti						Parametry větrání				Tepelné bilance			
Č. místnosti	Název místnosti	Plocha	Světla	Objem	Počet osob	Výpočtová vnitřní teplota	Výměna	Přívod	Odvod	Tepelná ztráta	Tepelná ztráta	Tepelná ztráta	Celková tepelná ztráta		
		[m ²]	[m]	[m ³]	[-]	[°C]				(x/h)	[m ³ /h]	[m ³ /h]		[kW]	[kW]
1 NP															
1.01	Závětrí	4,98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
1.02	Zádvěří	7,37	2,80	21	-	10	1,5	-	-	0,49	0,263	0,753	0,753		
1.03	Hala, šatna	9,77	2,80	27	-	22	-	-	-	0,688	-	0,688	0,688		
1.04	Denní místnost	69,54	2,80	195	25	22	-	650	-	2,123	0,442	2,565	2,565		
1.05	Televizní místnost	14,63	2,80	41	10	22	-	250	250	0,86	0,170	1,030	1,030		
1.06	Herna	10,59	2,50	26	5	22	-	150	150	0,429	0,102	0,531	0,531		
1.07	Čaj. Kuchyňka	9,27	2,80	26	-	22	1,5	-	50	0,211	-	0,211	0,211		
1.08	Chodba	10,37	2,80	29	-	22	-	-	170	0,584	-	0,584	0,584		
1.09	Kancelář	15,83	2,80	44	2	20	-	100	100	0,853	-	0,853	0,853		
1.10	WC děti	10,08	2,80	28	-	24	-	-	260	0,687	0,177	0,864	0,864		
1.11	Sklad	27,96	2,80	78	-	15	-	-	100	-0,125	-	n	n		
1.12	Chodba	4,38	2,80	12	-	15	1	-	-	-0,025	-	n	n		
1.13	Strojovna topení	20,65	2,80	58	-	15	-	-	70	-0,139	-	n	n		
							Σ	1150	1150				8,079		

Návrhové hodnoty - pro dimenzování otopné soustavy 1PP														
TABULKA MÍSTNOSTÍ		Údaje o místnosti						Parametry větrání				Tepelné bilance		
№. místnosti	Název místnosti	Plocha [m ²]	Světla výška [m]	Objem [m ³]	Počet osob [-]	Vypočítová vnitřní teplota [°C]	Výměna (x/h)	Prívod [m ³ /h]	Odvod [m ³ /h]	Tepelná ztráta prostupem [kW]	Tepelná ztráta větráním [kW]	Celková tepelná ztráta [kW]		
2 NP														
0.01	Chodba	10,26	2,60	27	-		-	160	-	0,377	0,109	0,486		
0.02	Chodba	14,94	2,60	39	-		-	330	-	-0,067	-	0,000		
0.03	Sklad	20,66	2,60	54	-		0,3	-	20	0,231	-	0,231		
0.04	Sklad	12,18	2,60	32	-		0,3	-	10	0,097	-	0,097		
0.05	Sušárna + pračka	12,18	2,60	32	-		1,5	-	50	-0,003	-	0,000		
0.06	Úpravna	6,52	2,60	17	2		-	-	100	0,091	0,170	0,261		
0.07	WC + sprcha - zaměst.	5,11	2,60	13	-		-	-	150	0,187	0,204	0,391		
0.08	WC + sprcha - zaměst.	5,11	2,60	13	-		-	-	150	0,159	0,102	0,261		
0.09	Sklad	10,17	2,60	26	-		0,3	-	10	-0,072	-	0,000		
							Σ	490	490			1,727		

B6. DIMENZOVÁNÍ OTOPNÝCH PLOCH

B6.1. Varianta A

NÁVRH DESKOVÝCH OTOPNÝCH TĚLES																	
Údaje o místnosti		Pož. parametry					Parametry z podkladů výrobce					Upravené parametry					
č.m.	Účel	t_i [°C]	t_{w1} [°C]	t_{w2} [°C]	Q_p [W]	$t_{i,N}$ [°C]	$t_{w1,N}$ [°C]	$t_{w2,N}$ [°C]	OT - typ/v/d [mm]	Q_N [W]	c [-]	n [-]	$Q_{N,n}$ [W]	f_x [-]	f_o [-]	f_p [-]	Q_{skut} [W]
0.01	Chodba	22	50	40	486	20	55	45	33-VK/600/700	841	0,64	1,343	583	1	1	0,95	554
0.03	Sklad	15	50	40	231	20	55	45	10-VK/500/900	235	0,71	1,307	235	1	1	1	235
0.04	Sklad	15	50	40	97	20	55	45	10-VK/500/400	105	0,71	1,307	105	1	1	1	105
0.05	Sušárna + pračka	15	50	40	0	20	55	45	10-VK/500/400	105	0,71	1,307	105	1	1	1	105
0.06	Úpravna	20	50	40	261	20	55	45	21-VK/600/600	388	0,67	1,332	303	1	1	1	303
0.07	WC + sprcha - zam.	24	50	40	94	24	55	45	11-VK/500/400	144	0,62	1,312	108	1	1	0,95	103
0.09	Sklad	15	50	40	0	20	55	45	10-VKL/500/400	105	0,71	1,307	105	1	1	1	105
1.10	WC děti	24	50	40	432	20	55	45	33-VKL/600/700	691	0,62	1,343	514	1	1	0,9	463
		24	50	40	432	20	55	45	33-VK/600/700	691	0,62	1,343	514	1	1	0,9	463

Legenda:

- t_i - vnitřní výpočtová teplota
- t_{w1} - vstupní teplota topné vody
- t_{w2} - výstupní teplota topné vody
- Q_p - požadovaný výkon otopného tělesa
- x_N - index N -> jmenovitě hodnoty z podkladů výrobce
- Q_N - jmenovitý výkon OT z podkladů výrobce
- c - rozdílový ukazatel
- n - teplotní exponent
- $Q_{N,n}$ - upravený výkon OT na požadované vstupní parametry
- f_x - opravný součinitel na připojení tělesa
- f_o - opravný součinitel na úpravu okolí
- f_p - opravný součinitel na umístění tělesa v prostoru
- Q_{skut} - skutečný výkon otopného tělesa
- VK - deskové otopné těleso RADIK v provedení VENTIL KOMPAKT (VKL - levé připojení)

NÁVRH TRUBKOVÝCH OTOPNÝCH TĚLES																	
Údaje o místnosti		Pož. parametry				Parametry z podkladů výrobce						Upravené parametry					
č.m.	Účel	t_i [°C]	t_{w1} [°C]	t_{w2} [°C]	Q_p [w]	$t_{i,N}$ [°C]	$t_{w1,N}$ [°C]	$t_{w2,N}$ [°C]	OT - typ/v/d [mm]	Q_N [w]	c [-]	n [-]	$Q_{N,n}$ [w]	f_x [-]	f_o [-]	f_p [-]	Q_{skut} [w]
0.07	WC + sprcha - zam.	24	50	40	486	24	55	45	KLC/1820/600	410	0,62	1,248	312	1	1	0,95	296
0.08	WC + sprcha - zam.	24	50	40	231	24	55	45	KLC/1500/750	403	0,62	1,243	306	1	1	0,95	291
1.08	Chodba	22	50	40	864	22	50	40	K20VM/ 2000/588	682	0,64	1,304	682	1	1	0,9	614

- Legenda:
- KLC - koupelnové otopné těleso Koralex linear classic
 - KVM - otopné těleso Koratherm, vertikální se středním připojením
 - t_i - vnitřní výpočtová teplota
 - t_{w1} - vstupní teplota topné vody
 - t_{w2} - výstupní teplota topné vody
 - Q_p - požadovaný výkon otopného tělesa
 - x_N - index N -> jmenovitě hodnoty z podkladů výrobce
 - Q_N - jmenovitý výkon OT z podkladů výrobce
 - c - rozdílový ukazatel
 - n - teplotní exponent
 - $Q_{N,n}$ - upravený výkon OT na požadované vstupní parametry
 - f_x - opravný součinitel na připojení tělesa
 - f_o - opravný součinitel na úpravu okolí
 - f_p - opravný součinitel na umístění tělesa v prostoru
 - Q_{skut} - skutečný výkon otopného tělesa

NÁVRH PODLAHOVÝCH KONVEKTORŮ S PŘÍROZENOU KONVEKČÍ														
Údaje o místnosti		Pož. parametry				Parametry z podkladů výrobce						Upr. Parametry		
č.m.	Účel	t_i [°C]	t_{w1} [°C]	t_{w2} [°C]	Q_p [W]	$t_{i,N}$ [°C]	$t_{w1,N}$ [°C]	$t_{w2,N}$ [°C]	typ/v/š/d [cm]	Q_N [W]	kt [-]	$Q_{s,kt}$ [W]	poč. [ks]	Q_c [W]
1.03	Hala, šatna	22	50	40	3464	20	75	65	PK/11/20/160	330	0,364	120	3	360
1.04	Denní místnost	22	50	40	1030	20	75	65	PK/11/20/160	330	0,364	120	1	120
1.07	Čaj. kuchyňka	22	50	40	853	20	75	65	PK/11/20/120	229	0,364	83	2	167
1.05	Televizní místnost	20	50	40	853	20	75	65	PK/11/20/160	280	0,406	113,7	2	227
1.09	Kancelář								PK/11/20/200	432	0,406	175,4	1	175

Legenda:

PK - podlahový konvektor s přirozenou konvekcí značky Licon

t_i - vnitřní výpočtová teplota

t_{w1} - vstupní teplota topné vody

t_{w2} - výstupní teplota topné vody

Q_p - požadovaný výkon otopného tělesa

x_N - index $N \rightarrow$ jmenovité hodnoty z podkladů výrobce

Q_N - jmenovitý výkon PK z podkladů výrobce

c - rozdílový ukazatel

n - teplotní exponent

$Q_{s,kt}$ - upravený výkon PK na požadované vstupní parametry

kt - opravný součinitel pro nový rozdíl teplot Δt

Q_c - celkový skutečný výkon podlahového konvektoru

NÁVRH PODLAHOVÝCH KONVEKTORŮ S NUCENOU KONVEKČÍ													
Údaje o místnosti		Pož. parametry				Parametry z podkladů výrobce				Stupěň ventilátoru			
č.m.	Účel	t_i	t_{w1}	t_{w2}	Q_p	$t_{i,N}$	$t_{w1,N}$	$t_{w2,N}$	typ/v/š/d	vyp.	1	2	3
		[°C]	[°C]	[°C]	[W]	[°C]	[°C]	[°C]	[cm]	[W]	[W]	[W]	[W]
1.06	Herna	22	50	40	531	22	50	40	PKOC/9/28/120	89	375	504	630

Legenda:

PKOC - podlahový konvektor s ventilátorem značky Licon

t_i - vnitřní výpočtová teplota

t_{w1} - vstupní teplota topné vody

t_{w2} - výstupní teplota topné vody

Q_p - požadovaný výkon otopného tělesa

x_N - index $N \rightarrow$ jmenovité hodnoty z podkladů výrobce

vyp. - výkon PK při vypnutém ventilátoru

1,2,3 - výkon PK při jednotlivých výkonových stupních ventilátoru

NÁVRH OTOPNÝCH LAVIC S DESKOU NA PŘÍROZENOU KONVEKCI														
Údaje o místnosti		Pož. parametry				Parametry z podkladů výrobce						Upr. Parametry		
č.m.	Účel	t_i [°C]	t_{w1} [°C]	t_{w2} [°C]	Q_p [w]	$t_{i,N}$ [°C]	$t_{w1,N}$ [°C]	$t_{w2,N}$ [°C]	typ-v/š/d [cm]	Q_N [w]	kt	Q_{skut} [w]	poč. [ks]	Q_c [W]
1.02	Zádveří	22	50	40	753	20	75	65	OL/D-32/30/100	1369	0,615	842	1	842
1.03	Hala, šatna													
1.04	Denní místnost	22	50	40	3464	20	75	65	OL/D-32/30/160	2289	0,347	794	4	3177
1.07	Čaj. kuchyňka													
1.05	Televizní místnost	22	50	40	1030	20	75	65	OL/D-32/30/160	2289	0,347	794	1	794
1.09	Kancelář	22	50	40	853	20	75	65	OL/D-32/30/100	1369	0,389	533	1	533

Legenda:

OL/D - otopná lavice na přirozenou konvekci s horní deskou, výrobek Licon

t_i - vnitřní výpočtová teplota

t_{w1} - vstupní teplota topné vody

t_{w2} - výstupní teplota topné vody

Q_p - požadovaný výkon otopného tělesa

x_N - index \underline{N} -> jmenovité hodnoty z podkladů výrobce

Q_N - jmenovitý výkon OL z podkladů výrobce

kt - opravný součinitel pro nový rozdíl teplot Δt

Q_{skut} - upravený výkon PK na požadované vstupní parametry

Q_c - celkový skutečný výkon všech otopných lavic v místnosti

PŘEHLED NAVRŽENÝCH OTOPNÝCH TĚLES - SUTERÉN										
Č.m.	Účel místnosti	Q _p		Typ výměníku	Q _{skut}	poč.	Q _c	ΣQ	Posouzení	
		[W]	[W]							[W]
0.01	Chodba	486		33-VK/600/700	554	1	554	554	Q _p <Q _c	
0.02	Chodba	0		Bez OT						
0.03	Sklad	231		10-VK/500/900	235	1	235	235	Q _p <Q _c	
0.04	Sklad	97		10-VK/500/400	105	1	105	105	Q _p <Q _c	
0.05	Sušárna + pračka	0		10-VK/500/400	105	1	105	105	Q _p <Q _c	
0.06	Úpravna	261		21-VK/600/600	303	1	303	303	Q _p <Q _c	
0.07	WC + sprcha - zaměst.	391		KLC/1820/600	296	1	296	399	Q _p <Q _c	
				11-VK/500/400	103	1	103			
0.08	WC + sprcha - zaměst.	261		KLC/1500/750	291	1	291	291	Q _p <Q _c	
0.09	Sklad	0		10-VKL/500/400	105	1	105	105	Q _p <Q _c	

Legenda:

- VK - deskové otopné těleso RADIK v provedení VENTIL KOMPAKT (pravé připojení)
- VKL - deskové otopné těleso RADIK v provedení VENTIL KOMPAKT (levé připojení)
- KCL - koupelnové otopné těleso KORALUX linear classic

PŘEHLED NAVRŽENÝCH OTOPNÝCH TĚLES - PRÍZEMÍ										
Č.m.	Účel místnosti	Q _p		Typ výměníku	Q _{skut}	poč.	Q _c		ΣQ	Posouzení
		[W]	[W]				[-]	[W]		
1.01	Závěť	0		-						
1.02	Zádvěří	753		OL/D-32/30/100	842	1	842	842	842	Q _p <Q _c
1.03	Hala, šatna			PK/11/20/160	120	3	360			
1.04	Denní místnost	3464		OL/D-32/30/160	794	4	3177	3537	3537	Q _p <Q _c
1.07	Čaj. kuchyňka									
				PK/11/20/160	120	1	120			
1.05	Televizní místnost	1030		PK/11/20/120 => rohový PK	83	2	167	1081	1081	Q _p <Q _c
				OL/D-32/30/160	794	1	794			
1.06	Herna	531		PKOC/9/28/120	630	1	630			Q _p <Q _c
1.08	Chodba	584		K20VM/2000/588	614	1	614			Q _p <Q _c
				PK/11/20/160	114	2	227			
1.09	Kancelář	853		PK/11/20/200	175	1	175	935	935	Q _p <Q _c
				OL/D-32/30/100	533	1	533			
1.10	WC - děti	864		33-VKL/600/700	463	1	463	925	925	Q _p <Q _c
				33-VK/600/700	463	1	463			
1.11	Sklad	0		Bez OT						
1.12	Chodba	0		Bez OT						
1.13	Strojovna topení	0		Bez OT						

Legenda:

- VK - deskové otopné těleso RADIK v provedení VENTIL KOMPAKT (pravé připojení)
- VKL - deskové otopné těleso RADIK v provedení VENTIL KOMPAKT (levé připojení)
- PK - podlahový konvektor s přirozenou konvekční značkou Licon
- PKOC - podlahový konvektor s ventilátorem značkou Licon
- OL/D - otopná lavice na přirozenou konvekci s horní deskou, výrobek Licon

B6.2. Varianta B

B6.2.1. Návrh otopných těles a konvektorů

NÁVRH DESKOVÝCH OTOPNÝCH TĚLES																	
Údaje o místnosti		Pož. parametry					Parametry z podkladů výrobce						Upravené parametry				
č.m.	Účel	t_i [°C]	t_{w1} [°C]	t_{w2} [°C]	Q_p [w]	$t_{i,N}$ [°C]	$t_{w1,N}$ [°C]	$t_{w2,N}$ [°C]	OT - typ/v/d [mm]	Q_N [w]	c [-]	n [-]	$Q_{N,n}$ [w]	f_x [-]	f_o [-]	f_p [-]	Q_{skut} [w]
0.01	Chodba	22	50	40	486	20	55	45	33-VK/600/700	841	0,64	1,343	583	1	1	0,95	554
0.03	Sklad	15	50	40	231	20	55	45	10-VK/500/900	235	0,71	1,307	235	1	1	1	235
0.04	Sklad	15	50	40	97	20	55	45	10-VK/500/400	105	0,71	1,307	105	1	1	1	105
0.05	Sušárna + pračka	15	50	40	0	20	55	45	10-VK/500/400	105	0,71	1,307	105	1	1	1	105
0.06	Úpravna	20	50	40	261	20	55	45	21-VK/600/600	388	0,67	1,332	303	1	1	1	303
0.07	WC + sprcha - zam.	24	50	40	94	24	55	45	11-VK/500/400	144	0,62	1,312	108	1	1	0,95	103
0.09	Sklad	15	50	40	0	20	55	45	10-VKL/500/400	105	0,71	1,307	105	1	1	1	105
1.10	WC děti	24	50	40	432	20	55	45	33-VKL/600/700	691	0,62	1,343	514	1	1	0,9	463
		24	50	40	432	20	55	45	33-VK/600/700	691	0,62	1,343	514	1	1	0,9	463

Legenda:

- t_i - vnitřní výpočtová teplota
- t_{w1} - vstupní teplota topné vody
- t_{w2} - výstupní teplota topné vody
- Q_p - požadovaný výkon otopného tělesa
- x_N - index $N \rightarrow$ jmenovité hodnoty z podkladů výrobce
- Q_N - jmenovitý výkon OT z podkladů výrobce
- c - rozdílový ukazatel
- n - teplotní exponent
- $Q_{N,n}$ - upravený výkon OT na požadované vstupní parametry
- f_x - opravný součinitel na připojení tělesa
- f_o - opravný součinitel na úpravu okolí
- f_p - opravný součinitel na umístění tělesa v prostoru
- Q_{skut} - skutečný výkon otopného tělesa
- VK - deskové otopné těleso RADIK v provedení VENTIL KOMPAKT (VKL - levé připojení)

NÁVRH TRUBKOVÝCH OTOPNÝCH TĚLES

č.m.	Účel	Pož. parametry					Parametry z podkladů výrobce						Upravené parametry				
		t_i [°C]	t_{w1} [°C]	t_{w2} [°C]	Q_p [W]	$t_{i,N}$ [°C]	$t_{w1,N}$ [°C]	$t_{w2,N}$ [°C]	OT - typ/v/d [mm]	Q_N [W]	c [-]	n [-]	$Q_{N,n}$ [W]	f_x [-]	f_o [-]	f_p [-]	Q_{skut} [W]
0.07	WC + sprcha - zam.	24	50	40	486	24	55	45	KLC/1820/600	410	0,62	1,248	312	1	1	0,95	296
0.08	WC + sprcha - zam.	24	50	40	231	24	55	45	KLC/1500/750	403	0,62	1,243	306	1	1	0,95	291
1.08	Chodba	22	50	40	864	22	50	40	K20VM/ 2000/588	682	0,64	1,304	682	1	1	0,9	614

Legenda:

- KLC - koupelnové otopné těleso Koralux linear classic
- KVM - otopné těleso Koratherm, vertikální se středním připojením
- t_i - vnitřní výpočtová teplota
- t_{w1} - vstupní teplota topné vody
- t_{w2} - výstupní teplota topné vody
- Q_p - požadovaný výkon otopného tělesa
- x_N - index N -> jmenovité hodnoty z podkladů výrobce
- Q_N - jmenovitý výkon OT z podkladů výrobce
- c - rozdílový ukazatel
- n - teplotní exponent
- $Q_{N,n}$ - upravený výkon OT na požadované vstupní parametry
- f_x - opravný součinitel na připojení tělesa
- f_o - opravný součinitel na úpravu okolí
- f_p - opravný součinitel na umístění tělesa v prostoru
- Q_{skut} - skutečný výkon otopného tělesa

NÁVRH PODLAHOVÝCH KONVEKTORŮ S PŘÍROZENOU KONVEKČÍ														
Údaje o místnosti		Pož. parametry					Parametry z podkladů výrobce					Upr. Parametry		
č.m.	Účel	t_i [°C]	t_{w1} [°C]	t_{w2} [°C]	Q_p [W]	$t_{i,N}$ [°C]	$t_{w1,N}$ [°C]	$t_{w2,N}$ [°C]	typ/v/š/d [cm]	Q_N [W]	kt	Q_{skut} [W]	poč. [ks]	Q_c [W]
1.05	Televizní místnost	22	50	40	1030	20	75	65	PK/11/16/160	261	0,364	95	2	190
									PK/11/16/180	300	0,364	109	2	218

Legenda:

PK - podlahový konvektor s přirozenou konvekcí značky Licon

t_i - vnitřní výpočtová teplota

t_{w1} - vstupní teplota topné vody

t_{w2} - výstupní teplota topné vody

Q_p - požadovaný výkon otopného tělesa

x_N - index N -> jmenovité hodnoty z podkladů výrobce

Q_N - jmenovitý výkon PK z podkladů výrobce

c - rozdílový ukazatel

n - teplotní exponent

Q_{skut} - upravený výkon PK na požadované vstupní parametry

kt - opravný součinitel pro nový rozdíl teplot Δt

Q_c - celkový skutečný výkon podlahového konvektoru

NÁVRH OTOPNÝCH LAVIC S DESKOU NA PŘIROZENOU KONVEKCI														
Údaje o místnosti		Pož. parametry					Parametry z podkladů výrobce					Upr. Parametry		
č.m.	Účel	t_i	t_{w1}	t_{w2}	Q_p	$t_{i,N}$	$t_{w1,N}$	$t_{w2,N}$	typ-v/š/d	Q_N	kt	Q_{skut}	poč.	Q_c
		[°C]	[°C]	[°C]	[w]	[°C]	[°C]	[°C]	[cm]	[w]	[-]	[w]	[ks]	[W]
1.02	Zádveří	22	50	40	753	20	75	65	OL/D-32/30/100	1369	0,615	842	1	842

- Legenda:
- OL/D - otopná lavice na přirozenou konvekci s horní deskou, výrobek Licon
 - t_i - vnitřní výpočtová teplota
 - t_{w1} - vstupní teplota topné vody
 - t_{w2} - výstupní teplota topné vody
 - Q_p - požadovaný výkon otopného tělesa
 - x_N - index N -> jmenovité hodnoty z podkladů výrobce
 - Q_N - jmenovitý výkon OL z podkladů výrobce
 - kt - opravný součinitel pro nový rozdíl teplot Δt
 - Q_{skut} - upravený výkon PK na požadované vstupní parametry
 - Q_c - celkový skutečný výkon všech otopných lavic v místnosti

NÁVRH PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ												
Údaje o místnosti		Otop. voda			Geometrie otopných hadů					Výkon		
č.m.	Účel	t_m	t_{w1}	t_{w2}	S_p [m ²]	d [mm]	L [mm]	r [mm]	Napojení na R + S	Q_c [W]	Q_{c+p} [W]	
		[°C]	[°C]	[°C]								
1.03,	Hala, šatna,	35	40	32	17,9	18	225	290	A2	1367,2	1522,1	
1.04	denní místnost				18,4	18	225	290	A3	1362,4	1521,6	
1.05	Televizní místnost	40	45	37	9,0	18	150	340	B1	817,6	919,6	
1.06	Herna	40	45	37	6,0	18	225	360	B2	511,2	545,1	
1.09	Kancelář	35	40	32	10,7	15	225	260	A1	1019,2	1107,0	

Legenda:

t_m - střední povrchová teplota potrubí otopného hada [°C]

t_{w1} - teplota přívodní vody [°C]

t_{w2} - teplota vratné vody [°C]

S_p - otopná plocha [m²]

d - průměr potrubí otopného hada [mm]

L - rozteč potrubí otopného hada [mm]

r - šířka okrajové zóny [mm]

Q_c - tepelný výkon otopné plochy [W]

Q_{c+p} - tepelný příkon otopné plochy [W]

PŘEHLED NAVRŽENÝCH OTOPNÝCH TĚLES - SUTERÉN										
Č.m.	Účel místnosti	Q _p		Typ výměníku	Q _{skut}	poč.	Q _c	ΣQ		Posouzení
		[W]	[W]					[W]	[W]	
0.01	Chodba	486		33-VK/600/700	554	1	554	554		Q _p <Q _c
0.02	Chodba	0		Bez OT						
0.03	Sklad	231		10-VK/500/900	235	1	235	235		Q _p <Q _c
0.04	Sklad	97		10-VK/500/400	105	1	105	105		Q _p <Q _c
0.05	Sušárna + pračka	0		10-VK/500/400	105	1	105	105		Q _p <Q _c
0.06	Úpravna	261		21-VK/600/600	303	1	303	303		Q _p <Q _c
0.07	WC + sprcha - zaměst.	391		KLC/1820/600	296	1	296	399		Q _p <Q _c
				11-VK/500/400	103	1	103			
0.08	WC + sprcha - zaměst.	261		KLC/1500/750	291	1	291	291		Q _p <Q _c
0.09	Sklad	0		10-VKL/500/400	105	1	105	105		Q _p <Q _c

Legenda:

- VK - deskové otopné těleso RADIK v provedení VENTIL KOMPAKT (pravé připojení)
- VKL - deskové otopné těleso RADIK v provedení VENTIL KOMPAKT (levé připojení)
- KCL - koupelnové otopné těleso KORALUX linear classic

PŘEHLED NAVRŽENÝCH OTOPNÝCH TĚLES (PLOCH) - PŘÍZEMÍ									
Č.m.	Účel místnosti	Q _p	Typ výměníku	Q _{skut}	poč.	Q _c	ΣQ	Posouzení	
		[W]				[W]			[W]
1.01	Závětrí	0	-						
1.02	Zádveří	753	OL/D-32/30/100	842	1	842	842	Q _p <Q _c	
1.03	Hala, šatna		PV/d=18/L=225/t _m =35/r=290	1367	1	1367			
1.04	Denní místnost	3464	PV/d=18/L=225/m=35/r=290	1362	1	1362	3939	Q _p <Q _c	
1.07	Čaj. kuchyňka		PV/d=18/L=225/t _m =35/r=290	1210	1	1210			
			PK/11/16/160	95	2	190			
1.05	Televizní místnost	1030	PK/11/16/180	109	2	218	1226	Q _p <Q _c	
			PV/d=18/L=150/t _m =40/r=340	818	1	818			
1.06	Herna	531	PV/d=18/L=225/t _m =40/r=360	511	1	511		Q _p <Q _c	
1.08	Chodba	584	K20VM/2000/588	614	1	614		Q _p <Q _c	
1.09	Kancelář	853	PV/d=15/L=225/t _m =36/r=260	1019	1	1019	1019	Q _p <Q _c	
1.10	WC - děti	864	33-VKL/600/700	463	1	463	925	Q _p <Q _c	
			33-VK/600/700	463	1	463			
1.11	Sklad	0	Bez OT						
1.12	Chodba	0	Bez OT						
1.13	Strojovna topení	0	Bez OT						

Legenda: VK - deskové otopné těleso RADIK v provedení VENTIL KOMPAKT (pravé připojení)

VKL - deskové otopné těleso RADIK v provedení VENTIL KOMPAKT (levé připojení)

PK - podlahový konvektor s přirozenou konvekcí značky Licon

OL/D - otopná lavice na přirozenou konvekci s horní deskou, výrobek Licon

PV - teplovodní podlahové vytápění

d - průměr potrubí otopné smyčky [mm]

L - rozteč potrubí otopné smyčky [mm]

t_m - střední povrchová teplota potrubí otopného hada [°C]

r - šířka okrajové zóny [mm]

B6.2.1. Výpočet podlahového vytápění

NÁVRH PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

Vytápěné místnosti: **1.03, 1.04, 1.07, 1.08**

Vytápěcí okruh A -2

Konstrukce podlahy nad 1PP

Skladba	d_i	λ_i
	m	$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
Keramická dlažba	0,010	1,01
Lepidlo na dlažbu	0,005	1,16
Cementový potěr	0,063	1,3
Systémová deska	0,029	0,038
Tepelná izolace	0,020	0,038
ŽB stropní kce	0,250	1,58
Interiérová omítka	0,025	0,8

Parametry sdílení tepla

α_A	12	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$	(Součinitel přestupu tepla - podlaha)
α_B	8	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$	(Součinitel přestupu tepla - strop)
Λ_A	6,849	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$	(Tepelná propustnost vrstvy nad trubkami)
Λ_B	0,629	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$	(Tepelná propustnost vrstvy pod trubkami)

Vstupní teploty

$t_{p,N}$	29 °C	t_i	22 °C
t_m	35 °C	t_{iB}	15 °C

Geometrie

L	0,225 m	d	0,018 m
m	8,05 m^{-1}	r	0,29 m

Střední teplota v rovině trubek

$$t_s = 32,20 \text{ °C}$$

Střední povrchová teplota podlahy

$$t_{p,sk} = 27,82 \text{ °C} < t_{p,N} = 29$$

Měrný tepelný výkon otopné plochy

$$q = 69,87 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2} \text{ (Tepelný tok na vytápěnou stranu)}$$

$$q' = 8,68 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2} \text{ (Tepelný tok na nevytápěnou stranu)}$$

Tepelný výkon otopné plochy

$$S_p = 17,86 \text{ m}^2 \text{ (Otopná podl. plocha ohraničená krajní trubkou)}$$

$$O_p = 16,23 \text{ m} \text{ (Obvod otop. podl. plochy vymezený krajními trubkami)}$$

$$Q_p = 1247,91 \text{ W} \text{ (Tepelný výkon otopné plochy)}$$

$$Q_o = 119,26 \text{ W} \text{ (Korekce: 0,75) (Tepelný výkon okrajové plochy)}$$

$$Q_c = 1367,17 \text{ W} \text{ (Celkový tepelný výkon)}$$

$$Q_{p'} = 154,95 \text{ W} \text{ (Tepelný výkon stropu)}$$

Tepelný příkon okruhu

$$Q_{c+p'} = 1522,11 \text{ W} \text{ (Celkový tepelný příkon)}$$

$$l = 93,655 \text{ m} \text{ (Délka otopného hadu)}$$

NÁVRH PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

Vytápěné místnosti: **1.03, 1.04, 1.07, 1.08**

Vytápěcí okruh A - 3

Konstrukce podlahy nad 1PP

Skladba	d_i	λ_i
	m	$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$
Keramická dlažba	0,010	1,01
Lepidlo na dlažbu	0,005	1,16
Cementový potěr	0,063	1,3
Systémová deska	0,029	0,038
Tepelná izolace	0,020	0,038
ŽB stropní kce	0,250	1,58
Interiérová omítka	0,025	0,8

Parametry sdílení tepla

α_A	12	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$	(Součinitel přestupu tepla - podlaha)
α_B	8	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$	(Součinitel přestupu tepla - strop)
Λ_A	6,849	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$	(Tepelná propustnost vrstvy nad trubkami)
Λ_B	0,629	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$	(Tepelná propustnost vrstvy pod trubkami)

Vstupní teploty

$t_{p,N}$	29	°C	t_i	22	°C
t_m	35	°C	t_{iB}	15	°C

Geometrie

L	0,225	m	d	0,018	m
m	8,05	m^{-1}	r	0,29	m

Střední teplota v rovině trubek

$$t_s = 32,20 \text{ °C}$$

Střední povrchová teplota podlahy

$$t_{p,sk} = 27,82 \text{ °C} < t_{p,N} = 29$$

Měrný tepelný výkon otopné plochy

$$q = 69,87 \text{ W} \cdot m^{-2} \text{ (Tepelný tok na vytápěnou stranu)}$$

$$q' = 8,68 \text{ W} \cdot m^{-2} \text{ (Tepelný tok na nevytápěnou stranu)}$$

Tepelný výkon otopné plochy

$$S_p = 18,36 \text{ m}^2 \text{ (Otopná podl. plocha ohraničená krajní trubkou)}$$

$$O_p = 16,23 \text{ m} \text{ (Obvod otop. podl. plochy vymezený krajními trubkami)}$$

$$Q_p = 1282,84 \text{ W} \text{ (Tepelný výkon otopné plochy)}$$

$$Q_o = 79,51 \text{ W} \text{ (Korekce: } 0,5 \text{) (Tepelný výkon okrajové plochy)}$$

$$Q_c = 1362,35 \text{ W} \text{ (Celkový tepelný výkon)}$$

$$Q_{p'} = 159,28 \text{ W} \text{ (Tepelný výkon stropu)}$$

Tepelný příkon okruhu

$$Q_{c+p'} = 1521,63 \text{ W} \text{ (Celkový tepelný příkon)}$$

$$l = 93,864 \text{ m} \text{ (Délka otopného hadu)}$$

NÁVRH PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

Vytápěné místnosti: **1.03, 1.04, 1.07, 1.08**

Vytápěcí okruh A - 4

Konstrukce podlahy nad 1PP

Skladba	d_i	λ_i
	m	$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
Keramická dlažba	0,010	1,01
Lepidlo na dlažbu	0,005	1,16
Cementový potěr	0,063	1,3
Systémová deska	0,029	0,038
Tepelná izolace	0,020	0,038
ŽB stropní kce	0,250	1,58
Interiérová omítka	0,025	0,8

Parametry sdílení tepla

α_A	12	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$	(Součinitel přestupu tepla - podlaha)
α_B	8	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$	(Součinitel přestupu tepla - strop)
Λ_A	6,849	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$	(Tepelná propustnost vrstvy nad trubkami)
Λ_B	0,629	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$	(Tepelná propustnost vrstvy pod trubkami)

Vstupní teploty

$t_{p,N}$	29 °C	t_i	22 °C
t_m	35 °C	t_{iB}	15 °C

Geometrie

L	0,225 m	d	0,018 m
m	8,05 m^{-1}	r	0,29 m

Střední teplota v rovině trubek

$$t_s = 32,20 \text{ °C}$$

Střední povrchová teplota podlahy

$$t_{p,sk} = 27,82 \text{ °C} < t_{p,N} = 29$$

Měrný tepelný výkon otopné plochy

$$q = 69,87 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2} \text{ (Tepelný tok na vytápěnou stranu)}$$

$$q' = 8,68 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2} \text{ (Tepelný tok na nevytápěnou stranu)}$$

Tepelný výkon otopné plochy

$$S_p = 15,66 \text{ m}^2 \text{ (Otopná podl. plocha ohraničená krajní trubkou)}$$

$$O_p = 15,78 \text{ m} \text{ (Obvod otop. podl. plochy vymezený krajními trubkami)}$$

$$Q_p = 1094,19 \text{ W} \text{ (Tepelný výkon otopné plochy)}$$

$$Q_o = 115,95 \text{ W} \text{ (Korekce: } 0,75 \text{) (Tepelný výkon okrajové plochy)}$$

$$\mathbf{Q_c = 1210,14 \text{ W} \text{ (Celkový tepelný výkon)}}$$

$$Q_{p'} = 135,86 \text{ W} \text{ (Tepelný výkon stropu)}$$

Tepelný příkon okruhu

$$\mathbf{Q_{c+p'} = 1346,00 \text{ W} \text{ (Celkový tepelný příkon)}}$$

$$l = 91,525 \text{ m} \text{ (Délka otopného hadu)}$$

NÁVRH PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

Vytápěné místnosti: 1.05

Vytápěcí okruh B-1

Konstrukce podlahy nad 1PP

Skladba	d_i	λ_i
	m	$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
koberec	0,005	0,065
Cementový potěr	0,074	1,3
Systémová deska	0,029	0,038
Tepelná izolace	0,020	0,038
ŽB stropní kce	0,250	1,58
Interiérová omítka	0,025	0,8

Parametry sdílení tepla

α_A	12	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$	(Součinitel přestupu tepla - podlaha)
α_B	8	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$	(Součinitel přestupu tepla - strop)
Λ_A	4,604	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$	(Tepelná propustnost vrstvy nad trubkami)
Λ_B	0,629	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$	(Tepelná propustnost vrstvy pod trubkami)

Vstupní teploty

$t_{p,N}$	29 °C	t_i	22 °C
t_m	40 °C	t_{iB}	15 °C

Geometrie

L	0,15 m	d	0,018 m
m	6,73 m^{-1}	r	0,34 m

Střední teplota v rovině trubek

$$t_s = 38,55 \text{ °C}$$

Střední povrchová teplota podlahy

$$t_{p,sk} = 28,35 \text{ °C} < t_{p,N} = 29$$

Měrný tepelný výkon otopné plochy

$$q = 76,19 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2} \text{ (Tepelný tok na vytápěnou stranu)}$$

$$q' = 11,33 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2} \text{ (Tepelný tok na nevytápěnou stranu)}$$

Tepelný výkon otopné plochy

$$S_p = 9,00 \text{ m}^2 \text{ (Otopná podl. plocha ohraničená krajní trubkou)}$$

$$O_p = 12 \text{ m} \text{ (Obvod otop. podl. plochy vymezený krajními trubkami)}$$

$$Q_p = 685,72 \text{ W} \text{ (Tepelný výkon otopné plochy)}$$

$$Q_o = 131,86 \text{ W} \text{ (Korekce: 1) (Tepelný výkon okrajové plochy)}$$

$$Q_c = 817,57 \text{ W} \text{ (Celkový tepelný výkon)}$$

$$Q_{p'} = 102,01 \text{ W} \text{ (Tepelný výkon stropu)}$$

Tepelný příkon okruhu

$$Q_{c+p'} = 919,59 \text{ W} \text{ (Celkový tepelný příkon)}$$

$$l = 95,44 \text{ m} \text{ (Délka otopného hadu)}$$

NÁVRH PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

Vytápěné místnosti: **1.06**

Vytápěcí okruh B-2

Konstrukce podlahy na terénu

Skladba	d_i	λ_i
	m	$W.m^{-1}.K^{-1}$
koberec	0,005	0,065
Cementový potěr	0,074	1,300
Systémová deska	0,029	0,038
Tepelná izolace	0,160	0,037
Podkladní beton	0,145	1,430
Zemina	1,000	2,000

Parametry sdílení tepla

α_A	12	$W.m^{-2}.K^{-1}$	(Součinitel přestupu tepla - podlaha)
Λ_A	4,604	$W.m^{-2}.K^{-1}$	(Tepelná propustnost vrstvy nad trubkami)
Λ_B	0,176	$W.m^{-2}.K^{-1}$	(Tepelná propustnost vrstvy pod trubkami)

Vstupní teploty

$t_{p,N}$	29 °C	t_i	22 °C
t_m	40 °C	t_{iB}	5 °C

Geometrie

L	0,225 m	d	0,018 m
m	6,43 m^{-1}	r	0,36 m

Střední teplota v rovině trubek

$$t_s = 37,31 \text{ °C}$$

Střední povrchová teplota podlahy

$$t_{p,sk} = 27,87 \text{ °C} < t_{p,N} = 29$$

Měrný tepelný výkon otopné plochy

$$q = 70,49 \text{ W.m}^{-2} \text{ (Tepelný tok na vytápěnou stranu)}$$

$$q' = 5,69 \text{ W.m}^{-2} \text{ (Tepelný tok na nevytápěnou stranu)}$$

Tepelný výkon otopné plochy

$$S_p = 5,95 \text{ m}^2 \text{ (Otopná podl. plocha ohraničená krajní trubkou)}$$

$$O_p = 8 \text{ m} \text{ (Obvod otop. podl. plochy vymezený krajními trubkami)}$$

$$Q_p = 419,42 \text{ W} \text{ (Tepelný výkon otopné plochy)}$$

$$Q_o = 91,79 \text{ W} \text{ (Korekce: 1) (Tepelný výkon okrajové plochy)}$$

$$Q_c = 511,21 \text{ W} \text{ (Celkový tepelný výkon)}$$

$$Q_{p'} = 33,87 \text{ W} \text{ (Tepelný výkon stropu)}$$

Tepelný příkon okruhu

$$Q_{c+p'} = 545,08 \text{ W} \text{ (Celkový tepelný příkon)}$$

$$l = 59,724 \text{ m} \text{ (Délka otopného hadu)}$$

NÁVRH PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

Vytápěné místnosti: **1.09**

Vytápěcí okruh **A -1**

Konstrukce podlahy nad 1PP

Skladba	d_i	λ_i
	m	$W.m^{-1}.K^{-1}$
Keramická dlažba	0,010	1,01
Lepidlo na dlažbu	0,005	1,16
Cementový potěr	0,063	1,3
Systémová deska	0,029	0,038
Tepelná izolace	0,020	0,038
ŽB stropní kce	0,250	1,58
Interiérová omítka	0,025	0,8

Parametry sdílení tepla

α_A	12	$W.m^{-2}.K^{-1}$	(Součinitel přestupu tepla - podlaha)
α_B	8	$W.m^{-2}.K^{-1}$	(Součinitel přestupu tepla - strop)
Λ_A	6,849	$W.m^{-2}.K^{-1}$	(Tepelná propustnost vrstvy nad trubkami)
Λ_B	0,629	$W.m^{-2}.K^{-1}$	(Tepelná propustnost vrstvy pod trubkami)

Vstupní teploty

$t_{p,N}$	29	°C	t_i	20	°C
t_m	36	°C	t_{iB}	15	°C

Geometrie

L	0,225	m	d	0,015	m
m	8,82	m^{-1}	r	0,26	m

Střední teplota v rovině trubek

$$t_s = 32,13 \text{ °C}$$

Střední povrchová teplota podlahy

$$t_{p,sk} = 26,92 \text{ °C} < t_{p,N} = 29$$

Měrný tepelný výkon otopné plochy

$$q = 83,09 \text{ W.m}^{-2} \text{ (Tepelný tok na vytápěnou stranu)}$$

$$q' = 8,23 \text{ W.m}^{-2} \text{ (Tepelný tok na nevytápěnou stranu)}$$

Tepelný výkon otopné plochy

$$S_p = 10,67 \text{ m}^2 \text{ (Otopná podl. plocha ohraničená krajní trubkou)}$$

$$O_p = 12 \text{ m} \text{ (Obvod otop. podl. plochy vymezený krajními trubkami)}$$

$$Q_p = 886,58 \text{ W} \text{ (Tepelný výkon otopné plochy)}$$

$$Q_o = 132,58 \text{ W} \text{ (Korekce: 1) (Tepelný výkon okrajové plochy)}$$

$$Q_c = 1019,16 \text{ W} \text{ (Celkový tepelný výkon)}$$

$$Q_{p'} = 87,79 \text{ W} \text{ (Tepelný výkon stropu)}$$

Tepelný příkon okruhu

$$Q_{c+p'} = 1106,95 \text{ W} \text{ (Celkový tepelný příkon)}$$

$$l = 75,345 \text{ m} \text{ (Délka otopného hadu)}$$

B7. NÁVRH PŘÍPRAVY TEPLÉ VODY

PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY

Denní potřeba teplé vody

Počet osob: 27 (24 dětí, 2x vychovatelka, 1x uklízečka)

Počet jídel: 26 (pouze výdej)

Úklidová plocha: 250 m²

Činnost	Měrná jednotka	Počet měrných jednotek	Spotřeba V _{2P} [m ³ per ⁻¹]	Spotřeba V _{2P} [m ³]
Umývání	osoba	27	0,020	0,540
Sprcha	osoba	2	0,025	0,050
Mytí nádobí	poč. jídel	26	0,001	0,026
Úklid	100 m ²	2,5	0,020	0,050
Σ				0,666

Potřeba tepla

Teplota studené vody: 10 °C

Teplota teplé vody: 50 °C

Teplo odebrané: $Q_{2t} = c \cdot V_{2P} \cdot (\theta_2 - \theta_1) = 1,163 \cdot 0,666 \cdot (50 - 10)$

$$Q_{2t} = 30,982 \text{ kWh}$$

Teplo ztracené: $Q_z = Q_{2t} \cdot z = 30,982 \cdot 0,5$

$$Q_z = 15,491 \text{ kWh}$$

Teplo celkové: $Q_{2P} = Q_{2t} + Q_{2z} = 46,473 \text{ kWh}$

Předpokládaný odběr teplé vody během dne

Čas [h]	Podíl [%]	Teplo odebrané [kWh]
6:00 - 9:00	10	3,098
9:00 - 11:00	5	1,549
11:00 - 12:00	30	9,295
12:00 - 14:00	10	3,098
14:00 - 17:00	35	10,844
17:00 - 18:00	10	3,098

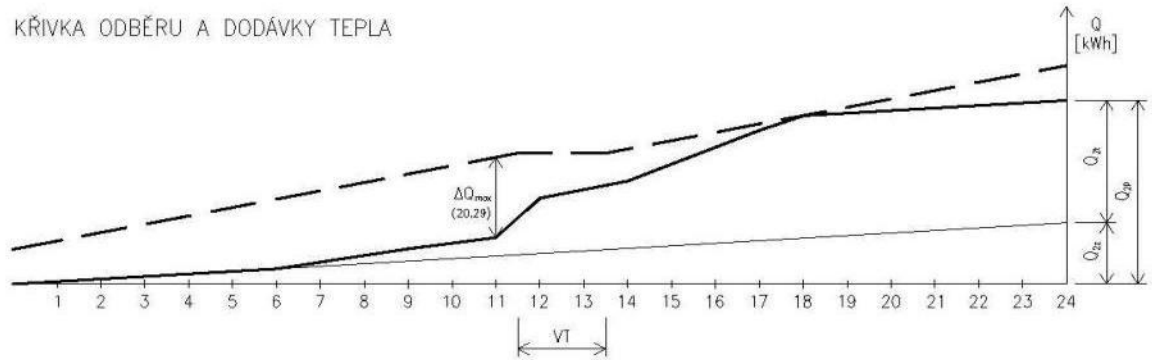
Křivka odběru a dodávky tepla

Nízký tarif: 13:30 - 11:30

Vysoký tarif: 11:30 - 13:30

$\Delta Q_{\max} = 20,29$

KŘIVKA ODBĚRU A DODÁVKY TEPLA



Velikost zásobníku

$$V_z = \Delta Q_{\max} / (c \cdot (\theta_2 - \theta_1)) = 20,29 / (1,163 \cdot (50 - 10))$$

$$= 0,436 \text{ m}^3$$

Jmenovitý tepelný výkon ohřevu

$$\phi_{1n} = (Q_{1p}/t)_{\max} = 46,473/22 = 2,11 \text{ kW}$$

Potřebná teplosměnná plocha

$$\Delta t = [(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)] / \ln[(T_1 - t_2)/(T_2 - t_1)]$$

$$\Delta t = [(55 - 50) - (45 - 10)] / \ln[(55 - 50)/(45 - 10)] = 15,417 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$A = (\phi_{1n} \cdot 10^3) / (U \cdot \Delta t)$$

$$A = 2110 / (420 \cdot 15,417) = 0,326 \text{ m}^2$$

=> Zásobníkový ohřivač Buderus Logalux SU500

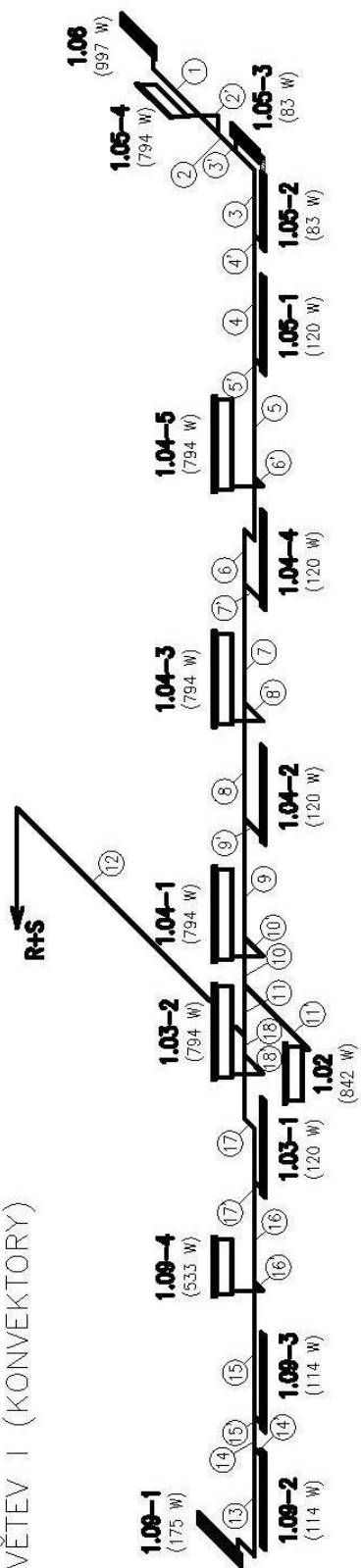
- objem ohřivače: 500 l
- objem otopné vody: 16 l
- průměr: 810 mm
- výška: 1850 mm
- tlaková ztráta: 5,5 kPa

B8. DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ

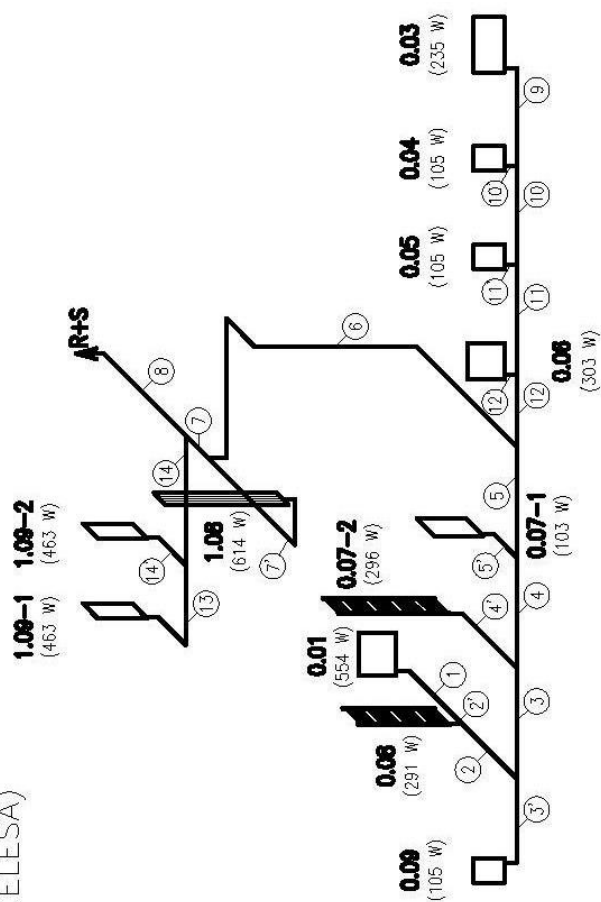
B8.1. Varianta – A

DIMENZAČNÍ SCHÉMA

– VĚTEV I (KONVEKTORY)



– VĚTEV II (OTOPNÁ TĚLESA)



B8.1.1. Větev I (konvektory)

DIMENZOVANÍ PORUBÍ - VĚTEV I (KONVEKTORY)												
Teplotní spád 50/40												
Hlavní (základní) okruh												
č.ú.	Q	M	l	Dxt	R	w	R.I	Σξ	Z	ΔpRV	Δp	Δp _{DIS}
	[W]	[kg/h]	[m]	[mm]	[Pa/m]	m/s]	[Pa]	[-]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
1	630	54,2	4,86	12x1	61,9	0,19	300,83	3,8	67,91	TRV (8) PKOC	2068,75	2068,75
2	1791	154,0	2,20	18x1	51,4	0,21	113,08	0,9	19,65	0	132,73	2201,48
3	1874	161,1	4,88	18x1	55,8	0,22	272,30	3,5	83,86	0	356,17	2557,64
4	1957	168,3	5,68	18x1	60,3	0,23	342,50	0,9	23,57	0	366,07	2923,72
5	2077	178,6	4,80	18x1	69,8	0,25	335,04	1,2	37,13	0	372,17	3295,89
6	2871	246,9	4,82	22x1	41,8	0,22	201,48	6,1	146,16	0	347,64	3643,53
7	2991	257,2	4,80	22x1	45,2	0,23	216,96	0,9	23,57	0	240,53	3884,06
8	3785	325,5	4,82	22x1	68,0	0,29	327,76	0,9	37,47	0	365,23	4249,29
9	3905	335,8	4,80	22x1	72,2	0,30	346,56	1,2	53,47	0	400,03	4649,32
10	4699	404,0	2,76	28x1,5	34,0	0,23	93,84	0,9	23,57	0	117,41	4766,73
11	5541	476,4	2,02	28x1,5	45,1	0,27	91,10	4,5	162,41	0	253,51	5020,23
12	7391	635,5	24,82	28x1,5	75,2	0,36	1866,46	18,1	1161,30	vent. mix	5027,77	10048,00

Vedlejší okruh												
č.ú.	Q	M	l	Dxt	R	w	R.I	Σξ	Z	ΔpRV	Δp	Δp _{DIS}
	[W]	[kg/h]	[m]	[mm]	[Pa/m]	m/s]	[Pa]	[-]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
13	175	15,0	3,40	12x1	9,6	0,05	32,64	6,1	7,55	PK	65,19	2523,18
14	289	24,8	1,48	12x1	17,2	0,09	25,46	0,9	3,61	0	29,07	2552,25
15	403	34,7	4,56	12x1	23	0,12	104,88	1,2	8,55	0	113,43	2665,68
16	936	80,5	3,44	12x1	166,4	0,29	572,42	1,2	49,96	0	622,38	3288,06
17	1056	90,8	5,00	12x1	197,7	0,32	988,50	6,1	309,24	0	1297,74	4585,80
18	1850	159,1	1,02	15x1	156,6	0,34	159,73	4,8	274,70	0	434,43	5020,23

Připojení ostatních OL a PK k základnímu a vedlejšímu okruhu													
č.ú.	Q	M	l	Dxt	R	w	R.I	Σξ	Z	ΔpRV	Δp	Δp _{DIS}	
	[W]	[kg/h]	[m]	[mm]	[Pa/m]	m/s]	[Pa]	[-]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	
2'	794	68,3	0,90	12x1	118,8	0,24	106,92	5,1	145,43	OL	75	327,35	
3'	83	7,1	0,75	12x1	5,7	0,03	4,28	2,5	1,11	PK	15	20,39	
4'	83	7,1	0,75	12x1	5,7	0,03	4,28	2,5	1,11	PK	15	20,39	
5'	120	10,3	0,75	12x1	7,7	0,04	5,78	2,5	1,98	PK	20	27,76	
6'	794	68,3	0,90	12x1	118,8	0,24	106,92	5,1	145,43	OL	75	327,35	
7'	120	10,3	1,75	12x1	7,7	0,04	13,48	2,5	1,98	PK	20	35,46	
8'	794	68,3	1,90	12x1	118,8	0,24	225,72	5,1	145,43	OL	75	446,15	
9'	120	10,3	1,75	12x1	7,7	0,04	13,48	2,5	1,98	PK	20	35,46	
10'	794	68,3	1,90	12x1	118,8	0,24	225,72	5,1	145,43	OL	75	446,15	
11'	842	72,4	5,80	12x1	137,5	0,26	797,50	5,1	170,68	OL	80	1048,18	
14'	114	9,8	0,75	12x1	7,7	0,04	5,78	2,2	1,74	PK	20	27,52	
15'	114	9,8	0,75	12x1	7,7	0,04	5,78	2,2	1,74	PK	20	27,52	
16'	533	45,8	0,90	12x1	38,5	0,16	34,65	5,1	64,64	OL	40	139,29	
17'	120	10,3	0,75	12x1	7,7	0,04	5,78	2,5	1,98	PK	20	27,76	
18'	794	68,3	1,90	12x1	118,8	0,24	225,72	5,1	145,43	OL	75	446,15	
												4585,80	

Hydraulické vyrovnání větve I						
PK/OL	Δp	Δp_{DIS}	Δp_{TRV}	M		Stup. nast.
	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[kg/h]	[kg/h]	
1.02	1048,18	4766,73	3718,55	72,4	72,4	6
1.03-1	27,76	3288,06	3260,31	10,3	10,3	2
1.03-2	446,15	4585,80	4139,65	68,3	68,3	5
1.04-1	446,15	4649,32	4203,17	68,3	68,3	5
1.04-2	35,46	4249,29	4213,83	10,3	10,3	1
1.04-3	446,15	3884,06	3437,91	68,3	68,3	6
1.04-4	35,46	3643,53	3608,07	10,3	10,3	2
1.04-5	327,35	3295,89	2968,54	68,3	68,3	6
1.05-1	27,76	2923,72	2895,96	10,3	10,3	2
1.05-2	20,39	2557,64	2537,26	7,1	7,1	1
1.05-3	20,39	2201,48	2181,09	7,1	7,1	1
1.05-4	327,35	2068,75	1741,40	68,3	68,3	7
1.06	2068,75	2068,75	0,00	54,2	54,2	8
1.09-1	65,19	2523,18	2458,00	15,0	15,0	3
1.09-2	27,52	2523,18	2495,67	9,8	9,8	2
1.09-3	27,52	2552,25	2524,73	9,8	9,8	2
1.09-4	139,29	2665,68	2526,40	45,8	45,8	5

Tabulka součinitelů vřazených odporů										
Hlavní a vedlejší okruh										
Č.ú.	Koleno	Rozšíření Zúžení	T-kus: dělení proudů	T-kus: spojení proudů	T-kus: Průchod dělení	T-kus: Průchod spojení	T-kus: Protiproud spojení	T-kus: Protiproud rozdělení	R+S+F	Σξ
	1,3	0,3	1,3	0,9	0,3	0,6	3	1,5	2,5	
1	2	1			1	1				3,8
2					1	1				0,9
3	2				1	1				3,5
4					1	1				0,9
5		1			1	1				1,2
6	4				1	1				6,1
7					1	1				0,9
8					1	1				0,9
9		1			1	1				1,2
10					1	1				0,9
11							1	1		4,5
12	12								1	18,1
13	4				1	1				6,1
14					1	1				0,9
15		1			1	1				1,2
16		1			1	1				1,2
17	4				1	1				6,1
18		1					1	1		4,8

Tabulka součinitelů vřazených odporů						
Napojení ostatních konvektorů						
Č.ú.	Koleno	Rozšíření Zúžení	T-kus: dělení proudů	T-kus: spojení proudů	ξ	
					ξ	$\Sigma \xi$
	1,3	0,3	1,3	0,9		
2'	2	1	1	1		5,1
3'		1	1	1		2,5
4'		1	1	1		2,5
5'		1	1	1		2,5
6'	2	1	1	1		5,1
7'		1	1	1		2,5
8'	2	1	1	1		5,1
9'		1	1	1		2,5
10'	2	1	1	1		5,1
11'	2	1	1	1		5,1
14'			1	1		2,2
15'			1	1		2,2
16'	2	1	1	1		5,1
17'		1	1	1		2,5
18'	2	1	1	1		5,1

Tlakové ztráty konvektorů						
Č.k.	Typ	Q	M	Δp		č.ú.)
		[W]	[kg/h]	[Pa]	[Pa]	
1.02	OL	842	72,4	80		(11')
1.03-1	PK	120	10,3	20		(17')
1.03-2	OL	794	68,3	75		(18')
1.04-1,3,5	OL	794	68,3	75		(10';8';6')
1.04-2,4	PK	120	10,3	20		(9';7')
1.05-1	PK	120	10,3	20		(5')
1.05-2,3	PK	83	7,1	15		(4';3')
1.05-4	OL	794	68,3	75		(2')
1.06	PKOC	997	85,7	100		(1)
1.09-1	PK	175	15,0	25		(13)
1.09-2,3	PK	114	9,8	20		(14';15')
1.09-4	OL	533	45,8	40		(16')

Akumulační nádrž - R+S									
č.ú.	Q	M	I	Dxt	R	w	Σξ	Z	Δp
	[W]	[kg/h]	[m]	[mm]	[Pa/m]	m/s]	[-]	[Pa]	[Pa]
-	18760	1613,1	8,20	42x1,5	47,3	0,38	7,8	557,60	945,46

B8.1.2. Větev II (otopná tělesa)

DIMENZOVANÍ PORUBÍ - VĚTEV II (OTOPNÁ TĚLESA)													
Teplotní spád 50/40													
Hlavní (základní) okruh													
č.ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	Dxt [mm]	R [Pa/m]	w m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	ΔpRV [Pa]	Δp [Pa]	Δp _{DIS} [Pa]	
1	554	47,6	3,57	12x1	45,5	0,17	162,44	7,8	111,60	TRV (6)	360	634,03	634,03
2	845	72,7	2,62	12x1	137,5	0,26	360,25	2,2	73,63		0	433,88	1067,91
3	950	81,7	4,06	12x1	166,4	0,29	675,58	2,2	91,60		0	767,18	1835,09
4	1246	107,1	3,12	15x1	78,9	0,23	246,17	0,9	23,57		0	269,74	2104,83
5	1349	116,0	0,83	15x1	91,3	0,25	75,78	4,8	148,52		0	224,30	2329,13
6	2097	180,3	21,08	18x1	69,8	0,25	1471,38	12,6	389,86		0	1861,25	4190,37
7	2711	233,1	1,42	18x1	113,7	0,33	161,45	1,2	64,70		0	226,15	4416,52
8	3637	312,7	5,20	22x1	63,9	0,28	332,28	6,2	240,64	vent. mix	5000	5572,92	9989,44

Vedlejší okruh - I													
č.ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	Dxt [mm]	R [Pa/m]	w m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δp [Pa]	Δp _{DIS} [Pa]	Δp _{TRV} [Pa]	Stup. nast.
9	235	20,2	9,76	12x1	13,4	0,07	130,78	5,3	12,86	143,64	1820,20	1676,55	3
10	340	29,2	8,00	12x1	19,1	0,1	152,80	1,9	9,41	162,21	1982,40		
11	445	38,3	6,20	12x1	26,8	0,14	166,16	1,2	11,64	177,80	2160,21		
12	748	64,3	0,41	12x1	105,4	0,23	43,21	4,8	125,71	168,92	2329,13		

Vedlejší okruh - II													
č.ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	Dxt [mm]	R [Pa/m]	w m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	Δp [Pa]	Δp _{DIS} [Pa]	Δp _{TRV} [Pa]	Stup. nast.
13	463	39,8	7,10	12x1	26,8	0,14	190,28	14,9	144,58	334,86	4094,13	3759,27	3
14	926	79,6	1,44	12x1	156,5	0,28	225,36	2,5	97,03	322,39	4416,52		

Připojení ostatních OT k základnímu okruhu a vedlejším okruhům													
č.ú.	Q	M	l	Dxt	R	w	R.l	Σξ	Z	Δp	Δp _{DIS}	Δp _{TRV}	Stup. nast.
	[W]	[kg/h]	[m]	[mm]	[Pa/m]	m/s]	[Pa]	[-]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	
2'	291	25,0	0,30	12x1	17,2	0,09	5,16	5,0	20,05	25,21	634,03	608,82	4
3'	105	9,0	4,89	12x1	5,7	0,03	27,87	5,6	2,50	30,37	1067,91	1037,54	2
4'	296	25,5	6,26	12x1	17,2	0,09	107,67	7,6	30,48	138,15	1835,09	1696,94	3
5'	103	8,9	1,20	12x1	5,7	0,03	6,84	6,9	3,07	9,91	2104,83	2094,91	2
7'	614	52,8	4,08	12x1	61,9	0,19	252,55	9,4	168,00	420,55	4190,37	3769,83	4
10'	105	9,0	0,30	12x1	5,7	0,03	1,71	4,0	1,78	3,49	1820,20	1816,70	2
11'	105	9,0	0,30	12x1	5,7	0,03	1,71	4,0	1,78	3,49	1982,40	1978,91	2
12'	303	26,1	0,30	12x1	17,2	0,09	5,16	6,5	26,07	31,23	2160,21	2128,98	3
14'	463	39,8	2,10	12x1	26,8	0,14	56,28	13,6	131,96	188,24	4094,13	3905,89	3

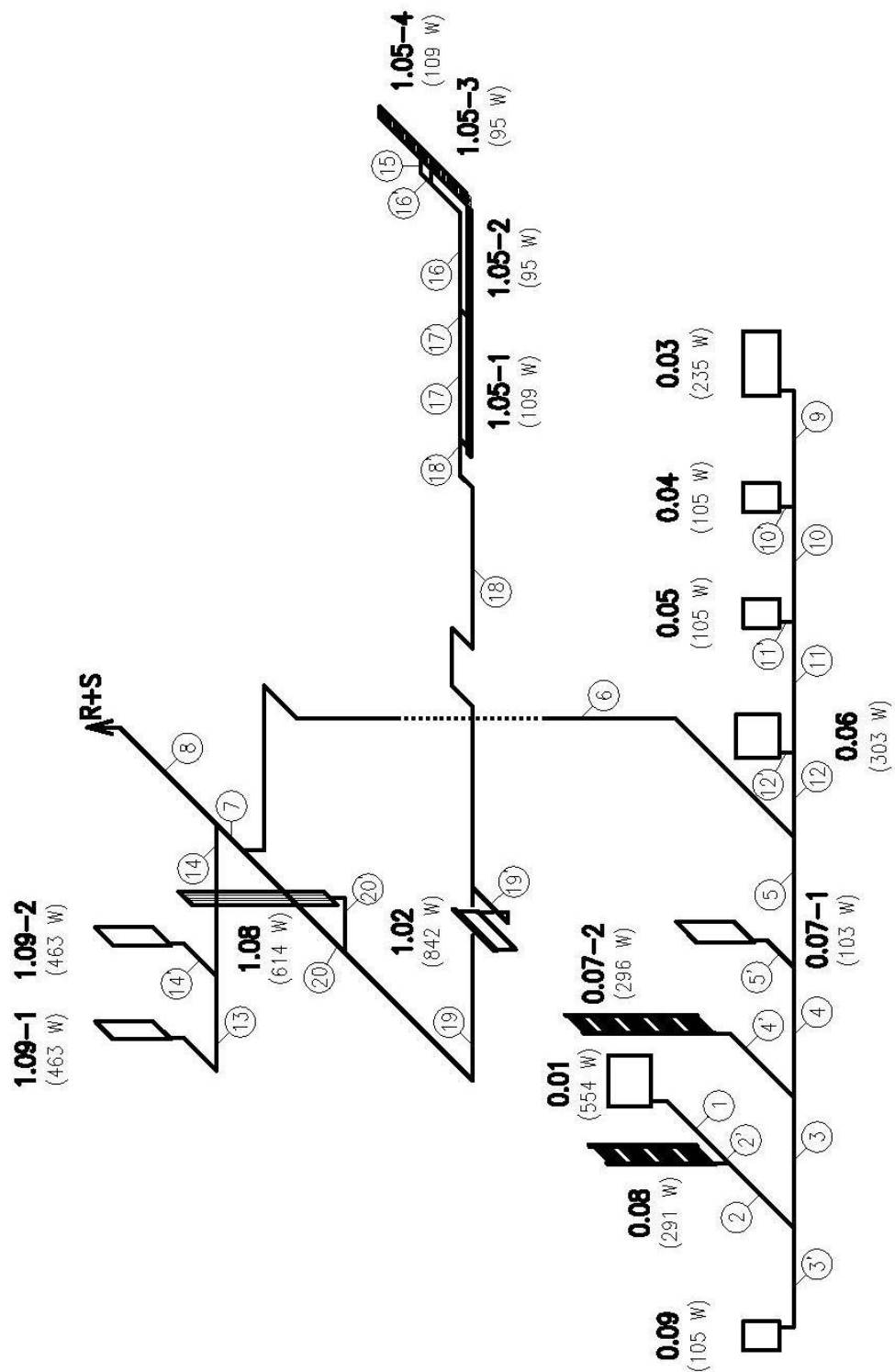
Hydraulické vyrovnání větve II		
OT	Stup. nast.	Pozn.
0.01	6,0	ventilová vložka (součást dodávky těles provedení VK)
0.03	3,0	ventilová vložka (součást dodávky těles provedení VK)
0.04	2,0	ventilová vložka (součást dodávky těles provedení VK)
0.05	2,0	ventilová vložka (součást dodávky těles provedení VK)
0.06	3,0	ventilová vložka (součást dodávky těles provedení VK)
0.07-1	2,0	ventilová vložka (součást dodávky těles provedení VK)
0.07-2	3,0	radiátorový ventil V-exact
0.08	4,0	radiátorový ventil V-exact
0.09	2,0	ventilová vložka (součást dodávky těles provedení VK)
1.08	4,0	ventilová vložka (součást dodávky těles provedení VK)
1.09-1	3,0	ventilová vložka (součást dodávky těles provedení VK)
1.09-2	3,0	ventilová vložka (součást dodávky těles provedení VK)

Tabulka součinitelů vřazených odporů													
Č.ú.	Koleno	Rozšíření Zúžení	T-kus: dělení proudů	T-kus: spojení proudů	T-kus: Průchod dělení	T-kus: Průchod spojení	T-kus: Protiproud spojení	T-kus: Protiproud rozdělení	R+S	Osový kompen- zátor	Filtr	OT	Σξ
	1,3	0,3	1,3	0,9	0,3	0,6	3	1,5	1,5	0,5	1	ξ	
1	2	1			1	1						4,0	7,8
2			1	1									2,2
3		1			1	1				2			2,2
4					1	1							0,9
5		1					1	1					4,8
6	8		1	1									12,6
7		1			1	1							1,2
8	4										1		6,2
9	2				1	1						1,8	5,3
10					1	1				2			1,9
11		1			1	1							1,2
12		1					1	1					4,8
13	4	1			1	1						8,5	14,9
14		1	1	1									2,5
2'		1	1	1								2,5	5,0
3'	2	1			1	1						1,8	5,6
4'	2	1	1	1								2,5	7,6
5'	2	1	1	1								1,8	6,9
7'	4	1			1	1						3,0	9,4
10'			1	1								1,8	4,0
11'			1	1								1,8	4,0
12'		1	1	1								4,0	6,5
14'	2	1	1	1								8,5	13,6

B8.2. Varianta – B

DIMENZAČNÍ SCHÉMA

– VĚTEV I (OTOPNÁ TĚLESA + KONVEKTORY)



B8.2.1. Větev I (otopná tělesa + konvektory)

DIMENZOVÁNÍ PORUBÍ - VĚTEV I (OTOPNÁ TĚLESA + KONVEKTORY)												
Teplotní spád 50/40												
Hlavní (základní) okruh												
č.ú.	Q	M	l	Dxt	R	w	R.l	Σξ	Z	ΔpRV	Δp	Δp _{dis}
	[W]	[kg/h]	[m]	[mm]	[Pa/m]	m/s]	[Pa]	[-]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
15	109	9,4	1,08	12x1	5,7	0,03	6,16	3,5	1,56	TRV (8) PK	125,72	125,72
16	204	17,5	5,36	12x1	11,5	0,06	61,64	3,5	6,24		67,88	193,59
17	299	25,7	3,60	12x1	17,02	0,09	61,27	0,9	3,61		64,88	258,47
18	408	35,1	23,34	12x1	24,9	0,13	581,17	16,8	140,56		721,72	980,20
19	1250	107,5	16,23	15x1	78,9	0,23	1280,55	3,8	99,52		1380,06	2360,26
20	1864	160,3	2,68	18x1	55,8	0,22	149,54	1,2	28,75		178,30	2538,56
7	3961	340,6	1,42	22x1	72,2	0,3	102,52	0,9	40,10		142,62	2681,19
8	4887	420,2	5,20	22x1	109,9	0,38	571,48	7,7	550,45	vent. mix	5321,93	8003,12

Vedlejší okruh - I												
č.ú.	Q	M	l	Dxt	R	w	R.l	Σξ	Z	Δp	Δp _{dis}	Stup. nast.
	[W]	[kg/h]	[m]	[mm]	[Pa/m]	m/s]	[Pa]	[-]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	
1	554	47,6	3,57	12x1	45,5	0,17	162,44	7,8	111,60	274,03	283,69	6,0
2	845	72,7	2,62	12x1	137,5	0,26	360,25	2,2	73,63	433,88	717,57	
3	950	81,7	4,06	12x1	42,5	0,2	172,55	2,2	43,57	216,12	933,68	
4	1246	107,1	3,12	15x1	78,9	0,23	246,17	0,9	23,57	269,74	1203,42	
5	1349	116,0	0,83	15x1	91,3	0,25	75,78	4,8	148,52	224,30	1427,72	
6	2097	180,3	19,08	18x1	59,8	0,25	780,98	12,6	329,86	1110,84	2538,56	

Vedlejší okruh - II													
č.ú.	Q	M	I	Dxt	R	w	R.l	$\Sigma\xi$	Z	Δp	Δp_{Dis}	Δp_{TRV}	Stup. nast.
	[W]	[kg/h]	[m]	[mm]	[Pa/m]	m/s]	[Pa]	[-]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	
9	235	20,2	9,76	12x1	13,4	0,07	130,78	5,3	12,86	143,64	918,79	775,15	3
10	340	29,2	8,00	12x1	19,1	0,1	152,80	1,9	9,41	162,21	1081,00		
11	445	38,3	6,20	12x1	26,8	0,14	166,16	1,2	11,64	177,80	1258,80		
12	748	64,3	0,41	12x1	105,4	0,23	43,21	4,8	125,71	168,92	1427,72		

Vedlejší okruh - III													
č.ú.	Q	M	I	Dxt	R	w	R.l	$\Sigma\xi$	Z	Δp	Δp_{Dis}	Δp_{TRV}	Stup. nast.
	[W]	[kg/h]	[m]	[mm]	[Pa/m]	m/s]	[Pa]	[-]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	
13	463	39,8	7,10	12x1	26,8	0,14	190,28	14,9	144,58	334,86	2358,79	2023,93	4
14	926	79,6	1,44	12x1	156,5	0,28	225,36	2,5	97,03	322,39	2681,19		

Připojení ostatních OT k základnímu okruhu a vedlejším okruhům													
č.ú.	Q	M	l	Dxt	R	w	R.I	Σξ	Z	Δp	Δp _{DIS}	Δp _{TRV}	Stup. nast.
	[W]	[kg/h]	[m]	[mm]	[Pa/m]	m/s]	[Pa]	[-]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	
2'	291	25,0	0,30	12x1	17,2	0,09	5,16	5,0	20,05	25,21	283,69	258,48	7
3'	105	9,0	4,89	12x1	5,7	0,03	27,87	5,6	2,50	30,37	717,57	687,20	2
4'	296	25,5	6,26	12x1	17,2	0,09	107,67	7,6	30,48	138,15	933,68	795,54	5
5'	103	8,9	1,20	12x1	5,7	0,03	6,84	6,9	3,07	9,91	1203,42	1193,51	2
10'	105	9,0	0,30	12x1	5,7	0,03	1,71	4,0	1,78	3,49	918,79	915,30	2
11'	105	9,0	0,30	12x1	5,7	0,03	1,71	4,0	1,78	3,49	1081,00	1077,50	2
12'	303	26,1	0,30	12x1	17,2	0,09	5,16	6,5	26,07	31,23	1258,80	1227,58	3
14'	463	39,8	2,10	12x1	26,8	0,14	56,28	13,6	131,96	188,24	2358,79	2170,55	4
16'	95	8,2	0,46	12x1	5,7	0,03	2,62	2,2	0,98	19,60	125,72	106,11	4
								PK	16,00				
17'	95	8,2	0,46	12x1	5,7	0,03	2,62	2,2	0,98	19,60	193,59	173,99	4
								PK	16,00				
18'	109	9,4	0,46	12x1	5,7	0,03	2,62	2,2	0,98	21,60	258,47	236,87	4
								PK	18,00				
19'	842	72,4	1,00	15x1	30,1	0,15	30,10	7,7	85,77	195,87	980,20	784,33	8
								OL	80,00				
20'	614	52,8	1,15	12x1	61,9	0,19	71,19	5,1	91,15	162,33	2360,26	2197,93	5

Hydraulické vyrovnání větve II		
OT	Stup. nast.	Pozn.
0.01	6,0	ventilová vložka (součást dodávky těles provedení VK)
0.03	3,0	ventilová vložka (součást dodávky těles provedení VK)
0.04	2,0	ventilová vložka (součást dodávky těles provedení VK)
0.05	2,0	ventilová vložka (součást dodávky těles provedení VK)
0.06	3,0	ventilová vložka (součást dodávky těles provedení VK)
0.07-1	2,0	ventilová vložka (součást dodávky těles provedení VK)
0.07-2	5,0	radiátorový ventil V-exact
0.08	7,0	radiátorový ventil V-exact
0.09	2,0	ventilová vložka (součást dodávky těles provedení VK)
1.02	8,0	radiátorový ventil V-exact
1.05-1	4,0	radiátorový ventil V-exact
1.05-2	4,0	radiátorový ventil V-exact
1.05-3	4,0	radiátorový ventil V-exact
1.05-4	8,0	radiátorový ventil V-exact
1.08	5,0	ventilová vložka (součást dodávky těles provedení VK)
1.09-1	4,0	ventilová vložka (součást dodávky těles provedení VK)
1.09-2	4,0	ventilová vložka (součást dodávky těles provedení VK)

Tabulka součinitelů vřazených odporů													
Č.ú.	Koleno	Rozšíření Zúžení	T-kus: dělení proudů	T-kus: spojení proudů	T-kus: Průchod dělení	T-kus: Průchod spojení	T-kus: Protiproud spojení	T-kus: Protiproud rozdělení	R+S	Osový kopen- zátor	Filtr	OT	Σξ
	1,3	0,3	1,3	0,9	0,3	0,6	3	1,5	1,5	0,5	1		
1	2	1			1	1						4,0	7,8
2			1	1									2,2
3		1			1	1				2			2,2
4					1	1							0,9
5		1					1	1					4,8
6	8		1	1									12,6
7					1	1							0,9
8	4							1			1		7,7
9	2				1	1						1,8	5,3
10					1	1				2			1,9
11		1			1	1							1,2
12		1					1	1					4,8
13	4	1			1	1						8,5	14,9
14		1	1	1									2,5
2'		1	1	1								2,5	5,0
3'	2	1			1	1						1,8	5,6
4'	2	1	1	1								2,5	7,6
5'	2	1	1	1								1,8	6,9
7'	2	1	1	1								3,0	8,1
10'			1	1								1,8	4,0
11'			1	1								1,8	4,0
12'		1	1	1								4,0	6,5
14'	2	1	1	1								8,5	13,6
15	2				1	1							3,5
16	2				1	1							3,5
17					1	1							0,9

Tabulka součinitelů vřazených odporů - pokračování													
Č.ú.	Koleno	Rozšíření Zúžení	T-kus: dělení proudů	T-kus: spojení proudů	T-kus: Průchod dělení	T-kus: Průchod spojení	T-kus: Protiproud spojení	T-kus: Protiproud rozdělení	R+S	Osový kopen- zátor	Filtr	OT	Σξ
	1,3	0,3	1,3	0,9	0,3	0,6	3	1,5	1,5	0,5	1	ξ	
18	12	1			1	1							16,8
19	2	1			1	1							3,8
20		1			1	1							1,2
16'			1	1									2,2
17'			1	1									2,2
18'			1	1									2,2
19'	4	1	1	1									7,7
20'	2	1	1	1									5,1

B8.2.2. Větev II a III (podlahové vytápění)

R+S - R+S-A											
č.ú.	Q [W]	M [kg/h]	I [m]	Dxt [mm]	R [Pa/m]	w m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	mix [Pa]	Δp [Pa]
	5496,69	590,8	15,40	28x1,5	70,1	0,34	1079,54	10,3	589,46	1800,00	3469,00

R+S - R+S-B											
č.ú.	Q [W]	M [kg/h]	I [m]	Dxt [mm]	R [Pa/m]	w m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	mix [Pa]	Δp [Pa]
	1464,67	157,4	20,75	15x1	157,4	0,33	3266,05	15,5	835,64	5000,00	9101,69

OTOPNÉ HADY PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ									
č.ú.	Q [W]	M [kg/h]	I [m]	Dxt [mm]	R [Pa/m]	R.l [Pa]	Z [Pa]	Δp [Pa]	
A-1	1106,95	119,0	73,35	15x1,5	140	10269,56	1540,43	11810,0	
A-2	1522,11	163,6	93,655	18x2	100	9365,5	1404,83	10770,3	
A-3	1521,63	163,5	93,864	18x2	100	9386,4	1407,96	10794,4	
A-4	1346	144,7	91,525	18x2	90	8237,25	1235,59	9472,8	
B-1	919,59	98,8	95,44	18x2	50	4772	715,80	5487,8	
B-2	545,08	58,6	59,724	18x2	26	1552,824	232,92	1785,7	

SMĚŠOVACÍ A VYVAŽOVACÍ VENTILY							
				mix		vyvažovací ventil	
Varianta	Větev	M	DN	Δp	Nastavení	Δp	Nastavení
		[kg/h]	[mm]	[Pa]		[Pa]	
A	I	636	25	2000	-	3145	2
	II	313	20	5000	4	7051	1,5
B	I	420	20	4200	6	4980	1,5
	II	590	25	1800	-	-	-
	III	157	15	5000	5	-	-

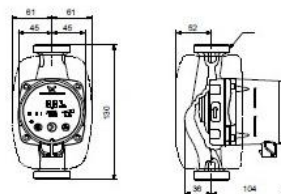
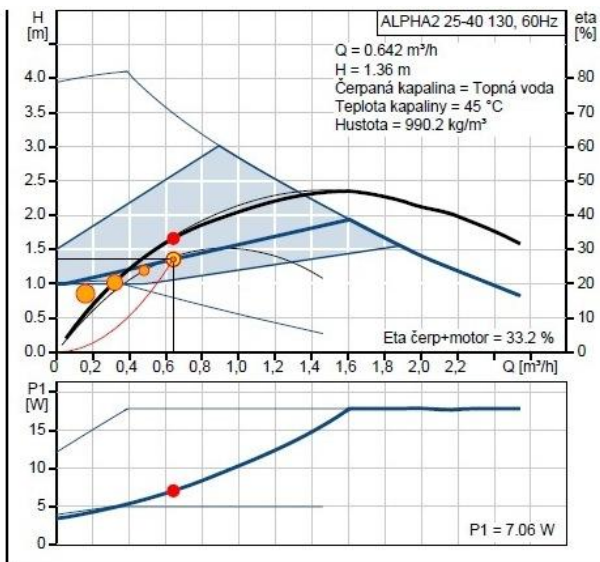
B9. NÁVRH OBĚHOVÝCH ČERPADEL

B9.1. Varianta – A

B9.1.1. Větev I (konvektory)

- Požadované hodnoty: (M = 635,5 kg/h; Δp = 13,562 kPa)

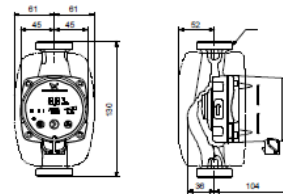
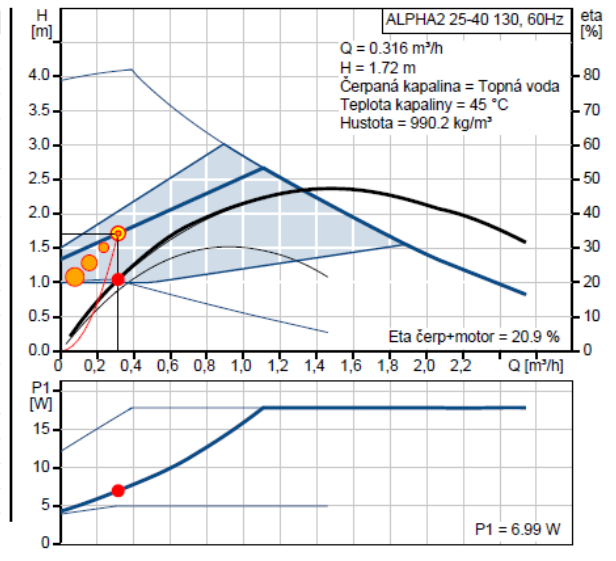
Popis	Hodnota
Název výrobku::	ALPHA2 25-40 130
Číslo výrobku:	97993195
EAN kód::	5710627540340
Techn.:	
Skutečná vypočítaná hodnota průtoku:	0.642 m ³ /h
Výsledná dopravní výška čerpadla:	1.36 m
Max. dopravní výška:	40 dm
Teplotní třída TF:	110
Schval. značky na typovém štítku:	VDE,GS,CE
Materiály:	
Těleso čerpadla:	Litina EN-GJL-150 ASTM A48-150B
Oběžné kolo:	PES 30%GF



B9.1.2. Větev II (otopná tělesa)

- Požadované hodnoty: (M = 312,7 kg/h; $\Delta p = 17,220$ kPa)

Popis	Hodnota
Název výrobku::	ALPHA2 25-40 130
Číslo výrobku:	97993195
EAN kód::	5710627540340
Techn.:	
Skutečná vypočítaná hodnota průtoku:	0.316 m ³ /h
Výsledná dopravní výška čerpadla:	1.72 m
Max. dopravní výška:	40 dm
Teplotní třída TF:	110
Schval. značky na typovém štítku:	VDE,GS,CE
Materiály:	
Těleso čerpadla:	Litina EN-GJL-150
Oběžné kolo:	ASTM A48-150B PES 30%GF

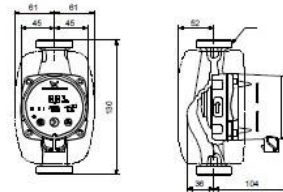
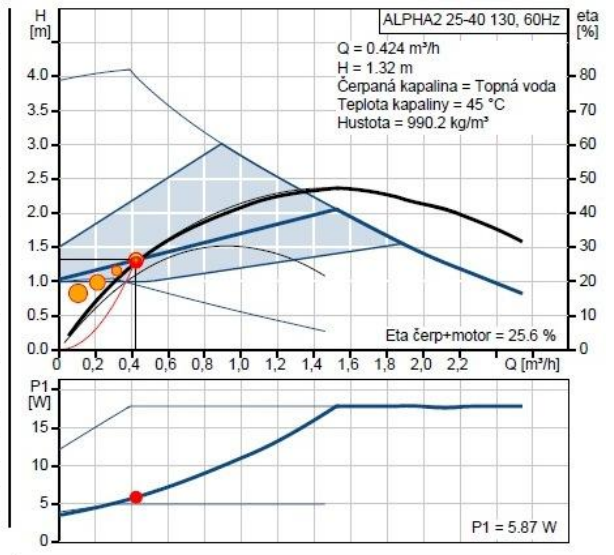


B9.2. Varianta – B

B9.2.1. Větev I (otopná tělesa + konvektory)

- Požadované hodnoty: (M = 420,2 kg/h; $\Delta p = 13,215$ kPa)

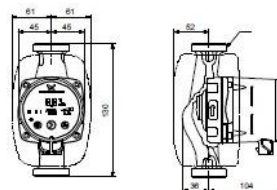
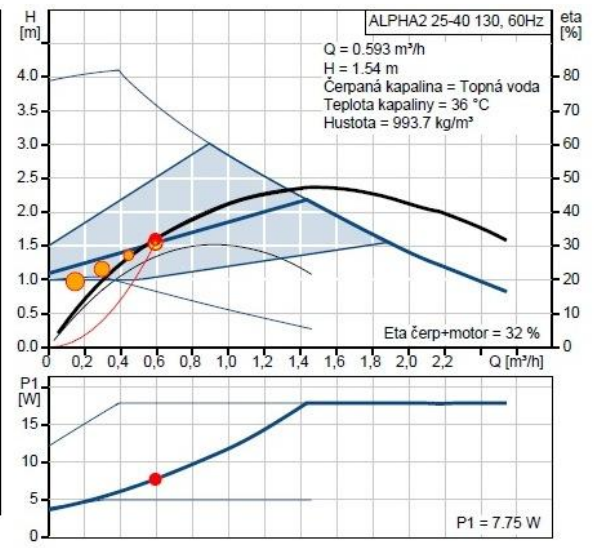
Popis	Hodnota
Název výrobku::	ALPHA2 25-40 130
Číslo výrobku:	97993195
EAN kód::	5710627540340
Techn.:	
Skutečná vypočítaná hodnota průtoku:	0.424 m³/h
Výsledná dopravní výška čerpadla:	1.32 m
Max. dopravní výška:	40 dm
Teplotní třída TF:	110
Schval. značky na typovém štítku:	VDE,GS,CE
Materiály:	
Těleso čerpadla:	Litina EN-GJL-150 ASTM A48-150B
Oběžné kolo:	PES 30%GF



B9.2.2. Větev II (podlahové vytápění -> R+S - A)

- Požadované hodnoty: (M = 590,8 kg/h; $\Delta p = 15,539$ kPa)

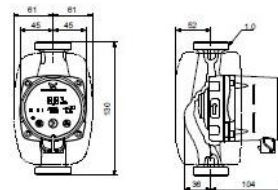
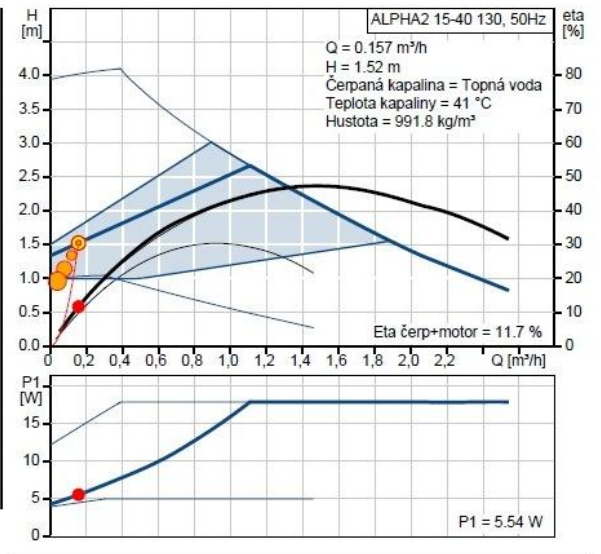
Popis	Hodnota
Název výrobku::	ALPHA2 25-40 130
Číslo výrobku:	97993195
EAN kód::	5710627540340
Techn.:	
Skutečná vypočítaná hodnota průtoku:	0.594 m³/h
Výsledná dopravní výška čerpadla:	1.55 m
Max. dopravní výška:	40 dm
Teplotní třída TF:	110
Schval. značky na typovém štítku:	VDE,GS,CE
Materiály:	
Těleso čerpadla:	Litina EN-GJL-150 ASTM A48-150B
Oběžné kolo:	PES 30%GF



B9.2.3. Větev III (podlahové vytápění -> R+S – B)

- Požadované hodnoty: (M = 157,4 kg/h; Δp = 15,299 kPa)

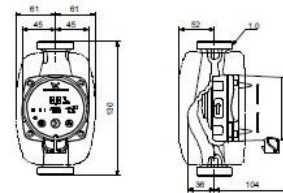
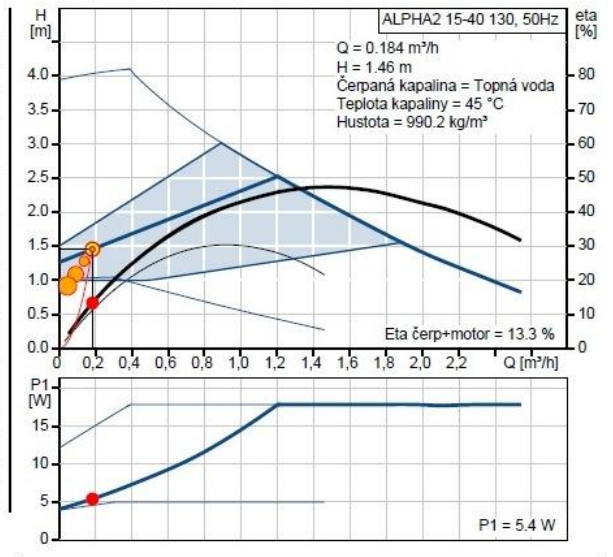
Popis	Hodnota
Název výrobku:	ALPHA2 15-40 130
Číslo výrobku:	97993192
EAN kód:	5710627540319
Techn.:	
Skutečná vypočítaná hodnota průtoku:	0.158 m ³ /h
Výsledná dopravní výška čerpadla:	1.53 m
Max. dopravní výška:	40 dm
Teplotní třída TF:	110
Schval. značky na typovém štítku:	VDE,GS,CE
Materiály:	
Těleso čerpadla:	Litina
	EN-GJL-150
	ASTM A48-150B
Oběžné kolo:	PES 30%GF



B9.3. Zásobníkový ohřivač teplé vody

- Požadované hodnoty: (M = 181,4 kg/h; $\Delta p = 14,579$ kPa)

Popis	Hodnota
Název výrobku::	ALPHA2 15-40 130
Číslo výrobku:	97993192
EAN kód::	5710627540319
Techn.:	
Skutečná vypočítaná hodnota průtoku:	0.184 m ³ /h
Výsledná dopravní výška čerpadla:	1.46 m
Max. dopravní výška:	40 dm
Teplotní třída TF:	110
Schval. značky na typovém štítku:	VDE,GS,CE
Materiály:	
Těleso čerpadla:	Litina EN-GJL-150 ASTM A48-150B
Oběžné kolo:	PES 30%GF



B10. NÁVRH IZOLACE POTRUBÍ

B10.1. Určující hodnoty součinitelů prostupu tepla u vnitřních rozvodů

DN	U [W.m ⁻² .K ⁻¹]
10 – 15	0,15
20 – 32	0,18
40 – 65	0,27
80 - 125	0,34
150 - 200	0,40
(vyhláška č. 193-2007 sb.)	

B10.2. Tloušťka izolace

- Tepelná izolace ROCKWOOL PIPO/PIPO ALS
- Řezaná potrubní izolace z minerální vlny pro izolaci potrubních rozvodů, kaširovaná hliníkovou fólií

- Součinitel tepelné izolace $\lambda = 0,036 \text{ W/m}^{-1}\text{K}^{-1}$

Průměr potrubí D x t	Tloušťka tepelné izolace	Průměr potrubí s izolací	Souč. prostupu tepla U
[mm]	[mm]	[mm]	[W.m ⁻² .K ⁻¹]
12x1	25	62	0,130
15x1	25	65	0,145
18x1	30	78	0,146
22x1	30	82	0,163
28x1,5	40	108	0,161
35x1,5	50	135	0,163
42x1,5	40	122	0,203

B11. NÁVRH ULOŽENÍ POTRUBÍ

- Směrné hodnoty montážních vzdáleností pro uchycení měděných potrubí vedoucí vodu

Vnější průměr Potrubí [mm]	Vzdálenost připevnění [m]
12	1,25
15	1,25
18	1,5
22	2
28	2,25
35	2,75
42	3

B12. NÁVRH ROZDĚLOVAČŮ A SBĚRAČŮ

B12.1. Hlavní rozdělovač/sběrač

B12.1.1. Varianta – A

- Přenášený výkon: 18,76 kW
- Hmotnostní průtok: 1613,1 kg/h
- ⇒ Kombinovaný rozdělovač/sběrač Regulus HV 70/125-4
- Připojení 4 topných okruhů, osová vzdálenost trubek 125 mm, délka 1008 mm

B12.1.2. Varianta – B

- Přenášený výkon: 19,81 kW
- Hmotnostní průtok: 1703,4 kg/h
- ⇒ Kombinovaný rozdělovač/sběrač Regulus HV 70/125-5
- Připojení 5 topných okruhů, osová vzdálenost trubek 125 mm, délka 1008 mm

B12.2. Rozdělovač/sběrač pro podlahové vytápění

B12.2.1. Rozdělovač/sběrač – A

Topný okruh	Požadovaný průtok	Nastavení tlakové ztráty Δp	k_v	Nastavení
	[kg/h]/[m ³ /h]	[Pa]	[m ³ /h]	[-]
A1	119,0/0,120	Základní okruh	-	2,5
A2	163,6/0,165	1039,7	1,618	2,5
A3	163,5/0,165	1015,6	1,637	2,5
A4	144,7/0,146	2337,2	0,955	1,5

- ⇒ Rozdělovací stanice topných okruhů ve skříní
- Napojení zespodu
 - 4 topné okruhy => GT-VKM 7 (rozměr skříně 690x680x110 mm v x š x h)

B12.2.2. Rozdělovač/sběrač – B

Topný okruh	Požadovaný průtok	Nastavení tlakové ztráty Δp	k_v	Nastavení
	[kg/h]/[m ³ /h]	[Pa]	[m ³ /h]	[-]
B1	98,8/0,100	Základní okruh	-	2,5
B2	58,6/0,059	3702,1	0,307	0,25

- ⇒ Rozdělovací stanice topných okruhů ve skříní
- Napojení zespodu
 - 2 topné okruhy => GT-VKM 4 (rozměr skříně 690x450x110 mm v x š x h)

B13. NÁVRH ZDROJE TEPLA

B13.1. Návrh tepelného čerpadla

Vstupní hodnoty

Zdroj: Tepelné čerpadlo země – voda se zemními vrty, pracující v monovalentním provozu

Požadovaný tepelný výkon zdroje: 18,76 kW

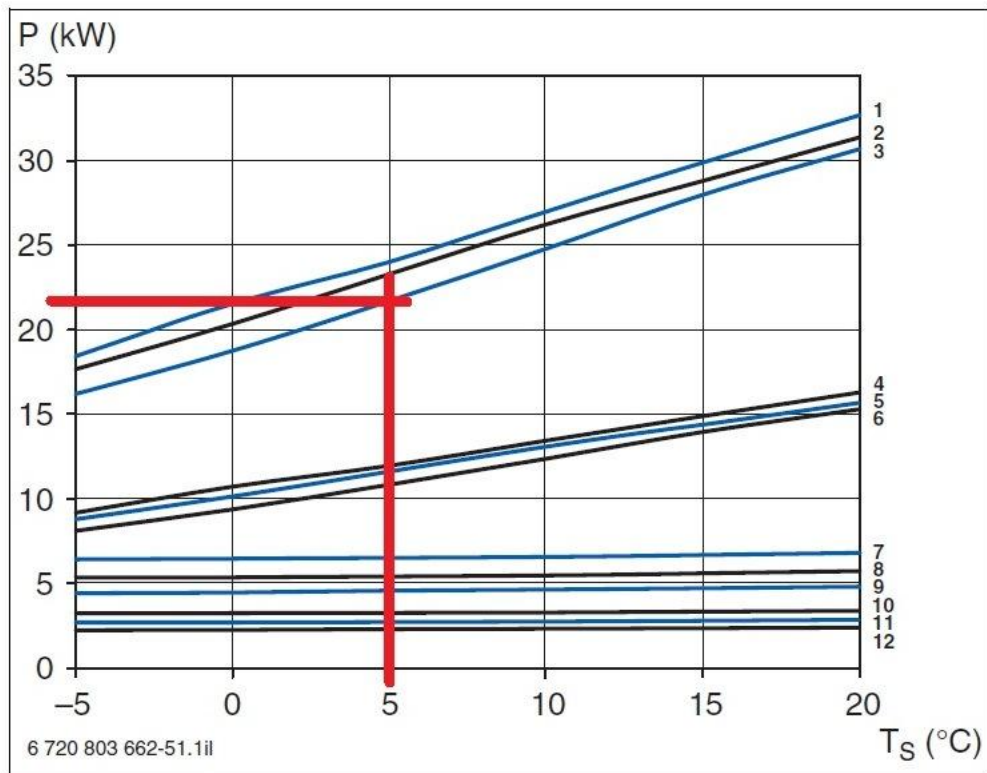
Teplotní spád na sekundární straně zdroje: 55/45 °C

Výběr konkrétního produktu

Výrobce: Buderus

Typové označení výrobku: Logatherm WPS 22

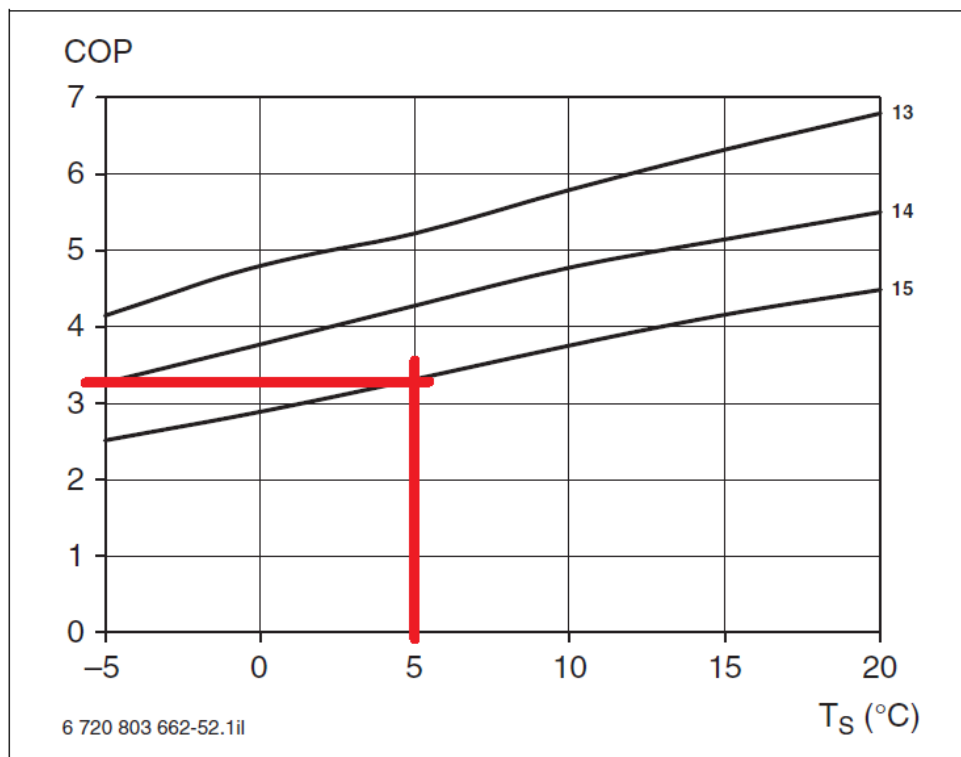
Určení topného výkonu:



T_S = vstupní teplota solanky

Topný výkon tepelného čerpadla: $Q = 21,5$ kW

Určení topného faktoru:



Výsledný topný faktor: $COP = 3,15$

Rozměr: 700x750x1620 mm

B13.2. Návrh vertikálního a horizontálního výměníku

B13.2.1. Návrh hloubky vrtu

Topný výkon tepelného čerpadla: $Q_{TOP} = 21,5$ kW

Topný faktor: COP = 3,15

Chladicí výkon tepelného čerpadla: $Q_{CH} = Q_{TOP} - Q_{EL} = 21,5 - 6,8 = 14,7$ kW

Elektrický příkon tepelného čerpadla: $Q_{EL} = 6,8$ kW

Měrný odběrový tepelný tok (normální zemina): $q = 50$ W.m⁻¹

Délka zemního vrtu: $L = Q_{CH} / q = 14\,700 / 50 = 294$ m

⇒ Provedení tří vrtů o délkách 98 m

B13.2.2. Návrh plochy zemního kolektoru

Topný výkon tepelného čerpadla: $Q_{TOP} = 19,0$ kW

Topný faktor: COP = 3,0

Chladicí výkon tepelného čerpadla: $Q_{CH} = Q_{TOP} - Q_{EL} = 19,0 - 6,3 = 12,7$ kW

Elektrický příkon tepelného čerpadla: $Q_{EL} = 6,3$ kW

Měrný odběrový tepelný tok (normální zemina): $q = 16$ W.m⁻²

Plocha zemního kolektoru: $S = Q_{CH} / q = 12\,700 / 16 = 794$ m²

⇒ Tato varianta je zamítnuta primárně z důvodu nedostatečné plochy pozemku vytápěného objektu.

B14. NÁVRH AKUMULAČNÍHO VYROVNÁVACÍHO ZÁSOBNÍKU

- Zásobník je dimenzován tak, aby se omezily starty tepelného čerpadla maximálně na 3 za hodinu
 - $V = Q / (c \cdot \Delta t)$, kde $Q = P \cdot t$
 - $V = (18,8 \cdot 0,33) / (1,163 \cdot (55-40)) = 0,356$ m³
 - V = objem akumulčního zásobníku [m³]
 - Q = tepelná energie [kW]
 - P = topný výkon tepelného čerpadla [kW]
 - t = doba překlenutí [h]
 - c = 1,163 [Wh/(kg.K)]
 - Δt = rozdíl vstupní a výstupní teploty [K]
- ⇒ Zásobník Buderus PR 500
- Objem 500l, průměr s tepelnou izolací 815 mm, výška s tep. izolací 1805 mm, max provozní přetlak 3 bar.

B15. NÁVRH POJISTNÉHO ZAŘÍZENÍ

B15.1. Návrh expanzní nádoby

B15.1.1. Výpočet vodního objemu

VÝPOČET VODNÍHO OBJEMU V SOUSTAVĚ

Varianta A - otopná tělesa + konvektory

Potrubí

Průřez	Délka	Měř. obj.	Celk. obj.
mm	m	l/m	l
12x1	107,83	0,079	8,519
15x1	4,97	0,133	0,661
18x1	40,06	0,201	8,052
22x1	24,44	0,314	7,674
28x1,5	29,60	0,491	14,534
35x1,5	7,40	0,804	5,950
Další zař.			4,539

Celkem 49,93

Otopná tělesa

Typ OT	ks	l/ks	l
10/5040	3	1,08	3,24
10/5090	1	2,40	2,40
11/5040	1	1,08	1,08
21/6060	1	3,48	3,48
33/6070	3	6,09	18,27
KL1500/750	1	8,00	8,00
KL1820/600	1	8,20	8,20
KT20/2000/588	1	18,20	18,20

Celkem 62,87

Konvektory

Typ	ks	l/ks	l
OL 100	2	1,60	3,20
OL 160	5	2,56	12,80
PK 120	2	0,48	0,96
PK 160	6	0,64	3,84
PK 200	1	0,80	0,80
PKOC 120	1	0,48	0,48

Celkem 22,08

Tepelné čerpadlo

Celkem 5 l

Akumulační nádrž

Celkem 500 l

Zásobníkový ohřivač

Celkem 16 l

Celkový objem vody v soustavě: 656 l

VÝPOČET VODNÍHO OBJEMU V SOUSTAVĚ

Varianta B - otopná tělesa + konvektory + podlahové vytápění

Potrubí

Průřez	Délka	Měř. obj.	Celk. obj.
mm	m	l/m	l
12x1	95,72	0,079	7,562
15x1	38,38	0,133	5,105
18x1	23,76	0,201	4,776
22x1	19,21	0,314	6,032
35x1,5	7,40	0,804	5,950
Další zařízení			2,942
Celkem			32,37

Otopná tělesa

Typ OT	ks	l/ks	l
10/5040	3	1,08	3,24
10/5090	1	2,40	2,40
11/5040	1	1,08	1,08
21/6060	1	3,48	3,48
33/6070	3	6,09	18,27
KL1500/750	1	8,00	8,00
KL1820/600	1	8,20	8,20
KT20/2000/588	1	18,20	18,20
Celkem			62,87

Konvektory

Typ	ks	l/ks	l
PK 160	2	0,288	0,576
PK 180	2	0,324	0,648
Celkem			1,22

Podlahové vytápění

Průřez	Délka	Měř. obj.	Celk. obj.
mm	m	l/m	l
15x1,5	75,345	0,113	8,514
18x2	434,208	0,153	66,434
Celkem			74,95

Tepelné čerpadlo

Celkem 5 l

Akumulační nádrž

Celkem 500 l

Zásobníkový ohřivač

Celkem 16 l

Celkový objem vody v soustavě:

692 l

B15.1.2. Expanzní nádoba - varianta - A

Vstupní hodnoty:

Výška otopné soustavy: $h = 1 \text{ m}$

Výška manometrické roviny: $h_{MR} = 1,8 \text{ m}$

Objem vody v soustavě: $V = 656 \text{ l}$

Pojistný výkon: $Q_p = 21,5 \text{ kW}$

Maximální teplota v soustavě: 55 °C

Expanzní objem: $n = 1,5\%$

Minimální konstrukční přetlak: $p_k = 0,3 \text{ MPa}$

Řešení:

Nejnižší dovolený provozní přetlak (statický tlak v soustavě):

$$P_{ddov} \geq 1,1 \cdot h \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3} \cdot (+\Delta p_z)$$

$$P_{ddov} \geq 1,1 \cdot 1 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3} \cdot (+\Delta p_z)$$

$$P_{ddov} \geq 10,79 \text{ (volím } 50 \text{ kPa} \Rightarrow \text{ dle min. provozního tlaku tepelného čerpadla)}$$

Nejvyšší dovolený přetlak v soustavě:

$$P_{hdov} \leq p_k - (h_{MR} \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3})$$

$$P_{hdov} \leq 300 - (1,8 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3})$$

$$P_{hdov} \leq 282 \text{ kPa (volím otevírací přetlak } 250 \text{ kPa)}$$

Expanzní objem:

$$V_e = 1,3 \cdot n \cdot V = 1,3 \cdot 0,015 \cdot 656 = 12,79 \text{ l}$$

Předběžný objem expanzní nádoby:

$$V_{ep} = (V_e \cdot (p_{hp} + 100)) / (p_{hp} - p_d) = (0,01279 \cdot (250 + 100)) / (250 - 50) = 0,0224 \text{ m}^3$$

$$\Rightarrow \text{ Tlaková expanzní nádoba s membránou } 25 \text{ l (D = 308 mm, H = 480 mm)}$$

Průměr expanzního potrubí:

$$d_p = 10 + 0,6 \cdot Q_p^{0,5} = 10 + 0,6 \cdot 21,5^{0,5} = 27,82 \text{ mm} \Rightarrow 35 \times 1,5 \text{ mm}$$

B15.1.3. Expanzní nádoba - varianta – B

Vstupní hodnoty:

Výška otopné soustavy: $h = 1 \text{ m}$

Výška manometrické roviny: $h_{MR} = 1,8 \text{ m}$

Objem vody v soustavě: $V = 692 \text{ l}$

Pojistný výkon: $Q_p = 21,5 \text{ kW}$

Maximální teplota v soustavě: 55 °C

Expanzní objem: $n = 1,5\%$

Minimální konstrukční přetlak: $p_k = 0,3 \text{ MPa}$

Řešení:

Nejnižší dovolený provozní přetlak (statický tlak v soustavě):

$$P_{ddov} \geq 1,1 \cdot h \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3} \cdot (+\Delta p_z)$$

$$P_{ddov} \geq 1,1 \cdot 1 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3} \cdot (+\Delta p_z)$$

$$P_{ddov} \geq 10,79 \text{ (volím } 50 \text{ kPa} \Rightarrow \text{ dle min. provozního tlaku tepelného čerpadla)}$$

Nejvyšší dovolený přetlak v soustavě:

$$P_{hdov} \leq p_k - (h_{MR} \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3})$$

$$P_{hdov} \leq 300 - (1,8 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3})$$

$$P_{hdov} \leq 282 \text{ kPa (volím otevírací přetlak 250 kPa)}$$

Expanzní objem:

$$V_e = 1,3 \cdot n \cdot V = 1,3 \cdot 0,015 \cdot 692 = 13,49 \text{ l}$$

Předběžný objem expanzní nádoby:

$$V_{ep} = (V_e \cdot (p_{hp} + 100)) / (p_{hp} - p_d) = (0,01349 \cdot (250 + 100)) / (250 - 50) = 0,0236 \text{ m}^3$$

⇒ Tlaková expanzní nádoba s membránou 25 l (D = 308 mm, H = 480 mm)

Průměr expanzního potrubí:

$$d_p = 10 + 0,6 \cdot Q_p^{0,5} = 10 + 0,6 \cdot 21,5^{0,5} = 27,82 \text{ mm} \Rightarrow 35 \times 1,5 \text{ mm}$$

B15.2. Výpočet pojistného ventilu

Vstupní hodnoty:

Pojistný výkon: $Q_p = 21,5 \text{ Kw}$

Otevírací přetlak pojistného ventilu: $p_{ot} = 250 \text{ kPa}$

Konstanta závislá na stavu syté vodní páry při p_{ot} : $K = 1,12 \text{ [Kw/mm}^2\text{]}$

Výtokový součinitel: $\alpha_v = 0,449$

Součinitel zvětšení sedla: $a = 1,51$

Řešení:

Průřez sedla PV: $A_0 = Q_p / (\alpha_v \cdot K) = 21,5 / (0,449 \cdot 1,12) = 42,75 \text{ mm}^2$

Ideální průřez sedla: $d_i = 2 \cdot (A_0 / \pi)^{0,5} = 7,38 \text{ mm}$

Průměr sedla skutečného pojistného ventilu: $d_0 = a \cdot d_i = 1,3 \cdot 7,38 = 9,59 \text{ mm}$

Vnitřní průměr pojistného (vstupního a výstupního) potrubí: $15 + 1,4 \cdot Q_p^{0,5} = 15 + 1,4 \cdot 21,5^{0,5} = 21,49 \text{ mm} \Rightarrow \text{DN } 25 \Rightarrow \text{Cu potrubí } 28 \times 1,5$

⇒ Pojistný ventil HONEYWELL SM 120 – ¾ A

Připojení		Rozměry (mm)				Hmotnost	Pro soustavy do výkonu		Koeficient	Průměr sedla	Objednací číslo
vstup	výstup	H	h	l	Do	kg	kW	kcal/h	av	mm	
Pro uzavřené otopné soustavy, nastavený tlak 2,5 bar											
½"	¾"	93	28	36	15	0,3	50	45 000	0,289	16	SM 120 – 1/2 A
¾"	1"	99	34	42	16	0,4	100	90 000	0,449	16	SM 120 – 3/4 A
1"	1 ¼"	137	41	51	22	0,9	200	175 000	0,558	24	SM 120 – 1 A
1 ¼"	1 ½"	144	47	57	27	1,1	350	300 000	0,583	27	SM 120 – 1 1/4 A
Pro uzavřené otopné soustavy, nastavený tlak 3,0 bar											
½"	¾"	93	28	36	15	0,3	50	45 000	0,289	16	SM 120 – 1/2 B
¾"	1"	99	34	42	16	0,4	100	90 000	0,449	16	SM 120 – 3/4 B
1"	1 ¼"	137	41	51	22	0,9	200	175 000	0,558	24	SM 120 – 1 B
1 ¼"	1 ½"	144	47	57	27	1,1	350	300 000	0,583	27	SM 120 – 1 1/4 B
Pro uzavřené solární soustavy, nastavený tlak 6,0 bar											
½"	¾"	93	28	36	15	0,3	100	90 000	0,289	16	SM 120 – 1/2 C
Zákaznické provedení, nastavený tlak může být v rozsahu 2,5 až 6,0 bar (nutno specifikovat v objednávce)											
½"	¾"	93	28	36	15	0,3	100	90 000	0,289	16	SM 120 – 1/2 Z

B16. ROČNÍ SPOTŘEBA TEPLA

B16.1. Roční spotřeba tepla na přípravu teplé vody

Vstupní hodnoty:

- Spotřeba teplé vody: $V = 0,67 \text{ m}^3/\text{den}$
- Vstupní teplota vody: $10/15 \text{ }^\circ\text{C}$ (zima/léto) η
- Výstupní teplota vody: $50 \text{ }^\circ\text{C}$

Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody:

- $E_{TV,d} = V \cdot c \cdot (t_2 - t_1) = 0,67 \cdot 1,163 \cdot (55 - 10) = 31,17 \text{ kWh/den}$

Roční potřeba tepla

- $E_{TV} = E_{TV,d} \cdot d + k_t \cdot E_{TV,d} \cdot (,350'' - d) = 31,17 \cdot 230 + 0,875 \cdot 31,17 \cdot (305 - 230) = 9,215 \text{ MWh/rok}$
- Korekce (zima/léto): $k_t = (t_{tv} - t_{sv,L}) / (t_{tv} - t_{sv,Z}) = (50 - 15) / (50 - 10) = 0,875$

Roční spotřeba energie pro přípravu teplé vody

- $E_{TV,SK} = E_{TV} / (\eta_{zdroje} \cdot \eta_{distribuce}) = 10,442 / (0,95 \cdot 0,5) = 19,4 \text{ MWh}$

B16.2. Roční spotřeba tepla na vytápění

Vstupní hodnoty:

- Tepelná ztráta prostupem: $Q = 9,82 \text{ kW}$
- Průměrná teplota vytápěných místností: $t_{is} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
- Průměrná venkovní teplota otopného období: $t_e = 3,9 \text{ }^\circ\text{C}$
- Počet dnů otopného období: $d = 230$
- Součinitel vyjadřující nesoučasnost infiltrace během roku: $\varepsilon = 0,9$
- Součinitel vyjadřující vliv přerušovaného vytápění: $e = 1$
- Počet denostupňů: $D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 230 \cdot (20 - 3,9) = 3703$
- Měrná tepelná ztráta prostupem: $H_T = Q/\Delta t = 9820 / (20 - (-15)) = 281 \text{ W/K}$

Roční potřeba energie:

- $E_{UT} = 24 \cdot \varepsilon \cdot e \cdot D \cdot H_T = 24 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 3703 \cdot 281 = 22,476 \text{ MWh/rok}$

Roční spotřeba energie:

- $E_{UT,sk} = E_{UT} / (\eta_{zdroje} \cdot \eta_{distribuce}) = 22,476 / (0,95 \cdot 0,95) = 24,91 \text{ MWh/rok}$

B16.3. Roční spotřeba tepla na větrání

B16.3.1. Výpočet výkonu ohříváče vzduchu

Vstupní hodnoty:

- Teplota venkovního vzduchu: $t_e = -15 \text{ °C}$
- Teplota přívodního vzduchu: $t_p = 20 \text{ °C}$
- Teplota odváděného vzduchu: $t_p = 20 \text{ °C}$
- Teplotní účinnost deskového výměníku: $\eta = 65\%$
- Objemový průtok vzduchu: $V_p = V_o = 1640 \text{ m}^3/\text{h}$

Teplota venkovního vzduchu po přehřátí deskovým výměníkem:

- $t_r = t_e + \eta \cdot (t_o - t_e) = 7,75 \text{ °C}$

Potřebný výkon ohřivače pro dohřev vzduchu

- $Q_{VZT} = V_p \cdot \rho \cdot c \cdot (t_p - t_r) = 6,83 \text{ kW}$

B16.3.2. Potřeba tepla na nucené větrání

Vstupní údaje:

- Měrná tepelná ztráta větráním: $H_v = Q/\Delta t = 6830/35 = 195,14 \text{ W/K}$
- Součinitel vyjadřující vliv přerušovaného provozu: (počet provozních dnů v týdnu/7)
 $e = 5/7 = 0,71$
- Počet provozních hodin: $h = 11 \text{ hod.}$
- Počet dnů s teplotou nižší než ve větraném prostoru: $Z = 277$
- Průměrná teplota větraných místností: $t_{iv} = 20 \text{ °C}$
- Průměrná venkovní teplota období s ohřevem vzduchu $t_{es} = 5,2 \text{ °C}$
- Počet větracích denostupňů: $D_v = Z \cdot (t_{iv} - t_{es}) = 277 \cdot (20 - 5,2) = 4099,6$

Potřeba energie na větrání:

- $E_{VZT} = e \cdot h \cdot D_v \cdot H_v = 0,71 \cdot 11 \cdot 4099,6 \cdot 195,14 = 6,248 \text{ MWh/rok}$

Spotřeba energie:

- $E_{VZT,sk} = E_{VZT}/(\eta_{zdroje} \cdot \eta_{distribuce}) = 6,248 / (0,95 \cdot 0,95) = 6,923 \text{ MWh/rok}$

B17. IDEOVÉ ŘEŠENÍ NAVAZUJÍCÍCH PROFESÍ TZB

B17.1. Vzduchotechnika

Ideové řešení distribuce vzduchu je uvedeno v kapitole B2. Koncepční řešení nuceného větrání. Součástí dodávky profese vzduchotechnika je teplovodní výměník pro dohřev vzduchu ve vzduchotechnické jednotce, včetně směšovacího uzlu u jednotky. Výměník bude připojen ke zdroji tepla pro vytápění a ohřev teplé vody.

B17.2. Zdravotně technické instalace

Profese ZTI zajistí připojení zásobníkového ohřivače teplé vody na rozvod studené vody, teplé vody a cirkulace. Dále zajistí přívod vody pro automatické doplňování vody do otopného systému. Ve strojovně topení je nutno osadit podlahovou vpusť.

B17.3. Elektroinstalace

Řeší připojení technologických zařízení ve strojovně topení, připojení ventilátoru u podlahového konvektoru (varianta – A místnost č. 1.06 herna), dále zajistí umělé osvětlení strojovny topení a umístí zásuvku pro montáž a údržbu zařízení.

B17.4. Měření a regulace

Tepelné čerpadlo pracuje v režimu zapnuto/vypnuto. Zapínání a vypínání je řízeno v závislosti na teplotě v akumulační nádrži, snímané teplotním čidlem. Teplota otopné vody pro vytápění je řízena ekvitermním regulátorem a je zajištěna prostřednictvím trojcestného směšovacího ventilu za rozdělovačem. Regulační uzel se směšováním pro ohřivač vzduchu je umístěn u vzduchotechnické jednotky. Čerpadlo pro přívod otopné vody do zásobníkového ohřivače teplé vody je řízeno na základě teplot teplé vody v zásobníku. Otopná tělesa a otopné lavice jsou opatřeny termostatickými ventily s hlavicemi. Trojcestné směšovací ventily podlahového vytápění jsou řízeny pomocí čidla pokojové teploty.

B18. HODNOCENÍ NAVRŽENÝCH VARIANT

B18.1. Způsob jímání tepla ze země

Ze dvou zvažovaných variant (jímání tepla prostřednictvím vrtu, nebo plošného zemního kolektoru), byla zvolena varianta vrtů. Druhá varianta mohla být přímo zavrhnuta po provedení výpočtu potřebné plochy kolektoru, která značně převyšuje plochu pozemku, který je k dispozici.

B18.2. Volba otopných ploch v 1 NP

Zpracovány byly dvě varianty (podlahové vytápění, nebo podlahové konvektory doplněné otopnými lavicemi). Zejména z důvodu uživatelského komfortu a prostorových nároků, preferuji variantu s podlahovým vytápěním. Jelikož pro zpracování varianty s konvektory, byly zvoleny konvektory na přirozenou konvekci, musely být doplněny, z hlediska výkonů, o otopné lavice, které mají větší výkony. Tyto lavice však jsou náročnější na prostor, i když je lze v řadě případů využít i k sezení. Nespornou výhodou této varianty je lepší eliminace nepříznivých vlivů velkých prosklených chladných stěn na komfort prostředí. Podlahové vytápění zase umožňuje bez omezení využívat celou podlahovou plochu místností a bezproblémový úklid. Další výhodou podlahového vytápění je větší akumulace tepla, kterou lze využít pro lepší překonání doby vysokého cenového tarifu elektrické energie, kdy je tepelné čerpadlo nuceno být mimo provoz. Nevýhodou je zase větší příkon podlahového vytápění, způsobený nežádoucím tepelným tokem do podzemního podlaží.

DIPLOMOVÁ PRÁCE
NA TÉMA
TEPELNÁ ČERPADLA ZEMĚ – VODA

**ČÁST C – EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ A ZPRACOVÁNÍ
VÝSLEDKŮ**

Obsah kapitoly:

C1.	ÚVOD	144
C2.	CÍL MĚŘENÍ	145
C3.	MĚŘENÍ TEPLOT	145
C4.	MĚRNÝ ODBĚROVÝ TEPELNÝ TOK	145
C5.	ZPRACOVÁNÍ HODNOT PRO JEDEN VRT	146
	C5.1. Průběh teplot na primárním (solankovém) okruhu	147
	C5.2. Průběh teplot na sekundární straně tepelného čerpadla	147
	C5.3. Výkonové parametry tepelného čerpadla	149
	C5.3.1. Chladicí výkon tepelného čerpadla	150
	C5.3.2. Topný faktor	150
	C5.3.3. Elektrický příkon a topný výkon tepelného čerpadla	150
	C5.4. Skutečné měrné odběrové toky	150
C6.	ZPRACOVÁNÍ HODNOT PO PŘIDÁNÍ DRUHÉHO VRTU	151
	C6.1. Průběh teplot na primární a sekundární straně tepelného čerpadla	151
	C6.2. Výkonové parametry tepelného čerpadla	153
C7.	SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ	154
C8.	NÁSLEDKY NESPRÁVNÉHO PROVOZU TEPELNÉHO ČERPADLA	154
C9.	MOŽNÁ OPATŘENÍ	154
C10.	ZÁVĚR	155
C11.	PŘÍLOHY	155

C1. ÚVOD

Experiment byl realizován na reálné budově, rodinném domě ve Vyškově v Jihomoravském kraji. K měření posloužilo tepelné čerpadlo země – voda s hlubinným zemním vrtem. Tepelné čerpadlo pracuje v bivalentním režimu s elektrickým průtokovým ohřivačem. Průběh měření můžeme rozdělit na dvě etapy. V první etapě byl zdrojem nízkopotenciální energie jeden vrt o hloubce 80 m, ve druhé byl proveden ještě druhý vrt s hloubkou 100 m. Pro zpracování výsledků byly k dispozici naměřené hodnoty téměř za 4 otopné sezony. Podnětem ke zpracování měření bylo nedosažení pozitivních očekávání majitele rodinného domu, která měl při pořízení tepelného čerpadla.

Provoz tepelného čerpadla:

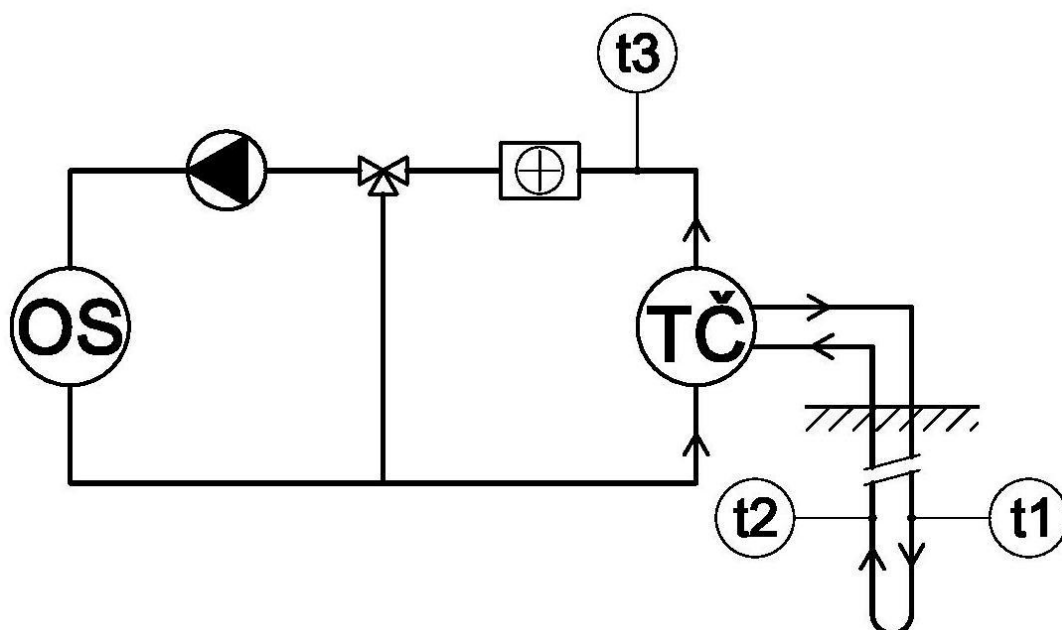
- Značně poddimenzovaný vrt i vlastní tepelné čerpadlo (topný výkon tepelného čerpadla pokrývá necelých 40 % výkonu na samotné vytápění)
- Kromě vytápění je tepelné čerpadlo používáno pro přípravu teplé vody a pro technologii whirlpoolu.
- Tepelné čerpadlo využíváno celoročně (i v letním období pro ohřev teplé vody)
- Doba provozu značně přesahuje doporučený počet provozních hodin za rok, vrt nemá tedy dostatek času pro svou regeneraci.

C2. CÍL MĚŘENÍ

Cílem experimentálního řešení je sledování závislosti množství tepla, které lze odebrat zemině, na době provozu tepelného čerpadla, tedy i na délce doby, po kterou se může zemina regenerovat.

C3. MĚŘENÍ TEPLIT

V průběhu provádění měření byly měřeny teploty na primární a sekundární straně tepelného čerpadla. Umístění teplotních čidel je znázorněno na obr. č. 45, kde je znázorněno zjednodušené schéma soustavy.



Obr. 45 Schéma rozmístění teplotních čidel

Celkem máme k dispozici teploty téměř za čtyři otopná období, s tím že z počátku byly hodnoty odečítány 1x až 2x denně přímým odečtem ze zařízení MaR, později bylo přistoupeno ke kontinuálnímu snímání teplot pomocí příložných čidel na potrubí, kdy naměřené hodnoty zaznamenávala datová ústředna v časovém kroku pěti minut.

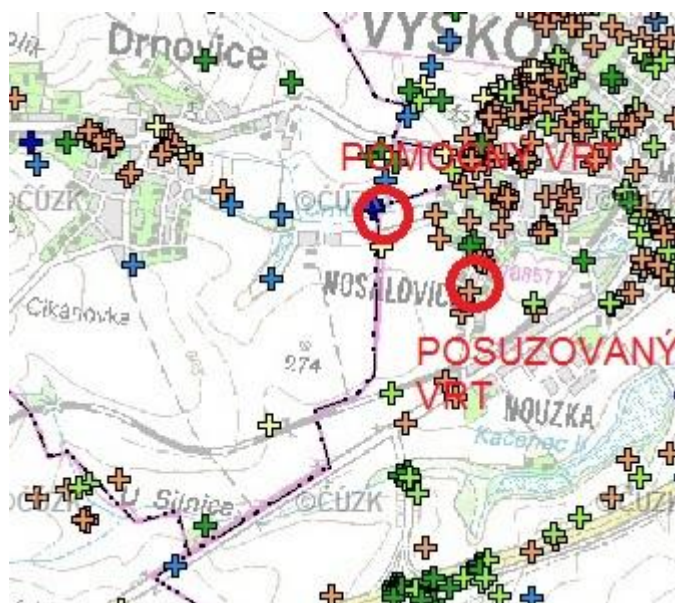
C4. MĚRNÝ ODBĚROVÝ TEPELNÝ TOK

Norma udává hodnoty měrného odběrového toku [W/m] v závislosti na době provozu tepelného čerpadla, tedy pro 1800 h/rok a 2400 h/rok. Tepelné čerpadlo, které bylo k provádění experimentu k dispozici, však pracovalo zhruba 4600 h/rok. Úkolem tedy bylo zjistit, kolik tepla tepelné čerpadlo odebíralo zemině právě při odběru 4600 hodin za rok a jak se tato hodnota v průběhu let měnila.

Dle geologického profilu vrtu byly pomocí normy ČSN EN 15 450 přiřazeny měrné odběrové toky pro jednotlivé horniny. Skladbu a mocnosti jednotlivých vrstev horninového masivu jsem odhadl podle nedalekého vrtu, o kterém jsem získal potřebné informace od České geologické služby. Tento vrt měl dostatečnou hloubku. Měrné odběrové toky pro jednotlivé vrstvy daného konkrétního vrtu jsou uvedeny v tabulce č. 3.

MĚRNÉ ODBĚROVÉ TEPELNÉ TOKY DLE ČSN EN 15 450					
Hloubka [m]	Horninové vrstvy	Délka [m]	Měrný odběrový tepelný tok [W/m]		
			Doba provozu 1800 h	Doba provozu 2400 h	Doba provozu 4600 h
0,0-1,0	Hlína	1,0	25	20	?
1,0-4,0	Hlína jílovitá	3,0	25	20	
4,0-6,0	Jíl	2,0	40	34	
6,0-7,0	Štěrk	1,0	70	59	
7,0-46,5	Jílovec vápnitý, tvrdý, lasturnatý	39,5	40	34	
46,5-70,0	Štěrk písčité	23,5	65	55	
70,0-80,0	Droba křemitá	10,0	65	55	
Hloubka podzemní vody: 4m (hladina ustálená)					
		Σ	4008	3393	?

Tab. 3 Měrné odběrové tepelné toky



Obr. 46 Výřez z databáze vrtné prozkoumanosti

C5. ZPRACOVÁNÍ HODNOT PRO JEDEN VRT

C5.1. Průběh teplot na primárním (solankovém) okruhu

Po statistickém vyhodnocení naměřených hodnot byla zpracována následující tabulka (tab. č. 4). Na základě tabulky pak byl sestaven graf. č. 1. V tabulce a grafu jsou uvedeny průměrné měsíční teploty na vstupu a výstupu z tepelného čerpadla (na primární straně), po dobu třech otopných období.

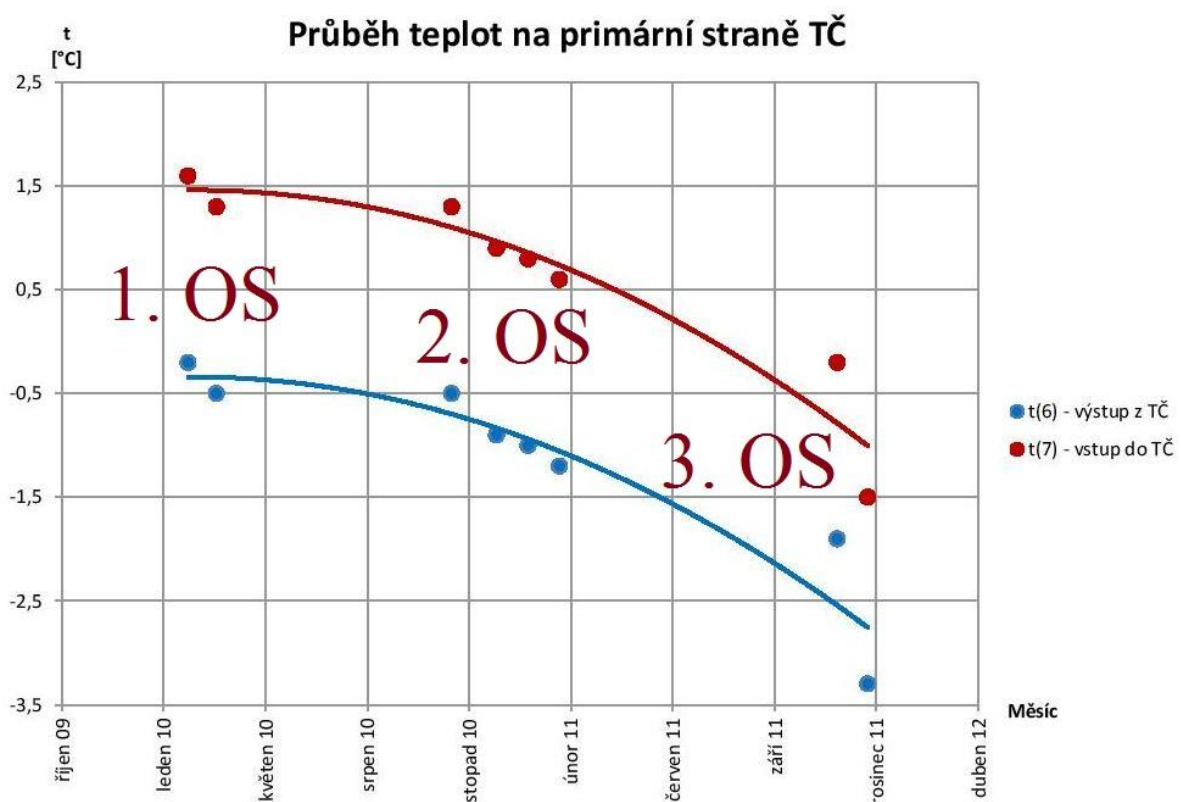
Z tabulky je zřejmý výrazný pokles teplot, který činí na vstupu do tepelného čerpadla 3,1 K tj. z 1,6 °C na -1,5 °C za tři otopná období a z -0,2 °C na -3,3 °C na výstupu. Tím

se dostáváme do oblasti podnulových teplot, které jsou pro provoz tepelného čerpadla nežádoucí.

Nutno upozornit na konstantní rozdíl teplot mezi těmito hodnotami, který předurčuje předpoklad pro další výpočty.

Otopná sezona	Měsíc/rok	Průměrné měsíční teploty [°C]		
		Primár		
		t(1)	t(2)	t(2)-t(1)
		Vrt-vstup	Vrt-výstup	Rozdíl
		[°C]	[°C]	[°C]
1	únor 10	-0,2	1,6	1,8
	březen 10	-0,5	1,3	1,8
2	listopad 10	-0,5	1,3	1,8
	prosinec 10	-0,9	0,9	1,8
	leden 11	-1,0	0,8	1,8
	únor 11	-1,2	0,6	1,8
3	listopad 11	-1,9	-0,2	1,7
	prosinec 11	-3,3	-1,5	1,8

Tab. 4 Průběh teplot na primární straně TČ



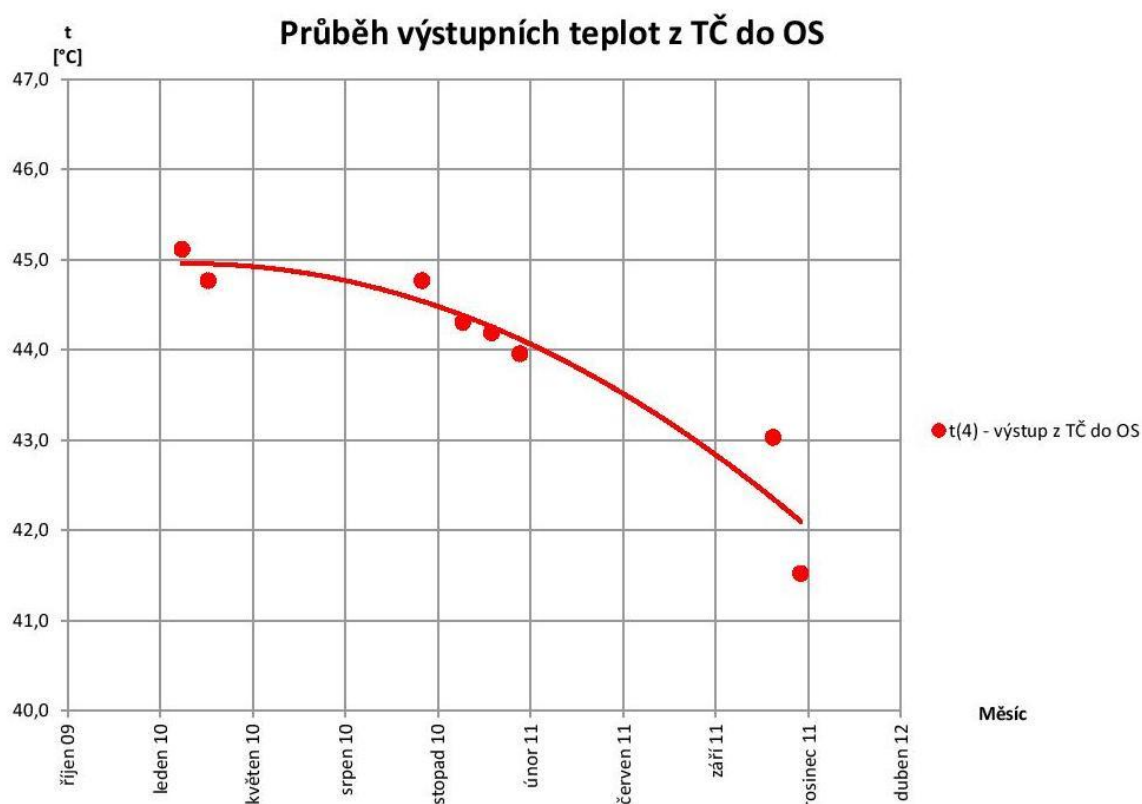
Graf 1 Průběh teplot na primární straně TČ

C5.2. Průběh teplot na sekundární straně tepelného čerpadla

Průběh teplot otopné vody na výstupu z tepelného čerpadla uveden v tabulce č. 5, dále je graficky vyjádřen v grafu č. 2. Z tabulky vyplývá, že dochází k takovému poklesu teplot, kdy rozdíl na počátku a na konci za tři otopné období činí rozdíl 3,6 °C.

Otopná sezona	Měsíc/rok	Průměrné měsíční teploty [°C]			
		Primár			Sekundár
		t(1)	t(2)	t(2)-t(1)	t(3)
		Vrt-vstup	Vrt-výstup	Rozdíl	OS-přívod
		[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
1	únor 10	-0,2	1,6	1,8	45,1
	březen 10	-0,5	1,3	1,8	44,8
2	listopad 10	-0,5	1,3	1,8	44,8
	prosinec 10	-0,9	0,9	1,8	44,3
	leden 11	-1,0	0,8	1,8	44,2
	únor 11	-1,2	0,6	1,8	44,0
3	listopad 11	-1,9	-0,2	1,7	43,0
	prosinec 11	-3,3	-1,5	1,8	41,5

Tab. 5 Průměrné měsíční teploty na primární a sekundární straně TČ



Graf 2 Průběh výstupních teplot na sekundární straně TČ

C5.3. Výkonové parametry tepelného čerpadla

C5.3.1. Chladicí výkon tepelného čerpadla

Za předpokladu konstantního rozdílu teplot vody na přívodním a vratném potrubí z vrtu do tepelného čerpadla a konstantního hmotnostního průtoku chladiva v primárním okruhu, lze předpokládat, že i chladicí výkon (tedy množství tepla odebíraného zemině) bude stále stejný.

- $\Delta t = \text{konst.}$
- $m = \text{konst.}$

$$\Rightarrow Q_{\text{CH}} = m \cdot c \cdot \Delta t = \text{konst.}$$

C5.3.2. Topný faktor

Topný faktor lze vyjádřit pomocí teplot na primární a sekundární straně $\Rightarrow \text{COP}_{\text{TČ}} = (T_k / (T_k - T_0)) \cdot \eta_{\text{TČ}}$ (viz kapitola A4.3.1.). Po dosažení vychází i hodnota topného faktoru konstantní.

- $\text{COP} = \text{konst.}$

C5.3.3. Elektrický příkon a topný výkon tepelného čerpadla

Pokud známe chladicí výkon a topný faktor, je možné dopočítat zbývající hodnoty viz kapitola A4.3.. Jelikož i příkon lze považovat za konstantní je konstantní i topný výkon tepelného čerpadla. Vypočítané hodnoty jsou uvedeny pro srovnání v tabulce č. 6.

Otopná sezona	Měsíc/rok	Průměrné měsíční teploty [°C]				Tepelné čerpadlo			
		Primár			Sekundár	COP	Q_{VRT} (z vrtu) [kW]	P (el. příkon) [kW]	Q_{OS} (výstup z TČ) [kW]
		t(1)	t(2)	t(2)-t(1)	t(3)				
		Z TČ [°C]	Do TČ [°C]	Rozdíl [°C]	OS-přívod [°C]				
1	únor 10	-0,2	1,6	1,8	45,1	3,66	3,72	1,4	5,12
	březen 10	-0,5	1,3		44,8				
2	listopad 10	-0,5	1,3		44,8				
	prosinec 10	-0,9	0,9		44,3				
	leden 11	-1,0	0,8		44,2				
	únor 11	-1,2	0,6		44,0				
3	listopad 11	-1,9	-0,2		43,0				
	prosinec 11	-3,3	-1,5		41,5				

Tab. 6 Vstupní a výstupní údaje tepelného čerpadla

C5.4. Skutečné měrné odběrové toky

Z výsledků lze usoudit, že množství tepla, které jsme odebírali zemině, bylo konstantní po celou dobu provozu tepelného čerpadla. Na množství tepla, které jsme

odebírali ze zeminy, se tedy zatím dlouhá doba provozu neprojevila. Tato nepřiměřená doba se však projevila poklesem teplot okolní zeminy, což mělo za následek nižší teplotu vody pro vytápění objektu, kterou bylo tepelné čerpadlo schopno vyrobit. Pro srovnání tabulkových (normových) a skutečných odběrových toků slouží tabulka 7 a 8. K jednotlivým horninám z tabulky 8 byly hodnoty přiřazeny poměrově vzhledem k normovým hodnotám.

MĚRNÉ ODBĚROVÉ TEPELNÉ TOKY DLE ČSN EN 15 450				
Hloubka [m]	Horninové vrstvy	Délka [m]	Měrný odběrový tepelný tok [W/m]	
			Doba provozu 1800 h	Doba provozu 2400 h
0,0-1,0	Hlína	1,0	25	20
1,0-4,0	Hlína jílovitá	3,0	25	20
4,0-6,0	Jíl	2,0	40	34
6,0-7,0	Štěrk	1,0	70	59
7,0-46,5	Jílovec vápnitý, tvrdý, lasturnatý	39,5	40	34
46,5-70,0	Štěrk písčité	23,5	65	55
70,0-80,0	Droba křemitá	10,0	65	55
		Σ	4008	3393

Tab. 7 Měrné odběrové tepelné toky přiřazené dle ČSN EN 15 450

MĚRNÉ ODBĚROVÉ TEPELNÉ TOKY DLE MĚŘENÍ			
Hloubka [m]	Horninové vrstvy	Délka [m]	Měrný odběrový tepelný tok [W/m]
			Po celou dobu prováděného měření
0,0-1,0	Hlína	1,0	23
1,0-4,0	Hlína jílovitá	3,0	23
4,0-6,0	Jíl	2,0	37
6,0-7,0	Štěrk	1,0	65
7,0-46,5	Jílovec vápnitý, tvrdý, lasturnatý	39,5	37
46,5-70,0	Štěrk písčité	23,5	60
70,0-80,0	Droba křemitá	10,0	60
		Σ	3720

Tab. 8 Skutečné odběrové tepelné toky

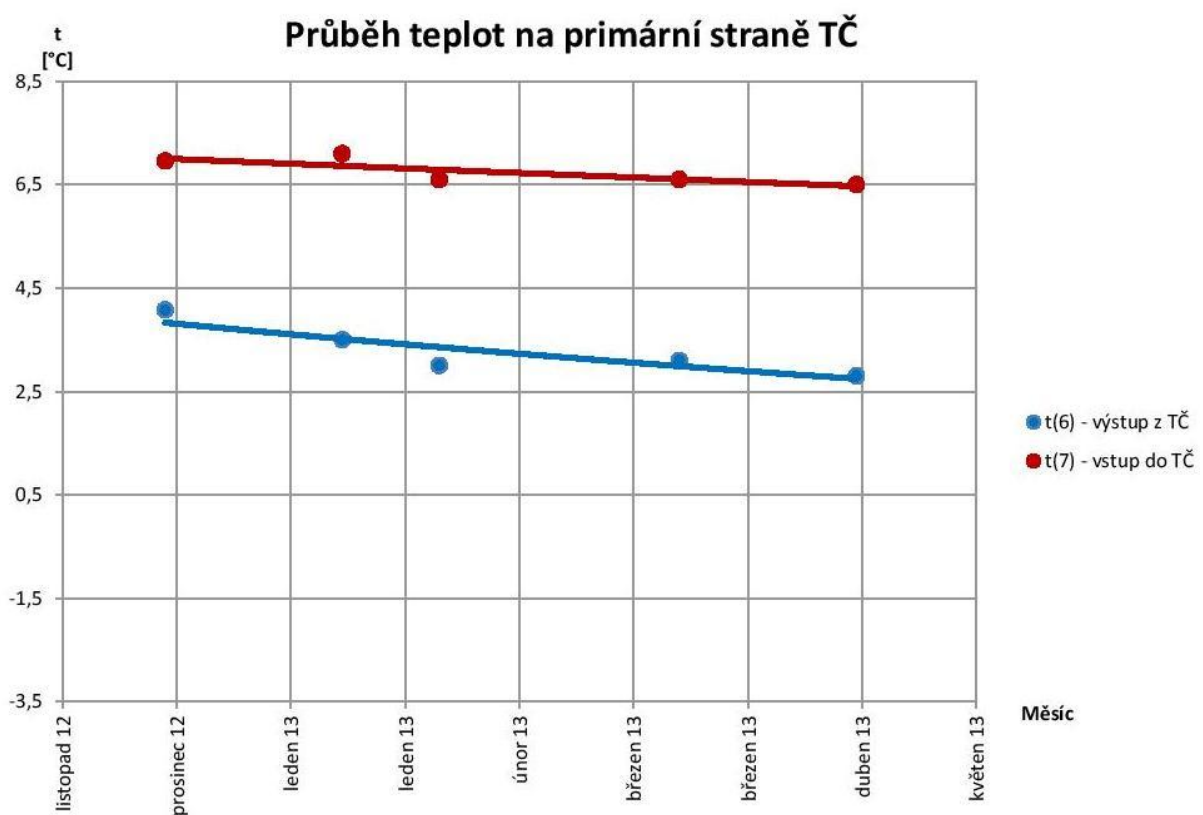
C6. ZPRACOVÁNÍ HODNOT PO PŘIDÁNÍ DRUHÉHO VRTU

C6.1. Průběh teplot na primární a sekundární straně tepelného čerpadla

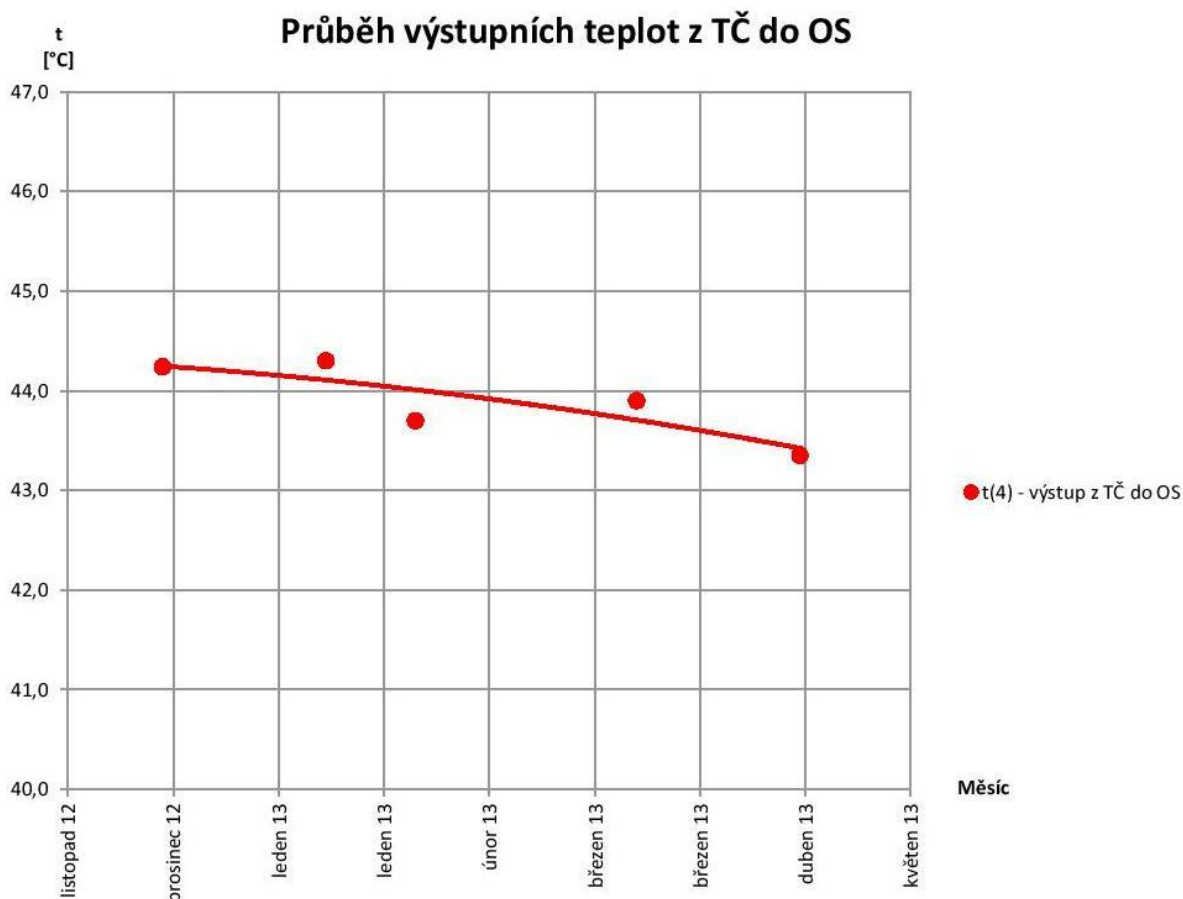
Průměrné měsíční hodnoty teplot solanky a otopné vody jsou zaneseny do tabulky č. 9. Z tabulkových a grafických výstupů (graf č. 3 a 4) lze opět vyčíst klesající tendenci.

Otopná sezona	Měsíc/rok	Průměrné měsíční teploty [°C]			
		Primár			Sekundár
		t(1)	t(2)	t(2)-t(1)	t(4)
		Vrt-výstup	Vrt-vstup	Rozdíl	OS-přívod
		[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
1	prosinec 12	4,1	7,0	2,9	44,2
	leden 13	3,5	7,1	3,6	44,3
2	únor 13	3,0	6,6	3,6	43,7
	březen 13	3,1	6,6	3,6	43,9
	duben 13	2,8	6,5	3,7	43,4

Tab. 9 Průběh teplot na primární a sekundární straně TČ



Graf 3. Teploty solanky na primární straně TČ



Graf 4 Teploty otopné vody na výstupu z TČ

C6.2. Výkonové parametry tepelného čerpadla

Výkonové parametry pro dva vrty jsou uvedeny v tabulce č. 10. I v tomto případě bylo tepelné čerpadlo provozováno déle, než je doporučováno, doba provozu činí 4200 hodin (pouze za otopné období). Pokud by bylo tepelné čerpadlo vyměněno za výkonnější, nabývaly by při daném COP výkonové parametry přibližných hodnot $Q_{VRT} = 8,04$ kW a $Q_{OS} = 10,5$ kW, což by vzhledem k energetickým potřebám objektu bylo stále nedostačující.

Otopná sezona	Měsíc/rok	Průměrné měsíční teploty [°C]				Tepelné čerpadlo			
		Primár			Sekundár	COP	Q_{VRT} (z vrtu) [kW]	P (el. příkon) [kW]	Q_{OS} (výstup z TČ) [kW]
		t(6)	t(7)	t(7)-t(8)	t(4)				
		Vrt-výstup [°C]	Vrt-vstup [°C]	Rozdíl [°C]	OS-přívod [°C]				
4	prosinec 12	4,1	7,0	3,6	44,2	4,27	4,58	1,4	5,98
	leden 13	3,5	7,1		44,3				
	únor 13	3,0	6,6		43,7				
	březen 13	3,1	6,6		43,9				
	duben 13	2,8	6,5		43,4				

Tab. 10 Parametry tepelného čerpadla

C7. SHRnutí VÝSLEDKŮ

Ze zpracovaných výsledků vyplývá, že při dlouhých dobách provozu tepelného čerpadla, tedy i krátkého času na regeneraci vrtu dochází k jeho prochládání. Zatím však nedocházelo ke snížení velikosti odběrových toků, snižování teplot solanky se však projevovalo snižováním teploty výstupní otopné vody z tepelného čerpadla. Faktem je i poddimenzování tepelného čerpadla i vrtu. V období, kdy byl k dispozici pouze jeden vrt, pokrýval topný výkon tepelného čerpadla přibližně 40 % tepelné ztráty objektu, po realizaci druhého vrtu se tento poměr zvýšil zhruba na 45 %. Dále je nutné zdůraznit to, že tepelné čerpadlo bylo využíváno i pro ohřev teplé vody a také jako zdroj tepla pro technologii whirlpoolu.

C8. NÁSLEDKY NESPRÁVNÉHO PROVOZU TEPELNÉHO ČERPADLA

Pokles teplot pochopitelně nemůže pokračovat do nekonečna. Je limitován chladícím výkonem tepelného čerpadla. To znamená, že tepelné čerpadlo je schopné vychladit zeminu jen do určité míry. Z toho vyplývá teplota, při které se bude chladivo ještě vypařovat.

Po určité době pravděpodobně přestane být rozdíl teplot mezi přívodem a vratem solanky konstantní, čímž se začne snižovat i jímací výkon tepelného čerpadla. To bud mít za následek i snižování topného faktoru.

Zásadním problémem jsou teploty pod bodem mrazu nemrznoucí směsi. Dle normy ČSN EN 15 450 má být teplotní spád mezi vratnou teplotou teplotnosné látky a neovlivněnou teplotou zemského masivu (tj. 10 m hloubky) takový, aby během nepřetržitého provozu nezpůsobil technické problémy. Typická hodnota pro střední Evropu je 11 K.

Velmi nežádoucí je zamrznání okolí vrtu. Odběrový tepelný tok je do velké míry ovlivněn prouděním vody v horninových vrstvách, kterému je jejím zamrznutím v okolí vrtu bráněno. Navíc je prokázáno, že zmrzlá voda má po svém rozmrznutí za následek vznik dutin v zemském masivu, který může být příčinou propadů zeminy v okolí vrtu.

C9. MOŽNÁ OPATŘENÍ

Nejjednodušším opatřením, které by mohlo tento stav zlepšit je snížení počtu provozních hodin tepelného čerpadla, zejména zavedením letní přestávky.

Dále se nabízí např. možnost ukládání tepla do zeminy v letním období. Zde se jedná především o využití přebytků tepla ze solárního systému pro ohřev teplé vody, či ukládání tepla z pasivního chlazení.

Dalším poměrně nákladným opatřením je např. provedení dalšího vrtu s dostatečnou kapacitou a nainstalování dostatečně výkonného tepelného čerpadla.

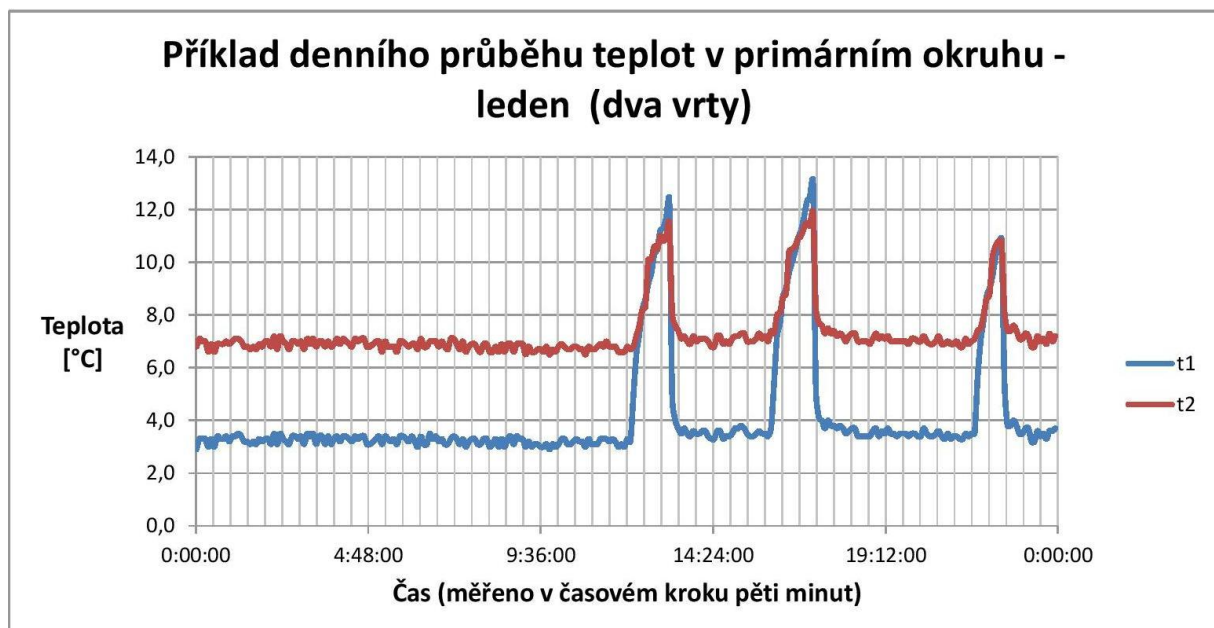
ČSN EN 15 450 uvádí, že pro delší doby provozu je nutné při návrhu soustavy vzít navíc v úvahu roční odebrané teplo na m hloubky vrtu (v kWh/m za rok), neboť tato hodnota odráží dlouhodobý vliv průběžného čerpání tepla. Hodnota by měla být mezi 100 kWh/m a 150 kWh/m za rok pro samotné vytápění. Z toho vyplývá, že např. pro období, ve kterém byl k dispozici pouze jeden vrt, se měla doba provozu pohybovat maximálně v rozmezí 2150 až 3200 hodin za rok.

C10. ZÁVĚR

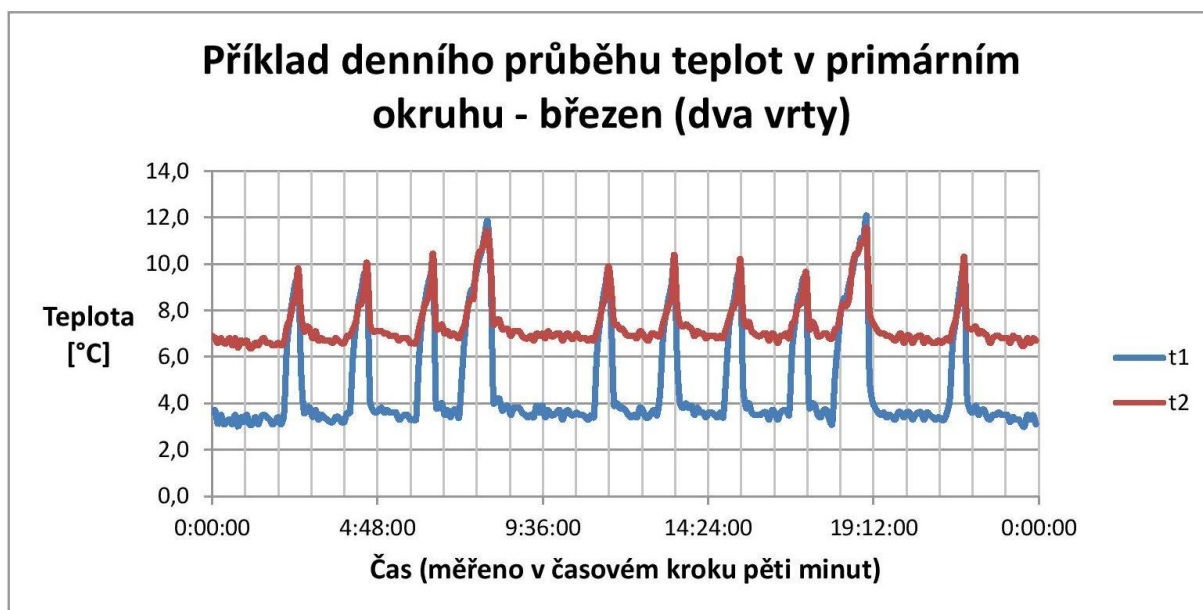
V této části práce tedy bylo ukázáno, že množství tepla, které lze odebrat zemině, nemusí i po několik let přímo záviset na době provozu tepelného čerpadla. Pokud má tepelné čerpadlo dostatečný chladicí výkon, může teplo odebrané zemině, i při nepřerušovaném provozu, zůstat po řadu let konstantní. Takový provoz však bude mít za následek snížení teplot zeminy v okolí vrtu. Z toho plyne snížení teploty nemrznoucí směsi v primárním okruhu, což způsobí snížení teploty topné vody v sekundárním okruhu. Tím stoupá potřeba energie na dohřev topné vody, vzniká riziko zamrzání okolí vrtu a dochází k postupnému vybíjení tepelné kapacity vrtu. Poučením z pro praxi z toho plyne, že při návrhu tohoto zdroje tepla nelze opomíjet roční dobu provozu tepelného čerpadla.

C11. PŘÍLOHY

Příloha obsahuje jen ilustrativní ukázkou naměřených dat. Vlastní datový soubor obsahuje zhruba 435995 hodnot, tudíž nebyl přiložen.



Obr. 47 Denní průběh teplot solanky (leden)



Obr. 48 Denní průběh teplot solanky (březen)

Na obrázku č. 47 a č. 48 jsou uvedeny příklady průběhů teplot solanky na vstupu a výstupu do tepelného čerpadla. Z grafu jsou zřejmé doby provozu tepelného čerpadla. Teploty, kdy bylo tepelné čerpadlo mimo provoz, musely být z množiny naměřených hodnot vyselektovány.

DIPLOMOVÁ PRÁCE
NA TÉMA
TEPELNÁ ČERPADLA ZEMĚ – VODA

ČÁST D – PROJEKT

Obsah kapitoly:

D1.	TECHNICKÁ ZPRÁVA	156
D1.1.	Úvod	158
D1.1.1.	Umístění a popis objektu	158
D1.1.2.	Provoz objektu	158
D1.1.3.	Normové a legislativní podklady	158
D1.1.4.	D1.1.4. Podklady	159
D1.2.	Tepelné ztráty a potřeba tepla	159
D1.2.1.	Klimatické poměry	159
D1.2.2.	Vnitřní teploty	159
D1.2.3.	Tepelně technické parametry konstrukcí	159
D1.2.4.	Potřeba tepla pro vytápění, větrání a ohřev teplé vody	160
D1.3.	Zdroj tepla	160
D1.3.1.	Zdroj tepla	160
D1.3.2.	Pojistné zařízení	160
D1.4.	Otopná soustava varianta - A	161
D1.4.1.	Popis otopné soustavy	161
D1.4.2.	Čerpací technika	161
D1.4.3.	Plnění a vypouštění soustavy	161
D1.4.4.	Otopné plochy	161
D1.4.5.	System měření a regulace	162
D1.4.6.	Izolace potrubí	162
D1.4.7.	Příprava teplé vody	162
D1.4.8.	Ohříváč vzduchu	163
D1.4.9.	Nátěry	163
D1.5.	Otopná soustava varianta - B	163
D1.5.1.	Popis otopné soustavy	163
D1.5.2.	Čerpací technika	163
D1.5.3.	Plnění a vypouštění soustavy	163
D1.5.4.	Otopné plochy	164
D1.5.5.	System měření a regulace	164

D1.5.6.	Izolace potrubí	164
D1.5.7.	Příprava teplé vody	165
D1.5.8.	Ohřívač vzduchu	165
D1.5.9.	Nátěry	165
D1.6.	Požadavky na ostatní profese	165
D1.6.1.	Stavební práce	165
D1.6.2.	Zdravotechnika	165
D1.6.3.	Elektroinstalace	165
D1.6.4.	Měření a regulace	165
D1.7.	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci	166
D1.8.	Zkoušky otopného systému	166
D2.	SEZNAM VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE	166
D2.1.	Varianta A	
D2.1.1.	Půdorys 1 NP (1:50)	
D2.1.2.	Půdorys 1 PP(1:50)	
D2.1.3.	Rozvinutý řez (1:50)	
D2.1.4.	Půdorys strojovny topení (1:25)	
D2.1.5.	Schéma zapojení (1:25)	
D2.2.	Varianta B	
D2.2.1.	Půdorys 1 NP (1:50)	
D2.2.2.	Půdorys 1 PP(1:50)	
D2.2.3.	Rozvinutý řez (1:50)	
D2.2.4.	Půdorys strojovny topení (1:25)	
D2.2.5.	Schéma zapojení (1:25)	
D.2.3.	Varianta A + B	
D2.3.1.	Situace (1:250)	

D1. TECHNICKÁ ZPRÁVA

D1.1. Úvod

D1.1.1. Umístění a popis objektu

Řešeným objektem je novostavba mateřské školky v obci Vrbno (okres Šumperk). Jedná se o objekt s jedním podzemním a jedním nadzemním podlažím, přičemž i první nadzemní podlaží je z jedné strany zapuštěno do svahu tak, že terén přechází plynule na plochou vegetační střechu. V nadzemní části objektu se nacházejí herny, kancelář, čajová kuchyňka a toalety dětí, dále pak vstup do objektu, který navazuje na šatnu. V 1 NP se nachází i strojovna topení a skladové prostory pro potřeby dětí (např. mobilních lůžek). V podzemním podlaží se nacházejí šatny a toalety pro personál, prádelna a další skladové prostory. Podzemní podlaží je zcela pod terénem, okna zde jsou orientována do anglických dvorků.

Z konstrukčního hlediska se jedná o monolitický systém z železobetonu. Obalové konstrukce jsou zaizolovány polystyrenem. Vegetační extenzivní střecha má klasickou skladbu s proměnnou výškou substrátu, pohybující se v rozmezí 0,4 – 1,4 m. Výplně otvorů jsou tvořeny prosklenými stěnami s francouzskými okny a okny z dřevěných europrofilů s izolačním dvojsklem. Z tepelně technického hlediska vyhovuje většina obalových konstrukcí doporučeným hodnotám součinitele prostupu tepla normy ČSN 73 0540 pro pasivní domy.

Zdrojem tepla pro vytápění objektu je tepelné čerpadlo země – voda se třemi vrty. V objektu je kromě vytápění řešen zásobníkový ohřev teplé vody a koncepce nuceného rovnotlakého větrání. Distribuce tepla v objektu je řešena ve dvou variantách. U obou variant je shodně řešeno vytápění podzemního podlaží pomocí deskových otopných těles. Nadzemní podlaží je však v první variantě vytápěno podlahovými konvektory na nucenou i přirozenou konvekci a otopnými lavicemi na přirozenou konvekci. Ve druhé variantě bylo jako dominantní pro vytápění nadzemního podlaží zvoleno podlahové vytápění.

D1.1.2. Provoz objektu

Provozní doba školky je od 6:30 do 17:30. V období letních prázdnin není zařízení provozováno. V objektu není kuchyňské zařízení, obědy jsou dováženy.

D1.1.3. Normové a legislativní podklady

ČSN EN 15450 - Tepelné soustavy v budovách - Navrhování tepelných soustav s tepelnými čerpadly

ČSN EN 12831 - Výpočet tepelného výkonu

ČSN EN 12828 - Navrhování teplovodních tepelných soustav

ČSN 730540 - Tepelná ochrana budov

ČSN EN 1264 - Zabudované vodní velkoplošné otopné a chladicí soustavy

ČSN 06 0320 - Tepelné soustavy v budovách - Příprava teplé vody

ČSN 06 0830 - Tepelné soustavy v budovách - Zabezpečovací zařízení

ČSN 73 0540 - Tepelná ochrana budov

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

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

Vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby

Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci

Vyhl. MMRČR č. 499/2006 Sb. O dokumentaci staveb

D1.1.4. Podklady

Podkladem pro zpracování projektu ústředního vytápění je výkresová dokumentace stavební části projektové dokumentace stavby.

Vyhlášky a nařízení vlády, technické normy a hygienické předpisy.

D1.2. Tepelné ztráty a potřeba tepla

D1.2.1. Klimatické poměry

- Nadmořská výška: 834 m n.m. Bpv
- Venkovní výpočtová teplota: $t_e = -15 \text{ °C}$

D1.2.2. Vnitřní teploty

- Prostory určené pro pobyt dětí: $t_i = 22 \text{ °C}$
- Hygienická zařízení: $t_i = 24 \text{ °C}$
- Kancelář: $t_i = 20 \text{ °C}$
- Sklady, chodby a další podružní místnosti: $t_i = 15 \text{ °C}$

D1.2.3. Tepelně technické parametry konstrukcí

Výpočet tepelně-technických vlastností konstrukcí vychází ze zadaných materiálů ve stavebním řešení. Všechny konstrukce vyhovují požadavkům na hodnoty součinitelů prostupu tepla dle ČSN 73 0540, většina konstrukcí splňuje je doporučené hodnoty pro pasivní domy.

- Tepelná ztráta prostupem činí: 9,82 kW

D1.2.4. Potřeba tepla pro vytápění, větrání a ohřev teplé vody

Potřeby tepla byly vypočteny denostupňovou metodou. Ve výpočtu je uvažováno nepřerušované vytápění, přerušované větrání a ve výpočtu potřeby tepla pro přípravu teplé vody bylo zohledněno přerušení provozu v letním období.

- Potřeba tepla pro vytápění: 24,91 MWh/rok
- Potřeba tepla pro nucené větrání: 6,923 MWh/rok
- Potřeba tepla pro přípravu teplé vody: 19,40 MWh/rok

D1.3. Zdroj tepla

D1.3.1. Zdroj tepla

Zdrojem tepla pro vytápění, nucené větrání a ohřev teplé vody je tepelné čerpadlo země-voda. Nízkopotenciální energie je jímána ze třech hlubinných vrtů o shodných hloubkách 98 m. Bylo vybráno tepelné čerpadlo Buderus Logatherm WPS 22 o tepelném výkonu 21,5 kW a topným faktorem 3,15. Tepelné čerpadlo je doplněno vyrovnávací akumulací nádrží, která je navržena tak, aby zamezila většímu počtu startů tepelného čerpadla, než jsou tři za hodinu. Zvolen byl zásobník Buderus Logalux PR 500 o objemu 500 l. Zdroj tepla je umístěn ve strojovně topení v místnosti č. 1.13 v 1 NP. Tepelné čerpadlo je vybaveno oběhovými čerpadly jak na primární, tak na sekundární straně, tato čerpadla vyhovují požadavkům soustavy. Jednotlivé topné okruhy pro vytápění, zásobníkový ohřivač teplé vody a teplovodní ohřivač vzduchu ve vzduchotechnické jednotce jsou napojeny na kombinovaný rozdělovač a sběrač. Součástí solankového okruhu je plnicí zařízení, které slouží k plnění a proplachu okruhu. Plnicí zařízení obsahuje uzavírací kohouty a filtr nečistot. Další součástí solankového okruhu jsou odvzdušňovače solanky.

D1.3.2. Pojistné zařízení

Pojistné zařízení chrání otopnou soustavu proti překročení nejnižšího a nejvyššího dovoleného přetlaku a umožňuje změny objemu vody v soustavě, způsobené její objemovou teplotní roztažností.

Byla navržena tlaková expanzní nádoba s membránou od firmy Reflex o objemu 25 l. Nádoba bude upevněna na zeď pomocí příslušné typové konzoly s upevňovacím páskem. Expanzní potrubí má rozměr 35x1,5 mm a je napojeno na vratné potrubí mezi uzavírací armaturou a tepelným čerpadlem.

Nedílnou součástí systému je pojistný ventil Honeywell SM 120 – ¾ A.

D1.4. Otopná soustava varianta - A

D1.4.1. Popis otopné soustavy

Pro rozvod teplonosné látky byla navržena dvoutrubková protiproudá teplovodní soustava s nuceným oběhem otopné vody. Otopná voda má teplotní spád 50/40 °C a je řízena v závislosti na venkovní teplotě.

Rozvod teplé vody je rozdělen celkem na čtyři okruhy, z nichž dva slouží pro vytápění objektu, jeden pro ohřev teplé vody a jeden pro dohřev vzduchu ve vzduchotechnické jednotce. Jeden topný okruh slouží pro zásobování teplou vodou deskových i trubkových otopných těles v 1 PP a 1NP. Druhý okruh slouží pro napojení podlahových konvektorů a otopných lavic v 1 NP.

Rozvod otopné vody je navržen z měděného potrubí, které je v podzemním podlaží vedeno volně nad podlahou nebo pod stropem v podhledu, je kotveno v dostatečných vzdálenostech a dlouhé přímé úseky jsou opatřeny osovými kompenzátory. Potrubí vedené po stěnách není izolováno. V nadzemním podlaží je zvolen rozvod v podlaze, který je rovněž z měděných trubek, které však jsou izolovány. Kompenzace potrubí je umožněna změnou trasy rozvodu.

Větrání objektu bude nucené. Venkovní vzduch bude předehříván v deskovém výměníku pro zpětné získávání tepla a následně dohříván na požadovanou teplotu pomocí teplovodního výměníku. Teplota přiváděného vzduchu do všech místností bude stejná (20 °C), tudíž bude částečně vzduch dohříván i teplovodním systémem vytápění v jednotlivých místnostech.

D1.4.2. Čerpací technika

Nucený oběh teplé vody zajišťují oběhová čerpadla Grundfos Alpha 2 s regulovatelnými otáčkami, vyhovující směrnici EuP. Čerpadla jsou umístěna za rozdělovačem v technické místnosti a jsou zapojena ve směšovacím režimu.

D1.4.3. Plnění a vypouštění soustavy

K plnění otopné soustavy se bude využívat pitná voda z domovního vodovodu. Doplnění vody bude automatické pomocí zařízení Magcontrol, s přerušovacím členem Fillset se změkčovacím filtrem Fillsoft. Kompletní doplňovací sestava bude napojena na expanzní potrubí. Vypouštění soustavy je možné přes zátku deskového tělesa, k odvodu vzduchu budou použity odvodušňovací ventily a rovněž bude možné odvodušňovat části soustav přes otopná tělesa.

D1.4.4. Otopné plochy

V suterénních prostorách jsou navržena ocelová desková otopná tělesa Korado Radik VK a v místnostech s hygienickým zařízením trubková koupelňová otopná tělesa Korado Koralex linear classic. Otopná tělesa jsou provedena v bílé barvě. V nadzemním podlaží jsou v prostoru WC dětí navržena rovněž desková otopná tělesa Korado Radik VK, v chodbě (m. č. 1.08) je osazeno těleso Korado Koratherm vertikál – M. Prostory určené pro pobyt dětí, kancelář a zádveří jsou vytápěny podlahovými konvektory a otopnými lavicemi Licon na přirozenou konvekci. Herna (m. č. 1.06) je vytápěna pomocí podlahového konvektoru Licon s nucenou konvekci. Otopná tělesa, podlahové konvektory i lavice pracují s teplotním spádem 50/40 °C. Otopná tělesa jsou opatřena odvodušňovacími ventily.

D1.4.5. Systém měření a regulace

Tepelné čerpadlo pracuje v režimu zapnuto/vypnuto. Zapínání a vypínání je řízeno v závislosti na teplotě v akumulární nádrži, snímané teplotním čidlem. Teplota otopné vody pro vytápění je řízena ekvitermním regulátorem a je zajištěna prostřednictvím trojcestného směšovacího ventilu za rozdělovačem. Regulační uzel se směšováním pro ohřívač vzduchu je umístěn u vzduchotechnické jednotky. Čerpadlo pro přívod otopné vody do zásobníkového ohřívače teplé vody je řízeno na základě teploty teplé vody v zásobníku. Otopná tělesa a otopné lavice jsou opatřeny termostatickými ventily s hlavicemi. Otáčky ventilátoru podlahového konvektoru na nucenou konvekci jsou řízeny pomocí čidla pokojové teploty. Projekt systému měření a regulace není součástí této projektové dokumentace.

D1.4.6. Izolace potrubí

Pro izolaci potrubí byla navržena izolace Rockwool Pipo. Jedná se o tepelně izolační výrobek z minerální plsti opatřený na povrchu hliníkovou fólií, vyztuženou mřížkou ze skelných vláken. Dle vyhlášky č. 193 – 2007 sb. byly navrženy následující tloušťky izolací (rozměr potrubí/tloušťka tepelné izolace v mm) 12x1/25, 15x1/25, 18x1/30, 22x1/30, 28x1,5/40, 35x1,5/50, 42x1,5/40. Izolovány budou rozvody ve strojovně topení a rozvody v podlaze.

D1.4.7. Příprava teplé vody

Teplá voda bude připravována v zásobníkovém ohřívači teplé vody Buderus Logalux SU500 o objemu 500 l. Zásobníkový ohřívač bude připojen na kombinovaný rozdělovač a sběrač a bude umístěn ve strojovně topení. Připojení zásobníkového ohřívače k přívodu studené vody a připojení k rozvodu teplé vody zajistí profese ZTI. V letním období bude voda ohřívána pomocí elektrické topné vložky o výkonu 3 kW.

D1.4.8. Ohřívač vzduchu

Ohřívač vzduchu je součástí vzduchotechnické jednotky, která slouží k nucenému větrání objektu. Vzduchotechnická jednotka je umístěna ve strojovně topení. Přívod topné vody je napojen na kombinovaný rozdělovač a sběrač. Regulační uzel obsahující trojcestnou

regulační armaturu je osazen před výměníkem u vzduchotechnické jednotky. Výměník a regulační uzel je součástí dodávky vzduchotechniky.

D1.4.9. Nátěry

Otopná tělesa (trubková i desková), podlahové konvektory a otopné lavice jsou dodávány s povrchovou úpravou již z výroby. Rozvody z měděného potrubí není nutné opatřovat nátěrem.

D1.5. Otopná soustava varianta - B

D1.5.1. Popis otopné soustavy

Pro rozvod teplotnosné látky byla navržena dvoutrubková protiproudá teplovodní soustava s nuceným oběhem otopné vody. Otopná voda pro otopná tělesa má teplotní spád 50/40 °C a pro podlahové vytápění 40/32 a 45/37 °C, Teplota je řízena v závislosti na venkovní teplotě.

Rozvod teplé vody je rozdělen celkem na pět okruhů, z nichž tři slouží pro vytápění objektu, jeden pro ohřev teplé vody a jeden pro dohřev vzduchu ve vzduchotechnické jednotce. Jeden topný okruh slouží pro zásobování teplou vodou deskových i trubkových otopných těles v 1 PP a 1 NP, dále pro podlahové konvektory a otopnou lavici. Další dva vytápěcí okruhy slouží pro podlahové vytápění.

Rozvod teplé vody je navržen z měděného potrubí, které je v podzemním podlaží vedeno volně nad podlahou nebo pod stropem v podhledu, je kotveno v dostatečných vzdálenostech a dlouhé přímé úseky jsou opatřeny osovými kompenzátory. Potrubí vedené po stěnách není izolováno. V nadzemním podlaží je zvolen rozvod v podlaze, který je rovněž z měděných trubek, které však jsou izolovány. Kompenzace potrubí je umožněna změnou trasy rozvodu.

Větrání objektu bude nucené. Venkovní vzduch bude předehříván v deskovém výměníku pro zpětné získávání tepla a následně dohříván na požadovanou teplotu pomocí teplovodního výměníku. Teplota přiváděného vzduchu do všech místností bude stejná (20 °C), tudíž bude částečně vzduch dohříván i teplovodním systémem vytápění v jednotlivých místnostech.

D1.5.2. Čerpací technika

Nucený oběh teplé vody zajišťují oběhová čerpadla Grundfos Alpha 2 s regulovatelnými otáčkami, vyhovující směrnici EuP. Čerpadla jsou umístěna za rozdělovačem v technické místnosti a jsou zapojena ve směšovacím režimu.

D1.5.3. Plnění a vypouštění soustavy

K plnění otopné soustavy se bude využívat pitná voda z domovního vodovodu. Doplnění vody bude automatické pomocí zařízení Magcontrol, s přerušovacím členem Fillset se změkčovacím filtrem Fillsoft. Kompletní doplňovací sestava bude napojena na expanzní potrubí. Vypouštění soustavy je možné přes zátku deskového tělesa, k odvzdušnění budou použity odvzdušňovací ventily a rovněž bude možné odvzdušňovat části soustav přes otopná tělesa.

D1.5.4. Otopné plochy

V suterénních prostorách jsou navržena ocelová desková otopná tělesa Korado Radik VK a v místnostech s hygienickým zařízením trubková koupelnová otopná tělesa Korado Koralux linear classic. Otopná tělesa jsou provedena v bílé barvě. V nadzemním podlaží jsou v prostoru WC dětí navržena rovněž desková otopná tělesa Korado Radik VK, v chodbě (m. č. 1.08) je osazeno těleso Korado Koratherm vertikál – M. Prostory určené pro pobyt dětí a kancelář jsou vytápěny pomocí teplovodního podlahového topení. Pro podlahové topení slouží šest otopných hadů, připojených na dva rozdělovače a sběrače. Zádveří je vytápěno otopnou lavicí Licon na přirozenou konvekci se dřevěnou horní deskou. V televizní místnosti (m. č. 1.05) je podlahové vytápění doplněno podlahovým konvektorem na nucenou konvekci. Otopná tělesa, podlahové konvektory i lavice pracují s teplotním spádem 50/40 °C. Otopná tělesa jsou opatřena odvzdušňovacími ventily. Čtyři otopné hady podlahového vytápění pracují s teplotním spádem 40/32 °C a dva s 45/37 °C. Vyšší teplotní spád je dán zejména jiným typem nášlapné vrstvy podlahy. Každý ze třech otopných hadů podlahového vytápění v denní místnosti (m. č. 1.04) je součástí samostatného dilatačního celku.

D1.5.5. Systém měření a regulace

Tepelné čerpadlo pracuje v režimu zapnuto/vypnuto. Zapínání a vypínání je řízeno v závislosti na teplotě v akumulační nádrži, snímané teplotním čidlem. Teplota otopné vody pro vytápění je řízena ekvitermním regulátorem a je zajištěna prostřednictvím trojcestného směšovacího ventilu za rozdělovačem. Regulační uzel se směšováním pro ohříváč vzduchu je umístěn u vzduchotechnické jednotky. Čerpadlo pro přívod otopné vody do zásobníkového ohříváče teplé vody je řízeno na základě teploty teplé vody v zásobníku. Otopná tělesa a otopné lavice jsou opatřeny termostatickými ventily s hlavicemi. Trojcestné směšovací ventily podlahového vytápění jsou řízeny pomocí čidla pokojové teploty. Projekt systému měření a regulace není součástí této projektové dokumentace.

D1.5.6. Izolace potrubí

Pro izolaci potrubí byla navržena izolace Rockwool Pipo. Jedná se o tepelně izolační výrobek z minerální plsti opatřený na povrchu hliníkovou fólií, vyztuženou mřížkou ze skelných vláken. Dle vyhlášky č. 193 – 2007 sb. byly navrženy následující tloušťky izolací (rozměr potrubí/tloušťka tepelné izolace v mm) 12x1/25, 15x1/25, 18x1/30, 22x1/30, 28x1,5/40, 35x1,5/50, 42x1,5/40. Izolovány budou rozvody ve strojovně topení a rozvody v podlaže.

D1.5.7. Příprava teplé vody

Teplá voda bude připravována v zásobníkovém ohřivači teplé vody Buderus Logalux SU500 o objemu 500 l. Zásobníkový ohřivač bude připojen na kombinovaný rozdělovač a sběrač a bude umístěn ve strojovně topení. Připojení zásobníkového ohřivače k přívodu studené vody a připojení k rozvodu teplé vody zajistí profese ZTI. V letním období bude voda ohřívána pomocí elektrické topné vložky o výkonu 3 kW.

D1.5.8. Ohřivač vzduchu

Ohřivač vzduchu je součástí vzduchotechnické jednotky, která slouží k nucenému větrání objektu. Vzduchotechnická jednotka je umístěna ve strojovně topení. Přívod topné vody je napojen na kombinovaný rozdělovač a sběrač. Regulační uzel obsahující trojcestnou regulační armaturu je osazen před výměníkem u vzduchotechnické jednotky. Výměník a regulační uzel je součástí dodávky vzduchotechniky.

D1.5.9. Nátěry

Otopná tělesa (trubková i desková), podlahové konvektory a otopné lavice jsou dodávány s povrchovou úpravou již z výroby. Rozvody z měděného potrubí není nutné opatřovat nátěrem.

D.1.6. Požadavky na ostatní profese

D1.6.1. Stavební práce

Prostupy ve stěnách a stropěch budou o 30 – 60 mm větší než je dimenze potrubí a po dokončení montáže rozvodu budou stavebně zapraveny. Potrubí vedené v podlaze bude provedeno před zalitím čisté podlahy. Instalace rozvodů pod stropem musí předcházet kompletaci stropních podhledů.

D1.6.2. Zdravotechnika

Profese ZTI zajistí připojení zásobníkového ohřivače teplé vody na rozvod studené vody, teplé vody a cirkulace. Dále zajistí přívod vody pro automatické doplňování vody do otopného systému. Ve strojovně topení je nutno osadit podlahovou vpust.

D1.6.3. Elektroinstalace

Řeší připojení technologických zařízení ve strojovně topení, připojení ventilátoru u podlahového konvektoru (varianta – A místnost č. 1.06 herna), dále zajistí umělé osvětlení strojovny topení a umístí zásuvku pro montáž a údržbu zařízení.

D1.6.4. Měření a regulace

Zajistí osazení řídicích jednotek, připojení čerpadel a trojcestných ventilů se servopohonem. Osadí a zapojí všechna teplotní čidla a pokojové termostaty.

D1.7. Bezpečnost a ochrana zdraví při práci

Montáž, údržbu a opravy může provádět jen odborná firma či kvalifikovaná osoba. Veškeré práce při montáži je nutno provádět v souladu s platnými předpisy (vyhlášky, normy) zejména normou ČSN 06 0310 Tepelné soustavy v budovách – Projektování a montáž, ČSN 73 6005 Prostorové uspořádání sítí technického vybavení, ČSN 69 0012 Tlakové nádoby stabilní – Provozní požadavky, zákon 309/2006 Sb. a prováděcí vyhlášku 591/2006. Provozovatel vypracuje provozní řád a zajistí kvalifikovanou obsluhu. Obsluha musí být prokazatelně zaškolená a zařízení musí být prokazatelně kontrolováno. Provedení montáže a topné zkoušky musí dodavatel provést poučení provozovatele o obsluze zařízení a předat mu návody k montáži, obsluze, provozu a údržbě, dále předá protokoly o provedených zkouškách.

D1.8. Zkoušky otopného systému

Před uvedením soustavy do provozu bude provedena provozní dilatační a topná zkouška. Před vyzkoušením a uvedením do provozu musí být každé zařízení propláchnuto a naplněno vodou.

D2. SEZNAM VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE

D2.1. Varianta A

D2.1.1.	Půdorys 1 NP (1:50)	8 A4
D2.1.2.	Půdorys 1 PP(1:50)	8 A4
D2.1.3.	Rozvinutý řez (1:50)	4 A4
D2.1.4.	Půdorys strojovny topení (1:25)	2 A4
D2.1.5.	Schéma zapojení (1:25)	2 A4

D2.2. Varianta B

D2.2.1.	Půdorys 1 NP (1:50)	8 A4
D2.2.2.	Půdorys 1 PP(1:50)	8 A4
D2.2.3.	Rozvinutý řez (1:50)	4 A4
D2.2.4.	Půdorys strojovny topení (1:25)	2 A4
D2.2.5.	Schéma zapojení (1:25)	2 A4

D2.3. Varianta A + B

D2.3.1.	Situace (1:250)	8 A4
---------	-----------------	------

ZÁVĚR

Při zpracování diplomové práce bylo postupováno dle zadání fakulty. Úkolem bylo zabývat se zadaným tématem na třech úrovních teoretické, praktické a experimentální.

V první části byla provedena analýza tématu a celé práce. Stěžejní částí první části však tvoří kapitola nazvaná Teoretické řešení. Tato kapitola podává celkový přehled o dané problematice, vysvětluje různé principy, funkce a podobně. Je zde uveden přehled jednotlivých typů aplikací a jejich modifikací, doplněný o potřebné informace vedoucí k úvahám o vhodném použití jednotlivých možností pro dané konkrétní aplikace. Nedílnou součástí je přehled o aktuálních technických řešeních v praxi. V neposlední řadě jsou zde vysvětleny základní výpočty a fyzikální děje postihující dané téma. Práce je koncipována tak, aby mimo jiné mohla posloužit jako podklad pro zpracování praktické a experimentální části.

Ve druhé části bylo zadané téma prakticky aplikováno na projektu novostavby mateřské školy. Byly zpracovány dvě varianty způsobu jímání tepla ze země, tedy zemní vrt a horizontální zemní výměník, z nichž byl vyhodnocen jako vhodnější způsob právě vrt. Další variantní řešení se týkalo otopných ploch, kdy pro vytápění nadzemního podlaží byla řešena varianta podlahových konvektorů a varianta podlahového vytápění. Výstupem této části je projektová dokumentace ve stupni pro stavební povolení, která se sestává z výkresové části dle seznamu v části D a technické zprávy.

Třetí částí bylo experimentální řešení. Experiment byl prováděn na realizované budově. Šlo o rodinný dům, kde bylo nainstalováno tepelné čerpadlo země – voda. Na základě provedeného měření byla zjištěna příčina problémů při provozu tepelného čerpadla a bylo navrženo opatření vedoucí k nápravě.

Přiloženy jsou výkresy obou variantních řešení otopných ploch. V každé variantě je přiložen půdorys 1 PP a 1NP, rozvinutý řez, půdorys strojovny topení a schéma zapojení. Situační plán rozmístění vrtů je přiložen pro obě varianty společný, protože varianta horizontálního výměníku nemohla být realizována vzhledem k ploše pozemku.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] PETRÁŠ, Dušan. Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie. 1. vyd. Bratislava: Jaga, 2008. 207 s. ISBN 978-80-8076-069-4.
- [2] SRDEČNÝ, Karel; TRUXA, Jan. Tepelná čerpadla. 1. vyd. Brno: ERA, 2005. 68 s. ISBN 80-7366-031-8.
- [3] BERANOVSKÝ, Jiří; TRUXA, Jan. Alternativní zdroje energie pro váš dům. 1. vyd. Brno: ERA, 2004. 152 s. ISBN 80-86517-89-6.
- [4] ABS-portal [online]. 2013 [cit. 2013-11-05]. Tepelná čerpadla na bázi zeolitu. Dostupné z < <http://www.asb-portal.cz/>>.
- [5] TZB-info [online]. 2005 [cit. 2013-03-16]. Jak je to vlastně s topným faktorem (II). Dostupné z < <http://www.tzb-info.cz/>>.
- [6] TZB-info [online]. 2006 [cit. 2013-03-16]. Vrtý do horninového masivu - zdroj energie pro tepelná čerpadla (III). Dostupné z < <http://www.tzb-info.cz/>>.
- [7] TINTĚRA, Ladislav. Tepelná čerpadla. 1. vyd. Praha: ARCH, 2003. 124 s. ISBN 80-86165-61-2
- [8] TZB-info [online]. 2007 [cit. 2013-03-17]. Proč zvolit tepelné čerpadlo vzduch-voda. Dostupné z < <http://www.tzb-info.cz/>>.
- [9] Kodek [online]. [cit. 2013-03-17]. Tepelné čerpadlo vzduch voda. Dostupné z < <http://www.kodek.cz/>>.
- [10] Energetický poradce PRE [online]. [cit. 2013-03-22]. Tepelná čerpadla vzduch-vzduch. Dostupné z < <http://www.energetickyporadce.cz/>>.
- [11] Gerotop [online]. [cit. 2013-04-03]. TČ s neobvyklým řešením. Dostupné z < <http://www.gerotop.cz/>>.
- [12] Gerotop [online]. [cit. 2013-04-03]. Instalace plošného kolektoru. Dostupné z < <http://www.gerotop.cz/>>.
- [13] IVT tepelná čerpadla [online]. [cit. 2013-04-07]. Tepelná čerpadla země/voda - plocha. Dostupné z < <http://www.cerpadla-ivt.cz/>>.
- [14] E-komplex instalatéri [online]. [cit. 2013-04-16]. Tepelná čerpadla země-voda. Dostupné z < <http://www.topeni-topenari.eu/>>.
- [15] TZB-info [online]. 2006 [cit. 2013-04-17]. Rozdíly v kvalitě a energetické výtěžnosti vrtů pro tepelná čerpadla. Dostupné z < <http://www.tzb-info.cz/>>.
- [16] Gerotop [online]. [cit. 2013-09-11]. Vratné koleno GEOtherm. Dostupné z < <http://www.gerotop.cz/>>.
- [17] Gerotop [online]. [cit. 2013-09-11]. Systém GEROtherm® - Push. Dostupné z < <http://www.gerotop.cz/>>.
- [18] Gerotop [online]. [cit. 2013-09-11]. Vystrojení geotermálního vrtu. Dostupné z < <http://www.gerotop.cz/>>.
- [19] Gerotop [online]. [cit. 2013-09-17]. Normované jímky PAK. Dostupné z < <http://www.gerotop.cz/>>.
- [20] TZB-info [online]. 2008 [cit. 2013-09-27]. Využívání stavebních konstrukcí budov pro ukládání energie. Dostupné z < <http://www.tzb-info.cz/>>.
- [21] Gerotop [online]. [cit. 2013-09-28]. Energetické základy budov. Dostupné z < <http://www.gerotop.cz/>>.
- [22] TZB-info [online]. 2012 [cit. 2013-11-13]. Základní vlastnosti vrtů pro

- tepelná čerpadla. Dostupné z < <http://www.tzb-info.cz/>>.
- [23] TZB-info [online]. 2010 [cit. 2013-11-15]. Vrt pro tepelné čerpadlo - modelování dlouhodobé energetické bilance - 2. část. Dostupné z < <http://www.tzb-info.cz/>>.
- [24] TZB-Ústav technických zařízení budov [online]. [cit. 2013-12-26]. NTC - návrh tepelných čerpadel. Dostupné z < <http://www.fce.vutbr.cz/>>.
- [25] Korado [online]. [cit. 2013-10-02]. Deskové radiátory - desková otopná tělesa RADIK. Dostupné z < <http://www.korado.cz/>>.
- [26] Korado [online]. [cit. 2013-10-02]. Koupelnové radiátory - trubková otopná tělesa KORALUX. Dostupné z < <http://www.korado.cz/>>.
- [27] Korado [online]. [cit. 2013-10-02]. Designové radiátory – designová otopná tělesa KORATHERM. Dostupné z < <http://www.korado.cz/>>.
- [28] Licon [online]. [cit. 2013-10-08]. LICON - Katalog produktů 2012. Dostupné z < <http://www.licon.cz/>>.
- [29] Ta hydronics [online]. [cit. 2013-10-09]. Termostatické ventily a šroubení. Dostupné z <<http://www.tahydronics.com/>>.
- [30] Wolf [online]. [cit. 2013-10-13]. Nízkoteplotní sálavé systémy gabotherm. Dostupné z <<http://www.wolf-heiztechnik.de/>>.
- [31] Cu Středisko mědi [online]. [cit. 2013-10-10]. Příručka k projektování systémů. Dostupné z <<http://www.medportal.sk/>>.
- [32] VALENTA, Vladimír. Topenářská příručka 3. 1. vyd. Praha: Agentura ČSTZ, 2007. 378 s. ISBN 978-80-860228-13-2.
- [33] Grundfos [online]. [cit. 2013-10-23]. WebCAPS. Dostupné z < <http://cz.grundfos.com/>>.
- [34] Ta hydronics [online]. [cit. 2013-11-09]. Vyvažování a regulace. Dostupné z <<http://www.tahydronics.com/>>.
- [35] Ta hydronics [online]. [cit. 2013-11-09]. Třícestné směšovací ventily. Dostupné z <<http://www.tahydronics.com/>>.
- [36] Regulus [online]. [cit. 2013-11-14]. Rozdělovače a vyrovnávače tlaků. Dostupné z <<http://www.regulus.cz/>>.
- [37] Buderus [online]. [cit. 2013-11-17]. Tepelná čerpadla. Dostupné z < <http://www.buderus.cz/>>.
- [38] Buderus [online]. [cit. 2013-11-17]. Zásobníky. Dostupné z < <http://www.buderus.cz/>>.
- [39] Reflex [online]. [cit. 2013-11-17]. Expanzní nádoby a automaty. Dostupné z < <http://www.reflexcz.cz/>>.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

λ [w/(m.K)]	Součinitel tepelné vodivosti materiálu
R_i [(m ² .K)/W]	Tepelný odpor i-té vrstvy konstrukce
R_{si} [(m ² .K)/W]	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce
R_{se} [(m ² .K)/W]	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce
U [w/(m ² .K)]	Součinitel prostupu tepla
ΔU [w/(m ² .K)]	Přirážka na tepelní mosty
e_k [-]	Korekční činitel zahrnující exponování, klimatické podmínky
$H_{T,ie}$ [W/K]	Měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí
$H_{T,ij}$ [W/K]	Měrná tepelná ztráta z/do prostorů vytápěných na rozdílnou teplotu
$H_{T,iue}$ [W/K]	Měrná tepelná ztráta zeminou
$U_{equiv,k}$ [w/(m ² .K)]	Ekvivalentní součinitel prostupu tepla do zeminy
f_i [-]	Součinitel teplotní redukce
t_j [°C]	Teplota ve vedlejší místnosti
f_{g1} [-]	Opravný součinitel uvažující vliv roční změny průběhu teploty
f_{g2} [-]	Opravný teplotní součinitel
G_w [-]	Opravný součinitel zohledňující vliv podzemní vody
t_i [°C]	Teplota v interiéru
t_e [°C]	Teplota v exteriéru
$H_{T,i}$ [W/K]	Celková měrná tepelná ztráta prostupem
θ_{int} [°C]	Vnitřní výpočtová teplota
θ_e [°C]	Venkovní výpočtová teplota
$\Phi_{T,i}$ [kW]	Návrhová tepelná ztráta prostupem
t_{w1} [°C]	Vstupní teplota otopné vody
t_{w2} [°C]	Výstupní teplota otopné vody
Q_p [W]	Požadovaný výkon otopného tělesa
c [-]	Rozdílový ukazatel otopného tělesa
e [-]	Teplotní exponent otopného tělesa
f_x [-]	Opravný součinitel na připojení tělesa
f_o [-]	Opravný součinitel na úpravu okolí
f_p [-]	Opravný součinitel na umístění tělesa v prostoru
Q_{skut} [W]	Skutečný výkon otopného tělesa
t_m [°C]	Střední povrchová teplota potrubí otopného hada
S_p [m ²]	Otopná plocha podlahového vytápění
d [mm]	Vnější průměr potrubí otopného hada
L [mm]	Rozteč potrubí otopného hada podlahového topení
r [mm]	Šířka okrajové zóny podlahového topení
Q_c [W]	Tepelný výkon otopné plochy podlahového vytápění
$Q_{c+p'}$ [W]	Tepelný příkon otopné plochy podlahového vytápění
$t_{p,sk}$ [°C]	Střední povrchová teplota podlahy
Q_{2t} [kWh]	Teplu odebrané při přípravě teplé vody
Q_z [kWh]	Teplu ztracené při přípravě teplé vody
V_{2p} [m ³ /per]	Specifická spotřeba teplé vody
Φ_{1n} [kW]	Jmenovitý tepelný výkon ohřevu teplé vody
V_z [m ³]	Velikost zásobníku pro ohřev teplé vody
A [m ²]	Potřebná teplosměnná plocha trubek ohřivače

M [kg/h]	Hmotnostní průtok otopné vody
l [m]	Délka úseku na potrubí
R [Pa/m]	Měrná tlaková ztráta třením
w [m/s]	Rychlost proudění vody v potrubí
ξ [-]	Součinitel vřazeného odporu
Z [Pa]	Tlaková ztráta místními odpory
Δp [Pa]	Tlaková ztráta úseku
Δp_{DIS} [Pa]	Dispoziční tlak
Δp_{RV} [Pa]	Tlaková ztráta ventily
D_{xt} [mm]	Rozměr potrubí (vnější průměr x tloušťka stěny)
COP [-]	Topný faktor tepelného čerpadla
Q_{CH} [W]	Chladicí výkon tepelného čerpadla
Q_{EL} [W]	Elektrický příkon tepelného čerpadla
Q_{TOP} [W]	Topný výkon tepelného čerpadla
h_{MR} [m]	Výška manometrické roviny
Q_p [W]	Pojistný výkon
p_k [Pa]	Minimální konstrukční přetlak
p_{ddov} [Pa]	Nejnižší dovolený provozní přetlak
p_{hdov} [Pa]	Nejvyšší dovolený přetlak v soustavě
V_e [l]	Expanzní objem
d_p [mm]	Průměr expanzního potrubí
p_{ot} [kPa]	Otevírací přetlak pojistného ventilu
α_v [-]	Výtokový součinitel
a [-]	Součinitel zvětšení sedla pojistného ventilu
E_{TV} [kWh/rok]	Roční potřeba tepla pro ohřev teplé vody
E_{UT} [kWh/rok]	Roční potřeba tepla pro vytápění
E_{VZT} [kWh/rok]	Roční potřeba tepla pro nucené větrání
η_{zdroje} [-]	Účinnost zdroje tepla
$\eta_{distribuce}$ [-]	Účinnost distribuce tepla v objektu
$E_{TV,sk}$ [kWh/rok]	Roční spotřeba tepla pro ohřev teplé vody
$E_{UT,sk}$ [kWh/rok]	Roční spotřeba tepla pro vytápění
$E_{VZT,sk}$ [kWh/rok]	Roční spotřeba tepla pro nucené větrání
h [kJ/kg]	Entalpie chladiva
$\Phi_{HP,hw}$ [kW]	Topný výkon pro vytápění, popř. přípravu teplé vody
P_{HP} [kW]	Elektrický příkon kompresoru
$P_{HP,aux}$ [kW]	Příkon pro překonání tlakové ztráty ve výparníku a kondenzátoru, odmrazování a regulaci