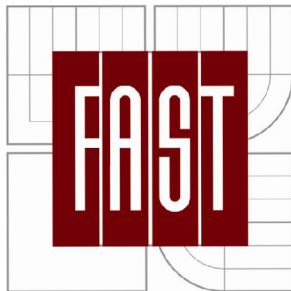


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

# POSOUZENÍ CHLADÍCIHO A TOPNÉHO FAKTORU REÁLNÉHO TČ

ASSESSMENT OF COOLING AND HEATING FACTOR OF REAL HEAT PUMP

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

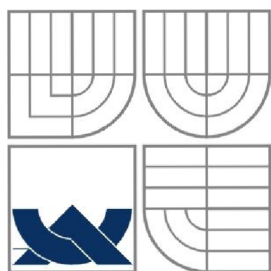
Bc. TEREZA TUPCOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

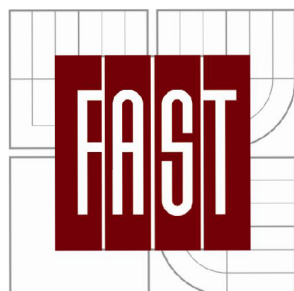
SUPERVISOR

doc. Ing. ALEŠ RUBINA, Ph.D.

BRNO 2016



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

## DOKLADOVÁ ČÁST

# POSOUZENÍ CHLADÍCIHO A TOPNÉHO FAKTORU REÁLNÉHO TČ

ASSESSMENT OF COOLING AND HEATING FACTOR OF REAL HEAT PUMP

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. TEREZA TUPCOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ALEŠ RUBINA, Ph.D.

BRNO 2016



# 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. Tereza Tupcová

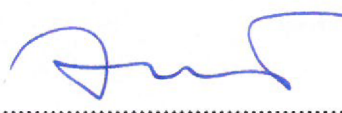
**Název** Posouzení chladicího a topného faktoru reálného TČ

**Vedoucí diplomové práce** doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D.


**Datum zadání diplomové práce** 31. 3. 2015

**Datum odevzdání diplomové práce** 15. 1. 2016

V Brně dne 31. 3. 2015

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



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

## **Podklady a literatura**

1. České i zahraniční technické normy
2. Odborná literatura
3. Zdroje na internetu

## **Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)**

### **A. Analýza tématu, cíle a metody řešení**

Analýza zadaného tématu, fyzikální podklady

Cíl práce, zvolené metody řešení

matematicko-fyzikální řešení (s využitím fyzikální podstaty dějů)

### **B. Aplikace tématu na posuzovaném reálném zařízení - koncepční řešení**

Výpočet topného a chladicího faktoru a následná aplikace při posouzení vlivu náhrady neekologického chladiva - doporučení pro praktické případy.

### **C. Experimentální řešení a zpracování výsledků**

Vše bude svázáno pevnou vazbou. Volné dokumenty (metadata, posudky, apod.) budou vloženy do kapsy na předních deskách, výkresy budou poskládány a uloženy jako příloha v kapse na zadní straně desek.

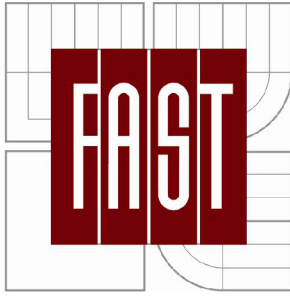
## **Struktura bakalářské/diplomové práce**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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



.....  
doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D.  
Vedoucí diplomové práce



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

<b>Vedoucí práce</b>	doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D.
<b>Autor práce</b>	Bc. Tereza Tupcová
<b>Škola</b>	Vysoké učení technické v Brně
<b>Fakulta</b>	Stavební
<b>Ústav</b>	Ústav technických zařízení budov
<b>Studijní obor</b>	3608T001 Pozemní stavby
<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Název práce</b>	Posouzení chladícího a topného faktoru reálného TČ
<b>Název práce v anglickém jazyce</b>	Assessment of cooling and heating factor of real heat pump
<b>Typ práce</b>	Diplomová práce
<b>Přidělovaný titul</b>	Ing.
<b>Jazyk práce</b>	Čeština
<b>Datový formát elektronické verze</b>	PDF

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá problematikou náhrady neekologického chladiva R22 dle požadavků příslušných právních předpisů a následného vlivu této náhrady na účinnosti klimatizačních systémů. Teoretická část je zaměřena na probíhající děje v tepelných cyklech a při přenosu tepla, dále stanovuje řešení výpočtu chladicího a topného faktoru v souvislosti s experimentálním měřením. Experimentální měření slouží k vyhodnocení provozu tepelného čerpadla po náhradě chladiva a je podkladem k sestavení ekonomického zhodnocení možných variant řešení dle konkrétní volby náhrady chladiva.

## **PREFACE**

The diploma thesis deals with the issue of replacement of non-ecological refrigerant R22 according to the requirements of relevant juristic regulations and of subsequent influence of this replacement to the efficiency of air conditioning systems. The theoretical part is focused on proceeding processes in thermodynamic cycles and during heat transfer, then determines calculation of cooling and heating factor in context with experimental measurement. The experimental measurement utilizes to the assessment of operation of heat pump after refrigerant replacement and it is source for the composition of economical evaluation of alternative solutions due to the particular choice of refrigerant replacement.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Chladicí faktor, topný faktor, tepelné děje, tepelné cykly, chladivo, tepelné čerpadlo, procedura retrofit, procedura drop-in.

## **KEY WORDS**

Cooling factor, heating factor, thermodynamic processes, thermodynamic cycles, refrigerant, heat pump, retrofit procedure, drop-in procedure.

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP**

Bc. Tereza Tupcová *Posouzení chladícího a topného faktoru reálného TČ*. Brno, 2016. 96 s., 44 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 15. 1. 2015

.....  
podpis autora  
Bc. Tereza Tupcová



## **PODĚKOVÁNÍ:**

Ráda bych poděkovala vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Aleši Rubinovi, Ph.D za odborné vedení, cenné rady a připomínky a za podporu při zpracování této diplomové práce.

# OBSAH

ÚVOD .....	12
<b>ČÁST A – ANALÝZA TÉMATU, CÍLE A METODY ŘEŠENÍ .....</b>	<b>13</b>
<b>1 TÉMA A CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE .....</b>	<b>14</b>
<b>2 FYZIKÁLNÍ PODKLADY.....</b>	<b>16</b>
2.1 ZÁKLADY TEPELNÝCH CYKLŮ .....	16
2.1.1 TEPELNÉ DĚJE .....	17
2.2 TEPELNÉ CYKLY .....	18
2.2.1 OBRÁCENÝ CARNOTŮV CYKLUS VE DVOUFÁZOVÉ LÁTCE.....	20
2.2.2 CLAUSIUS-RANKINŮV CYKLUS.....	20
2.2.3 SKUTEČNÝ PARNÍ KOMPRESOROVÝ CYKLUS .....	21
2.2.4 TEPELNÉ CYKLY SE DVĚMA LÁTKAMI .....	22
2.3 PRACOVNÍ LÁTKY PRO CHLAZENÍ.....	23
2.3.1 ROZDĚLENÍ CHLADIV .....	23
2.3.2 POŽADAVKY NA CHLADIVA .....	24
2.3.3 TEPELNÉ DĚJE V CHLADIVECH.....	26
2.4 TEPELNÁ ČERPADLA .....	28
2.4.1 ZDROJE NÍZKOPOTENCIÁLNÍHO TEPLA .....	28
2.4.2 PROVOZNÍ REŽIMY TEPELNÉHO ČERPADLA .....	29
2.5 SDÍLENÍ TEPLA.....	30
2.5.1 VEDENÍ TEPLA.....	30
2.5.2 PŘENOS TEPLA KONVEKČÍ .....	31
2.5.3 PŘENOS TEPLA RADIACÍ.....	32
<b>MATEMATICKO-FYZIKÁLNÍ ŘEŠENÍ .....</b>	<b>34</b>
2.6 UKAZATEL ÚČINNOSTI TEPELNÉHO CYKLU .....	34
2.6.1 VÝPOČTOVÉ SCHÉMA A TEPELNÝ DIAGRAM PRO STANOVENÍ CHLADÍCÍHO A TOPNÉHO FAKTORU 34	
2.6.2 CHLADÍCÍ FAKTOR .....	34
2.6.3 TOPNÝ FAKTOR .....	35
<b>ČÁST B – APLIKACE TÉMATU NA POSUZOVANÉM REÁLNÉM ZAŘÍZENÍ .....</b>	<b>37</b>
<b>3 SYSTÉM MR. SLIM – SÉRIE SEH .....</b>	<b>38</b>
3.1 OVLÁDÁNÍ SYSTÉMU MR. SLIM .....	39
3.2 MIKROPROCESOROVÉ ŘÍZENÍ.....	39
3.2.1 REŽIM CHLAZENÍ.....	40
3.2.2 REŽIM TOPENÍ.....	40
3.3 SCHÉMA CHLADIVOVÉHO OKRUHU .....	41
<b>4 VLIV NÁHRADY NEEKOLOGICKÉHO CHLADIVA .....</b>	<b>42</b>
4.1 VÝCHOZÍ PRÁVNÍ PŘEDPISY .....	42

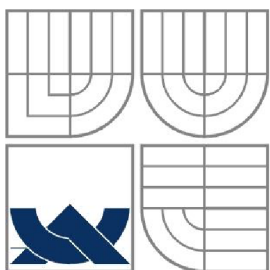
4.2	VLIV NÁHRADY NA KLIMATIZAČNÍ ZAŘÍZENÍ .....	43
4.2.1	PROCEDURA RETROFIT .....	43
4.2.2	PROCEDURA DROP-IN .....	45
4.2.3	NOVÉ KLIMATIZAČNÍ ZAŘÍZENÍ .....	45
4.2.4	VÝBĚR CHLADIVA .....	46
<b>5</b>	<b>EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....</b>	<b>48</b>
<b>6</b>	<b>ZÁVĚREČNÉ SHRNUÍ A DOPORUČENÍ.....</b>	<b>51</b>
	<b>ČÁST C – EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ .....</b>	<b>54</b>
<b>7</b>	<b>CÍLE EXPERIMENTÁLNÍHO ŘEŠENÍ.....</b>	<b>55</b>
<b>8</b>	<b>EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ.....</b>	<b>56</b>
8.1	ETAPY NÁVRHU EXPERIMENTU.....	56
8.1.1	FORMULACE PROBLÉMU A STANOVENÍ MĚŘENÝCH FYZIKÁLNÍCH VELIČIN.....	56
8.1.2	OBJEKT EXPERIMENTÁLNÍHO MĚŘENÍ .....	57
8.1.3	PLÁNOVÁNÍ MĚŘENÍ.....	58
8.1.4	VOLBA MĚŘICÍ TECHNIKY .....	58
8.2	POUŽITÉ MĚŘICÍ PŘÍSTROJE A PROGRAMY.....	58
8.2.1	BALOMETR PROHOOD PH 721 .....	58
8.2.2	TERMOČLÁNKOVÉ DRÁTY ALMEMO ZA 9020-FS THERMO E4 .....	59
8.2.3	MĚŘICÍ ÚSTŘEDNA ALMEMO 2890-9 .....	59
8.2.4	SOFTWARE AMR CONTROL .....	59
8.2.5	DATALOGGER COMET S3120 .....	60
8.2.6	SOFTWARE DATALOGGER VERZE 2.2.21.0 .....	60
8.3	ZPRACOVÁNÍ DAT Z EXPERIMENTÁLNÍHO MĚŘENÍ.....	61
8.3.1	VÝSTUPY Z LETNÍHO OBDOBÍ.....	63
8.3.2	VÝSTUPY ZE ZIMNÍHO OBDOBÍ .....	73
8.4	ZHODNOCENÍ A POSOUZENÍ VÝSLEDKŮ .....	84
8.4.1	LETNÍ OBDOBÍ – EER.....	84
8.4.2	ZIMNÍ OBDOBÍ – COP.....	85
<b>9</b>	<b>CELKOVÉ POSOUZENÍ EXPERIMENTÁLNÍHO ŘEŠENÍ .....</b>	<b>87</b>
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>89</b>
	<b>POUŽITÉ ZDROJE .....</b>	<b>90</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ .....</b>	<b>93</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ .....</b>	<b>94</b>
	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>97</b>

## ÚVOD

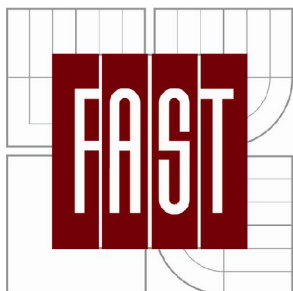
Hlavní problematikou diplomové práce je možnost aplikací náhrady chladiva R22, jež je v současné době považováno za neekologickou pracovní látku z hlediska poškozování ozónové vrstvy a ovlivňování globálního oteplování při jeho úniku do atmosféry. Pro ochranu životního prostředí a především ovzduší byly vydány zákonné předpisy, jež udávají ukončení výroby a spotřeby nejen chladiva R22, ale i dalších látek.

Důsledek právních předpisů pro uživatele klimatizačních zařízení s kolujícím chladivem R22 je zvolení vhodné varianty náhrady chladiva v závislosti na mnoha faktorech, jež jsou probrány v následujících kapitolách části B této práce. Možné varianty řešení jsou představeny jako procedury retrofit a drop-in a v případě neefektivního využití těchto procedur zbývá možnost pořízení zcela nového klimatizačního systému. Důležitým hlediskem pro výběr varianty je také ekonomické porovnání dle investičních nákladů pro získání fungujícího klimatizačního systému.

Pro ověření účinného provozu při využití uvedených procedur je součástí této práce experimentální řešení provedené na konkrétním tepelném čerpadle, jehož výstupy hodnotí chladicí a tepelné výkony daného systému v závislosti na vytvořených podmínkách ve zkušebním prostoru. Další zhodnocení se týká stanovení účinností, a to chladicího a topného faktoru při určitých teplotách vzduchu v exteriéru. Veškeré výpočtové vztahy pro určení chladicích a topných faktorů vycházejí z teoretických poznatků o tepelných cyklech probíhajících v kompresorových zařízeních a o změnách fyzikálního stavu pracovní látky čili chladiva v konkrétních částech okruhu vyobrazených v tepelných diagramech chladiv.



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STAVEBNÍ**

**ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

## **ČÁST A – ANALÝZA TÉMATU, CÍLE A METODY ŘEŠENÍ**

FYZIKÁLNÍ PODKLADY

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Bc. TEREZA TUPCOVÁ**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**doc. Ing. ALEŠ RUBINA, Ph.D.**

BRNO 2016

# 1 TÉMA A CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Tématem diplomové práce je Posouzení chladícího a topného faktoru reálného tepelného čerpadla. Důležitým požadavkem je tedy pochopení práce takového zařízení, která spočívá v přenosu tepla pomocí fyzikálních změn pracovní látky za nutného dodání energie komponentům systému tepelného čerpadla, míněny jsou především kompresor a ventilátory.

Obsahová stránka diplomové práce je členěna do tří částí, které jsou navzájem propojeny z hlediska teoretických poznatků, právních předpisů a také z hlediska experimentálního měření a jeho konkrétních výstupů.

## ***Teoretické řešení***

Teoretická část práce spočívá ve shrnutí fyzikálních podkladů pro pochopení tepelných dějů a procesů uskutečňujících se při tepelných cyklech. Dále zahrnuje vybrané tepelné cykly a především Clausius-Rankinův cyklus, jež je výchozím teoretickým podkladem pro sestavení matematicko-fyzikálního řešení, které představuje postup výpočtu chladících a topných faktorů pro aplikaci na experimentální řešení této práce.

Součástí teoretické části je i téma o pracovních látkách, zejména o chladivech a o jejich fázových změnách v tepelných cyklech, dále zde uvádím pojem tepelné čerpadlo a na závěr shrnutí teorie přenosu tepla.

## ***Aplikace tématu na posuzovaném reálném zařízení***

Tato část práce zahrnuje popis reálného zařízení, a tím je systém Mr. Slim od výrobce Mitsubishi Electric. Popis spočívá především v charakteristice provozních režimů chlazení a topení a jejich mikroprocesorového řízení.

Další kapitolou je vliv náhrady neekologického chladiva v důsledku platných právních předpisů, jež je formulován pomocí možných variant náhrady chladiva, kde se jedná o procedury retrofit a drop-in a nebo pořízení nového klimatizačního systému. Na to navazuje ekonomické řešení variant z pohledu kalkulací počátečních nákladů na konkrétní zvolenou variantu.

Cílem této části práce je především seznámení s možnostmi náhrady neekologického chladiva a jejich zhodnocení v závislosti na účinnosti systému, na nákladech investičních a provozních nebo na požadovaných úpravách dle vybrané varianty. V závěru se dále shrnou doporučení pro praktické případy a další požadavky právních předpisů.

## ***Experimentální řešení***

Experimentální řešení zpracovává naměřené výstupy z fyzického modelu, jímž se stal již zmíněný systém Mr. Slim, který je instalován v laboratoři na ústavu technických zařízení budov stavební fakulty. Při experimentálním měření byly sledovány teploty vzduchu vstupů a výstupů u obou výměníků a teplota na vnitřním výměníku v průběhu několika dnů jak v letním, tak i v zimním období. Dle těchto naměřených teplot jsou dále stanoveny chladící a tepelné výkony zařízení a také samotný průběh tepelných cyklů v tepelném diagramu chladiva R417a, kolujícího v tepelně izolovaném chladivovém potrubí. Pomocí sestaveného cyklu se dále stanoví hodnoty chladících a topných faktorů.

Cílem experimentálního řešení je tedy určení průměrných hodnot chladících a topných faktorů v závislosti na teplotě vzduchu v exteriéru a následné posouzení funkčnosti systému Mr. Slim při aplikaci náhrady chladiva R417a za chladivo R22 v vytvořeném mikroklimatu v dané místnosti. Dalším požadavkem je také porovnání stanovených faktorů na základě matematicko-fyzikálního řešení s hodnotami danými výrobcem zařízení.

## 2 FYZIKÁLNÍ PODKLADY

### 2.1 Základy tepelných cyklů

Cyklus je považován za uzavřený děj, při jehož průběhu látka postupuje účelně seřazenými fyzikálními změnami tak, že se po sdílení tepla a práce navrací do původního stavu jinou cestou, než kterou procházela předchozími změnami.

Tepelné cykly jsou založeny na dvou zákonech zvaných hlavní věty termodynamiky, a to:

#### ***I. zákon termodynamiky – zákon o zachování energie***

Tento zákon pojednává o přeměnách energií za předpokladu, že energie soustavy se nemění co do velikosti, ať se v ní dějí jakékoli změny. Jinak řečeno součet všech energií v izolované soustavě je konstantní. Přeměna energie probíhá za určitých podmínek a to například ohřevem látky narůstá její teplota a zvětšuje se její objem, který při překonání odporu vykoná vnější absolutní práci  $\Delta a$  [6]:

$$dQ = dU + dA \quad \text{nebo} \quad dq = du + da,$$

$dQ$  je teplo, které bylo přivedeno soustavě [J]

$dU$  je přírůstek vnitřní energie soustavy [J]

$dA$  je práce, kterou soustava vykonala [J]

$dq$ ,  $du$ ,  $da$  jsou měrné hodnoty výše uvedených veličin, jsou vztažené na jednotkovou hmotnost soustavy.

#### ***II. zákon termodynamiky***

Druhý termodynamický zákon určuje přirozený směr, kterým probíhají přírodní především fyzikální procesy.

Formulace dle Clausiova principu říká, že přeměna tepla v mechanickou práci je podmíněna tepelným tokem z teplotní hladiny vyšší na nižší. Z toho plyne, že tepelná energie se při samovolném procesu předává z tělesa o teplotě vyšší na těleso či látku chladnější. Opačným směrem to bez přivedení energie z vnějšího prostředí nelze dosáhnout. Další formulace podle Kelvina zní: nelze získávat ze soustavy neživých látek práci tím, že ji ochlazujeme pod teplotu nejchladnější látky v okolí. Neboli pro trvalé získávání práce není možné využívat tepelné zdroje s teplotou nižší než je teplota okolí [8].

Druhý termodynamický zákon souvisí také se zákonem růstu entropie, který je formulován jako princip nevratnosti – látka se při opačném ději nevrací do původního stavu, směr děje je určen přírůstkem entropie:

$$ds \geq \frac{dq_{vrat}}{T},$$

$ds$  je měrná entropie [J/(kg · K)]

$dq_{vrat}$  je měrné teplo [J/kg]

$T$  je termodynamická teplota [K] [6].



Entropie umožňuje posuzovat směr vývoje termodynamických soustav a předvídat vývoj nevratných dějů. Entropii lze také chápat jako míru disipace energie (např. při vzniku tepla třením, při škracení plynů) nebo disipace látky (např. při samovolné difúzi plynů, při rozkladu látek), míru neuspořádání systému nebo míru znehodnocení kvality systému. Z tohoto plynou závěry, že soustavy mají snahu se samovolně rozpínat, samovolně vyzařovat energie do prostoru a samovolně znehodnocovat svou kvalitu [8].

### 2.1.1 Tepelné děje

Reálné procesy činností tepelných strojů a zařízení nahrazujeme vhodnými modelovými procesy, které nazýváme vratné termodynamické děje. Tyto děje jsou realizovány pouze s ideálními plyny, přičemž plyn musí během děje procházet rovnovážnými stavy. V následujícím textu provedeme rozbor základních termodynamických dějů:

#### ***Izotermický děj***

Příkladem izotermického děje je izotermická expanze plynu, který koná práci a teplo je třeba do soustavy dodávat. Opakem tohoto děje je izotermická komprese.

Podstata děje:  $dT = 0$ ,  $T = konst.$ ,  $T_1 = T_2$

Po dosažení do stavové rovnice dostaneme Boyle-Mariotteův zákon:

$$p \cdot v = konst. \quad p_1 \cdot v_1 = p_2 \cdot v_2$$

Výpočet měrného tepla přenášeného mezi soustavou a okolím při izotermickém ději vychází z prvního termodynamického zákona:  $dq = (c_v dT + pdv)_T = pdv = da$ .

$c_v$  je měrná tepelná kapacita při přenosu tepla za konstantního objemu [J/(kg · K)]

#### ***Izobarický děj***

Při izobarickém ohřevu se do soustavy přivádí teplo a tím soustava expanduje, čímž koná práci. Při opačném ději (izobarické ochlazování) je tomu naopak.

Podstata děje:  $dp = 0$ ,  $p = konst.$ ,  $p_1 = p_2$

Rovnice změny stavu při izobarickém ději charakterizuje Gay-Lussacův zákon:

$$\frac{v}{T} = konst. \quad \frac{v_1}{T_1} = \frac{v_2}{T_2}$$

Výpočet měrného tepla přenášeného mezi soustavou a okolím při izobarickém ději vychází z prvního termodynamického zákona:  $dq = (dh + da)_p = (c_p dT - v dp)_p = c_p dT = dh$ .

$c_p$  je měrná tepelná kapacita při přenosu tepla za konstantního tlaku [J/(kg · K)]

#### ***Izochorický děj***

Příkladem jsou děje izochorický ohřev nebo ochlazování.

Podstata děje:  $dv = 0$ ,  $v = konst.$ ,  $v_1 = v_2$

Po dosazení do stavové rovnice dostaneme Charlesův zákon:

$$\frac{p}{T} = konst. \quad \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

Výpočet měrného tepla přenášeného mezi soustavou a okolím při izochorickém ději vychází z prvního termodynamického zákona:  $dq = (du + da)_v = (c_v dT - p dv)_v = c_v dT = du$ .

### **Adiabatický děj**

Tento děj probíhá v tepelně izolované termodynamické soustavě, neboli nedochází k výměně tepla s okolím, soustava teplo nepřijímá ani neodvádí.

Podstata děje:  $dq = 0, \quad dQ = 0$

Změnu stavu adiabatického děje charakterizuje rovnice adiabaty:

$$p \cdot v^\kappa = konst. \quad p_1 \cdot v_1^\kappa = p_2 \cdot v_2^\kappa \quad \frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^\kappa$$

$\kappa$  je Poissonova konstanta

Adiabatický děj je využíván při kompresi či expanzi v tepelných zařízeních, například v pístových strojích nebo v dýzách. Ovšem komprese a expanze plynů bez výměny tepla s okolím jsou stejně jako izotermické komprese a expanze děje neproveditelné. Přijmout lze ale adiabatické děje probíhající velmi rychle v izolované soustavě v případě, kdy je výměna tepla s okolím zanedbatelná.

### **Polytropický děj**

Izotermický a adiabatický děj slouží jako mezní děje při kompresi a expanzi plynů, realizovat je však nelze. Proto byl zaveden polytropický děj, který lépe modeluje uvedené změny a nachází se v oblasti mezi dějem izotermickým ( $p \cdot v = konst.$ ) a adiabatickým ( $p \cdot v^\kappa = konst.$ ).

$$p \cdot v^n = konst. \quad p_1 \cdot v_1^n = p_2 \cdot v_2^n \quad \frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^n$$

$n$  je exponent pro technické polytropie, leží v intervalu 1 až  $\kappa$  [8].

## **2.2 Tepelné cykly**

Základem kompresorových pochodů je tepelný oběh, ve kterém chladivo účelně seřazenými procesy mění své skupenství. Tento proces je příznivý ze dvou důvodů:

- při změně skupenství chladiva dochází k přenosu značného množství tepla,
- změna skupenství chladiva probíhá při stálé teplotě a tlaku [7].

Tepelné cykly rozlišujeme na tepelné cykly pro získávání práce, které nazýváme přímé, a tepelné cykly spotřebovávající práci, neboli cykly nepřímé či obrácené. Přímé jsou cykly tepelných motorů, které mění tepelnou energii v mechanickou práci. Obrácené cykly chladících

zařízení nebo tepelných čerpadel umožňují pomocí mechanické práce buď ochlazovat soustavy, nebo získávat tepelnou energii o vyšší teplotě [8].

Průběhy tepelných cyklů zobrazujeme v diagramech (T- s, p - v, log p – h), ve kterých sledujeme jednotlivé fáze změn skupenství pracovních látek. Tyto fyzikální procesy jsou následující:

### **Stlačování (komprese)**

Záměrem komprese par je zvýšení tlaku na požadovanou hodnotu, při které proběhne kondenzace za teploty vyšší než je nejvyšší teplota ochlazující látky. Komprese je teoreticky termodynamický děj adiabatický, ale ve skutečnosti je to polytropický s různým průběhem polytropy. Stlačením přehřáté, syté a mírně mokré páry získáme páru přehřátou. Izoentropickou práci a příkon kompresoru v idealizovaném cyklu definujeme takto:

$$a_{ie} = h_2 - h_1 \quad [J/kg]$$

$$P_{ie} = m \cdot (h_2 - h_1) \quad [W]$$

### **Kondenzace**

Ve výměníku (kondenzátoru) dochází odebráním tepla stlačeným přehřátým parám chladiva nejprve k ochlazení na stav nasycení a dalším odebráním tepla dochází k jejich izobarické kondenzaci (idealizovaný děj). Odvedené teplo z kondenzátoru můžeme definovat dle následujícího vztahu:

$$Q_k = Q_0 + P_{ie} \quad [W]$$

$Q_0$  je chladicí výkon [W]

$P_{ie}$  je adiabatický příkon kompresoru [W].

### **Škrčení**

Škrčení je realizačně velmi jednoduchý, ale termodynamicky neekonomický způsob redukce tlaku pracovní látky z tlaku kondenzačního na tlak výparný (průtočný odpor je roven rozdílu tlaků  $p_k - p_v$ ). Při škrčení zůstává konstantní měrná entalpie a vždy vznikne mokrá pára chladiva, tedy heterogenní směs syté páry a syté kapaliny. Škrčením klesá teplota mokré páry a ta přechází do stavu větší suchosti:

$$x_2 = \frac{i'_1 - i'_2 + x_1 \cdot l_1}{l_2} \quad [-]$$

### **Vypařování**

K vypařování pracovní látky dochází k přenosu tepla z látky chlazené. Jedná se o izobarický děj, při kterém se ve výparníku přivádí teplo mokré páře tak, že její kapalná složka se varem mění na sytou páru (idealizovaný děj). Pro požadovaný chladicí výkon  $Q_0$  [W] je nutné, aby výparníkem probíhala pracovní látka o hmotnostním průtoku [2]:

$$m = \frac{Q_0}{q_0} = \frac{Q_0}{h_1 - h_4} \quad [kg/s]$$

$q_0$  je elementární teplo, přivedené hmotnostní jednotce chladiva [J/kg].

## 2.2.1 Obrácený Carnotův cyklus ve dvoufázové látce

Obrácený Carnotův cyklus patří mezi cykly nepřímé, průběh jeho cyklu je levotočivý, a proto se práce do cyklu dodává. Tento cyklus je idealizovaný a nerealizovatelný, pracuje s ideálním plynem. Účinnost tohoto cyklu je v souladu s idealizací nejvyšší. Využití obráceného Carnotova cyklu spočívá ve srovnání účinnosti reálných chladících cyklů [12].

### Bilanční rovnice:

$$W_{1b} = m \cdot (h_b - h_1)$$

$$W_{bc} = T_v \cdot (S_b - S_c) - m \cdot (h_b - h_c)$$

$$W_{3d} = m \cdot (h_3 - h_d)$$

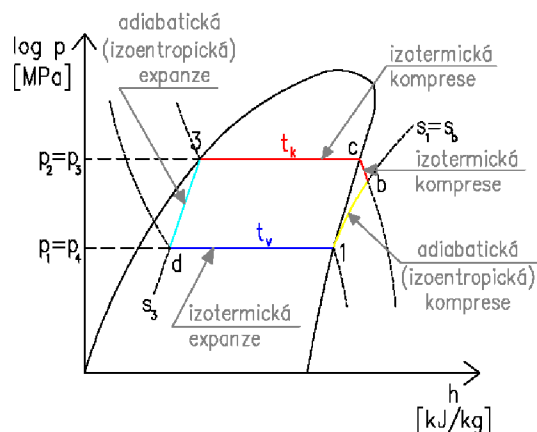
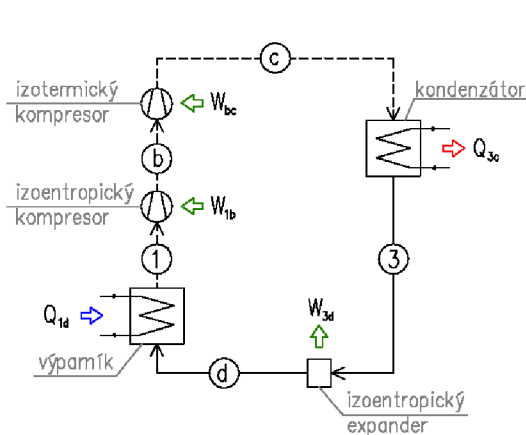
$$\text{Celková práce: } W_{net} = W_{1b} + W_{bc} - W_{3d}$$

$$\text{Chladící výkon: } Q_{1d} = m \cdot (h_1 - h_d)$$

$$\text{Tepelný výkon: } Q_{3b} = m \cdot (h_b - h_3)$$

$$\text{Chladící faktor: } EER = \frac{Q_{1d}}{W_{net}} = \frac{T_k}{T_v - T_k}$$

$$\text{Topný faktor: } COP = \frac{Q_{3b}}{W_{net}} = \frac{T_v}{T_v - T_k}$$



2.1 Schéma obráceného Carnotova cyklu ve dvoufázové látce (Vlastní zpracování dle [40])

## 2.2.2 Clausius-Rankinův cyklus

Clausius-Rankinův cyklus je idealizovaný parní kompresorový cyklus při zanedbání tepelných a tlakových ztrát. Jednotlivé fyzikální pochody teoretického cyklu popisují bilanční rovnice [12].

### Bilanční rovnice:

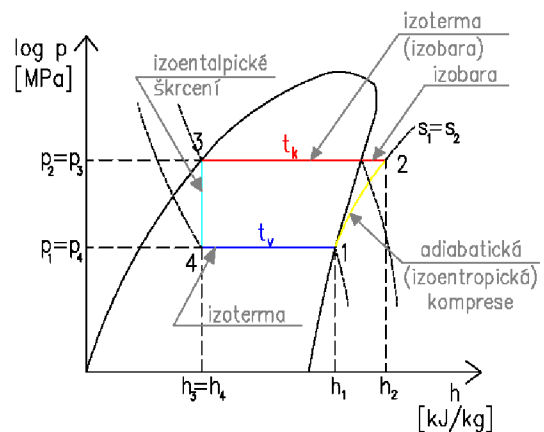
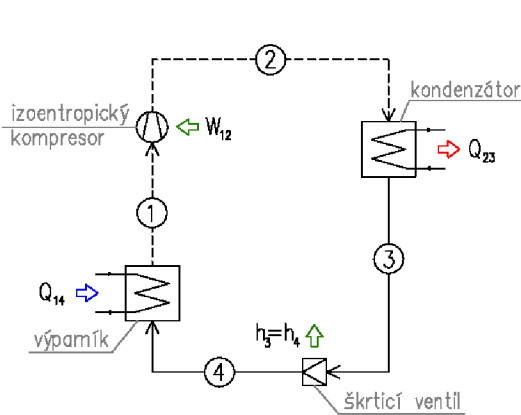
$$\text{Práce kompresoru: } W_{12} = m \cdot (h_2 - h_1)$$

$$\text{Chladící výkon: } Q_{14} = m \cdot (h_1 - h_4)$$

$$\text{Tepelný výkon: } Q_{23} = m \cdot (h_2 - h_3)$$

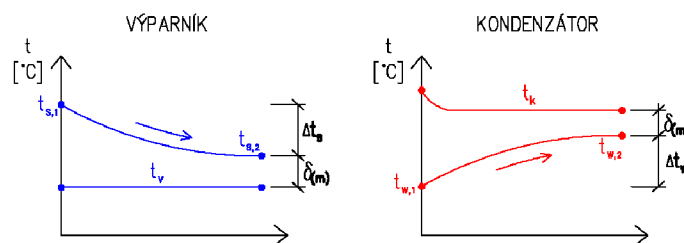
$$\text{Chladící faktor: } EER = \frac{Q_{14}}{W_{12}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

$$\text{Topný faktor: } COP = \frac{Q_{23}}{W_{12}} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1}$$



2.2 Schéma Clausius-Rankinova cyklu (Vlastní zpracování dle [40])

Průběh změny teplot na výměnících simuluje následující obrázek:



2.3 Průběhy teplot (Vlastní zpracování dle [39])

### 2.2.3 Skutečný parní kompresorový cyklus

Skutečné oběhy se od teoretických liší nevratností dějů, které způsobí reálné průběhy dílčích pochodů probíhajících při výměně tepla s okolím. Řešení cyklu vychází z idealizovaného Clausius-Rankinova cyklu, ve kterém je oproti Carnotovu cyklu izoentropická expanze nahrazena expanzí pro konstantní entalpii při škrčení. A proto teplo a práce nejsou pouze funkcí teploty, ale i vlastností chladiva [11].

#### **Bilanční rovnice:**

Výparník:  $Q_{17} = m \cdot (h_1 - h_7)$   
 Kompresor:  $Q_{23} = m \cdot (h_3 - h_2) + W_{23}$   
 Kondenzátor:  $Q_{45} = m \cdot (h_5 - h_4)$   
 Expanzní zařízení:  $Q_{67} = m \cdot (h_7 - h_6) = 0$

Sací potrubí:  $Q_{12} = m \cdot (h_2 - h_1)$   
 Výtlačné potrubí:  $Q_{34} = m \cdot (h_4 - h_3)$   
 Kapalinové potrubí:  $Q_{56} = m \cdot (h_6 - h_5)$

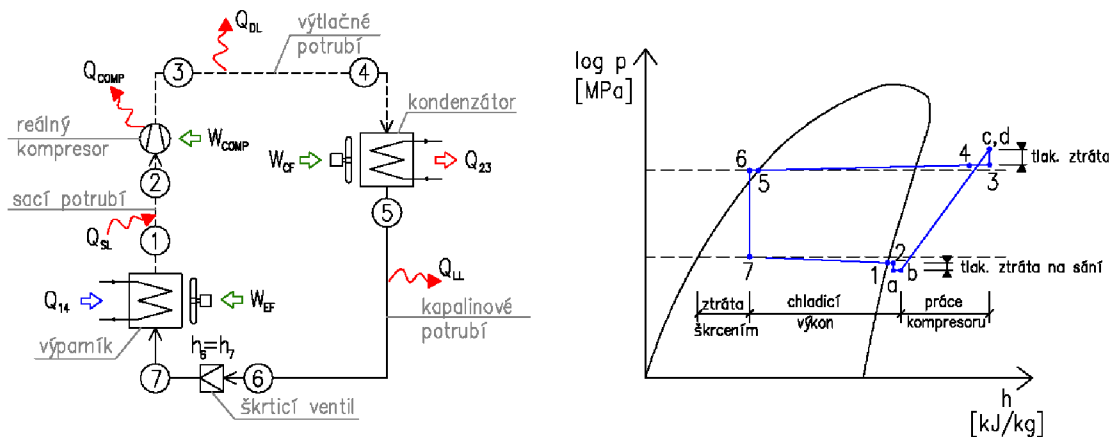
Chladicí faktor:  $EER = \frac{Q_{17}}{W_{comp} + W_{EF} + W_{CF}}$

Topný faktor:  $COP = \frac{Q_{45}}{W_{comp} + W_{EF} + W_{CF}}$

Měřítkem efektivity daného cyklu je podíl jeho chladicího faktoru a chladicího faktoru ideálního vratného cyklu čili obráceného Carnotova cyklu:

$$\eta_R = \frac{EER}{EER_{Carnot}}$$

Tepelný diagram na obrázku č. 2.4 znázorňuje skutečný oběh, zachycující odchylky od idealizovaného cyklu neboli tepelné a tlakové ztráty:



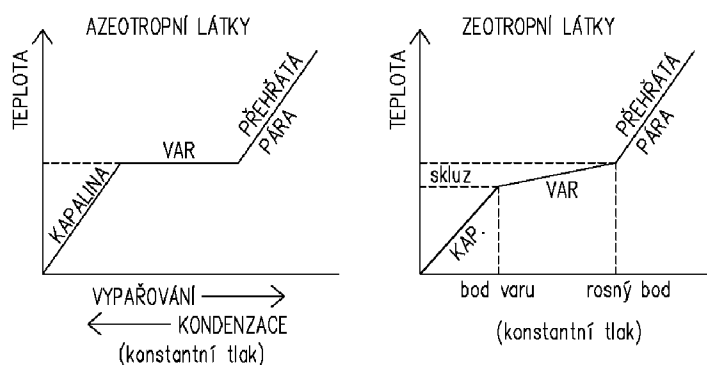
2.4 Schéma skutečného parního kompresorového cyklu (Vlastní zpracování dle [39])

## 2.2.4 Tepelné cykly se dvěma látkami

Obecný základ oběhů se dvěma či více látkami vychází ze zákonitostí fyzikální chemie a chemické termodynamiky. Smícháním dvou látek v poměru jejich mísitelnosti vznikne roztok, jenž je popsán jako soustava, která je ve všech částech dokonale homogenní (t, p, v). Tato soustava představuje jedinou fázi.

Změna skupenství roztoků má proměnlivý průběh teploty. Teplota stoupá při změnách stavu vyžadující přívod tepla (vypařování, tání) a naopak.

Fázově rovnovážná pára má při varu jiné složení než kapalina a obsahuje větší podíl těkavější složky. Pára obsahuje větší množství složky s vyšší výparnou teplotou a kapalina má naopak větší podíl složky s nižší výparnou teplotou. Teplotní rozpětí mezi kondenzací a vypařováním se nazývá teplotní skluz. Tyto látky nazýváme zeotropní a řadíme mezi ně i směsné chladivo R417a, jenž je součástí experimentálního měření této diplomové práce.



2.5 Azeotropní a zeotropní látky (Vlastní zpracování dle [37])

Mezi další roztoky řadíme látky azeotropní a dvojice látek chladivo-absorbent, jež se využívají pro sorpční oběhy. Azeotropní látky vykazují v rovnovážném stavu stejné složení páry a kapaliny, chovají se jako jednosložková látka [2].

## 2.3 Pracovní látky pro chlazení

Pracovní látky dělíme na dvě podskupiny podle změny skupenství při přenosu tepla, a to na chladiva a teplonosné látky. Charakter teplonosných látek spočívá v neměnném skupenství při přenosu tepla, jenž zprostředkovávají mezi látkou chlazenou a chladivem, jedná se o nepřímé chlazení. Tyto látky se vyznačují vysokou hodnotou měrné tepelné kapacity, nízkou objemovou hmotností a viskozitou, čímž zlepšují přestup tepla a zároveň snižují průtočné odpory. Mezi teplonosné látky řadíme vodu, vodní roztoky solí (tzv. solanky), vodní roztoky organických látek (př. methylalkohol, athylenglykol) nebo binární led [2, 10].

V klimatizačních zařízeních s přímým chlazením látek nebo v tepelných čerpadlech se k přenosu tepla využívají chladiva, která v tepelných cyklech mění svá skupenství. Chladivem je látka, která přejímá teplo z okolí pro své vypařování při nízkém tlaku a odevzdává jej při své kondenzaci za vyššího kondenzačního tlaku [2].

### 2.3.1 Rozdělení chladiv

Halogenované uhlovodíky

- Tvrdé freony (CFC)
  - v molekule mají vázaný pouze uhlíkový atom a všechny vodíkové atomy jsou nahrazeny chlorem a fluorem (R11, R12, R502), pro nenulový potenciál ODP jsou zakázány
- Měkké freony (HCFC)
  - fluorované uhlovodíky, v molekule mají atom vodíku (R22), pro nenulový potenciál ODP jsou zakázány
- Alternativní (HFC)
  - částečně fluorované uhlovodíky (R134a, R404a, R417a), ODP = 0

Uhlovodíky (methan, ethan, propan, etylen, propylen)

- výhody: ODP = 0, nízké GWP
- nevýhody: nestabilní při vyšších teplotách, vysoká hořlavost, výbušnost

Přírodní chladiva

- Voda
  - výhody: ODP = 0, GWP = 0, nejvyšší hmotnostní chladivost
  - nevýhody: nízké pracovní tlaky a nízká objemová chladivost
- Čpavek (NH<sub>3</sub>)
  - výhody: vysoká hmotnostní a objemová chladivost, dobré termodynamické vlastnosti, ODP = 0, GWP = 0
  - nevýhody: prudce jedovatý, výbušný, hořlavý, použití od -50 do 50 °C
- Oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>)
  - výhody: bezpečný a netečný

– nevýhody: vysoké GWP, vysoké pracovní tlaky (nehospodárnost konstrukce) [10]

### 2.3.2 Požadavky na chladiva



#### *Tepelné vlastnosti:*

- Tlaky – Vhodnost chladiv podle pracovních tlaků je určena optimálním rozsahem, a to od 0,1 do 2 MPa. Tlaky nemají klesat pod 1 bar, aby nedocházelo k nasávání vzduchu netěsnostmi, a nemají přesáhnout 20 barů z důvodu těžkého namáhání částí chladících zařízení.
- Objemová chladivost  $q_v [kJ/m^3]$  - Je definována jako množství tepla, které v oběhu přejde ve výparníku do chladiva za vzniku 1 m<sup>3</sup> syté páry. Rozhoduje o průtočném objemu kompresorem.
- Termodynamická dokonalost – Posuzuje se jako efektivnost skutečného cyklu chladiva pomocí podílu chladícího faktoru toho cyklu k chladícímu faktoru Carnotova cyklu.
- Látkové vlastnosti – Mezi látkové vlastnosti řadíme vlastnosti tepelné (měrná tepelná kapacita), přenosové (součinitel tepelné vodivosti, viskozita) a povrchové napětí, jenž ovlivňuje součinitel přestupu tepla a průtočné odpory [2].

#### *Fyzikální vlastnosti:*

- Elektrické vlastnosti - Dielektrická konstanta a elektrická pevnost
- Rozpustnost s vodou – Chladiva důsledkem rozpustnosti mění svoji vypařovací teplotu. U nerozpustných chladiv voda vymrzá ve škrticím ventilu.
- Rozpustnost s oleji – U rozpustných chladiv se olej v klimatizačním zařízení snáze odděluje, naopak u nerozpustných chladiv je nutné olej oddělit tepelnou cestou.

#### *Chemické vlastnosti:*

- Chemická stabilita
- Hořlavost a výbušnost – Ovlivňuje především bezpečnostní podmínky pro stavbu a provoz zařízení. Chladiva rozdělujeme do tří skupin hořlavosti při určité koncentraci ve vzduchu:
  1. Nehořlavé při jakékoli koncentraci ve vzduchu
  2. Hořlavé při objemové koncentraci > 3,5 % ve vzduchu
  3. Hořlavé při objemové koncentraci < 3,5 % ve vzduchu
- Působení na konstrukční materiály

#### *Fyzilogické působení na lidský organismus:*

- Klasifikace nebezpečnosti chladiva:
  - L1 - nejedovatá a nehořlavá chladiva



L2 - mírně jedovatá a hořlavá chladiva

L3 - chladiva s vysokou hořlavostí

- Koncentrace par – Příslušné zákony upravují přípustnou průměrnou hodnotu koncentrace látky (ppm) ve vzduchu na pracovišti, která za normálních podmínek neohrožuje zdraví osob.

*Cena a dodací možnosti:*

Zde se projevují především náklady na výrobu, dovoz a doplňování chladiv [10].

*Vliv na životní prostředí:*

Životní prostředí je formováno kvalitou vnějšího ovzduší, která je hodnocena úrovní znečištění vnějšího ovzduší, jež může svým působením ovlivňovat lidské zdraví, přírodní ekosystémy i materiály. Úroveň znečištění vnějšího ovzduší je vyvolána emisivitou znečišťujících látek.

Chladiva jsou považována za znečišťující látky, které právní předpisy definují jako regulované látky a fluorované skleníkové plyny (F-plyny). Regulované látky jsou známy pod označením freony (tzv. CFC a HCFC látky), v jejichž chemickém složení se objevují prvky chlor či brom, které ovlivňují rozklad ozonu v atmosféře. F-plyny (uhlovodíky HFC a PFC) sice nepoškozují ozonovou vrstvu, ale mají negativní vliv na klimatický systém Země. Tyto látky způsobují skleníkový efekt, jenž vede ke globálnímu oteplování [20, 22].

Vliv chladiv na životní prostředí je vyjádřen pomocí následujících potenciálů:

- Ozone Depleting Potential (ODP) neboli potenciál vyčerpání ozonu, jež charakterizuje schopnost látek oslabovat ozonovou vrstvu. Referenční látkou je R11, jejíž hodnota ODP je rovna 1. Všechna používaná chladiva musí mít ODP = 0.
- Global Warming Potential (GWP) neboli potenciál způsobování globálního oteplování, který udává poměrný oteplovací účinek daného chladiva na atmosféru Země v porovnání s účinkem čistého CO<sub>2</sub> (GWP = 1).
- Total Equivalent Warming Impact (TEWI) neboli celkový ekvivalentní dopad na globální oteplování, který se užívá pro hodnocení vlivu chladiva v konkrétním chladicím systému. Vyjadřuje ekvivalentní produkci CO<sub>2</sub> za celou dobu životnosti zařízení [10].

$$TEWI = (n \cdot E_a \cdot \beta) + [GWP_{100} \cdot L \cdot n + GWP_{100} \cdot m \cdot (1 - \alpha_r)]$$

$E_a$  je potřeba energie zařízení [kWh/rok]

$GWP_{100}$  je potenciál oteplování vztažený k 100 letému působení CO<sub>2</sub>

$L$  je únik netěsnostmi [kg/rok]

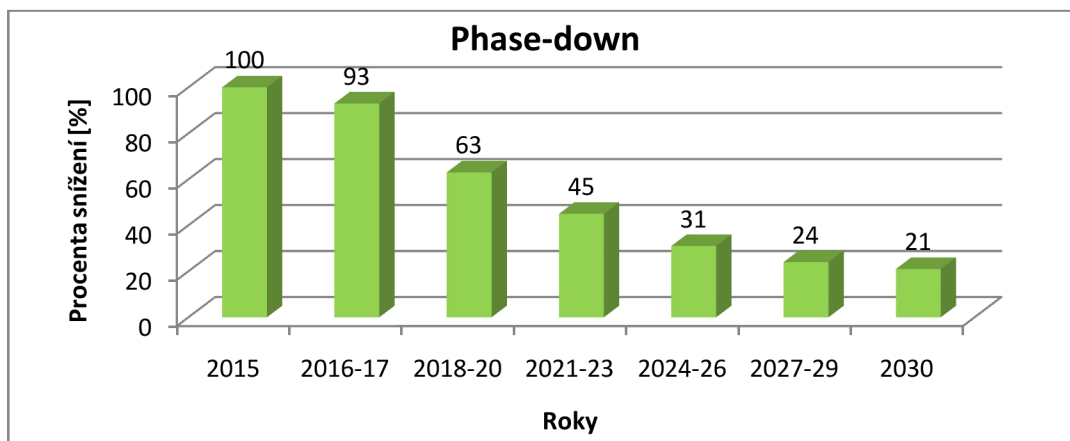
$m$  je hmotnost chladiva v zařízení [kg]

$n$  je doba provozu zařízení [roky]

$\alpha_r$  je faktor zpětného využití chladiva [%]

$\beta$  je množství CO<sub>2</sub>, uniklého při výrobě jednotky elektrické energie [kg CO<sub>2</sub>/kWh]

Mezi opatření k předcházení emisím znečišťujících látek patří mezinárodní úmluvy, konkrétně Vídeňská úmluva a Montrealský protokol, z nichž vycházejí další právní dokumenty jako je například nařízení EK č. 517/2014, o fluorovaných skleníkových plynech a o zrušení nařízení (ES) č. 842/2006. Toto nařízení se věnuje procesu „Phase-down“, což znamená postupné snižování celkového množství F-plynů na trhu v EU [21].

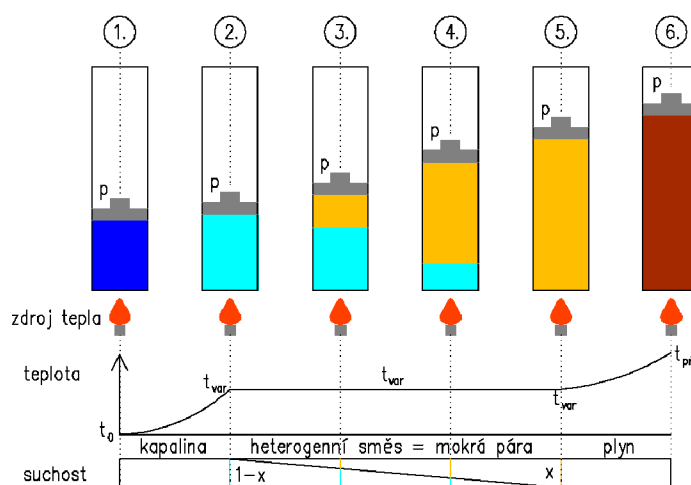


Graf 1 Phase-down (Vlastní zpracování dle [1])

### 2.3.3 Tepelné děje v chladivech

Při studiu tepelných diagramů můžeme zaznamenat, že chladivo při oběhu prochází různými fyzikálními stavy neboli fázovými změnami, jež lze popsat stavovými veličinami. Jednotlivé stavy jsou dány poměrem vody a páry v hmotnostní či objemové jednotce.

Pro pochopení dějů vycházíme z teoretických poznatků stavů vodní páry v uzavřené nádobě, kde na počátku je kapalina, jež postupným zahříváním mění své skupenství. Posloupnost těchto dějů je vyobrazena v následujícím obrázku č. 2.6.



2.6 Stavů vodní páry (Vlastní zpracování dle [31])

1. Výchozím stavem je kapalina o teplotě  $t_0 < t_{var}$  při stálém tlaku  $p$ , který je udržován pístem zatíženým závažím. Při izobarickém ohřevu kapaliny roste její teplota, měrná vnitřní energie, měrná entalpie a měrný objem, ten je však velmi malý. Jakmile kapalina dosáhne teploty rovné teplotě varu, je ohřev kapaliny ukončen.

2. Stav při stálém tlaku a teplotě  $t = t_{var}$  nazýváme sytá kapalina. Je to tekutina neobsahující žádnou páru a její suchost je  $x = 0$ . V tepelných diagramech se tento stav nachází na dolní mezní křivce. Sytou kapalinu popisujeme následujícími energetickými veličinami s indexem ‘:

$$\text{Měrná entalpie: } i' = c_p \cdot (T_{var} - T_0) \quad [J/kg]$$

$$\text{Měrná vnitřní energie: } u' = i' - p \cdot v' \quad [J/kg]$$

3. a 4. Přívodem dalšího tepla syté kapalině se teplota nemění ( $t = t_{var}$ ), jedná se o děj izobaricko-izotermický, dokud se veškerá kapalina nepřemění v páru. Tento stav nazýváme mokrá pára, což heterogenní směs syté páry a syté kapaliny téže teploty. V tepelných diagramech se tento stav nachází mezi dolní a horní mezní křivkou. Stav mokré páry lze popsat pomocí veličin:

$$\text{Suchost a vlhkost: } x = \frac{m''}{m} = \frac{m''}{m' + m''} \quad \text{a} \quad y = 1 - x \quad [kg/kg]$$

$$\text{Měrná entalpie: } i = (1 - x) \cdot i' + x \cdot i'' = i' + x \cdot (i'' - i') = i' + x \cdot l_v \quad [J/kg]$$

$$\text{Měrná vnitřní energie: } u = u' + x \cdot l_v \quad [J/kg]$$

$l_v$  je skupenské teplo vypařování  $[J/kg]$

5. V okamžiku ukončení vypařování se v uzavřené nádobě nachází pouze pára o teplotě  $t = t_{var}$  za daného tlaku, tomuto stavu říkáme sytá pára (suchost  $x = 1$ ). V tepelných diagramech se tento stav nachází na horní mezní křivce. Sytá pára je definovaná pomocí stavových veličin s indexem “:“:

$$\text{Měrná entalpie: } i'' = i' + l_v \quad [J/kg] \quad \rightarrow \quad l_v = i'' - i'$$

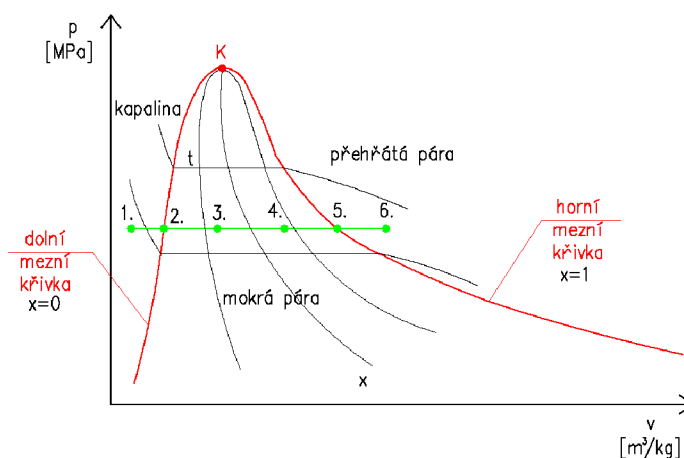
$$\text{Měrná vnitřní energie: } u'' = i'' - p \cdot v'' \quad [J/kg]$$

6. Posledním stavem je přehřátá pára, která vzniká ze syté páry přívodem tepla, tedy její teplota je  $t_{př} > t_{var}$  [5].

$$\text{Přehřívací teplo: } q_{př} = \int_{i_{var}}^{i_{př}} di = i_{př} - i'' = c_p \cdot (t_{př} - t_{var}) \quad [J/kg]$$

$$\text{Měrná entalpie: } i_{př} = i'' + c_p \cdot (t_{př} - t_{var}) \quad [J/kg]$$

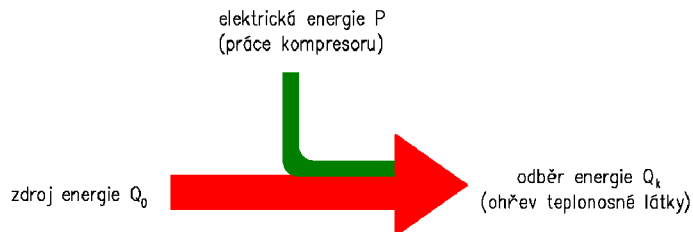
Na základě předchozích poznatků lze zkonstruovat průběh fázových změn v tepelném diagramu p-v. Zde můžeme vidět, že měrný objem při vypařování rychle roste, obzvláště při nízkých tlacích.



2.7 Průběh fázových změn v diagramu p-v (Vlastní zpracování dle [31])

## 2.4 Tepelná čerpadla

Tepelné čerpadlo představuje takové strojní zařízení, jehož účelem je dodávat teplo při vyšší teplotní hladině, než při jaké je získáváno z venkovního prostředí. Podle teoretických poznatků druhého termodynamického zákona je toto možné jedině za přívodu další energie.



2.8 Princip tepelného čerpadla (Vlastní zpracování dle [38])

Tepelná čerpadla jsou tedy zařízení pracující s některým z chladících oběhů, u nichž se však za užitečné teplo považuje teplo ze zařízení odváděné  $Q_k$ , jenž je rovno součtu tepla do zařízení přiváděného  $Q_0$  a nutně dodané energie  $P$  [2].

Tepelná čerpadla mohou pracovat jako cykly plynové nebo parní s kompresorem. Nejčastěji se využívají kombinovaná kompresorová zařízení pro chlazení a vytápění, která se používají především v technice prostředí. V letním období tedy umožňují strojní chlazení mikroklimatu a v zimním období vytápění v systému tepelného čerpadla. Zařízení tedy obsahuje kompresor, redukční ventil a dva výměníky (kondenzátor, výparník), jejichž reverzibilitnost je zprostředkována přepínacím čtyřcestným ventilem [8].

### 2.4.1 Zdroje nízkopotenciálního tepla

Jako nejdostupnější zdroj se jeví vzduch, který je i z ekologického hlediska nejvýhodnější. Teplo, které venkovnímu vzduchu odebereme, se navrácí zpět do exteriéru prostřednictvím tepelných ztrát objektu. Výhodou vzduchových tepelných čerpadel jsou nízké pořizovací náklady oproti jiným, avšak jsou to velmi hlučná zařízení a musí tedy splňovat hygienické limity pro hladiny akustického tlaku, s čím mohou být spojená stavební opatření proti šíření hluku.

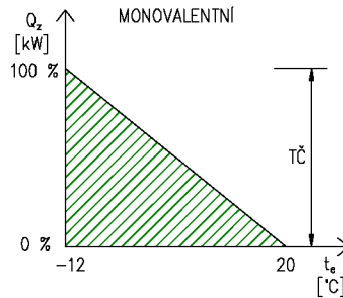
Při teplotách venkovního vzduchu od  $-5\text{ °C}$  do  $7\text{ °C}$  se vytváří na venkovní jednotce (výparník) námraza z měrné vlhkosti vzduchu. Tato námraza se odstraňuje reverzním chodem tepelného čerpadla, tepelný oběh se tedy obrací (teplo se bere z vnitřního prostředí) a led na venkovní jednotce odtává. Při teplotách nižších než  $-5\text{ °C}$  se námraza už nevytváří, jelikož venkovní vzduch je za těchto podmínek suchý. Naopak při teplotách vyšších než  $7\text{ °C}$  je vzduch teplý a dochází ke kondenzaci vlhkosti.

Tepelné čerpadlo, jehož zdrojem tepla je vzduch, může být realizováno jako vzduch-vzduch nebo vzduch-voda. První varianta využívá venkovní jednotku napojenou na jednu i více vnitřních jednotek, jedná se o systémy split a multi split. Mezi další nízkopotenciální zdroje tepla řadíme odpadní vzduch, vodu (povrchová či podzemní), zemi (realizace pomocí plošných a spirálových kolektorů) a zemi jako zdroj geotermální energie (realizace pomocí svislých kolektorů – vrtů) [9].

## 2.4.2 Provozní režimy tepelného čerpadla

### *Monovalentní provoz*

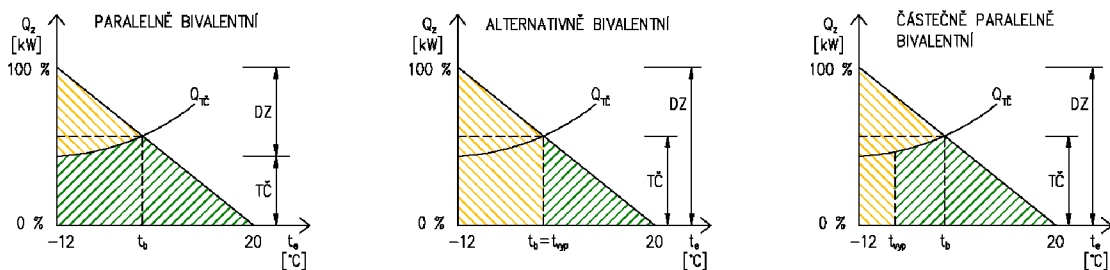
Při monovalentním provozu tepelné čerpadlo jako samostatný zdroj pokrývá veškeré tepelné ztráty objektu a to i v případě nejnižších návrhových teplot venkovního vzduchu. Při dimenzování je nutné uvažovat s určitou rezervou výkonu, který se využívá na odtávání ledu při rozmrazovacích cyklech nebo na pokrytí doby, kdy čerpadlo nepracuje [9].



2.9 Monovalentní provoz TČ (Vlastní zpracování dle [34])

### *Bivalentní provoz*

Dimenzování tepelných čerpadel na celkovou tepelnou ztrátu vychází velmi drah a maximální tepelný výkon není po většině otopného období využit. Proto je výhodné využívat tepelné čerpadlo s jiným doplňkovým zdrojem tepla, kdy tepelné čerpadlo pokryje běžné tepelné ztráty a doplňkový zdroj pokrývá extrémní chladná období. Bivalentní provoz se využívá především u topných systémů se vzduchovými tepelnými čerpadly, jejichž tepelný výkon (topný faktor) závisí na teplotě venkovního vzduchu. U bivalentního provozu mohou nastat tři režimy:



2.10 Bivalentní provoz TČ (Vlastní zpracování dle [34])

#### *Paralelně bivalentní provoz*

Tepelné čerpadlo je v provozu po celé otopné období, ale při exteriérové teplotě vzduchu pod teplotou bivalence tento zdroj nepokrývá veškeré tepelné ztráty. Proto se za současného provozu připojuje doplňkový zdroj tepla.

#### *Alternativně bivalentní provoz*

Při poklesu teploty venkovního vzduchu pod stanovenou teplotu bivalence je tepelné čerpadlo odstaveno a vytápění zajišťuje sekundární zdroj tepla. Tepelné čerpadlo tedy nepracuje po celou dobu otopného období.

### *Částečně paralelně bivalentní provoz*

Pod teplotou bivalence se připíná doplňkový zdroj tepla za současného provozu s tepelným čerpadlem do stavu, kdy je tepelné čerpadlo zcela odstaveno. Teplo pak dodává jen doplňkový zdroj, který musí pokrýt tepelné ztráty při nejnižších teplotách venkovního vzduchu [9].

### **Monoenergetický provoz**

Monoenergetický provoz zohledňuje pokrytí špičkových tepelných výkonů pomocí sekundárního zdroje, přičemž smyslem monoenergetického provozu je zajištění pohonu tepelného čerpadla a dalšího zdroje stejným druhem energie, tedy elektrické energie [9].

## **2.5 Sdílení tepla**

Přenos tepla nastává mezi dvěma prostředími, oddělenými či nijak neohrazenými, při rozdílu teplot. Jedná se o nevratný proces a podle druhého termodynamického zákona teplo přechází ze soustavy teplejší na soustavu chladnější bez nutnosti dodání práce. Přenos tepla se uskutečňuje čtyřmi základními přenosovými procesy: vedením (kondukcí), prouděním (konvekcí, sáláním (radiací) [7].

### **2.5.1 Vedení tepla**

Vedení tepla je definované jako přenos tepla z jedné látky na druhou látku, přičemž jsou obě v kontaktu a nedochází ke zřetelnému přemístění částic jednotlivých látek. Charakter tepelného pohybu částic je určen skupenstvím látky. Částice pevných látek oscilují kolem svých rovnovážných poloh a tím způsobují kmitání okolních částic, čímž je uskutečněn přenos tepla. Částice kapalin taktéž kmitají kolem svých rovnovážných poloh, ale po určitém množství oscilací dojde ke změně jejich polohy na novou, kde opět oscilují (semichaotický kolektivní pohyb realizace vedení tepla). Částice plynu jsou na sobě nezávislé a jejich interakce je prováděna vzájemnými srážkami, při kterých dochází k přenosu kinetické energie neboli vedení tepla. Směr tepelného toku je dán druhým termodynamickým zákonem: přirozený tok tepla se uskutečňuje ve směru klesající teploty [3].

#### ***Fourierův zákon vedení tepla***

Fourierův zákon definuje měrný tepelný tok  $\dot{q}$ , tj. celkový tepelný tok  $\dot{Q}$  vztahovaný na jednotku plochy  $S$ , přenášený vedením v látce, který je přímo úměrný velikosti teplotního gradientu a má opačné znaménko než tento gradient [8]:

$$\text{Pro jednorozměrné vyjádření: } \dot{q} = \frac{\dot{Q}}{S} = -\lambda \cdot \text{grad}(t) \quad [W/m^2]$$

$$\text{Pro trojrozměrné vyjádření: } \dot{q} = -\lambda \cdot \left( \frac{\partial t}{\partial x}; \frac{\partial t}{\partial y}; \frac{\partial t}{\partial z} \right) \quad [W/m^2]$$

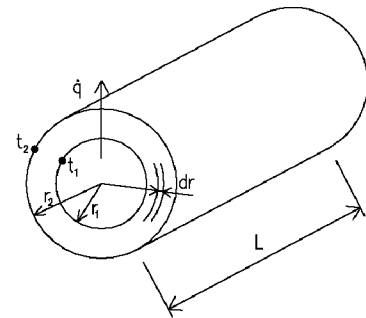
Související veličiny a fyzikální vlastnosti látek:

- Tepelná vodivost  $\lambda$  [W/(m·K)] je fyzikální vlastnost látek, jež charakterizuje schopnost látek vést teplo. Čím vyšší je tepelná vodivost tělesa, tím méně klade odpor při přenosu tepla. Tepelná vodivost materiálů nemá konstantní hodnotu, je závislá na teplotě, tlaku nebo vlhkosti.

- Tepelná kapacita  $C$  [J/K] popisuje schopnost látky akumulovat (pojmout) teplo. Je to tedy teplo, potřebné ke zvýšení teploty látky o 1 K. V praxi se využívá především měrná tepelná kapacita  $c$  [J/(kg·K)], vztažená na jednotkové množství látky.
- Tepelný tok  $\dot{Q} = \frac{Q}{\tau}$  [J/s = W] vyjadřuje množství přeneseného tepla za časový úsek.
- Teplotní vodivost  $a = \lambda / (c \cdot \rho)$  [m<sup>2</sup>/s] vyjadřuje schopnost látky vyrovnávat teploty v tělese. Čím je hodnota vyšší, tím rychleji nastává v tělese vyrovnání teplot [7].

### Stacionární 1D vedení tepla válcovou stěnou

Jednorozměrné vedení tepla udává, že teplota se v daném tělese mění v závislosti na jedné souřadnici. Příkladem může být stěna oddělující vnitřní a venkovní prostředí, kde předpoklad, že ve zbylých dvou směrech se tepelný tok nevede, je fyzikálně reálný. Podobné je to s 1D vedením válcovou stěnou trubky, kterou proudí například chladivo. Pokud je trubka svým okolím systematicky ochlazována či ohřívána, tepelný tok směřuje napříč stěnou trubky neboli ve směru radiálním. Teplota stěny trubky se tedy mění jen ve směru poloměru, ne ve směru obvodovém nebo osovém [8].



2.11 Vedení tepla ve válcové stěně  
(Vlastní zpracování dle [35])

$$\text{Tepelný tok: } \dot{Q} = \frac{S \cdot dt}{dr} \cdot \lambda = \frac{dt}{dR}$$

$$dR = \frac{dr}{\lambda \cdot S} = \frac{dr}{\lambda \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \cdot L} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot L} \int_{r_1}^{r_2} \frac{1}{r} dr = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot L} \ln \frac{r_2}{r_1}$$

$$\text{Po zpětném dosazení do první rovnice: } \dot{Q} = (t_1 - t_2) \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot L}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \quad [W]$$

$$\text{Tepelný tok pro složenou válcovou stěnu: } \dot{Q} = (t_1 - t_2) \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot L}{\sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{\lambda_i \cdot \ln \frac{r_{i+1}}{r_i}} \right)} \quad [W]$$

### 2.5.2 Přenos tepla konvekcí

Proudění tepla je formou přenosu energie ve fluidních látkách (v kapalinách a plynech). Je zprostředkováno mísením jedné části fluida s jinou částí odlišné teploty. Pohyb fluidní látky může být vyvolán rozdílem hustot v důsledku rozdílných teplot, jedná se o přirozenou konvekci, nebo je pohyb vyvolaný mechanickými prostředky (ventilátor, čerpadlo), jako je tomu u nucené konvekce [3].

#### Tepelné toky:

1. Tepelný tok při přenosu tepla konvekcí

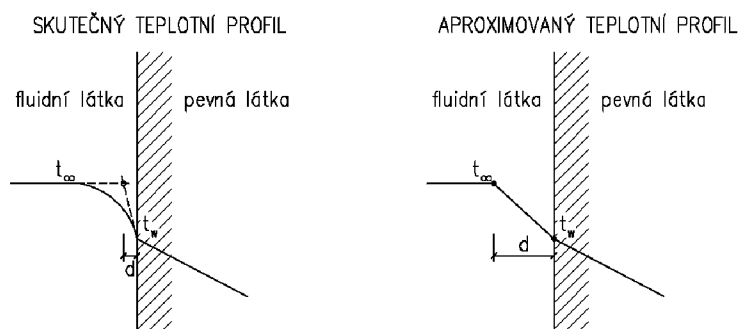
$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta t = \dot{V} \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta t$$

2. Tepelný tok při přestupu tepla – na obtékaném povrchu

Přestup tepla je forma přenosu tepla z fluidní látky na pevné těleso a naopak. Přestup tepla je definován Newtonovým ochlazovacím zákonem, který aproximuje nelineární teplotní profil na rozhraní mezi pevnou a fluidní látkou lineárním průběhem:

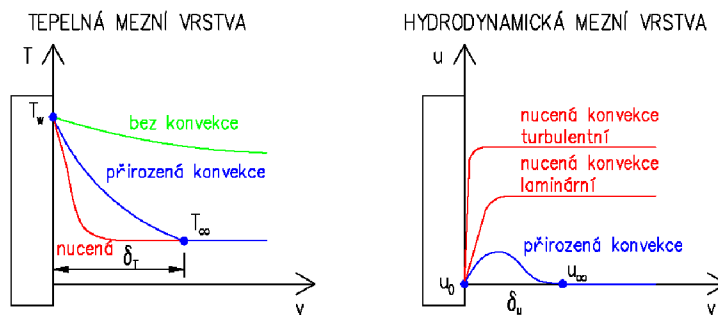
$$\dot{q} = \frac{\lambda}{d} \cdot (T_w - T_\infty) = \alpha \cdot (T_w - T_\infty) \quad [W/m^2]$$

$\lambda$  je součinitel tepelné vodivosti s vlivem konvekce [ $W/(m \cdot K)$ ]  
 $d$  je tloušťka přechodové vrstvy [ $m$ ]  
 $\alpha$  je součinitel přestupu tepla [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]



2.12 Newtonův ochlazovací zákon (Vlastní zpracování dle [30])

Při proudění tekutiny kolem povrchu vzniká mezní vrstva (hydrodynamická a tepelná), jejíž tvar se mění s rychlostí proudění tekutiny. Z hydrodynamického hlediska se v této oblasti rychlost mění od nulové hodnoty na povrchu stěny až po hodnotu blízkou rychlosti volného proudu  $u_\infty$ . Z tepelného hlediska se v této vrstvě mění teplota tekutiny od hodnoty na stěně  $T_w$  po hodnotu teploty volného proudu  $T_\infty$ . Vývoj hydrodynamické a tepelné mezní vrstvy charakterizuje Prandtlovo číslo, obecně se nevyvíjejí stejně rychle, neboli tloušťka každé z nich může být ve stejné poloze různá. To závisí především na druhu tekutiny. V oblasti mimo mezní vrstvu jsou rychlost a teplota tekutiny identické s rychlostí a teplotou volného proudu [8].



2.13 Tepelná a hydrodynamická mezní vrstva (Vlastní zpracování dle [36])

### Stacionární 1D prostup tepla složenou válcovou stěnou

Tepelný tok je stanoven na základě poznatků z Fourierova zákona vedení tepla a z Newtonova ochlazovacího zákona. Součástí prostupu tepla jsou tedy přestup tepla na vnitřní straně válce, vedení tepla stěnou válce a přestup tepla na vnější straně válce [8].

$$\text{Tepelný tok: } \dot{Q} = (t_1 - t_2) \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot L}{\frac{1}{r_1 \cdot \alpha_i} + \sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{\lambda_i} \cdot \ln \frac{r_{i+1}}{r_i} \right) + \frac{1}{r_n \cdot \alpha_e}} \quad [W]$$

### 2.5.3 Přenos tepla radiací

Každé těleso emituje ze svého povrchu spojitě elektromagnetické záření, pokud není jeho teplota rovna absolutní nule. Čím vyšší je teplota, tím větší je množství vyzářené energie.



Radiace je forma přenosu tepla elektromagnetickým vlněním a nevyžaduje tedy pro svůj přenos žádné hmotné prostředí, a proto snadno prochází vakuem, což u předešlých dvou typů přenosu tepla není možné. Při dopadu elektromagnetického záření na těleso je počáteční energie rozdělena na tři části, a to na odraženou část, absorbovanou část a procházející část skrz těleso.

Přirozeným zdrojem zářivé energie může být jakákoli část látky, jejíž teplota je vyšší než absolutní nula ( $T > 0 \text{ K}$ ). Takové těleso vyzařuje všechny vlnové délky, ale s rozdílnými intenzitami. Mezi všemi tělesy právě dokonale černé těleso emituje s největšími spektrálními intenzitami dle Planckova vyzařovacího zákona.

$$i_{\lambda b} = \frac{c_1}{\lambda^5 \cdot \exp(c_2/\lambda \cdot T) - 1} \quad [W/m^3]$$

Maximum intenzity  $i_{\lambda, b, \max}$  nastává u vlnové délky  $\lambda_{\max}$ , což vyjadřuje Wienův posunovací zákon:

$$\lambda_{\max} \cdot T = 2,899 \cdot 10^{-3} \quad [m \cdot K]$$

Ovšem tepelné výpočty v technické praxi vycházejí ze Stefan-Bolzmannova zákona, jenž udává spektrální zářivou energii černého tělesa  $H_b$ . Tato energie je stanovena integrací spektrální intenzity vyzařování  $i_{\lambda b}$  přes všechny vlnové délky.

$$H_b = \int_0^{\infty} i_{\lambda b} d\lambda = \sigma T^4 = C_b \left(\frac{T}{100}\right)^4 \quad [W/m^2]$$

Výpočet hustoty tepelného toku nasměrovaného od teplejší roviny 1 k chladnější rovině 2 [4]:

$$q_{12} = \frac{C_b}{\frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2} - 1} \left[ \left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4 \right] = C_{12} \left[ \left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4 \right] \quad [W/m^2]$$

$A_1$  a  $A_2$  jsou plochy rovin [ $m^2$ ]

$C_b$  je součinitel sálání, roven hodnotě  $5,67 \text{ W}/(m^2 \cdot K^4)$

$C_{12}$  je součinitel vzájemného sálání

$T_1$  a  $T_2$  jsou termodynamické teploty jednotlivých rovin [ $K$ ]

## MATEMATICKO-FYZIKÁLNÍ ŘEŠENÍ

Matematicko-fyzikální řešení definuje postup pro vyhodnocení experimentálního řešení této diplomové práce. Toto řešení je založeno na teorii tepelných cyklů a uvedené vztahy vycházejí z bilančních rovnic Clausius-Rankinova cyklu. Chladicí a tepelné výkony vycházejí z kalorimetrické rovnice.

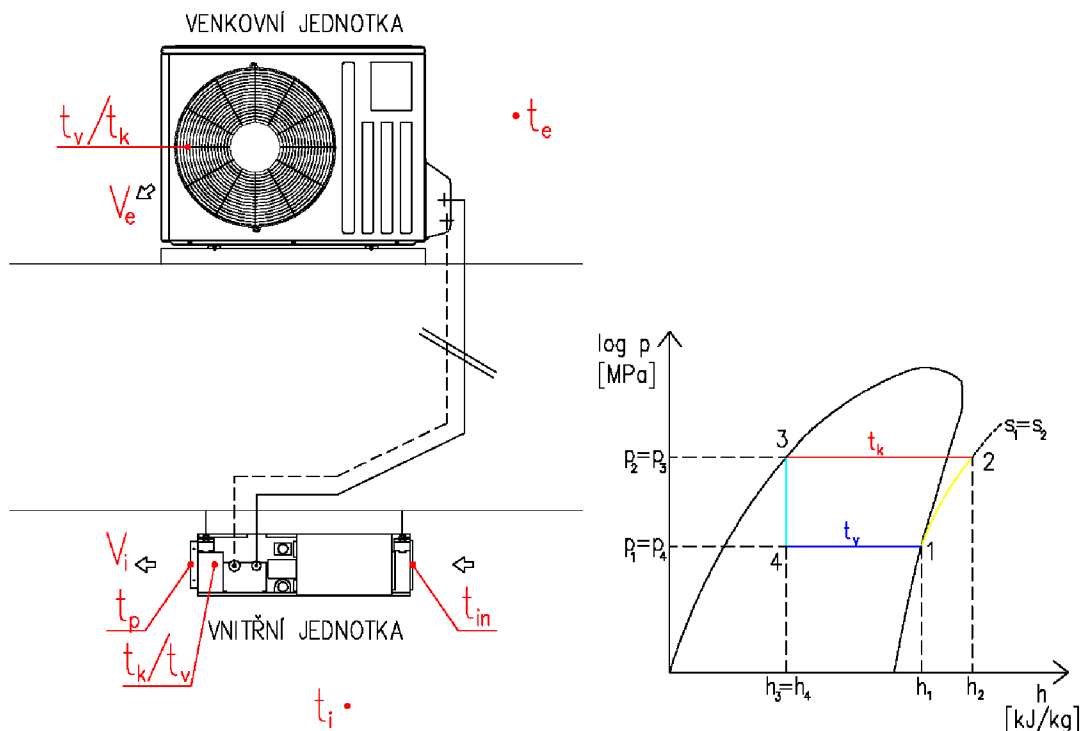
### 2.6 Ukazatel účinnosti tepelného cyklu

Dokonalost funkce energetických zařízení, ale i různých procesů, lze posuzovat podle různých typů účinnosti. Jedná se vlastně o stupeň využití energie, kterou musíme zařízení nebo procesu dodat tak, aby byl dosažen požadovaný výsledný energetický efekt. Účinnost se tedy vyjadřuje jako podíl využitelné energie od daného zařízení k energii dodané do tohoto zařízení [8].

Nejběžnějšími ukazateli tepelných cyklů jsou:

- EER (Energy Efficiency Ratio) neboli chladicí faktor
- COP (Coefficient of Performance) neboli topný faktor

#### 2.6.1 Výpočtové schéma a tepelný diagram pro stanovení chladicího a topného faktoru



2.14 Výpočtové schéma a tepelný diagram (Vlastní zpracování)

#### 2.6.2 Chladicí faktor

*Postup výpočtu chladicího faktoru navazující na experimentální řešení*

Chladicí výkon (teplo přijaté výparníkem – vnitřní výměník):

$$Q_{CH} = m_i \cdot c \cdot \Delta t$$

$$Q_{CH} = V_i \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{in} - t_p) \quad [\text{J/s} = \text{W}]$$

$m_i$  – hmotnostní průtok vzduchu vnitřní jednotkou [kg/s]

$c$  – měrná tepelná kapacita vzduchu [J/(kg · K)]

$\rho$  – objemová hmotnost vzduchu [kg/m<sup>3</sup>]

$V_i$  – objemový průtok vzduchu vnitřní jednotkou [m<sup>3</sup>/s]

$t_{in}$  – vstupní teplota vzduchu do vnitřní jednotky [°C]

$t_p$  – výstupní teplota vzduchu z vnitřní jednotky [°C]

Hmotnostní tok chladiva vnitřním výměníkem:

$$Q_{CH} = m \cdot (h_1 - h_4) \quad [\text{W}]$$

$$m = \frac{Q_{CH}}{h_1 - h_4} \quad [\text{kg/s}]$$

$h_1$  – entalpie chladiva stavu 1 dle tepelného diagramu [kJ/kg]

$h_4$  – entalpie chladiva stavu 4 dle tepelného diagramu [kJ/kg]

Adiabatický příkon kompresoru:

$$P = m \cdot (h_2 - h_1) \quad [\text{J/s} = \text{W}]$$

$h_2$  – entalpie chladiva stavu 2 dle tepelného diagramu [kJ/kg]

Chladicí faktor:

$$EER = \frac{Q_{CH}}{P} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad [-]$$

### 2.6.3 Topný faktor

**Postup výpočtu topného faktoru navazující na experimentální řešení**

Tepelný výkon (teplo odevzdané kondenzátorem – vnitřní výměník):

$$Q = m_i \cdot c \cdot \Delta t = V_i \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t$$

$$Q_T = V_i \cdot \rho \cdot c \cdot (t_p - t_{in}) \quad [\text{J/s} = \text{W}]$$

$m_i$  – hmotnostní průtok vzduchu vnitřní jednotkou [kg/s]

$c$  – měrná tepelná kapacita vzduchu [J/(kg · K)]

$\rho$  – objemová hmotnost vzduchu [kg/m<sup>3</sup>]

$V_i$  – objemový průtok vzduchu vnitřní jednotkou [m<sup>3</sup>/s]

$t_{in}$  – vstupní teplota vzduchu do vnitřní jednotky [°C]

$t_p$  – výstupní teplota vzduchu z vnitřní jednotky [°C]

Hmotnostní tok chladiva vnitřním výměníkem:

$$Q_T = m \cdot (h_2 - h_4) \quad [\text{W}]$$

$$m = \frac{Q_T}{h_2 - h_4} \quad [\text{kg/s}]$$

$h_2$  – entalpie chladiva stavu 2 dle tepelného diagramu [kJ/kg]

$h_4$  – entalpie chladiva stavu 4 dle tepelného diagramu [kJ/kg]

Adiabatický příkon kompresoru:

$$P = m \cdot (h_2 - h_1) \quad [\text{J/s} = \text{W}]$$

$$m = \frac{Q_{CH}}{h_1 - h_4} \quad [\text{kg/s}]$$

$$Q_{CH} = V_e \cdot \rho \cdot c \cdot (t_e - t_v) \quad [\text{J/s} = \text{W}]$$

$h_1$  – entalpie chladiva stavu 1 dle tepelného diagramu [kJ/kg]

$m$  – hmotnostní tok chladiva výparníkem – venkovní výměník [kg/s]

$Q_{CH}$  – chladicí výkon [W]

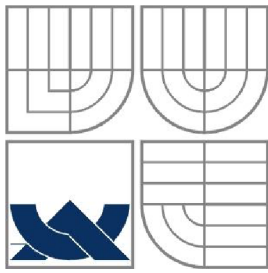
$V_e$  – objemový průtok vzduchu venkovní jednotkou [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$t_e$  – teplota vzduchu v exteriéru [°C]

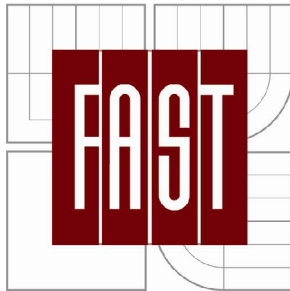
$t_v$  – výstupní teplota vzduchu z venkovní jednotky jednotky [°C]

Topný faktor:

$$COP = \frac{Q_T}{P} = \frac{h_2 - h_4}{h_2 - h_1} \quad [-]$$



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STAVEBNÍ**

**ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

## **ČÁST B – APLIKACE TÉMATU NA POSUZOVANÉM REÁLNÉM ZAŘÍZENÍ**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Bc. TEREZA TUPCOVÁ**

**VEDOUČÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**doc. Ing. ALEŠ RUBINA, Ph.D.**

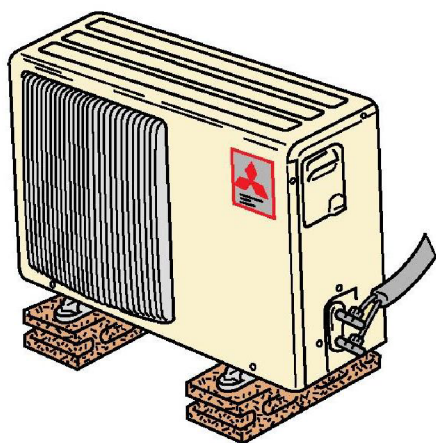
BRNO 2016

### 3 SYSTÉM MR. SLIM – SÉRIE SEH

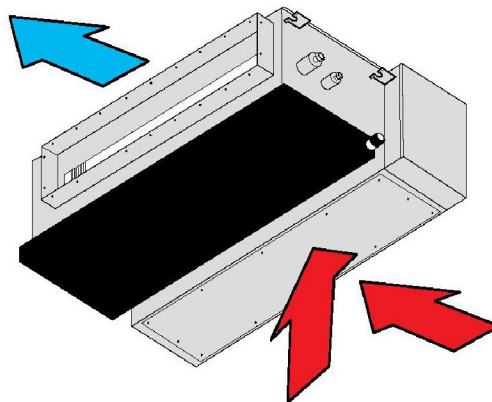
Systém Mr. Slim od firmy Mitsubishi Electric označujeme pojmem klimatizační systém dílčí, jelikož toto zařízení nezajišťuje úpravu veškerých parametrů, jako tomu je u klimatizačních systémů úplných. Systém Mr. Slim umožňuje provoz ve třech režimech, a to v chladícím režimu, v topné režimu pracující jako tepelné čerpadlo a v režimu odvlhčování. Dále můžeme toto zařízení zatřídit podle druhu tekutiny sloužící k přenosu tepla a chladu na systém chladivový, k přenosu tepla pomocí skupenských změn v tepelném okruhu je v současnosti využíváno směsné chladivo R417a. Tento systém tedy odebírá teplo chlazené látky a převádí ho přímo do pracovní látky, tento proces nazýváme přímé chlazení. Výhodami přímého chlazení jsou nižší investiční a provozní náklady a také vyšší účinnost oproti jiným klimatizačním systémům využívajících nepřímé chlazení.

Součástí zařízení Mr. Slim je jedna vnitřní jednotka a jedna vnější jednotka, jedná se tedy o chladivový systém jednozónový neboli split systém. Vnitřní ventilátorová jednotka SEH-2AR.TH obsahuje jeden výměník, jehož funkce se mění v závislosti na vybraném režimu provozu (výparník či kondenzátor), ventilátor a vzduchový filtr. Tato jednotka je instalována v podstropním provedení s horizontálním výdechem upraveného vzduchu. V letním období pracuje tato jednotka jako výparník, proudící vzduch je ochlazován a zároveň odvlhčován (chlazení s kondenzací). Proto je tato jednotka vybavena plošným černým prvkem (dle obrázku č. 3.2) pro odtékání zkondenzované vodní páry, která je dále odvedena gravitačně do kanalizace.

Vnější jednotka SUH-2VR<sub>2</sub>.TH (obrázek č. 3.1) je umístěna ve venkovním prostoru na střeše objektu E1 stavební fakulty, je koncipována jako kondenzační jednotka chlazená vzduchem. Její součástí je opět jeden výměník (dle provozu – výparník či kondenzátor), ventilátor, kompresor, expanzní zařízení a čtyřcestný přepínací ventil, který uskutečňuje reversní chod pro režim chlazení a pro režim tepelného čerpadla.



3.1 Vnější jednotka [41]



3.2 Vnitřní jednotka [41]

V souvislosti s funkcemi jednotlivých jednotek můžeme konstatovat, že se nejedná o komfortní systém klimatizace, jelikož není zajištěno nucené větrání. Vnitřní jednotka pracuje a provádí úpravy pouze s oběhovým neboli cirkulačním vzduchem.

## Data od výrobce

Veličina	Jednotka	Chlazení	Topení
Tepelný výkon	[kW]	5,3 – 5,4	5,7 – 5,8
Celkový příkon	[kW]	2,27 – 2,33	2,05 – 2,11
Objemový průtok vzduchu	[m <sup>3</sup> /h]	1020	
Hladina akustického tlaku			
- Vnitřní jednotka (nízké otáčky)	[dB]	31	
- Vnitřní jednotka (vysoké otáčky)	[dB]	39	
- Venkovní jednotka	[dB]	59	

Tab. 1 Data od výrobce - Mr. Slim [26]

Z výrobních dat vycházejí hodnoty chladicího a topného faktoru (pro elektrické napětí 230 V):

$$\text{Chladicí faktor: } EER = \frac{Q_{CH}}{P} = \frac{5,35}{2,3} = 2,33$$

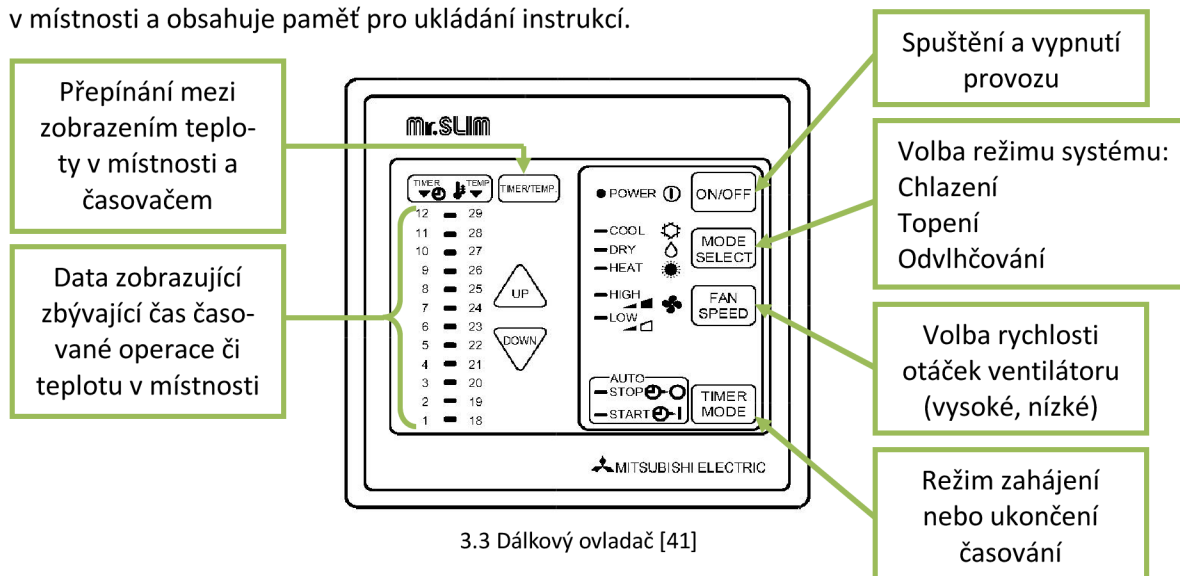
$$\text{Topný faktor: } COP = \frac{Q_T}{P} = \frac{5,75}{2,08} = 2,76$$

Výrobní data odpovídají následujícím zkušebním podmínkám:

- Pro chlazení je výchozí teplota vzduchu v exteriéru 35 °C a v interiéru 27 °C
- Pro topení je výchozí teplota vzduchu v exteriéru 7 °C a v interiéru 20 °C

### 3.1 Ovládání systému Mr. Slim

Ovládání se provádí pomocí elektronického dálkového ovladače, který je umístěn na stěně v interiéru laboratoře. Dálkový ovladač indikuje současně požadovanou a aktuální teplotu v místnosti a obsahuje paměť pro ukládání instrukcí.



3.3 Dálkový ovladač [41]

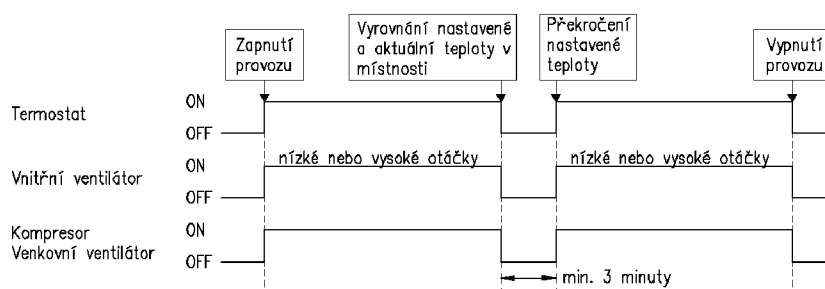
### 3.2 Mikroprocesorové řízení

Mikroprocesorové řízení slouží k automatickému ovládání systému Mr. Slim pomocí naprogramovaných funkcí v procesoru zařízení. Jeho podstatou je nespojitá dvoupolohová regulace vyžívající dvou mezních poloh, a to zapnuto – vypnuto.

Provoz systému Mr. Slim je řízen pomocí tří teplotních čidel (zobrazena na obrázku č. 3.6). Dvě čidla jsou umístěna v interiéru laboratoře, přičemž jedno slouží ke snímání teploty vzduchu v místnosti a druhé slouží ke snímání teploty ve výměníku vnitřní jednotky. Poslední teplotní čidlo je umístěno ve venkovní jednotce za účelem aktivace protimrazové ochrany.

### 3.2.1 Režim chlazení

Režim chlazení se zvolí pomocí dálkového ovladače, na němž se dále nastaví požadovaná teplota vzduchu v místnosti. Zařízení se uvede do provozu a upravuje teplotu vzduchu v místnosti. Následující schéma představuje režim provozu jednotlivých komponentů systému Mr. Slim v závislosti na snímání teploty vzduchu v místnosti pomocí termistoru.



3.4 Schéma provozu při režimu chlazení (Vlastní zpracování dle [41])

V momentě, kdy teplota vzduchu v místnosti se vyrovná nastavené teplotě na dálkovém ovládači, se provoz celého zařízení ukončí po dobu 3 minut. A to i v případě, že teplota při režimu chlazení stoupne nad požadovanou hodnotu. Kompresor a ventilátor ve venkovní jednotce se vypínají a spínají ve stejném intervalu 3 minut z důvodu zabránění přetížení systému.

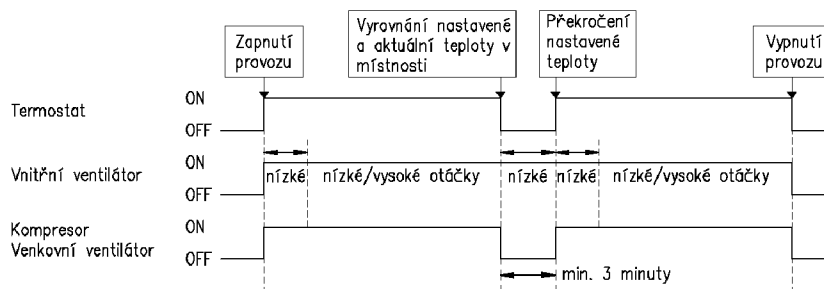
#### ***Prevence vzniku námrazy na vnitřní jednotce***

Jakmile vnitřní termistor zaznamená teplotu  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  nebo nižší, okamžitě dojde k zapnutí režimu prevence. V průběhu tohoto režimu se zastaví práce kompresoru a vnitřní ventilátor pracuje v nastavené rychlosti po dobu 5 minut. Dokud termistor snímá teplotu rovnou či nižší než  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , je cyklus prodloužen do doby, než vnitřní termistor zaznamená teplotu nad  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Po ukončení tohoto režimu se obě jednotky nenavrátní zpět minimálně po dobu 5 minut, i kdyby termistor zaznamenal teplotu  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### 3.2.2 Režim topení

Režim topení vykazuje stejný charakter provozu jako režim vytápění, odlišuje se provozem vnitřního ventilátoru. Při spuštění kompresoru v topném provozu nebo po cyklu odmrazování venkovní jednotky vnitřní ventilátor mění rychlost otáček v závislosti na teplotě detekované na vnitřním termistoru (dle schématu je to oblast nízkých otáček při zapnutém kompresoru). Další odlišnost se projevuje při vyrovnání požadované a aktuální teploty vzduchu v místnosti a při režimu odmrazování venkovní jednotky. V tuto chvíli ventilátor pracuje v režimu nízkých otáček, jakmile by ale teplota na vnitřním termistoru dosáhla  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ventilátor přeručí svůj provoz.





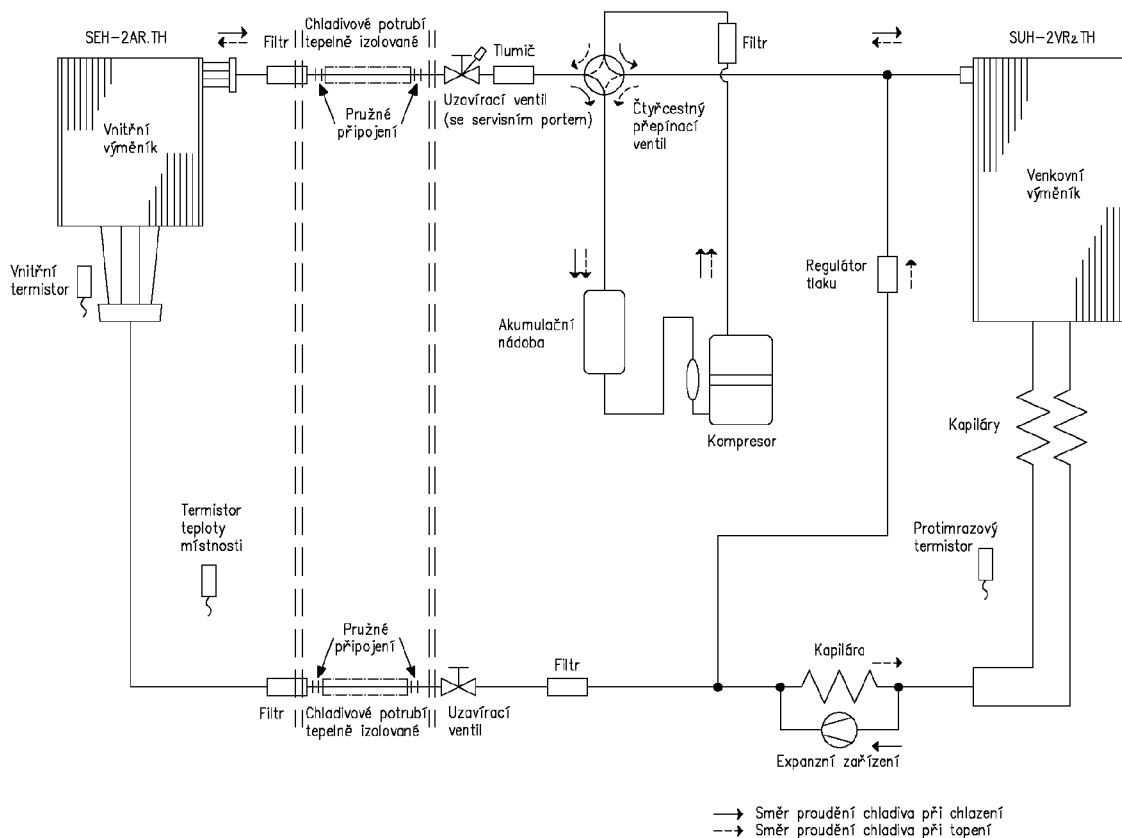
3.5 Schéma provozu při režimu topení (Vlastní zpracování dle [41])

### Režim odmrazování venkovní jednotky

Cyklus odmrazování je spuštěn pomocí snímání teploty protimrazového termistoru. Tento cyklus se zapíná, pokud jsou splněny následující podmínky: v rámci režimu tepelného čerpadla přesáhne doba provozu kompresoru 40 minut a protimrazový termistor zaznamená teplotu rovnou nebo nižší než  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ukončující podmínky odmrazovacího cyklu jsou: protimrazový termistor zaznamená teplotu  $3,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  a cyklus trvá po dobu 10 minut.

### 3.3 Schéma chladivového okruhu

Schéma chladivového okruhu představuje zapojení jednotlivých komponentů systému Mr. Slim a také směr chodu chladiva související s přenosem tepla při jednotlivých režimech.



3.6 Schéma chladivového okruhu (Vlastní zpracování dle [41])

## 4 VLIV NÁHRADY NEEKOLOGICKÉHO CHLADIVA

Náhrada neekologického chladiva je spojena především s ochranou ovzduší, jež je svou podstatou nejdůležitější složkou životního prostředí nejen pro člověka, ale i pro živé organismy. Neekologická chladiva poškozují ozónovou vrstvu a přispívají ke globálnímu oteplování, proto byla předepsána opatření směřující především k ukončení výroby a spotřeby těchto látek. Tato opatření jsou formulována pomocí právních předpisů jak na národní, tak i na mezinárodní úrovni.

### 4.1 Výchozí právní předpisy

**Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší ve znění pozdějších předpisů, stanovuje:**

- předcházení znečišťování ovzduší a snižování úrovně znečišťování (snižování zátěže životního prostředí),
- přípustnou úroveň znečištění (emisní limity).

**Nařízení (ES) č. 1005/2009, o látkách které poškozují ozonovou vrstvu, stanovuje:**

- pravidla pro výrobu, dovoz, vývoz, uvádění na trh,
- použití, znovuzískání, recyklaci, regeneraci a zneškodňování látek poškozujících ozonovou vrstvu.

**Nařízení EK č. 517/2014, o fluorovaných skleníkových plynech a o zrušení nařízení (ES) č. 842/2006, stanovuje:**

- ochranu životního prostředí snižováním emisí fluorovaných skleníkových plynů,
- pravidla pro omezování úniků, používání, znovuzískávání a zneškodňování fluorovaných skleníkových plynů

Na národní úrovni je oblast regulovaných látek a nakládání s nimi právně upravena:

- **Zákonem č. 73/2012 Sb., o látkách, které poškozují ozonovou vrstvu, a o fluorovaných skleníkových plynech**
- **Vyhláškou č. 257/2012 Sb., o předcházení emisím látek, které poškozují ozonovou vrstvu, a fluorovaných skleníkových plynů, která udává:**
  - vzor evidenční knihy zařízení,
  - postup kontroly těsnosti chladících nebo klimatizačních zařízení, obsahující fluorované skleníkové plyny,
  - požadované znalosti ke znovuzískání, regeneraci nebo zneškodňování látek, poškozující ozonovou vrstvu.

Všechny tyto jmenované právní předpisy slouží k naplnění požadavků Vídeňské úmluvy na ochranu ozonové vrstvy a jejího prováděcího Montrealského protokolu o látkách, které poškozují ozonovou vrstvu. Vídeňská úmluva byla sepsána za účelem ochrany lidského zdraví a životního prostředí proti negativním účinkům lidské činnosti, které ovlivňují změnu nebo by mohly změnit ozonovou vrstvu.

## 4.2 Vliv náhrady na klimatizační zařízení

V důsledku nařízení (ES) č. 1005/2009, o látkách které poškozují ozonovou vrstvu, se s chladivem R22 nesmí od 1. 1. 2015 provádět servis zařízení. Provoz zařízení není zakázán, ale při jakémkoli servisním zásahu není možné odsáté chladivo vrátit zpět do okruhu. Odsáté chladivo R22 se tímto stává nebezpečným odpadem a musí být předáno ke zneškodnění do akreditovaných zařízení.

Možnost pro stávající a funkční klimatizačních zařízení je tedy náhrada původního chladiva vhodným chladivem a podle stavu klimatizačního zařízení se provádějí dvě procedury retrofit a drop-in. Další možností pro majitele těchto systémů je zakoupení zcela nového zařízení. Každá z vybraných možností má své výhody a nevýhody. Náhradní chladiva nedosahují takových tepelně technických vlastností jako chladivo R22, což ovlivňuje snížení chladících a tepelných výkonů daných zařízení. Nové zařízení s sebou přináší přednosti ve své účinnosti a bezpečnosti, na druhou stranu je spojeno s nejvyššími investičními náklady a realizace v konkrétním prostorovém uspořádání nemusí být jednoduchou záležitostí.

### 4.2.1 Procedura retrofit

Procedura retrofit spočívá v rekonstrukci klimatizačních zařízení nebo tepelných čerpadel tak, aby splňovalo podmínky pro práci s nově naplněným chladivem. Při aplikaci této procedury se provádí především výměna chladiva i oleje a dochází k náročné přestavbě okruhu neboli náhradě nekompatibilních komponentů v závislosti na snášenlivosti materiálů s nově naplněným chladivem a olejem. Alternativa pro náhradu neekologického chladiva R22 jsou chladiva R417a, R427a nebo R507 ve spojení s polyolesterovým olejem.

V následujícím textu jsou uvedeny základní kroky procedury retrofit pro nahrazení chladiva R22 chladivem R417a:

#### 1. Stanovení výchozího výkonu se stávajícím chladivem v zařízení.

Před počátkem provádění jakýchkoli změn systému se shromažďují data o výkonu systému za normálních provozních podmínek. Tyto základní údaje představují teploty a tlaky v místech celého zařízení (výparník, kondenzátor, sání a výtlač kompresoru, expanzní zařízení). Tyto měření budou užitečné při optimalizaci systému při náhradě alternativním chladivem.

#### 2. Odstranění veškerého stávajícího chladiva ze systému do příslušné tlakové nádoby.

Existující množství chladiva by mělo být odstraněno ze zařízení a shromážděno v tlakové nádobě pro ekologickou likvidaci chladiva. V případě, že není známo přesné množství chladiva, je vhodné jej po odebrání zvážit a to z důvodu, že počáteční množství ekologického chladiva může být stanoveno z této hodnoty. Zbytkové množství chladiva rozpuštěné v kompresorovém oleji se odstraní vakuováním chladicího okruhu.

#### 3. Výměna filtrdehydrátoru a elastomerního těsnění.

V profesní praxi se filtrdehydrátor vyměňuje vždy, když je vystaven atmosférickému vzduchu. Avšak v menších hermetických zařízeních nemusí být vždy nezbytné tuto výměnu provádět za předpokladu, že se zabrání vniknutí vlhkého vzduchu do systému.

Zatímco je systém vyprázdněný, je doporučeno provést kontrolu a výměnu jakéhokoli těsnění, které může být blízko konce doby provozuschopnosti. I kdyby dříve nedocházelo k úniku chladiva, změna charakteristik při výměně chladiv může způsobit opotřebení těsnění, což by následně vedlo k úniku chladiva po rekonstrukci zařízení. Obecně se provádí kontrola veškerého těsnění, jež je v kontaktu s chladivem (základní těsnění, průhledné těsnicí kroužky, elektromagnetické ventily, kulové kohouty a přírubové těsnění). Přísná kontrola těsnosti zařízení před a po rekonstrukci minimalizuje případné ztráty chladiva.

#### **4. Vakuování systému a kontrola těsnosti.**

K odstranění vzduchu nebo jiných nekondenzovatelných částic a zbytkové vlhkosti se provádí vakuováním systému pomocí vakuové pumpy. Přítomnost vlhkosti v okruhu se projevuje zpomalováním rychlosti ztráty vakua. Netěsnost při vakuové zkoušce se projeví postupnou a stále stejně rychlou ztrátou vakua. Následně se tedy k nalezení netěsnosti využívá přetlakování systému dusíkem. Nesmí být ovšem překročen maximální tlak konstrukce zařízení. Odstranění dusíku ze systému se opět provede pomocí vakuové pumpy.

#### **5. Naplnění systému novým chladivem.**

Chladivo vstupuje do chladicího okruhu ve stavu kapalném nebo plynném podle toho, jak je požadováno. Důležité je ovšem, aby se kapalně chladivo nedostalo do sacího potrubí kompresoru, způsobilo by to nevratné poškození kompresoru. Pro chladivo R417a obecně platí, že chladicí systém vyžaduje menší hmotnost, než tomu bylo u chladiva R22. Optimální množství se určuje v závislosti na konstrukčním systému a operativních podmínkách. Počáteční množství ekologického chladiva by mělo být přibližně 85 % ze standardního množství chladiva R22. Konečné množství činí přibližně 95 %. Tyto hodnoty jsou určující za předpokladu, že nedojde k mechanickým změnám součástí zařízení při proceduře retrofit, jež by mohly ovlivnit vnitřní objemovou kapacitu systému.

#### **6. Kontrola provozu systému s ekologickým chladivem.**

Při zkušebním provozu systému lze stabilizovat podmínky provozuschopnosti. Pokud má systém nedostatečné množství náplně (indikuje se dle stupně přehřátí na výstupu z výparníku), přidává se chladivo v malých dávkách, dokud není dosaženo požadovaných provozních podmínek. Stav, kdy přidáme více než 5 – 10 % chladiva nad doporučené množství, bývá zřídka příznivý, neboť dodání dalšího množství chladiva vede k lehce vyšším kondenzačním teplotám. Z teorie chladících okruhů víme, že s vyššími kondenzačními teplotami klesá chladicí výkon klimatizačního zařízení. Chladivo v kapalném stavu nesmí vniknout do kompresoru, došlo by tak ke smíchání chladiva s olejem a následnému přehřátí a zadření kompresoru.

#### **7. Sledování hladiny oleje v kompresoru.**

U systémů, kde je návrat oleje potenciálním problémem, se doporučuje vyměnit veškeré nebo část (přibližně 30 %) z kompresorového množství oleje schváleným polyolesterovým olejem (POE). Pokud se procedura retrofit týká zařízení s kompresorovým průřezem, je doporučené na počátku provozu sledovat hladinu oleje v kompresoru k ověření, že se olej vrací do kompresoru odpovídajícím způsobem.

Pokud se návrat oleje projevuje jako nevyrovnaný (dochází k velkým výkyvům hladiny oleje v průběhu tepelného cyklu), měla by se část oleje odstranit a nahradit polyolesterovým olejem. Nahrazení až 30 % polyolesterovým olejem obnovuje stabilitu vratnosti do kompresoru. V první fázi se přidává 10 až 20 % z celkového množství oleje a poté následují malé přírůstky, dokud se hladina oleje nevrátí do normální polohy v průběhu pracovního cyklu zařízení.

#### **8. Charakteristika systému s ekologickým chladivem a nahrazeným mazivem.**

Po ukončení procedury se provádí označení štítkem, který trvale uvádí označení použitého chladiva a oleje v chladícím zařízení. Uvádí se zde především datum uskutečnění procedury a množství chladiva (podle hmotnosti dodané do okruhu) [25].

#### **4.2.2 Procedura drop-in**

Při porovnání s předchozí procedurou je procedura drop-in méně náročná na provedení a i z hlediska finančních nákladů. Podstatou metody je myšlena záměna neekologického chladiva, aniž by došlo k dalším rekonstrukčním úpravám na daném chladícím zařízení či tepelném čerpadle. Výhodou je taktéž zachování stávajícího oleje v tepelném okruhu, avšak tento olej musí být schopen spolupráce s nově naplněným chladivem. V běžných aplikacích chladiva R22 jsou využívány oleje na minerální bázi nebo oleje alkylbenzolové. Mezi chladiva drop-in, sloužící jako náhrada za chladivo R22 a umožňující provozuschopnost s uvedenými oleji, řadíme především chladiva R422d, R422a nebo R417a.

Procedura drop-in se považuje za dočasnou alternativu pro jednoduchá zařízení s krátkou dobou zbytkové životnosti.

#### **4.2.3 Nové klimatizační zařízení**

Výměna celého zařízení spočívá v nahrazení všech komponentů klimatizačního systému, včetně vnitřních a venkovních jednotek, potrubí a elektroinstalace. Výběr této možnosti zaručuje práci moderního vybavení systému s nejnižšími provozními náklady a řadí se mezi dlouhodobá řešení náhrady chladiva R22. V určitých případech při zhodnocení funkčnosti některých komponentů (například vnitřní jednotky mohou být v dobrém provozuschopném stavu oproti jednotkám venkovním) se dají tyto stávající komponenty znovu použít jako součásti pro systém nový.

#### ***Zvolení metody náhrady chladiva R22***

Celkové vyhodnocení situace si musí každý majitel klimatizačního zařízení provést sám. Pokud dostane všechny potřebné informace o jednotlivých možnostech, o provozním stavu svého zařízení a také o přibližné kalkulaci nákladů k provedení potřebných úprav, vybere si možnost vyhovující jak jeho rozpočtu, tak i náročnosti z pohledu časové ztráty potřebné pro provedení výměny chladiv či montáže a uvedení systému do provozu.

Pro názornost je v kapitole 5 této práce provedená přibližná kalkulace dvou variant, a to volba nového klimatizačního zařízení a náhrada chladiva R22 a s tím spojené procesy.

#### 4.2.4 Výběr chladiva

Volba náhradního chladiva je součástí procedur retrofit a drop-in a je ovlivněna mnoha faktory. Nové chladivo se upřesňuje dle jeho chemických vlastností jako je působení na použité konstrukční materiály v chladivovém okruhu, bezpečnost (myšlena je toxicita, hořlavost a výbušnost) a dle jiných speciálních požadavků na komponenty zařízení.

V rámci působení na použité konstrukční materiály se formuluje možné chování ke komponentům z umělých hmot a elastomerů. Chladiva společně s oleji jsou schopna uvolňovat plnidla a změkčovadla z elastomerů, čímž může dojít k provozním poruchám a k usazování částic elastomerů v chladivovém okruhu. Obecně se doporučuje v důsledku negativního působení výměna veškerých součástí, které přicházejí do kontaktu s chladivem při náhradě neekologického chladiva R22. Bezpečnostní hlediska mají dopad na stavební a bezpečnostní opatření při náhradě chladiva například čpavkem nebo uhlovodíky, což následně zvyšuje investiční náklady.

Dalším faktorem výběru jsou tepelně fyzikální vlastnosti. Tyto vlastnosti vedou ke zhodnocení účinnosti systému (EER a COP), mezi ně řadíme vysoké výparné teplo, které ovlivňuje chladicí efekt na kg chladiva a redukuje množství cirkulujícího chladiva, vysokou objemovou chladivost, nízkou měrnou tepelnou kapacitu, nízkou viskozitu a vysokou tepelnou vodivost k lepšímu přenosu tepla na výměnících.

Náhrada chladiva je často spojena i s výměnou oleje v závislosti na kompatibilitě chladiva s daným typem oleje.

##### *Oleje*

Oleje patří mezi nedílnou součást chladicího okruhu a slouží především k bezporuchové činnosti kompresoru. Mezi hlavní požadavky kladené na oleje řadíme dobrou mísitelnost s daným druhem chladiva. Pokud nedojde k požadovanému mísení s chladivem, nastávají potíže s usazováním oleje ve výparníku, a tím dochází ke snížení přenosu tepla mezi látkou chlazenou a chladivem. Dalším požadavkem je mazací schopnost a tekutost oleje v možném rozsahu pracovních teplot, neboli chemická a tepelná stabilita při teplotách až  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  ve výparníku a naopak při teplotách až  $160\text{ }^{\circ}\text{C}$  ve výtlačku kompresoru.

Při běžných aplikacích chladiva R22 byly využívány především oleje na minerální bázi nebo oleje alkylbenzolové. Minerální oleje slouží v chladivových systémech pro práci při běžných pracovních teplotách. Alkylbenzolové oleje se využívaly pro jejich stabilitu a výbornou mísitelnost s chladivem R22 při nízkých vypařovacích teplotách.

Vhodnými oleji pro alternativní (HFC) chladiva se staly syntetické polyolesterové (POE) oleje. Tyto oleje jsou výborně mísitelné s HFC chladivy, avšak jejich nevýhodou je chemická nestabilita, která má spojitost s jejich výrobou – chemická reakce alkoholu s organickými kyselinami za vzniku odpadního produktu vody. Jejich nevýhodou je tedy pohlcování vlhkosti, čímž dochází k následnému rozkladu na původní sloučeniny. Důsledkem tohoto rozkladu je intenzivní koroze ocelových dílů chladicího okruhu a především kompresoru.

### Srovnání chladiv R417a a R22

V systému Mr. Slim bylo jako náhrada za chladivo R22 zvoleno zeotropní chladivo R417a. Následující tabulka č. 2 představuje porovnání fyzikálních a tepelných vlastností obou zmíněných chladiv. Součástí dat v tabulce jsou i potenciály charakterizující vliv na životní prostředí.

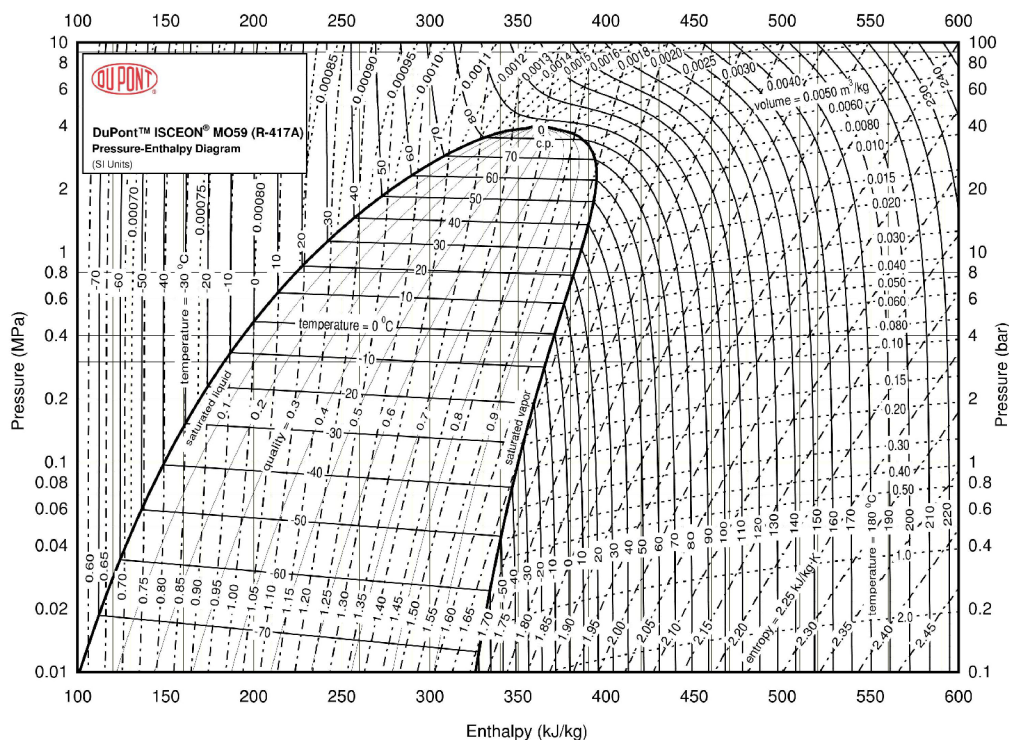
Fyzikální a tepelné vlastnosti			
Vlastnosti	Jednotka	R417a	R22
Skupenství při 21 °C	-	plynné	plynné
Molekulová hmotnost	[g/mol]	109	86,47
Teplota varu	[°C]	-39	-40,8
Kritická teplota	[°C]	87,1	96,2
Kritický tlak	[MPa]	4,039	4,98
Kritická hustota	[kg/m <sup>3</sup> ]	520	523,8
Viskozita	[MPa·s]	0,163	0,115
Hustota kapaliny při 25 °C	[kg/m <sup>3</sup> ]	1149	1190
Hustota syté páry při 25 °C	[kg/m <sup>3</sup> ]	5,61	4,7
Měrná tepelná kapacita kapaliny	[kJ/(kg·K)]	1,446	1,17
Měrná tepelná kapacita páry	[kJ/(kg·K)]	0,856	0,74
Tepelná vodivost kapaliny při 25 °C	[W/(m·K)]	0,0714	0,095
Tepelná vodivost páry při 25 °C	[W/(m·K)]	0,0143	0,009
Výparné teplo	[kJ/kg]	197,9	233,95
Teplotní skluz	[°C]	3	0
ODP	[-]	0	0,055
GWP	[-]	1950	1810

Tab. 2 Fyzikální a tepelné vlastnosti (Vlastní zpracování dle [19])

Obě chladiva dle tabulky č. 2 mají srovnatelné fyzikální a tepelné vlastnosti, proto se chladivo R417a považuje za vhodnou náhradu neekologického chladiva R22 pro aplikace v chladivových klimatizacích. Ovšem hodnoty vlastností pro chladivo R417a jsou z pohledu hodnot chladiva R22 méně vyhovující, což ovlivňuje účinnost systému, chladící a topné výkony při náhradě.

Chladivo R417a je využitelné při proceduře retrofit i drop-in, jeho výhodou je totiž kompatibilita s minerálními oleji aplikovaných s chladivem R22 a i s novými syntetickými oleji na bázi polyolesterů sloužící ke kompletní výměně při proceduře retrofit. Pracuje i v systémech jak s kapilárou a tryskou, tak i s expanzním ventilem.

V důsledku výměny chladiv se projevuje i změna v tepelném cyklu chladiva R417a, která se zobrazuje do tepelného diagramu. Obrázek č. 4.1 je tepelným digramem log p – h chladiva R417a.



4.1 Tepelný digram log p - h chladiva R417a [32]

## 5 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Ekonomické zhodnocení této části práce se týká dvou variant pro provoz klimatizačního zařízení v souvislosti s náhradou neekologického chladiva R22. Následující kalkulace jsou přibližné a nedají se uvažovat při každé aplikaci této problematiky, jsou také vytvořeny pro zařízení s hmotnostním obsahem chladiva méně jak 3 kg. Jejich účelem je názorné představení možností uživatelů klimatizačních systémů a také spekulace nad případným zvyšováním hodnoty investičních nákladů v závislosti na možné existenci další oprav.

### *Využití experimentálního měření*

Podkladem pro vytvoření druhé varianty se stalo vyhodnocení experimentálního měření této práce. Součástí experimentálního měření je stanovení chladicího a topného faktoru stávajícího zařízení Mr. Slim od firmy Mitsubishi Electric na základě matematicko-fyzikálního řešení, jež je součástí této práce v kapitole A. V tomto zařízení byla v roce 2010 provedena náhrada chladiva R22 za zeotropní chladivo R417a. Při analýze tohoto systému a měření fyzikálních veličin bylo dosaženo jistých výstupů a především výsledných chladících a topných faktorů. V souladu s experimentálním měřením mohou tedy konstatovat, že zařízení i po náhradě chladiva je zcela provozuschopné a splňuje funkčnost zkoumaných režimů chlazení a topení. Na základě těchto poznatků tedy připouštím možnou aplikaci náhrady neekologického chladiva, která je využita v přibližné kalkulaci druhé varianty následujícího textu.



### První varianta

První varianta uvažuje pořízení zcela nového klimatizačního zařízení. Nové zařízení bylo vybráno na základě instalovaného zařízení Mr. Slim v laboratoři budovy E stavební fakulty. Hlavními faktory výběru se stali: výrobce Mitsubishi Electric, možnost provozu v režimu chlazení i topení, vnitřní jednotka v provedení podstropním, podobnost výkonů pro režim chlazení a topení se systémem Mr. Slim. Zařízení bylo vybráno z M-série tepelných čerpadel s vnitřní jednotkou SEZ-KD18NA4 a s vnější kondenzační jednotkou SUZ-KA18NA (dle obr. č. 5.1).

5.1 TČ z M-série [33]



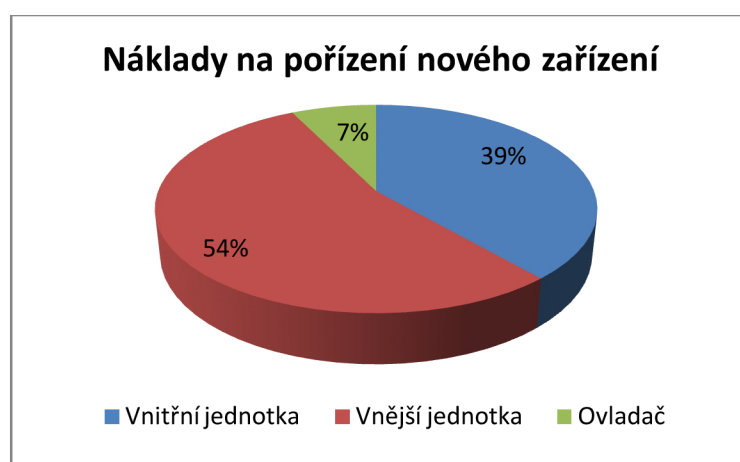
Následující tabulka č. 2, převzatá z ceníku Pricing Guide vydaného firmou Mitsubishi Electric k datu 15. srpna 2012 [24], zachycuje pořizovací náklady komponentů vybraného systému.

Náklady na pořízení nového zařízení	
Komponent	Náklady [\$ (Kč)]
Vnitřní jednotka	1 500 (36 750)
Vnější jednotka	2105 (51 573)
Ovladač	285 (6 983)
<b>Celkem</b>	<b>3890 (95 306)</b>

Tab. 3 Náklady na pořízení nového zařízení (Vlastní zpracování dle [24])

Přepočet cen dle výše zmíněného ceníku je platný k současnemu kursu dolarů vůči koruně v hodnotě 24,5 Kč/\$.

Procentuální zobrazení nákladů jednotlivých komponentů z celkové investiční ceny nového zařízení představuje graf č. 1.



Graf 2 Náklady na pořízení nového zařízení (Vlastní zpracování)

Uvedené celkové investiční náklady ovšem nezahrnují veškeré položky pro sestavení klimatizačního zařízení a jeho uvedení do provozu. Nedílnou součástí by měly být i náklady na pořízení potřebného množství chladiva, potrubí pro vedení kapaliny a par chladiva, těsnění, tepelnou izolaci potrubí a montážní práce. Tyto položky se nedají jednoznačně stanovit, a proto s nimi v kalkulaci neuvažujeme. Jisté je, že náklady se dále zvýší, ale pro porovnání

s následující variantou nemají tak podstatnou váhu, aby ovlivnily srovnávací výsledek obou variant.

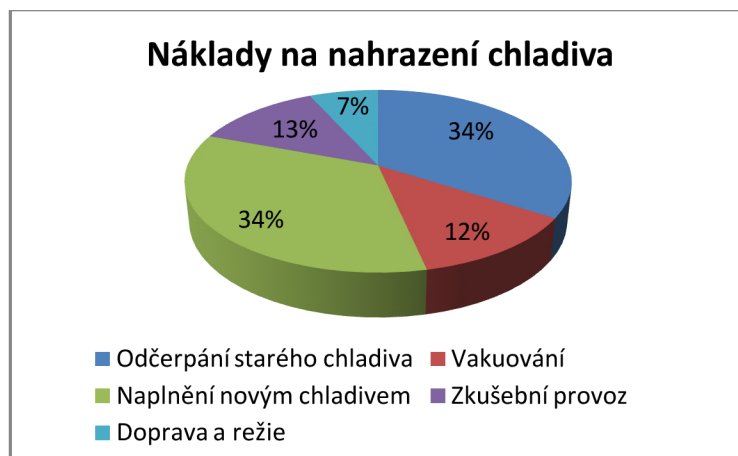
### **Druhá varianta**

Druhá varianta se zaměřuje na náklady spojené s výměnou neekologického chladiva pro provoz stávajícího a funkčního zařízení. Náležité procesy náhrady chladiva uvedené v tabulce č. 3 jsou základem pro provádění procedur retrofit a drop-in. Náklady jednotlivých procesů byly stanoveny na základě podkladů ceníků společnosti PENTABELL s.r.o. [23], konkrétní kalkulace byla vybrána pro zařízení s hmotnostním obsahem R22 od 2 do 3 kg.

<b>Náklady na nahrazení chladiva a s tím spojené procesy</b>	
Proces	Náklady [Kč]
Odčerpání starého chladiva, odvoz a předání k ekologické likvidaci	3 000
Vakuování chladicího okruhu	1 100
Naplnění novým chladivem	3 000
Zprovoznění, zkušební provoz, předání	1 100
Doprava a režie	600
<b>Celkem</b>	<b>8 800</b>

Tab. 4 Náklady na nahrazení chladiva (Vlastní zpracování dle [23])

Následující graf č. 2 vyobrazuje poměr rozdělení nákladů jednotlivých procesů při náhradě chladiva R22.



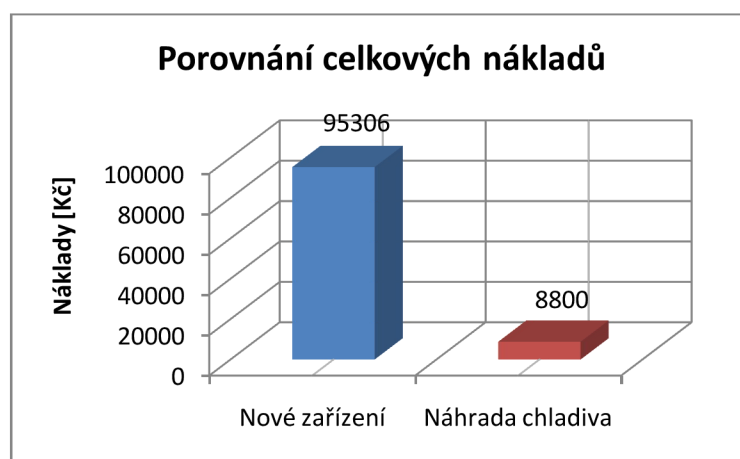
Graf 3 Náklady na nahrazení chladiva (Vlastní zpracování)

Uvedené náklady neuvažují další možné atributy, které se mohou projevit jako povaha závad na stávajícím systému. Tím je myšlena například oprava těsnění v důsledku nevyhovující zkoušky těsnosti. Těsnění může být renovováno i po provedených procedurách z příčiny reakce nového chladiva s těsněním původním. Součástí plánování procedur je také výběr vhodného chladiva, které je v případě procedury drop-in mísitelné se stávajícím olejem. Naopak u procedury retrofit se musí počítat i s výměnou oleje. Procedura retrofit je spojená s rozsáhlejší rekonstrukcí zařízení v závislosti na jeho funkčnosti, může tedy dojít i k výměně

některých komponentů systému. Z mého pohledu jsou tyto položky těžce stanovitelné, protože každé zařízení je jiné a má rozdílnou dobu provozu. Každé zařízení je tedy v rozdílném provozním stavu a dle toho se určuje množství potřebných nákladů k efektivnímu provozu systému.

### **Porovnání variant**

Konečné porovnání variant spočívá v jednoduchém přirovnání celkových nákladů na pořízení nového zařízení a na náhradu neekologického chladiva. Jednoznačně vidíme v grafu č. 3, že počáteční investiční náklady na pořízení nového zařízení od firmy Mitsubishi Electric výrazně převyšují náklady na výměnu chladiva.



Graf 4 Porovnání celkových nákladů (Vlastní zpracování)

Ovšem v případě konkrétního systému se nemůžeme odkazovat na toto grafické vyjádření, protože každá možná varianta vždy závisí na specifickém účelu investice. Pro investora je důležitá informace, zda v jeho klimatizačním systému je potřeba vyměnit pouze chladivo, nebo zda může očekávat rozsáhlejší rekonstrukci v závislosti na stavu zařízení, která může výrazně ovlivnit počáteční investiční náklady.

Obecně pokud potřebné investice či opravy klimatizačního systému nevyžadují rozsáhlou úpravu, použijeme vzhledem k výsledným nákladům druhou variantu, neboť v porovnání s variantou první je přibližně desetinásobně levnější čili výhodnější. V případě, že na zařízení jsou kladeny vyšší požadavky spojené s nákladnou rekonstrukcí, doporučila bych raději pořízení nového klimatizačního systému, jelikož uživatel získá novou záruční dobu od výrobce a ekonomicky pracující provoz s lepšími výkony zařízení.

## **6 ZÁVĚREČNÉ SHRNUÍ A DOPORUČENÍ**

V závěru části B této práce jsem se rozhodla na základě výše uvedených poznatků a údajů uvést v jednoduchých bodech veškeré podstatné informace o možnostech řešení náhrady neekologického chladiva R22.

Zohlednila jsem zde především jednotlivé aplikace náhrady chladiv a jim odpovídající popis z hlediska úprav klimatizačních systémů, důsledků výměny chladiv, vlivu na provoz systému

a také z hlediska investičních a provozních nákladů. Pro přehlednost informací je vše uvedeno v tabulce č. 5.

ŘEŠENÍ NÁHRADY CHLADIVA	ÚPRAVY	DŮSLEDKY	VLIV NA PROVOZ SYSTÉMU	NÁKLADY
<b>Procedura drop-in</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bez výměny oleje</li> <li>• Výměna těsnění</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimální změny systému</li> <li>• Rychlost provedení</li> <li>• Možné riziko úniku chladiva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Snížení výkonu a účinnosti</li> <li>• Zvýšení nákladů na provoz</li> <li>• Vysoké GWP</li> <li>• Možný výskyt dalších úprav</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nejnižší investiční náklady</li> <li>• Vyšší náklady na provoz</li> </ul>
<b>Procedura retrofit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Výměna oleje</li> <li>• Výměna těsnění</li> <li>• Kontrola tlaků a zprovoznění systému</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Úpravy vyhovují libovolné aplikaci</li> <li>• Malé riziko úniku chladiva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nižší účinnost</li> <li>• Zvýšení nákladů na provoz</li> <li>• Vysoké GWP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Střední hodnota investičních nákladů</li> <li>• Vyšší náklady na provoz</li> </ul>
<b>Nový systém</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplikace nového systému</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vyšší spolehlivost</li> <li>• Časová prodleva při montáži a uvedení do provozu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dobrý výkon při nízkých provozních nákladech</li> <li>• Nejnižší vliv na životní prostředí</li> <li>• Dlouhodobé řešení</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nejvyšší investiční náklady</li> <li>• Nejnižší provozní náklady</li> </ul>

Tab. 5 Shrnutí možných řešení náhrady chladiva (Vlastní zpracování)

### **Doporučení**

Podle mého názoru je zbytečné vyměňovat celý klimatizační systém či tepelné čerpadlo, jedná se o plýtvání finančními prostředky v případě dobré funkčnosti stávajícího zařízení. Klimatizační zařízení při délce provozní doby přibližně 10-ti let by při náhradě chladiva a opodstatněných úpravách mohlo pracovat minimálně po stejně tak dlouhou dobu. U mladších zařízení tato doba úměrně narůstá.

V případě, že uživatel spravuje řadu podobných systémů, které jsou v adekvátním stavu, může provést zkušební substituci s alternativními chladivy na jednom nebo dvou systémech. Tento zkušební provoz může napomoci v rozhodování realizace úprav na ostatních systémech v důsledku spokojenosti či nespokojenosti uživatele s vytvořenými provozními podmínkami.

Jak už bylo řečeno v souvislosti s rozsáhlými a nákladnými úpravami se na druhou stranu vyplatí pořízení nového systému, nebo v případě nevhodného umístění chladivového potrubí, například ve stěně nebo v podlaze, se nabízí výměna vnitřních a vnějších jednotek. Stavební úpravy mohou velice navýšit investiční náklady. Při rozhodování o koupi nového zařízení bych chtěla dále upozornit na nařízení výše uvedených právních předpisů o zákazech uvádění na trh

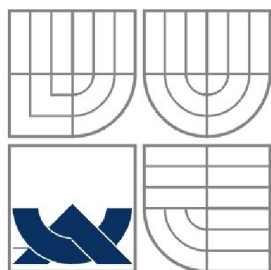
určitých výrobků obsahující F-plyny (HFC chladiva). Tyto údaje také mohou ovlivnit rozhodování potenciálního investora. Jedná se o zakazy:

- stacionárních chladicích zařízení s obsahem F-plynů a s GWP vyšším než 2500 v platnosti od 1. 1. 2020,
- split klimatizačních systémů obsahující méně než 3 kg F-plynů s GWP vyšším než 750 v platnosti od 1. 1. 2025,
- servisu zařízení s náplní vyšší než 40 t ekvivalentního CO<sub>2</sub>, která obsahují F-plyny s GWP vyšším než 2500 v platnosti od 1. 1. 2020 [1].

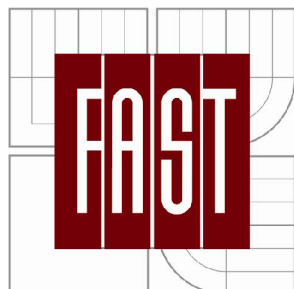
$$40 \text{ t CO}_2 \text{ eq} = \text{hmotnost chladiva v tunách} \cdot \text{GWP chladiva}$$

V teoretické části práce je zmíněn pojem phase-down, na jehož základě se požaduje v roce 2030 snížení výroby F-plynů o 79 % z referenční hodnoty v roce 2015. Výrobci obdrží odlišné přiděly procentuálního množství výdeje chladiv v závislosti na dosavadní výrobě. Predikce stavu v důsledku phase-downu uvažuje zavádění poplatků či daní za výrobu F-plynů, čímž stoupne jejich cena. Cena chladiv se tedy může stát nevýhodou pro zvolené řešení náhrady chladiva.

Myslím, že v případě rozhodování o možnosti náhradě chladiv, je důležité rychlé jednání, protože z hlediska právního systému panuje nejistota, zda nebudou zavedena další omezení. Dalšími možnostmi je aplikace přírodních chladiv nebo chladiv nově vyvinutých a vyvíjejících se, u nichž je ale riziko bezpečnosti a na to musí být brán ohled při přizpůsobení konstrukce zařízení, což slibuje další zvýšení investičních nákladů.



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STAVEBNÍ**

**ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

## **ČÁST C – EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ**

ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**Bc. TEREZA TUPCOVÁ**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**doc. Ing. ALEŠ RUBINA, Ph.D.**

BRNO 2016

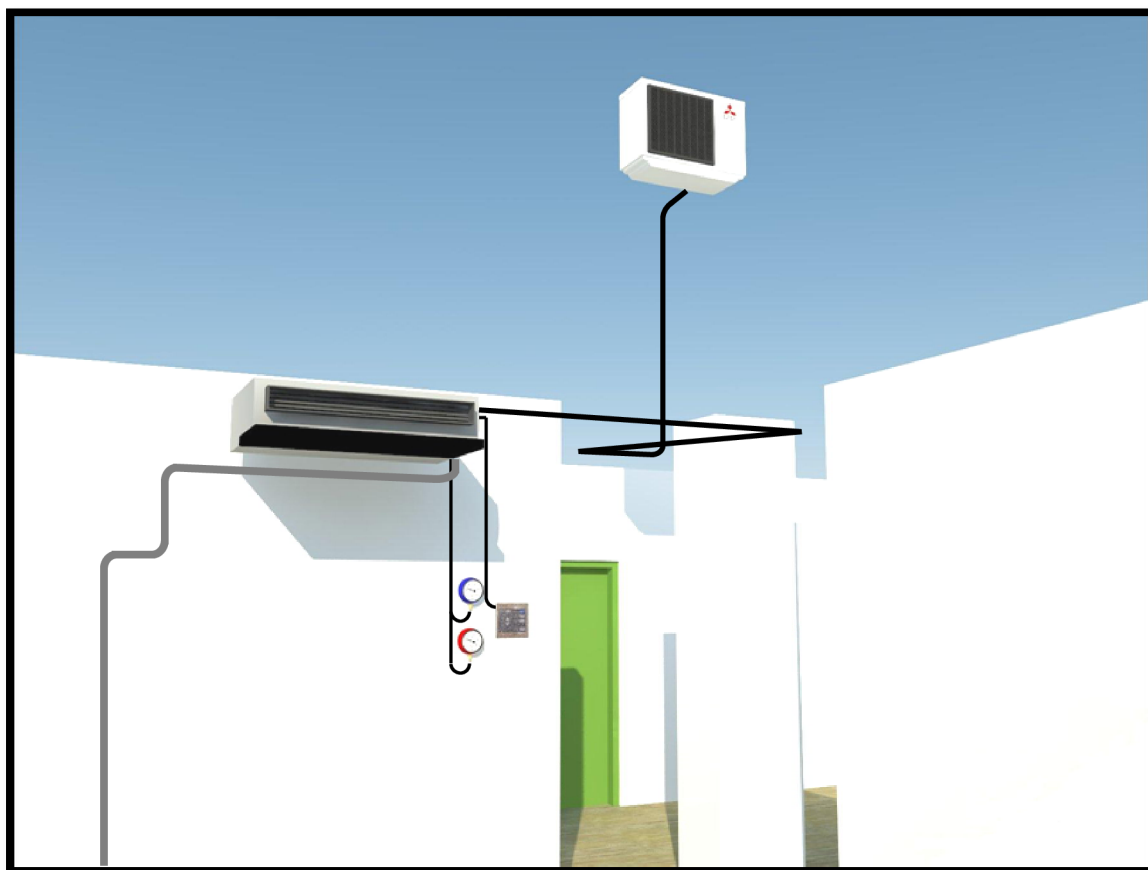
## 7 CÍLE EXPERIMENTÁLNÍHO ŘEŠENÍ

Předmětem experimentálního měření je určení fyzikálních veličin charakterizující provozní stav na objektu experimentálního měření neboli modelu. Objektem se stal umělý (laboratorní) fyzický model v laboratoři ústavu TZB, a to jednotka split od firmy Mitsubishi Electric. Tato jednotka byla v rámci experimentu zkoumána v letním i zimním období.

Cílem experimentálního měření je stanovit z naměřených fyzikálních veličin při režimu chlazení i topení průběh tepelného cyklu v tepelném diagramu chladiva a následně stanovit pomocí daných fyzikálních vztahů chladicí faktor (EER) a topný faktor (COP) a na základě těchto výsledků posoudit funkčnost systému při náhradě neekologického chladiva R22. Dalším požadavkem také je srovnání vypočtených faktorů s hodnotami od výrobce.

### *Schéma split systému Mr. Slim od firmy Mitsubishi Electric*

Následující obrázek č. 7.1 představuje přibližné uspořádání jednotek systému Mr. Slim v laboratoři ústavu TZB stavební fakulty.



7.1 Schéma laboratoře se systémem Mr. Slim (Vlastní zpracování)

## 8 EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ

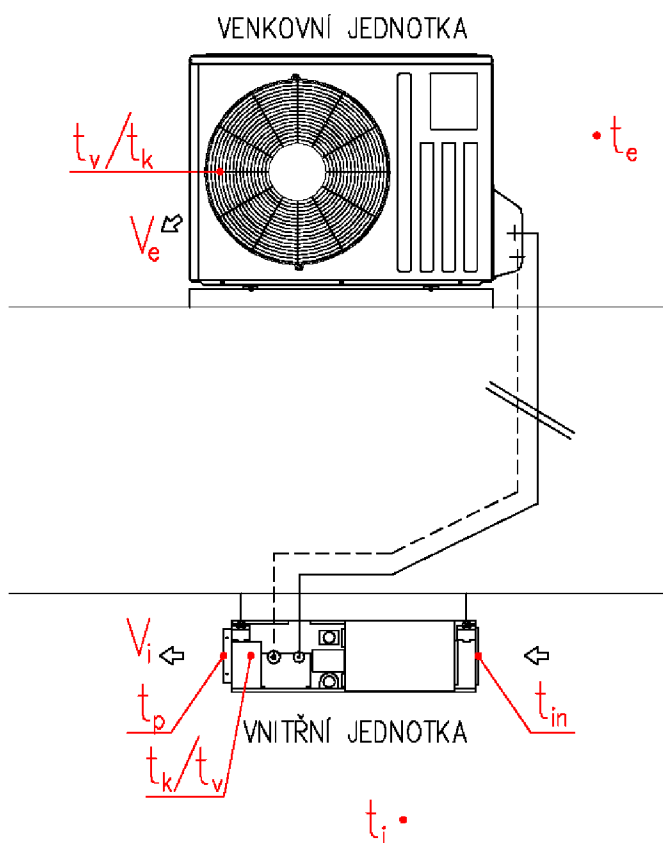
Tato kapitola představuje postup návrhu experimentálního měření, jeho realizaci za použití měřících přístrojů, postup při zpracování naměřených dat a následné zobrazení výstupů a jejich vyhodnocení. Ke zpracování dat jsou využity základy statistiky a program Microsoft Office Excel.

### 8.1 Etapy návrhu experimentálního měření

Experimentální měření je zaměřeno na stanovení chladicího a topného faktoru reálného tepelného čerpadla. Ovšem pro dosažení výpočtu faktorů je potřeba znát přibližný průběh tepelného cyklu pro režim chlazení a topení.

#### 8.1.1 Formulace problému a stanovení měřených fyzikálních veličin

Ke stanovení průběhu tepelných cyklů lze měřit tlaky kondenzace a vypařování, nebo teploty kondenzace a vypařování. Z fyzikálního pohledu je přesnější metoda měření tlaků, ale z konstrukčního hlediska nelze osadit tlaková čidla do chladivového potrubí. Z tohoto důvodu bylo vybráno měření s teplotními čidly, jejichž umístění je předvedeno na obrázku č. 8.1.



8.1 Zjednodušené schéma osazení teplotních čidel (Vlastní zpracování)

Pomocí získaných teplot sestavíme tepelný cyklus v diagramu chladiva R417a (diagram  $\log p - h$ ) a dále určíme chladicí či tepelný výkon při známém průtoku vzduchu vnitřní jednotkou (výparník/kondenzátor). Teplota exteriéru byla měřena pro vytvoření závislosti chladicího



a topného faktoru na této teplotě. Z diagramu chladiva odečteme hodnoty entalpií pro jednotlivé fyzikální stavy chladiva, které využijeme pro výpočet chladícího a topného faktoru dle fyzikálních vztahů uvedených v kapitole 2.6.

### 8.1.2 Objekt experimentálního měření

Objektem se stal umělý (laboratorní) fyzický model v laboratoři ústavu TZB, a to jednotka split od firmy Mitsubishi Electric. Tato jednotka split Mr. Slim obsahuje vnitřní výměník SEH-2AR.TH a vnější výměník SUH-2VR<sub>2</sub>.TH. Vnitřní jednotka je instalována v podstropním provedení s horizontálním výdechem vzduchu, je určená pro cirkulaci a úpravu vnitřního vzduchu v místnosti. Venkovní jednotka je umístěna na střeše objektu E1 stavební fakulty. Obě jednotky jsou propojeny izolovaným chladivovým potrubím, ve kterém je umožněn přenos tepla pomocí směsného chladiva R417a. Tento split systém umožňuje reverzní cyklus, a to režim chlazení v letním období a režim topení jako provoz tepelného čerpadla v zimním období

Ovládání systému se provádí pomocí elektronického dálkového ovladače, kterým je možné zvolit režim systému, rychlost otáček ventilátoru vnitřní jednotky a provést nastavení požadované vnitřní teploty vzduchu.



8.2 Vnitřní a vnější jednotka systému Mr. Slim

#### **Chladivo R417a**

Chladivo R417a je zeotropní směs halogenových uhlovodíků, určené jako ekologická náhrada chladiva R22, se kterým se nesmí od 1. 1. 2015 provádět servis zařízení dle nařízení (ES) č. 1005/2009, o látkách které poškozují ozonovou vrstvu. Toto chladivo se využívá při procedurách drop-in i retrofit, je schopno pracovat s minerálními oleji, a proto se využívá v systémech jak s kapilárou a tryskou, tak i s expanzním ventilem. Dále jako zeotropní směs se vyznačuje teplotním skluzem.

Chladivo R417a patří mezi látky označované jako F-plyny neboli fluorované skleníkové plyny, zařazené do podskupiny HFC neboli částečně fluorované uhlovodíky. Emise této látky má negativní vliv na klimatický systém Země ve smyslu jeho oteplování (představuje GWP).

Složení chladiva R417a a obsah látky v jednotkové hmotnosti směsi:

- tetrafluorethan (R134a) 50 %
- pentafluorethan (R125) 46,5 %

- isobutan (R600) 3,5 %

### 8.1.3 Plánování měření

Ke stanovení chladicího a topného faktoru bylo nutné provést měření v letním i zimním období. Měření bylo provedeno v průběhu několika dnů a to v měsíci březnu, červnu, červenci a listopadu a prosinci roku 2015. Interval záznamu dat byl zvolen po 5 minutách.

Úkolem bylo postihnout účelný rozsah teploty v exteriéru. V letním období v rámci měření byla zaznamenána teplota exteriéru v rozsahu od 15 °C do 36 °C. V zimním období byl tento rozsah od 2 °C do 15 °C.

### 8.1.4 Volba měřicí techniky

Tento bod návrhu experimentu je probrán v následující kapitole.

## 8.2 Použité měřicí přístroje a programy

### 8.2.1 Balometr ProHood PH 721

Základem balometru ProHood PH 721 je mikromanometr neboli vyhodnocovací elektronická jednotka. Tato jednotka představuje víceúčelový přístroj, se kterým je možné dle použitého příslušenství měřit absolutní i diferenční tlak, teploty a vlhkosti, rychlosti a objemový průtok vzduchu.



8.4 Balometr ProHood s příslušenstvím [28]



8.3 Vyhodnocovací elektronická jednotka [28]

Využitím balometru pro experimentální měření bylo stanovit objemový průtok vzduchu pro vnitřní i venkovní jednotku systému Mr. Slim. Pro měření průtoku vzduchu slouží v balometru Prandtlova trubice. Volitelným příslušenstvím tohoto zařízení byl nástavec s textilií o rozměrech 610 x 610 mm [16].

Technické údaje	
Měřicí rozsah průtoku	42 ~ 4250 m <sup>3</sup> /h
Přesnost	± 3 % (± 12 m <sup>3</sup> /h)
Provozní teplota	0 ~ 50 °C
Hmotnost (s nástavcem s textilií)	Cca 3,8 kg

Tab. 6 Technické údaje – balometr [16]

## 8.2.2 Termočláňkové dráty ALMEMO ZA 9020-FS Thermo E4

Termočláňkové dráty jsou využívány pro měření teploty s rychlou reakcí na změnu teploty. V experimentálním měření bylo použito 5 termočláňkových drátů typu K (NiCr-Ni) s inteligentními konektory rozmístěných v místnosti, na vnitřní jednotce a poslední bylo umístěno v exteriéru. Naměřená data snímala ústředna ALMEMO 2890-9 [14].

Technické údaje	
Měřicí rozsah teploty	-200 ~ 1370 °C
Rozlišení	0,1 K
Přesnost	± 0,05 K; ± 0,05 % Z naměřené hodnoty

Tab. 7 Technické údaje - termočláňkové dráty [14]

## 8.2.3 Měřicí ústředna ALMEMO 2890-9

Záznam naměřených dat zprostředkoval univerzální měřicí přístroj s 9 elektricky izolovanými měřicími vstupy – datalogger ALMEMO 2890-9, výrobce AHLBORN měřicí a regulační technika spol. s r.o. Zařízení obsahuje 36 kanálů v konektorech, které jsou opatřené pamětí EEPROM 512 kB pro přibližně 100 000 naměřených hodnot. Pro provozní účely datalogger obsahuje LCD grafický displej a manuální klávesnici pro nastavení potřebných dat. Výhodou přístroje je, že měřicí kanály jsou automaticky naprogramovány dle ALMEMO konektorů [13].



8.5 ALMEMO 2890-9 [27]



8.6 Zapojení termočláňkových drátů do měřicí ústředny

## 8.2.4 Software AMR Control

Při propojení měřicí ústředny ALMEMO s počítačem slouží software AMR Control ke zobrazení naměřených dat z paměti ústředny a k jejich dalšímu zpracování. Propojení zařízení a počítače probíhá pomocí Datakabelu USB.

Pomocí tohoto softwaru můžeme dále programovat senzory, konfigurovat měřicí přístroj, spouštět a vypínat měření [15].

### 8.2.5 Datalogger COMET S3120

Poslední měřenou veličinou byla teplota vzduchu měřená na venkovní jednotce, k čemuž byl využit datalogger COMET S3120. Toto zařízení slouží pro měření teploty i relativní vlhkosti vzduchu a záznamu dat do paměti i s reálným časem a datem. Údaje lze přenést do počítače přes rozhraní USB [18].

Technické údaje	
Měřicí rozsah teploty	-30 ~ 70 °C
Přesnost	± 0,4 °C
Provozní teplota	-30 ~ 70 °C
Rozlišení	0,1 °C
Interval záznamu	10 s ~ 24 h
Kapacita paměti	32 000 hodnot

Tab. 8 Technické údaje - datalogger COMET [18]



8.7 Datalogger [29] a jeho umístění na venkovní jednotce

### 8.2.6 Software Datalogger verze 2.2.21.0

Pro zobrazení uložených dat z dataloggeru COMET S3120 byl použit software Datalogger verze 2.2.21.0. Pomocí tohoto softwaru mohou být data vyexportována do MS Excel nebo PDF formátu. Ke stažení dat bylo opět využito rozhraní USB [17].



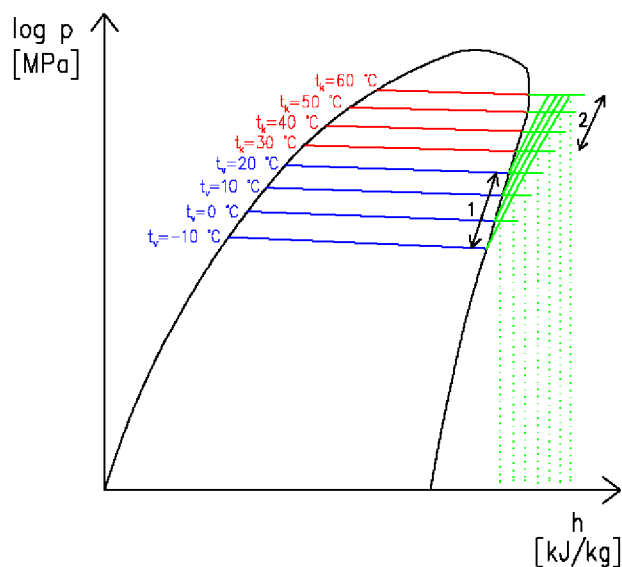
8.8 Stahování dat z dataloggeru

### 8.3 Zpracování dat z experimentálního měření

Pro výpočet termofyzikálních vlastností chladiv a zobrazení jejich skupenských změn v tepelných cyklech je nevhodnější použít výpočtový software (např. Solkane Refrigerant Software). Současné softwary umožňují výpočet jednotlivých stavů pro mnohá chladiva, to ale neplatí pro chladivo R417a. K tomuto ekologickému chladivu lze v současnosti pořídit tepelný diagram  $\log p - h$  v papírové podobě, který je součástí této práce jako příloha č. 1. Pro nezměrné množství naměřených dat, bylo nutné vytvořit jednoduchý výpočetní model, jenž by nahradil ruční práci vykreslování jednotlivých tepelných cyklů a dopočet potřebných fyzikálních veličin (zejména měrné entalpie).

#### Postup sestavení rovnic pro výpočet měrných entalpií

1. Pro stanovení měrné entalpie stavu 1 (sytá pára chladiva) je výchozí změřená teplota na výparníku. Z diagramu  $\log p - h$  jsem odečetla jednotlivé měrné entalpie pro výparné teploty  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Rozdíl entalpií mezi těmito teplotami ( $\Delta h = h_{10^{\circ}\text{C}} - h_{0^{\circ}\text{C}}$ ) se podělil rozdílem teplot ( $\Delta t_v = 10 - 0$ ), tedy deseti. Tím jsem získala hodnoty měrných entalpií pro mezilehlé teploty jednotlivých intervalů. Každý interval měrných entalpií byl tedy aproximován lineární rovnicí  $h_1 = a \cdot t_v + b$ .
2. Určení měrných entalpií stavu 2 (přehřátá pára chladiva po kompresi) už mělo dvě výchozí hodnoty, a to opět teplotu výparnou a navíc teplotu kondenzační. Na obrázku č. 8.9 je naznačen postup vedoucí k definování aproximačních funkcí.

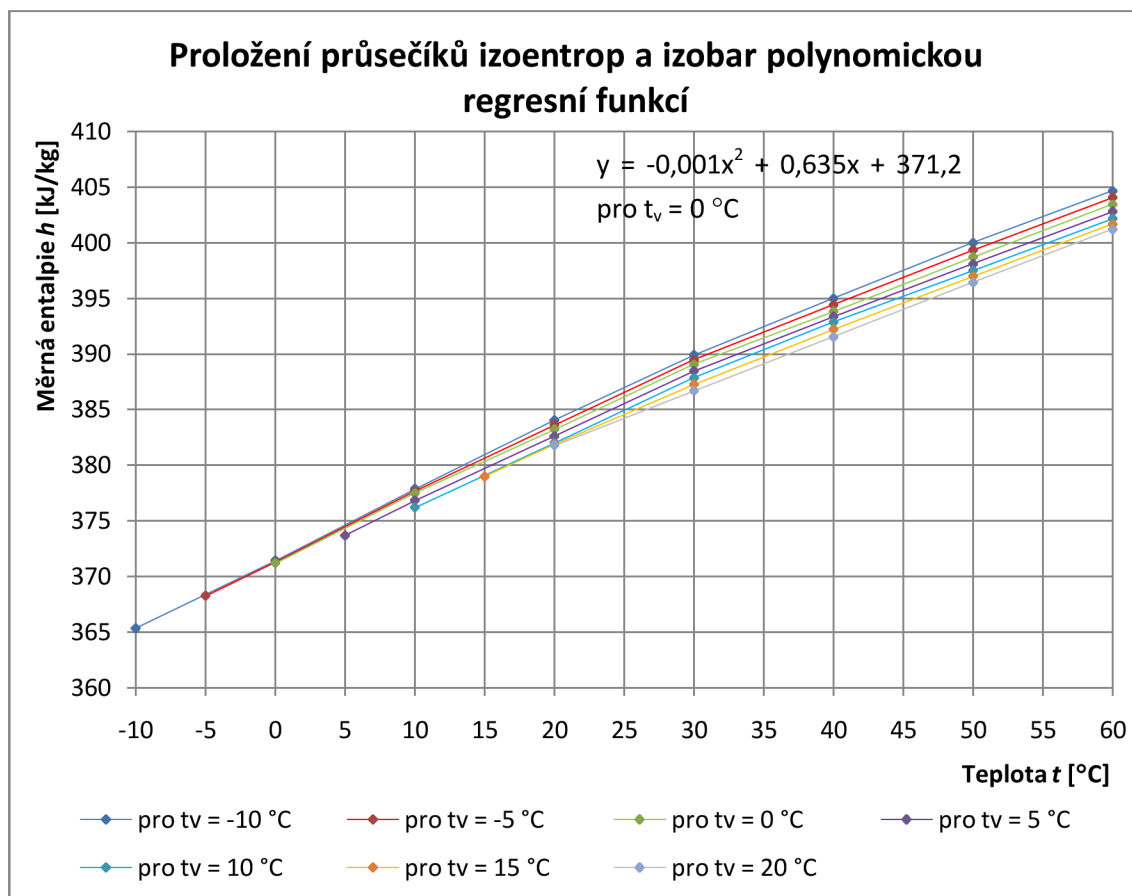


8.9 Schéma postupu stanovení entalpie stavu 2 (Vlastní zpracování)

Nejprve se vynesou křivky z bodů na horní mezní křivce z hodnot výparných teplot, tato křivka v tepelném diagramu představuje izoentropickou kompresi ( $s_1 = s_2$ ). Dalším krokem je vynesení izobar ze všech bodů na horní mezní křivce. Hodnoty měrných entalpií v průsečících izoentrop a izobar vytvářejí grafickou závislost, jež jsem v MS Excelu nahradila regresní funkcí polynomickou (vyhovující se stala již rovnice kvadratická). Podle obrázku č. 8.9 jsem tedy získala čtyři kvadratické rovnice pro výparné teploty  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$

a 20 °C ve tvaru  $h_2 = a \cdot t_k^2 + b \cdot t_k + c$ . Mezilehlé rovnice byly vytvořeny stejným postupem jako u stanovení měrné entalpie stavu 1. Naměřené výparné teploty byly v rámci výpočetního modelu zaokrouhleny na celé jednotky z důvodu velké četnosti vytváření kvadratických rovnic pro každou výparnou teplotu.

Graf vybraných regresních rovnic:



Graf 5 Graf vybraných regresních rovnic (Vlastní zpracování)

3. Pro zbývající měrnou entalpii stavu 3 (sytá kapalina chladiva) je výchozí kondenzační teplota. Proces stanovení aproximační rovnice je stejný jako v případě entalpie syté páry chladiva. Získáme opět lineární rovnici  $h_3 = a \cdot t_{k2} + b$ , přičemž kondenzační teplota musí být opravena o teplotní skluz  $\Delta t_w$ , tedy  $t_{k2} = t_{k1} - \Delta t_w$ . Teplotní skluz nemá konstantní hodnotu pro celý tepelný diagram, s rostoucí kondenzační teplotou teplotní skluz klesá. Entalpie stavu 4 je rovna entalpii stavu 3, jedná se o izoentalpické škrcení chladiva.

Následně jsem v MS excelu vytvořila funkci, která zohledňovala výběr teploty z daného intervalu a tu dosadila do příslušné rovnice pro výpočet měrné entalpie stavu 1 a 3 (4). Pro výpočet měrné entalpie stavu 2 jsem vytvořila funkci, která provedla výběr rovnice podle výparné teploty a dosadila do ní teplotu kondenzační.

### Verifikace výpočetního modelu

Důležitou povinností bylo provést verifikaci výpočetního modelu neboli ověření, že model počítá správně z fyzikálního hlediska. Hlavní teoretickou myšlenou pro provedení verifikace

bylo, že při konstantní výparné teplotě ( $h_1 - h_4 = konst.$ ) a rostoucí kondenzační teplotě (rozdíl entalpií  $h_2 - h_1$  se zvyšuje) musí chladicí faktor podle daného fyzikálního vztahu klesat:

$$EER = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}.$$

Nato jsem provedla nezávislý výpočet teoretické myšlenky a zjistila jsem, že v mém případě chladicí faktor klesá. Chybu jsem mohla vytvořit ve kterémkoli kroku sestavování aproximačních rovnic nebo při jejich sepisování do funkcí v MS Excelu. Namísto hledání chyby ve 37 rovnicích a ve 3 funkcích v MS Excelu jsem se rozhodla provést celý postup znovu s kontrolou každé rovnice v grafickém zobrazení. Napodruhé bylo provedení úspěšné, chladicí faktor za výše daných podmínek klesal. Kontrolu jsem také provedla pomocí ručního výpočtu.

### ***Výpočet chladicího a topného faktoru***

Výpočty pomocí naměřených a z nich dále stanovených veličin jsou provedeny podle základních vztahů tepelných cyklů uvedených v kapitole 2.6. Pouze hodnoty teplot na venkovní jednotce musely být stanoveny dle projekčních zvyklostí a zásad, jelikož na této jednotce nelze vhodně osadit teplotní čidlo.

Kondenzační teplota na venkovní jednotce v letním období:  $t_k = t_e + \Delta t_L$ ;  $\Delta t_L = 21 \text{ K}$

Výparná teplota na venkovní jednotce v zimním období:  $t_v = t_e - \Delta t_Z$ ;  $\Delta t_Z = 6 \text{ K}$

### ***Podklady pro výpočet chladicího a tepelného výkonu split systému***

Měřený průtok na vnitřní jednotce:  $V_i = 1205 \text{ m}^3/\text{h}$

Měřený průtok na venkovní jednotce:  $V_e = 1850 \text{ m}^3/\text{h}$

Měrná tepelná kapacita vzduchu:  $c = 1010 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$

Objemová hmotnost vzduchu:  $\rho = 1,12 \text{ kg}/\text{m}^3$

## **8.3.1 Výstupy z letního období**

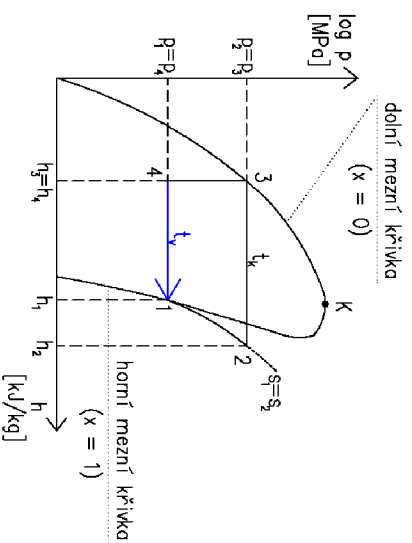
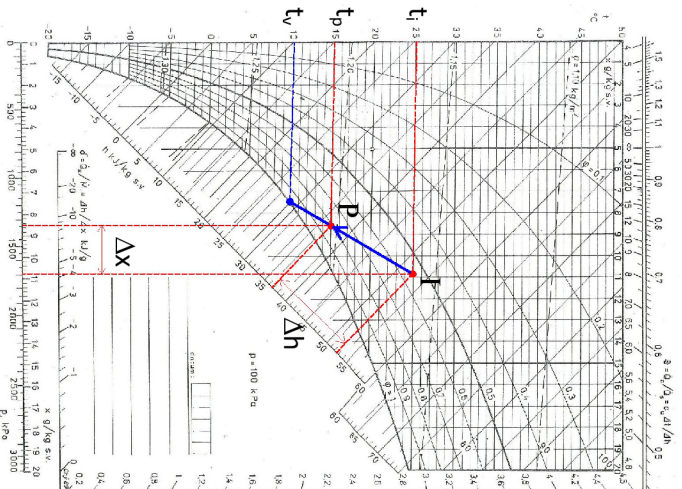
Výstupy dat představují nejprve zobrazení dané úpravy vzduchu v interiéru a příslušné změny stavu chladiva ve výparníku (v zimním období v kondenzátoru) při přenosu tepla z látky chlazené.

Další část výstupů představuje tabulkové zpracování dat a výpočet chladicích faktorů pro jednotlivé dny měření, na něž navazuje grafické zobrazení závislosti chladicího faktoru na teplotě vzduchu v exteriéru a také závislost chladicího výkonu s teplotou vzduchu v interiéru.

### ***Úpravy vzduchu***

V letním období dochází ke změně stavu vnitřního vzduchu na výparníku, tento fyzikální děj nazýváme mokré chlazení neboli chlazení s kondenzací. Mokré páry chladiva odnímají teplo vnitřnímu vzduchu v místnosti za změny jeho měrné entalpie a měrné vlhkosti do stavu, kdy se z mokré páry chladiva vypaří všechna sytá kapalina. Tento fyzikální stav nazýváme sytá pára chladiva (suchost je rovna jedné, poloha v tepelných diagramech je na horní mezní křivce).

Zobrazení úpravy vzduchu v Molierově diagramu a zobrazení změny stavu chladiva v tepelném diagramu log p - h:



8.10 Úprava vzduchu v h-x diagramu a změna stavu chladiva ve výparníku (Vlastní zpracování)

### Zpracování dat a výpočet chladících faktorů pro den 3. 6. 2015

ČAS	TEPLOTA NA VÝPARNÍKU	TEPLOTA NA KONDENZÁTORU	TEPLOTNÍ SKLUZ	ENTALPIE STAVU 1	ENTALPIE STAVU 2	ENTALPIE STAVU 3	CHLADICÍ VÝKON	HMOTNOSTNÍ TOK CHLADIVA	ADIABATICKÝ PŘÍKON KOMPRESORU	CHLADICÍ FAKTOR
$\tau$	$t_v$	$t_k$	$t_k$	$h_1$	$h_2$	$h_3 = h_4$	$Q_{ch}$	$m$	$P$	EER
[h]	[°C]	[°C]	[°C]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[W]	[kg/s]	[W]	[-]
11:05	16	49,7	47,0	379,5	396,8	267,8	2272	0,020	351,6	6,46
11:10	13	50,6	48,0	377,9	397,6	269,4	3256	0,030	593,6	5,49
11:15	11	50,7	48,1	376,7	398,0	269,5	3786	0,035	749,1	5,05
11:20	10	50,6	48,0	376,2	398,0	269,4	4203	0,039	856,9	4,90
11:25	10	50,0	47,3	376,2	397,7	268,3	4392	0,041	875,2	5,02
11:30	10	49,8	47,1	376,2	397,6	268,0	4468	0,041	883,9	5,05
11:35	10	49,7	47,0	376,2	397,6	267,8	4468	0,041	880,7	5,07
11:40	10	50,1	47,5	376,2	397,7	268,6	4392	0,041	879,6	4,99
11:45	10	50,5	47,9	376,2	397,9	269,2	4051	0,038	823,1	4,92
11:50	10	50,6	48,0	376,2	398,0	269,4	4014	0,038	818,3	4,90
11:55	10	50,3	47,7	376,2	397,8	268,9	4089	0,038	824,9	4,96
12:00	10	50,7	48,1	376,2	398,0	269,5	3824	0,036	782,5	4,89
12:05	10	50,7	48,1	376,2	398,0	269,5	3938	0,037	805,8	4,89
12:10	10	50,7	48,1	376,2	398,0	269,5	3938	0,037	805,8	4,89
12:15	10	51,0	48,4	376,2	398,1	270,0	3824	0,036	790,9	4,84



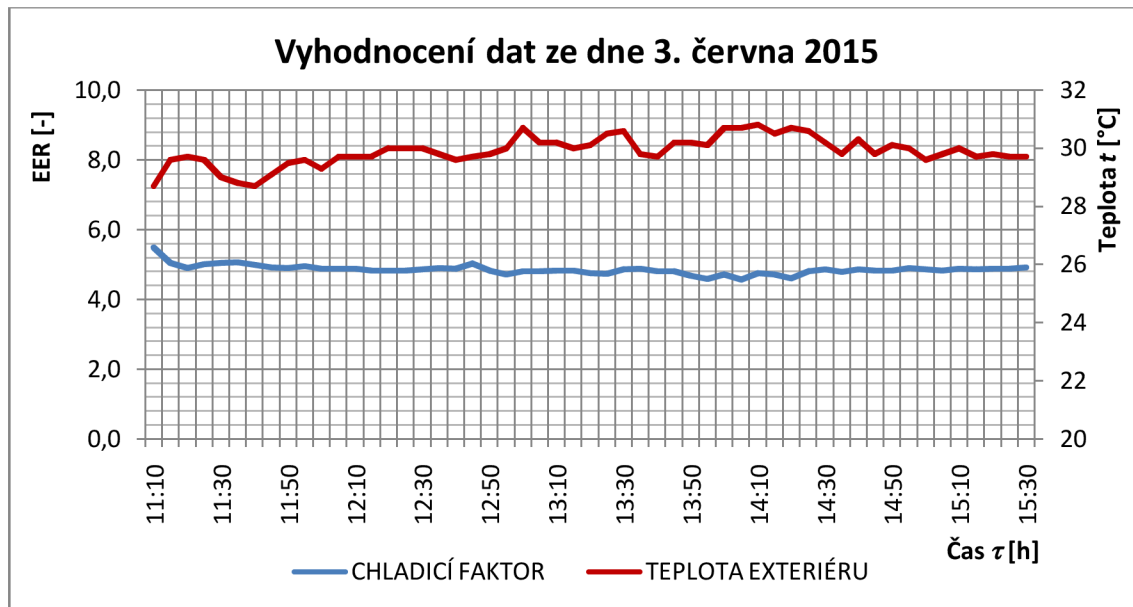
12:20	10	51,0	48,4	376,2	398,1	270,0	3938	0,037	814,4	4,84
12:25	10	51,0	48,4	376,2	398,1	270,0	4051	0,038	837,9	4,84
12:30	10	50,8	48,2	376,2	398,1	269,7	4014	0,038	824,2	4,87
12:35	10	50,6	48,0	376,2	398,0	269,4	4051	0,038	826,0	4,90
12:40	10	50,7	48,1	376,2	398,0	269,5	3900	0,037	798,0	4,89
12:45	11	50,8	48,2	376,7	398,0	269,7	3862	0,036	766,8	5,04
12:50	10	51,0	48,4	376,2	398,1	270,0	3862	0,036	798,7	4,84
12:55	10	51,7	49,1	376,2	398,5	271,1	3862	0,037	818,8	4,72
13:00	10	51,2	48,6	376,2	398,2	270,3	3749	0,035	780,8	4,80
13:05	10	51,2	48,6	376,2	398,2	270,3	3824	0,036	796,5	4,80
13:10	10	51,0	48,4	376,2	398,1	270,0	3786	0,036	783,1	4,84
13:15	10	51,1	48,5	376,2	398,2	270,2	3786	0,036	785,9	4,82
13:20	10	51,5	48,9	376,2	398,4	270,8	4051	0,038	852,9	4,75
13:25	10	51,6	49,0	376,2	398,4	270,9	3976	0,038	839,9	4,73
13:30	10	50,8	48,2	376,2	398,1	269,7	3862	0,036	793,1	4,87
13:35	10	50,7	48,1	376,2	398,0	269,5	3862	0,036	790,3	4,89
13:40	10	51,2	48,6	376,2	398,2	270,3	3862	0,036	804,4	4,80
13:45	10	51,2	48,6	376,2	398,2	270,3	4127	0,039	859,6	4,80
13:50	9	51,1	48,5	375,7	398,2	270,2	4014	0,038	857,0	4,68
13:55	9	51,7	49,1	375,7	398,5	271,1	4051	0,039	883,4	4,59
14:00	10	51,7	49,1	376,2	398,5	271,1	3976	0,038	842,9	4,72
14:05	9	51,8	49,2	375,7	398,5	271,3	4014	0,038	878,2	4,57
14:10	10	51,5	48,9	376,2	398,4	270,8	4014	0,038	844,9	4,75
14:15	10	51,7	49,1	376,2	398,5	271,1	4014	0,038	850,9	4,72
14:20	9	51,6	49,0	375,7	398,5	270,9	4089	0,039	888,6	4,60
14:25	10	51,2	48,6	376,2	398,2	270,3	3938	0,037	820,2	4,80
14:30	10	50,8	48,2	376,2	398,1	269,7	3976	0,037	816,4	4,87
14:35	10	51,3	48,7	376,2	398,3	270,5	4051	0,038	846,9	4,78
14:40	10	50,8	48,2	376,2	398,1	269,7	4127	0,039	847,5	4,87
14:45	10	51,1	48,5	376,2	398,2	270,2	4203	0,040	872,3	4,82
14:50	10	51,0	48,4	376,2	398,1	270,0	4165	0,039	861,4	4,84
14:55	10	50,6	48,0	376,2	398,0	269,4	4051	0,038	826,0	4,90
15:00	10	50,8	48,2	376,2	398,1	269,7	4089	0,038	839,7	4,87
15:05	10	51,0	48,4	376,2	398,1	270,0	4165	0,039	861,4	4,84
15:10	10	50,7	48,1	376,2	398,0	269,5	4165	0,039	852,2	4,89
15:15	10	50,8	48,2	376,2	398,1	269,7	4089	0,038	839,7	4,87
15:20	10	50,7	48,1	376,2	398,0	269,5	4089	0,038	836,7	4,89
15:25	10	50,7	48,1	376,2	398,0	269,5	3938	0,037	805,8	4,89
15:30	10	50,5	47,9	376,2	397,9	269,2	4279	0,040	869,3	4,92

Tab. 9 Zpracování dat pro den 3. 6. 2015 (Vlastní zpracování)

Tabulky výpočtů pro zbylé dny jsou uvedeny v příloze č. 2.

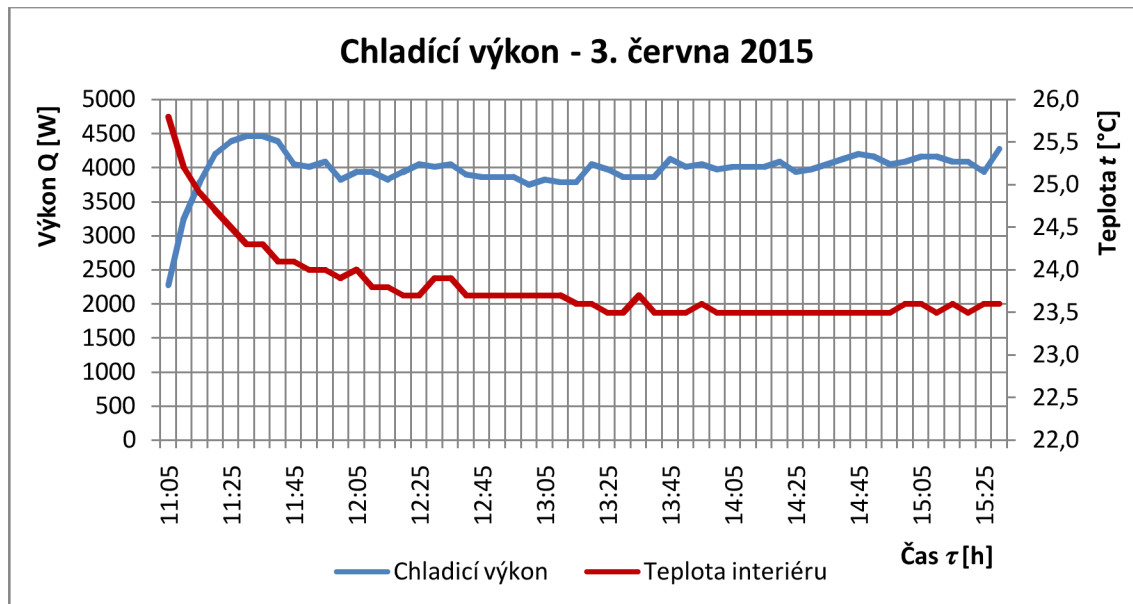
### Grafické zobrazení

Grafické zobrazení představuje vynešení stanovených chladících faktorů dle časového kroku záznamu v závislosti na teplotě vzduchu v exteriéru.



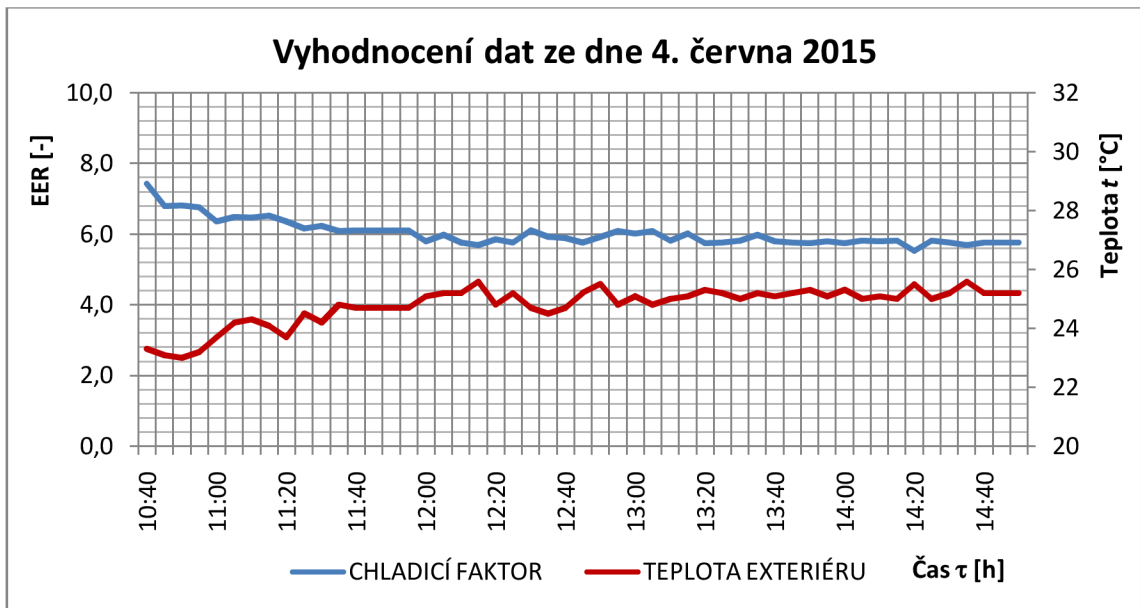
Graf 6 Vyhodnocení dat ze dne 3. 6. 2015 (Vlastní zpracování)

Druhý graf udává chladicí výkon stanovený dle kalorimetrické rovnice pro změřené vstupní a výstupní teploty vzduchu před a za vnitřním výměníkem a pro stanovený objemový průtok vzduchu výměníkem pomocí měřicího přístroje – balometru. Na tomto grafu je dále zobrazen vliv chladicího výkonu na teplotu vzduchu v místnosti neboli pokles této teploty.

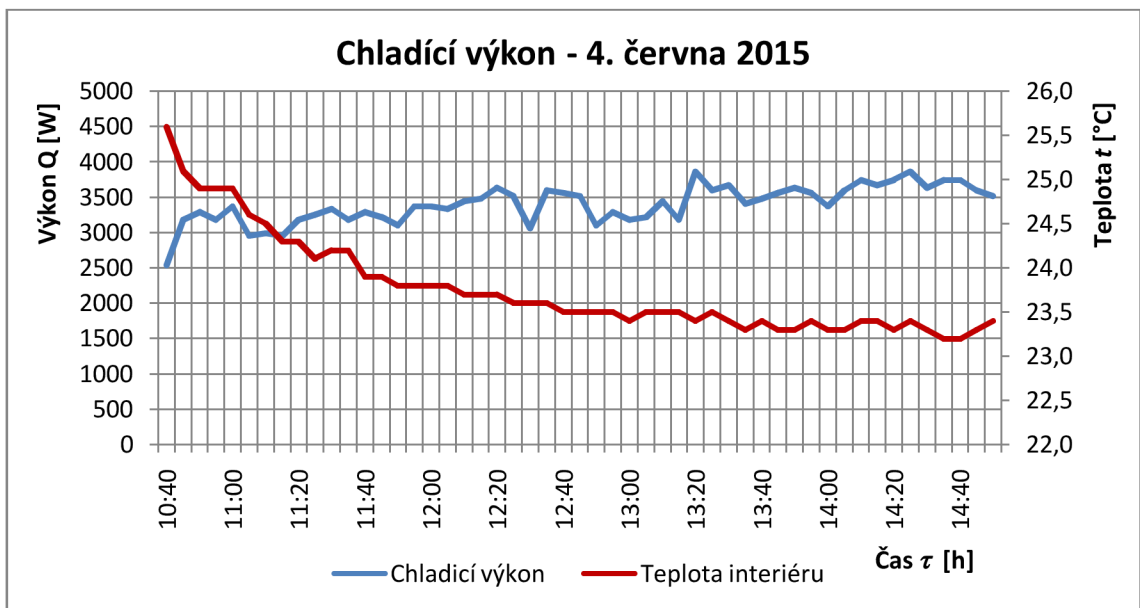


Graf 7 Chladicí výkon - 3. 6. 2015 (Vlastní zpracování)

Zpracování dat pro den 4. 6. 2015

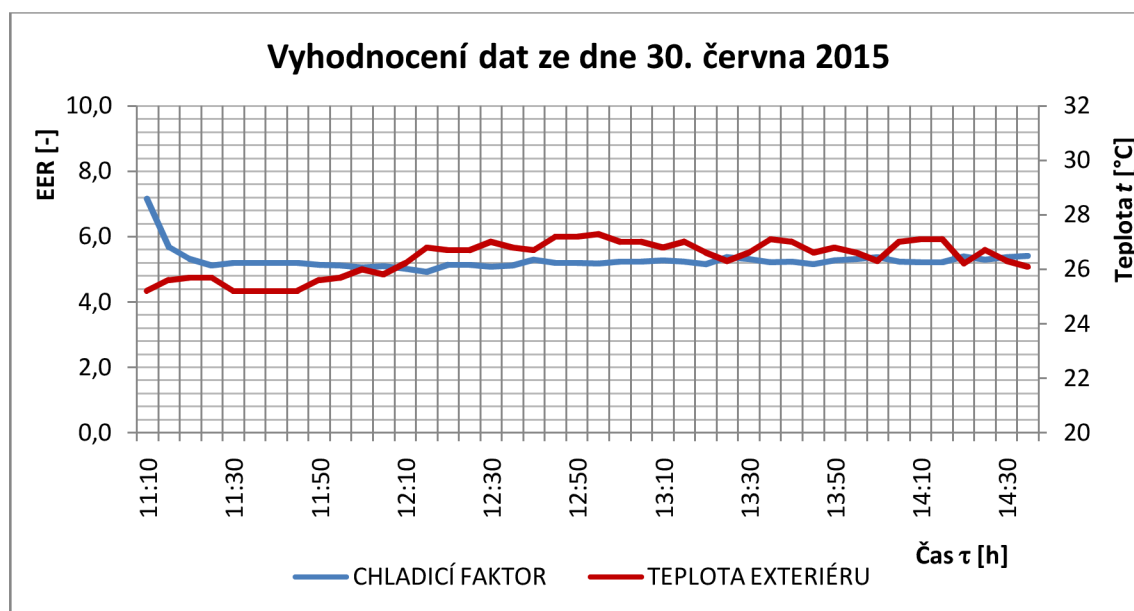


Graf 8 Vyhodnocení dat ze dne 4. 6. 2015 (Vlastní zpracování)

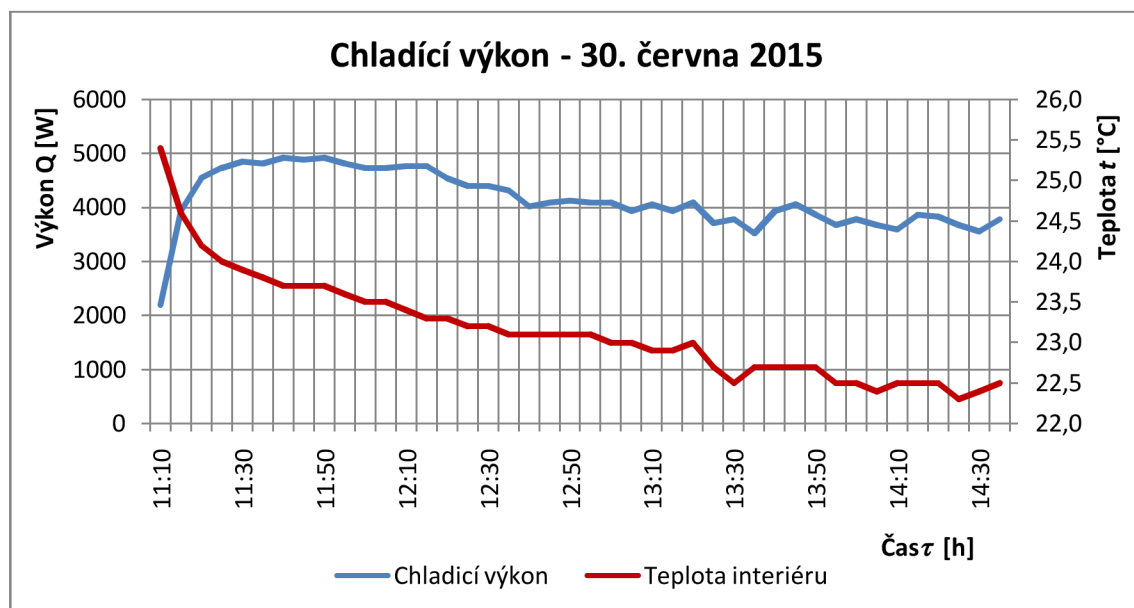


Graf 9 Chladicí výkon - 4. 6. 2015 (Vlastní zpracování)

Zpracování dat pro den 30. 6. 2015

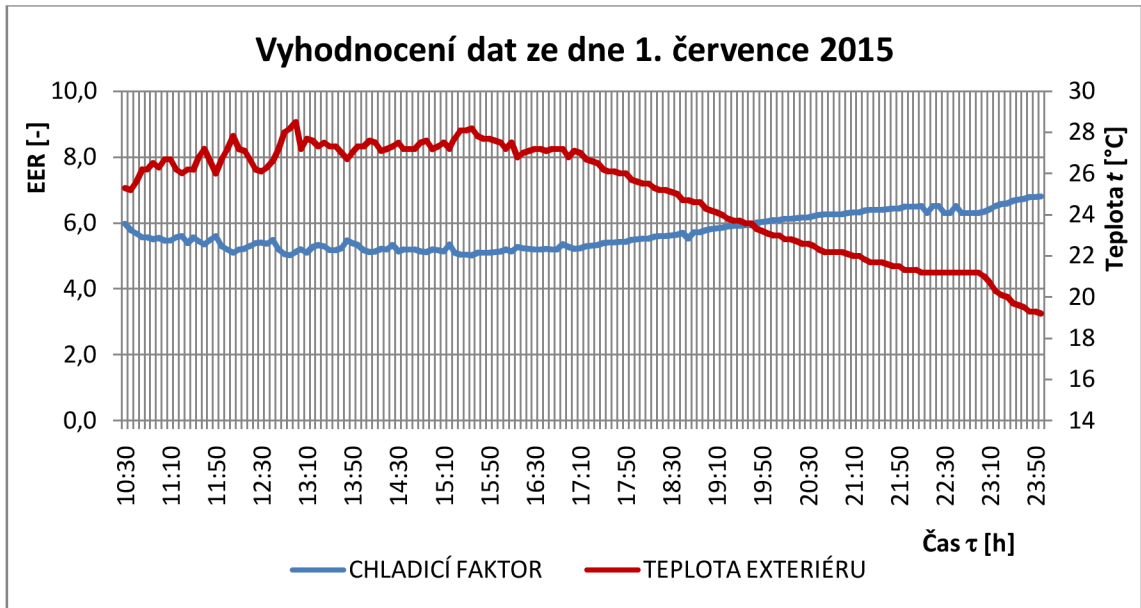


Graf 10 Vyhodnocení dat ze dne 30. 6. 2015 (Vlastní zpracování)

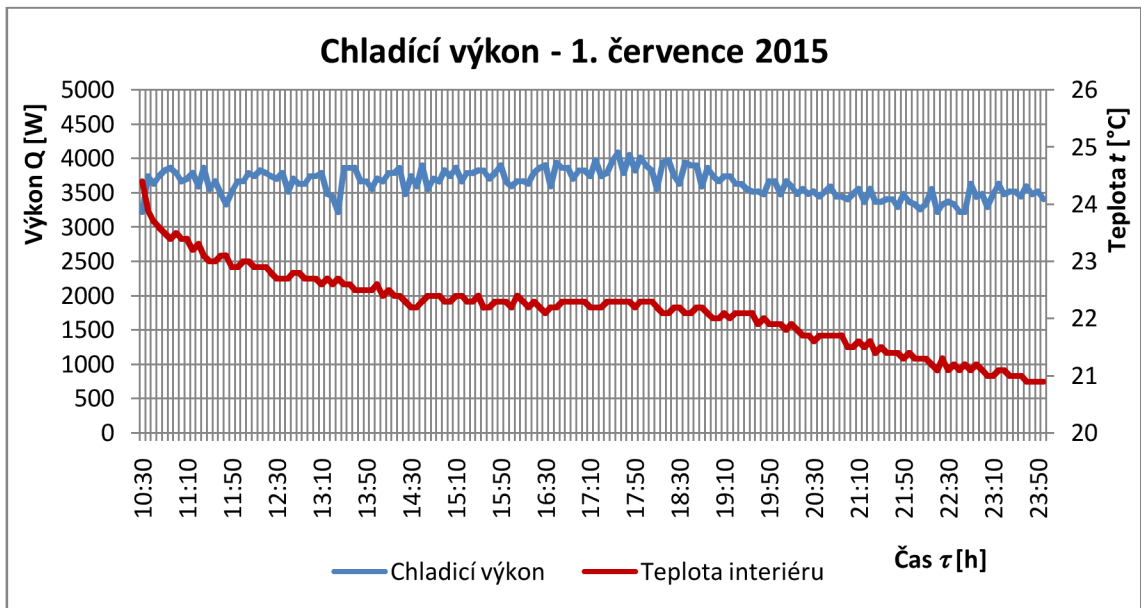


Graf 11 Chladicí výkon - 30. 6. 2015 (Vlastní zpracování)

Zpracování dat pro den 1. 7. 2015

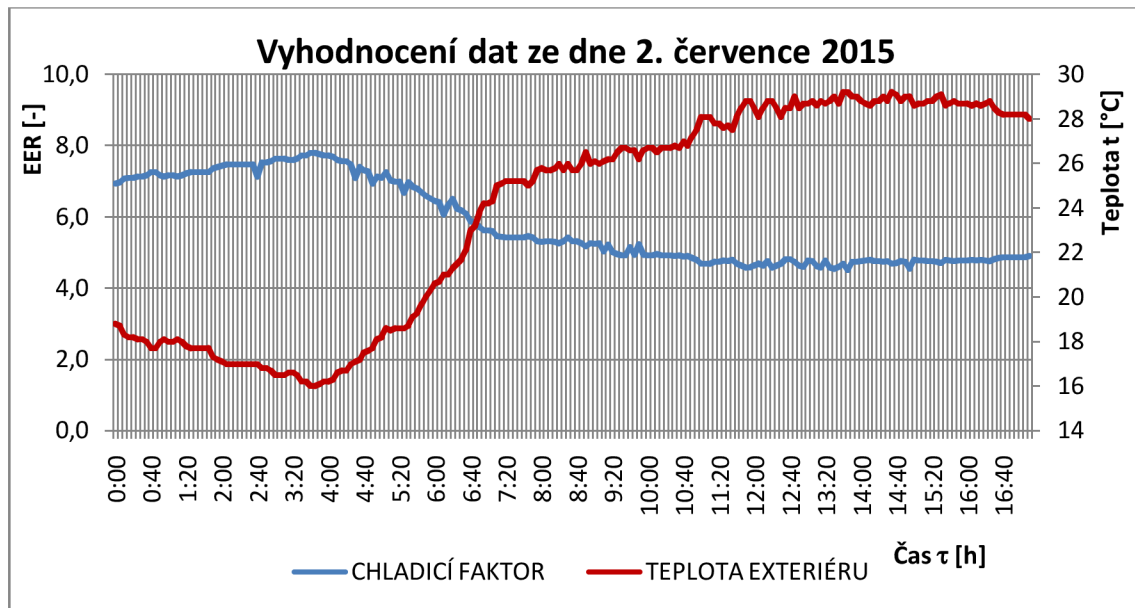


Graf 12 Vyhodnocení dat ze dne 1. 7. 2015 (Vlastní zpracování)

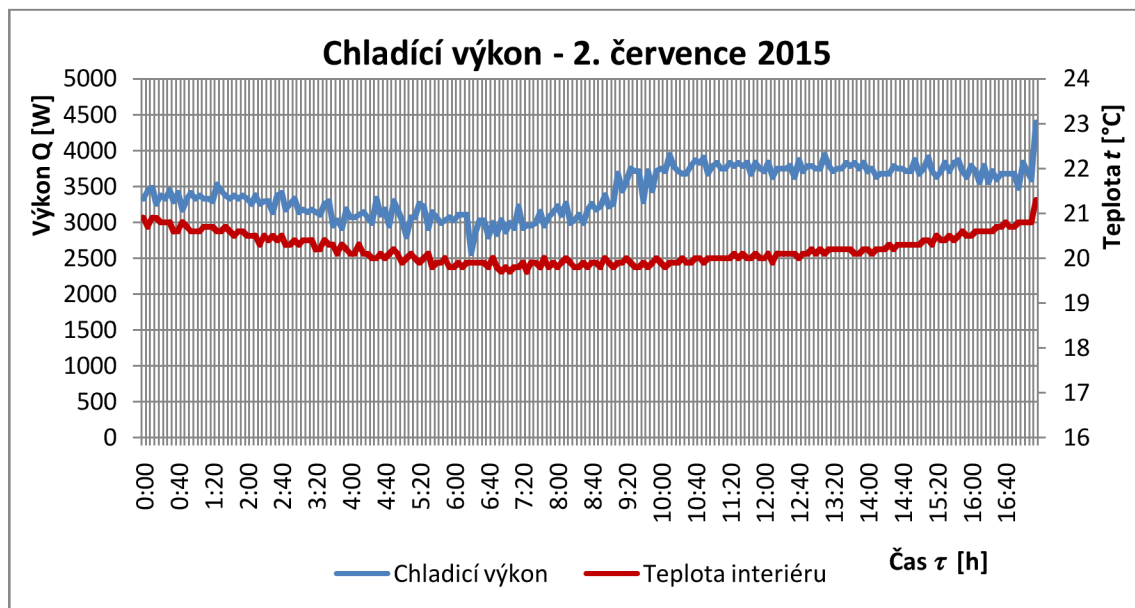


Graf 13 Chladicí výkon - 1. 7. 2015 (Vlastní zpracování)

Zpracování dat pro den 2. 7. 2015

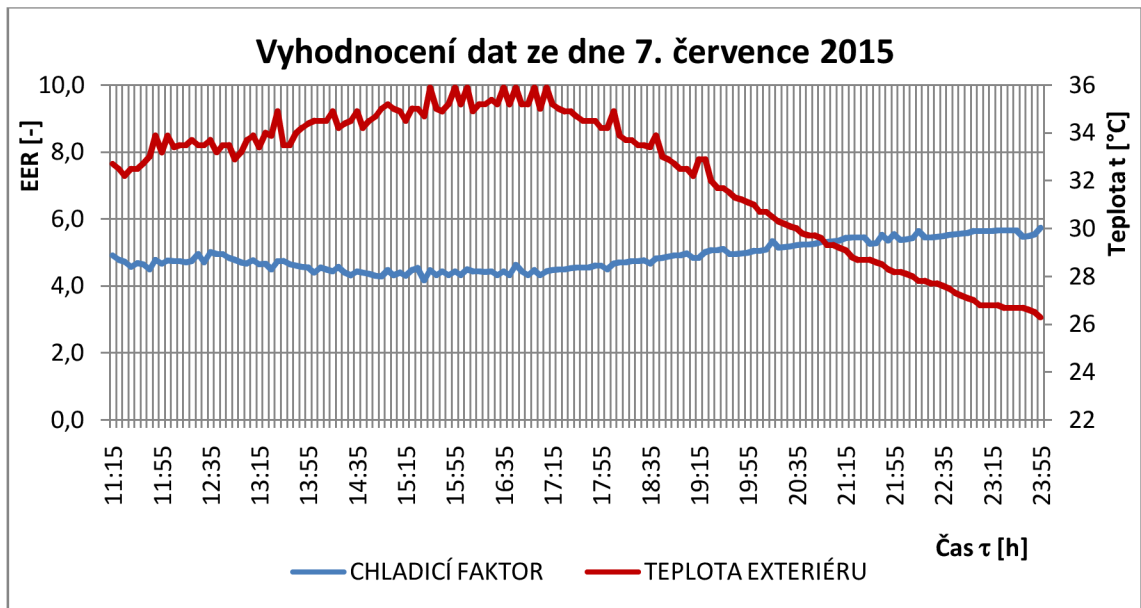


Graf 14 Vyhodnocení dat ze dne 2. 7. 2015 (Vlastní zpracování)

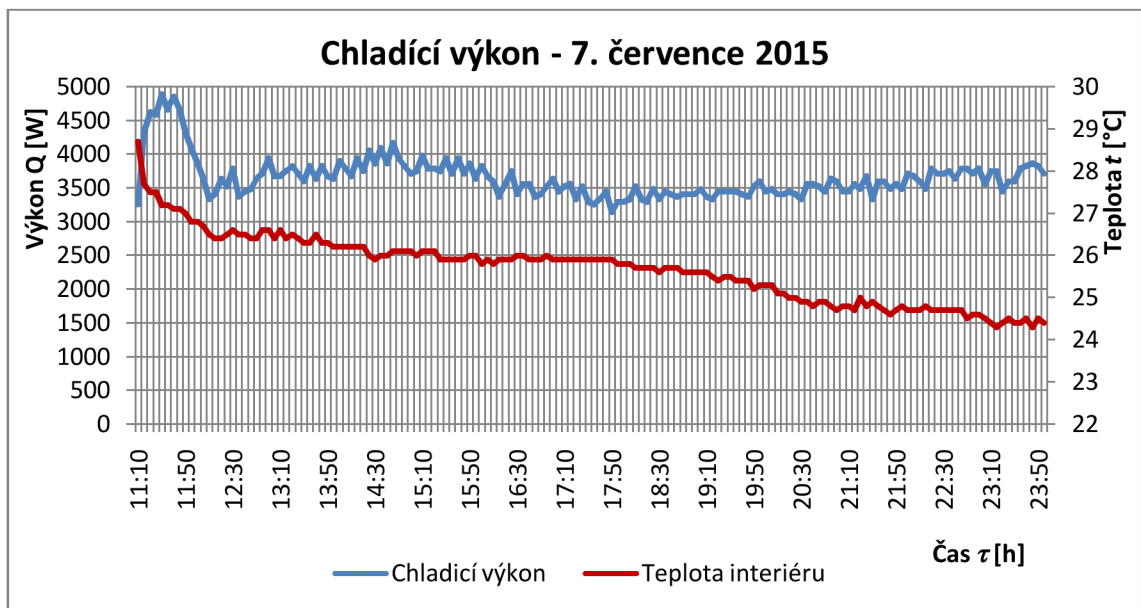


Graf 15 Chladicí výkon - 2. 7. 2015 (Vlastní zpracování)

**Zpracování dat pro den 7. 7. 2015**

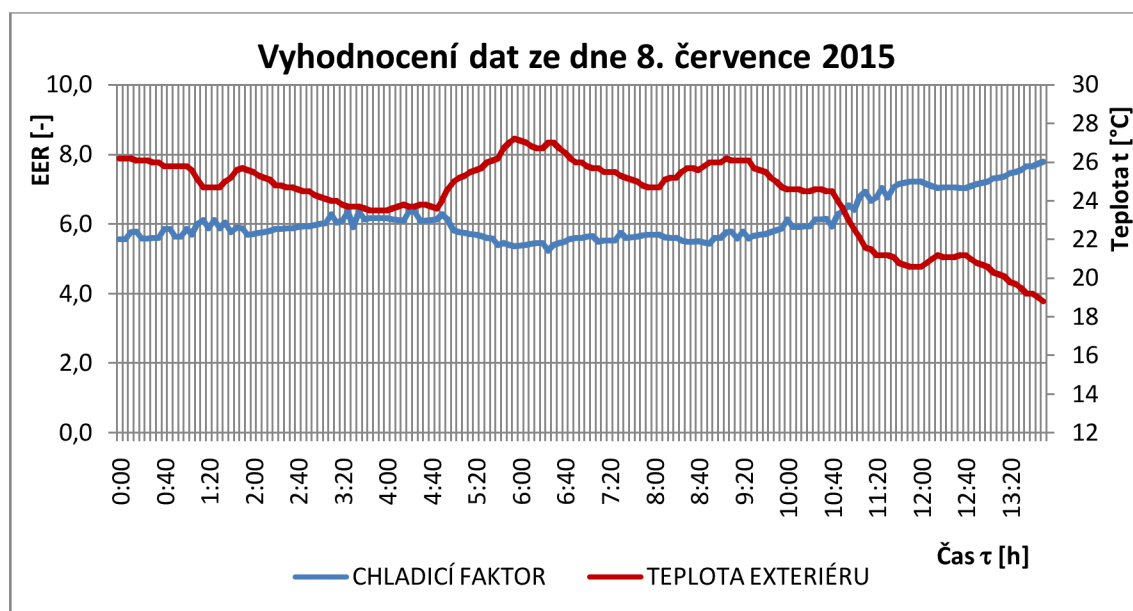


Graf 16 Vyhodnocení dat ze dne 7. 7. 2015 (Vlastní zpracování)

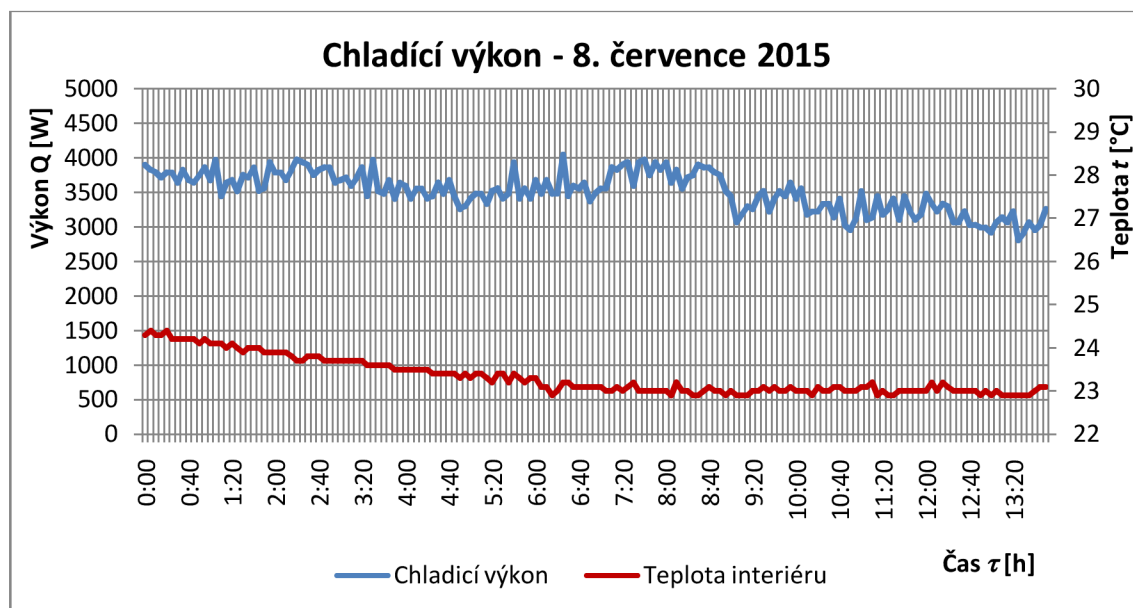


Graf 17 Chladicí výkon - 7. 7. 2015 (Vlastní zpracování)

## Zpracování dat pro den 8. 7. 2015



Graf 18 Vyhodnocení dat ze dne 8. 7. 2015 (Vlastní zpracování)



Graf 19 Chladicí výkon - 8. 7. 2015 (Vlastní zpracování)

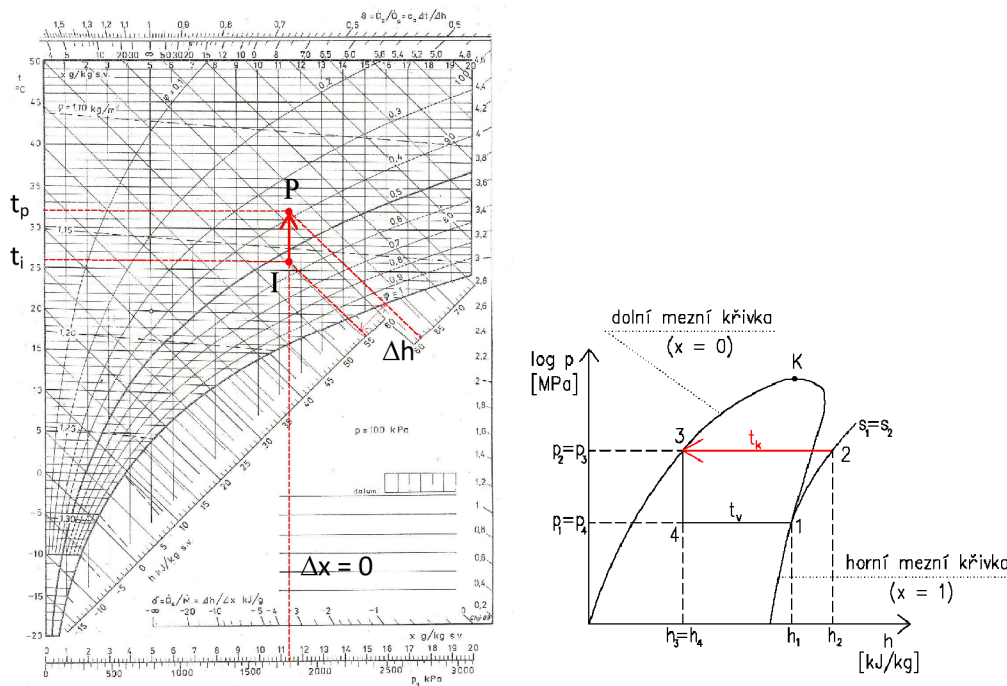


### 8.3.2 Výstupy ze zimního období

#### Úpravy vzduchu

V zimním období split jednotka pracuje v režimu tepelného čerpadla, to znamená, že dojde k reverzní změně v systému Mr. Slim. Tato změna znamená, že výměník v interiéru pracuje jako kondenzátor a výměník v exteriéru jako výparník. Ve vnitřní jednotce tedy dochází k ohřevu vnitřního vzduchu tím, že vzduch odnímá teplo z přehřáté páry chladiva do stavu syté páry chladiva a dále odnímá teplo za kondenzace veškeré syté páry chladiva. Konečný fyzikální stav nazýváme sytá kapalina chladiva (suchost je rovna nule, poloha v tepelných diagramech je na dolní mezní křivce).

Zobrazení úpravy vzduchu v Molierově diagramu:



8.11 Úprava vzduchu v h-x diagramu a změna stavu chladiva v kondenzátoru (Vlastní zpracování)

#### Zpracování dat a výpočet chladících faktorů pro den 10. 3. 2015

ČAS	TEPLOTA NA VÝPARNÍKU	TEPLOTA NA KONDENZÁTORU	TEPLOTNÍ SKLUZ	ENTALPIE BODU 1	ENTALPIE BODU 2	ENTALPIE BODU 3	TEPELNÝ VÝKON	HMOTNOSTNÍ TOK CHLADIVA	ADIABATICKÝ PŘÍKON KOMPRESORU	TOPNÝ FAKTOR
$\tau$	$t_v$	$t_k$	$t_k$	$h_1$	$h_2$	$h_3 = h_4$	$Q_T$	$m$	$P$	COP
[h]	[°C]	[°C]	[°C]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[W]	[kg/s]	[W]	[-]
10:40	4	37,5	34,7	373,2	392,2	248,8	341	0,002	45,2	7,54
10:45	4	42,0	39,3	373,2	394,5	255,8	454	0,003	69,7	6,52
10:50	4	44,6	41,9	373,2	395,7	259,9	606	0,004	100,5	6,03

10:55	4	46,4	43,7	373,2	396,6	262,7	757	0,006	132,3	5,73
11:00	4	47,4	44,7	373,2	397,0	264,2	719	0,005	129,2	5,57
11:05	4	48,3	45,6	373,2	397,5	265,6	719	0,005	132,5	5,43
11:10	4	49,0	46,3	373,2	397,8	266,7	871	0,007	163,5	5,33
11:15	4	49,5	46,8	373,2	398,0	267,5	568	0,004	108,1	5,25
11:20	4	48,3	45,6	373,2	397,5	265,6	492	0,004	90,7	5,43
11:25	4	49,9	47,2	373,2	398,2	268,1	909	0,007	174,8	5,20
11:30	5	47,7	45,0	373,7	397,1	264,7	303	0	0	0
11:35	4	49,3	46,6	373,2	397,9	267,2	1477	0,011	279,5	5,28
11:40	4	49,7	47,0	373,2	398,1	267,8	1855	0,014	355,0	5,23
11:45	4	50,2	47,6	373,2	398,4	268,8	1931	0,015	374,9	5,15
11:50	4	50,2	47,6	373,2	398,4	268,8	1931	0,015	374,9	5,15
11:55	5	50,5	47,9	373,7	398,4	269,2	2120	0,016	406,0	5,22
12:00	5	50,6	48,0	373,7	398,5	269,4	2348	0,018	450,8	5,21
12:05	5	49,8	47,1	373,7	398,1	268,0	1704	0	0	0
12:10	5	50,5	47,9	373,7	398,4	269,2	1817	0,014	348,0	5,22
12:15	6	50,8	48,2	374,2	398,5	269,7	1931	0,015	364,5	5,30
12:20	5	51,0	48,4	373,7	398,7	270,0	1931	0,015	374,8	5,15
12:25	5	51,3	48,7	373,7	398,8	270,5	2045	0,016	400,1	5,11
12:30	5	51,2	48,6	373,7	398,8	270,3	2234	0,017	435,9	5,12
12:35	6	41,2	38,5	374,2	393,9	254,6	1250	0	0	0
12:40	6	49,8	47,1	374,2	398,0	268,0	1552	0,012	284,7	5,45
12:45	6	50,3	47,7	374,2	398,3	268,9	1817	0,014	338,4	5,37
12:50	5	49,3	46,6	373,7	397,9	267,2	1628	0,012	301,3	5,40
12:55	5	50,4	47,8	373,7	398,4	269,1	1363	0,011	260,3	5,24
13:00	5	50,7	48,1	373,7	398,5	269,5	1401	0,011	269,7	5,19
13:05	5	49,6	46,9	373,7	398,0	267,7	1628	0,012	303,8	5,36
13:10	5	48,9	46,2	373,7	397,7	266,6	1287	0,010	235,6	5,46
13:15	6	41,1	38,4	374,2	393,9	254,5	1022	0	0	0
13:20	6	49,3	46,6	374,2	397,8	267,2	947	0,007	171,2	5,53
13:25	6	49,8	47,1	374,2	398,0	268,0	1136	0,009	208,3	5,45
13:30	6	49,7	47,0	374,2	398,0	267,8	454	0,003	83,1	5,47
13:35	6	49,6	46,9	374,2	397,9	267,7	1212	0,009	221,0	5,48
13:40	6	48,7	46,0	374,2	397,5	266,3	984	0,007	175,0	5,62
13:45	6	39,7	36,9	374,2	393,2	252,2	644	0	0	0

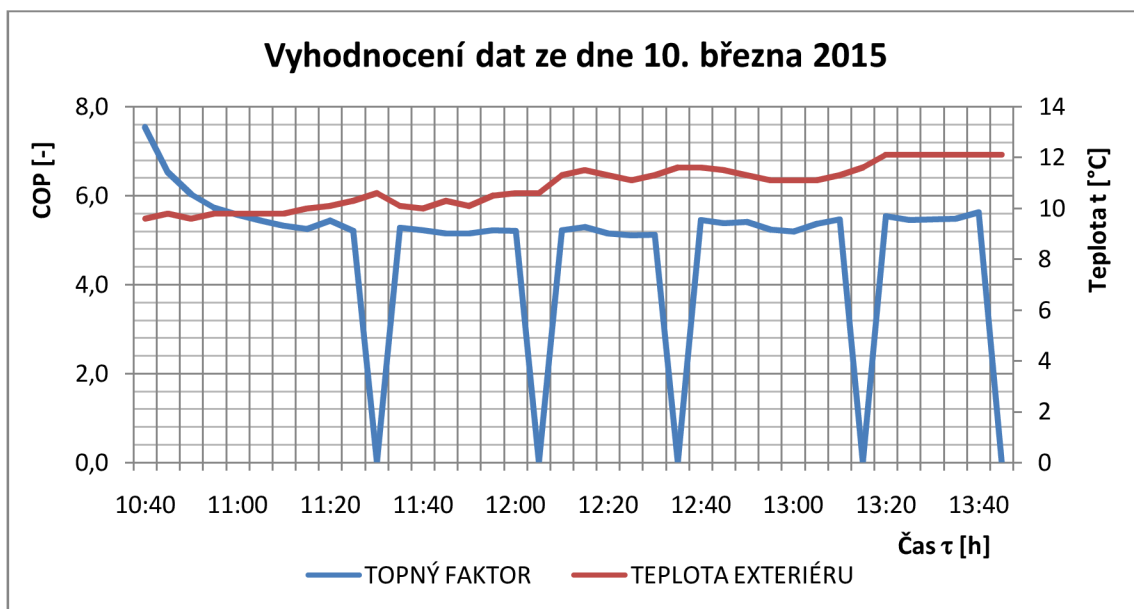
Tab. 10 Zpracování dat pro den 10. 3. 2015 (Vlastní zpracování)

Modře podbarvené řádky značí odmrazovací cykly, hodnoty topných faktorů v těchto řádcích jsou rovny nule a to proto, že při těchto cyklech se pozastavuje režim topení a z fyzikálního pohledu se nevyužijí stejné vztahy jako pro ostatní položky faktorů při režimu topení.

Tabulky výpočtů pro zbylé dny jsou uvedeny v příloze č. 3.

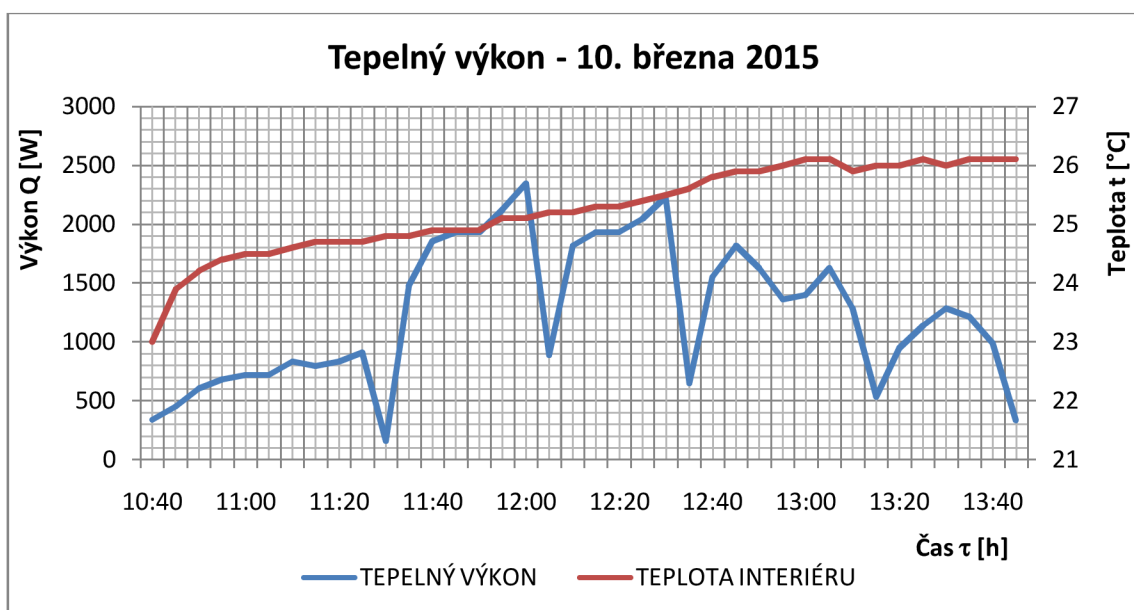
### Grafické zobrazení

První graf opět představuje závislost topného faktoru na teplotě vzduchu v exteriéru. Rozdílem od letního vyhodnocení jsou zde odmrazovací cykly, které se aktivují každých 40 minut provozu kompresoru nebo v případě, že protimrazový termistor indikuje teplotu  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



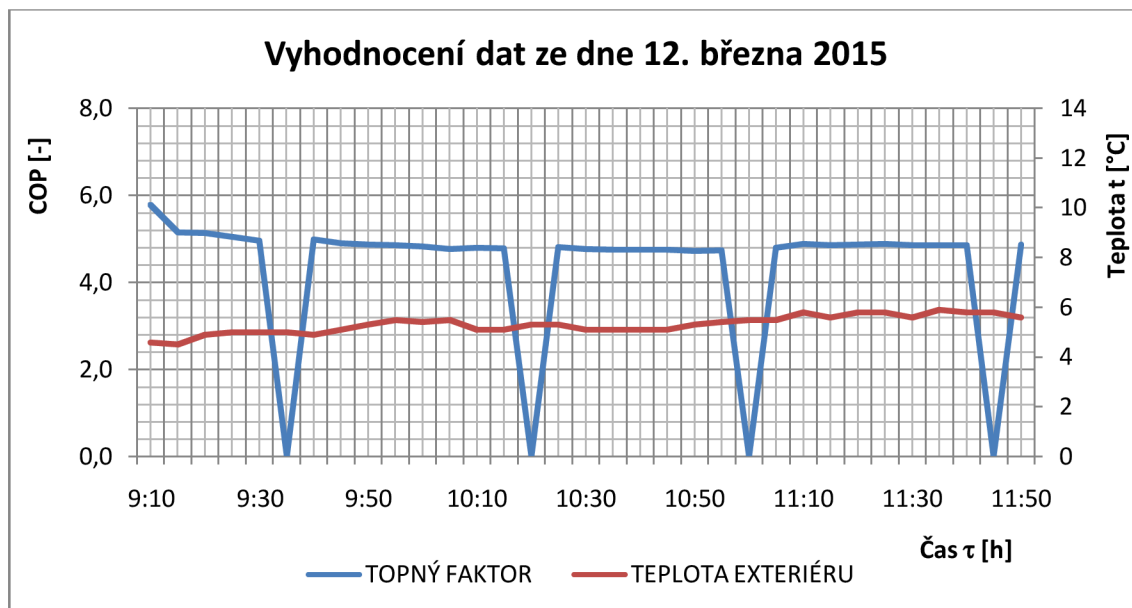
Graf 20 Vyhodnocení dat ze dne 10. 3. 2015 (Vlastní zpracování)

Topný faktor je v přímé blízkosti odmrazovacích cyklů velmi ovlivněn, sice s poklesem kondenzační teploty vzroste z důvodu použitých vztahů a také proto, že přesně nelze určit počátek a konec odmrazovacího cyklu, jelikož záznam dat je prováděn po 5 minutách, ale zároveň dojde k výraznému poklesu tepelného výkonu v časech odmrazovacích cyklů, což je patrné z následujícího grafu č. 21.

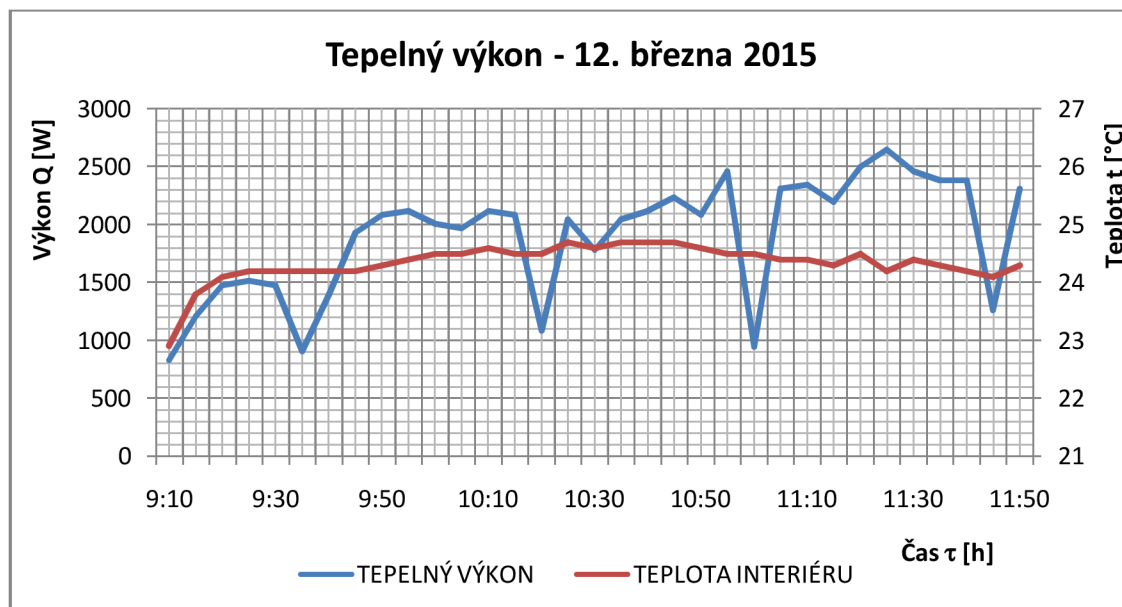


Graf 21 Tepelný výkon - 10. 3. 2015 (Vlastní zpracování)

Zpracování dat pro den 12. 3. 2015

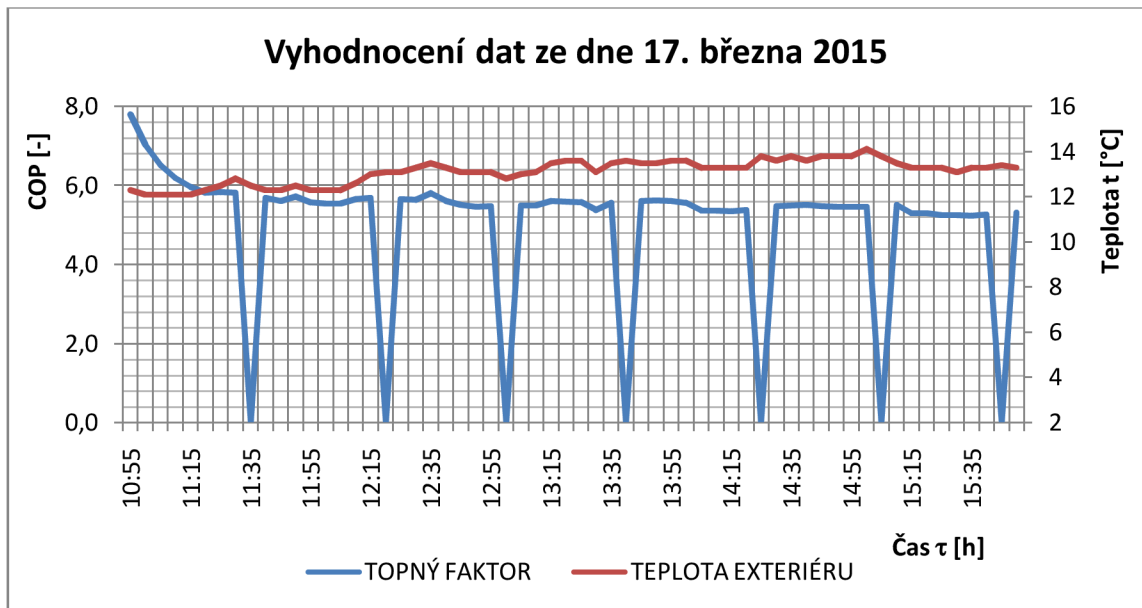


Graf 22 Vyhodnocení dat ze dne 12. 3. 2015 (Vlastní zpracování)

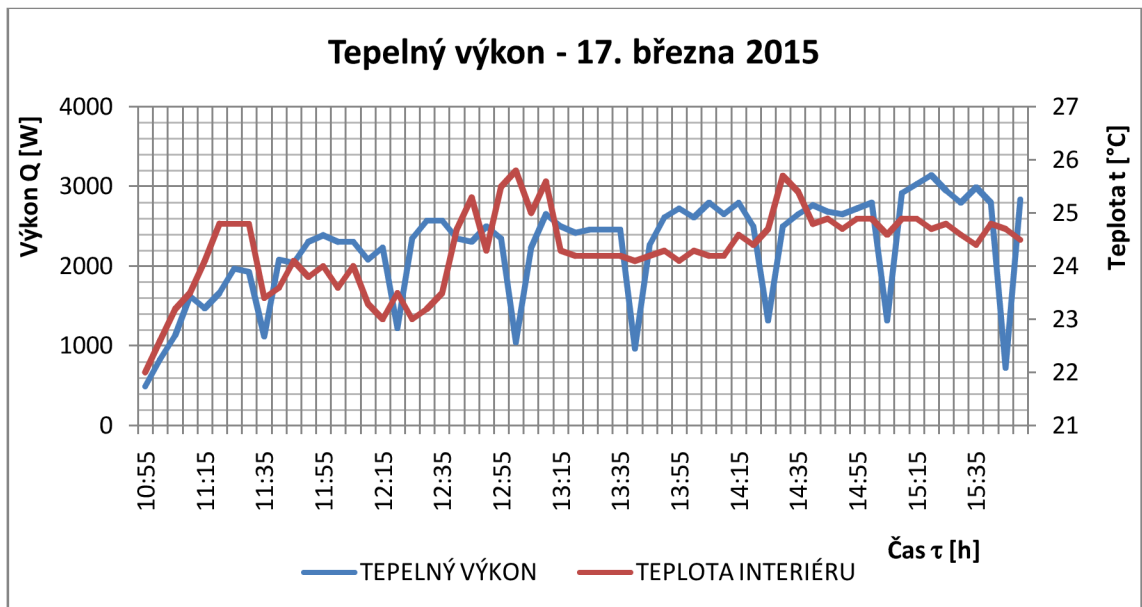


Graf 23 Tepelný výkon - 12. 3. 2015 (Vlastní zpracování)

Zpracování dat pro den 17. 3. 2015

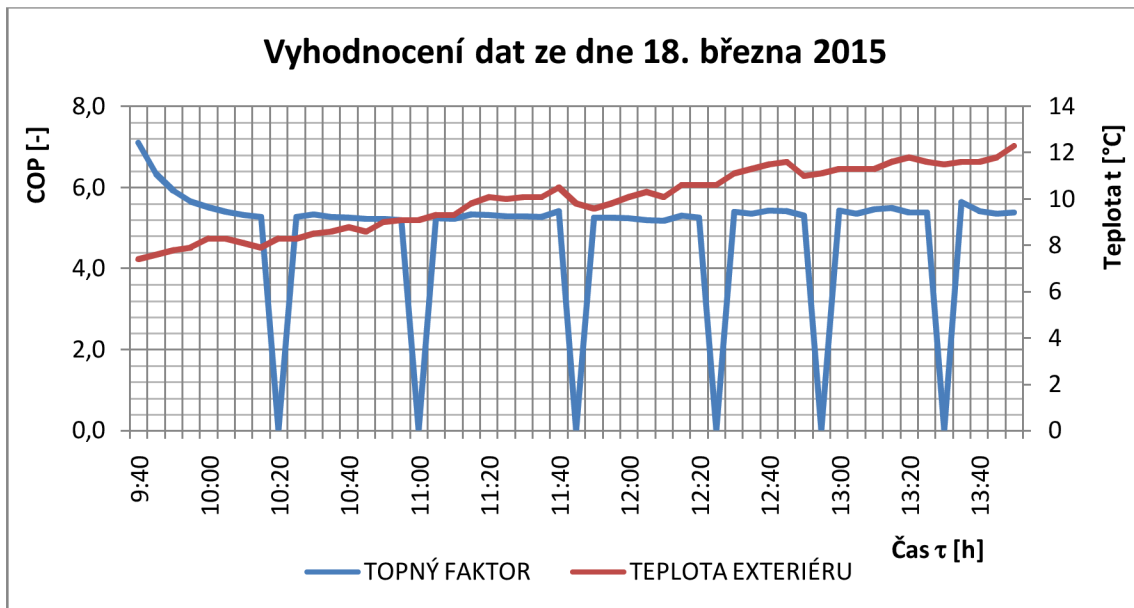


Graf 24 Vyhodnocení dat ze dne 17. 3. 2015 (Vlastní zpracování)

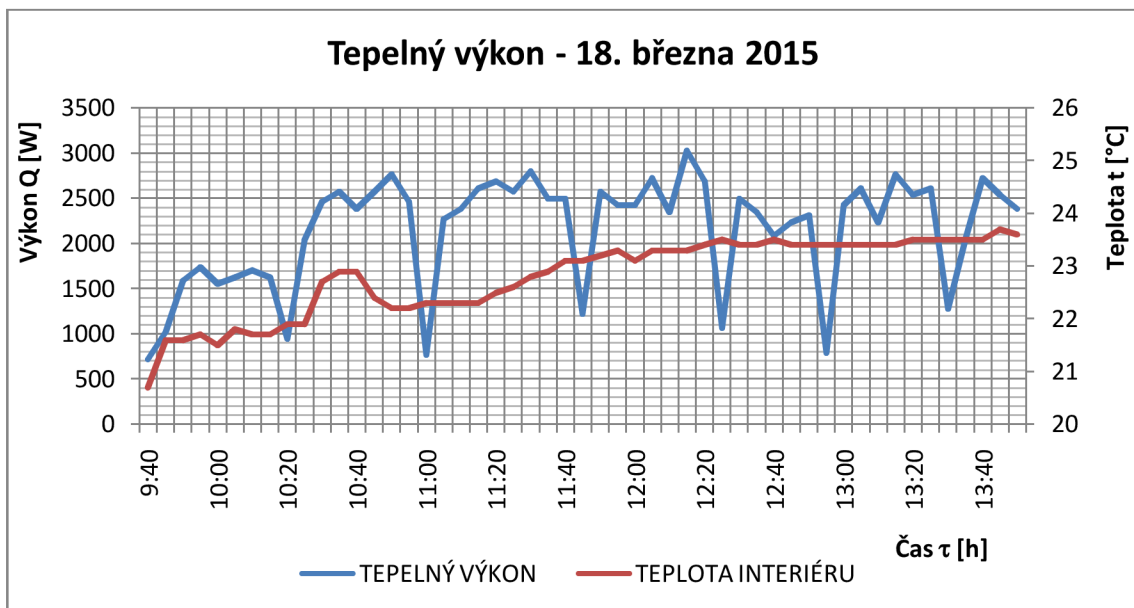


Graf 25 Tepelný výkon - 17. 3. 2015 (Vlastní zpracování)

Zpracování dat pro den 18. 3. 2015

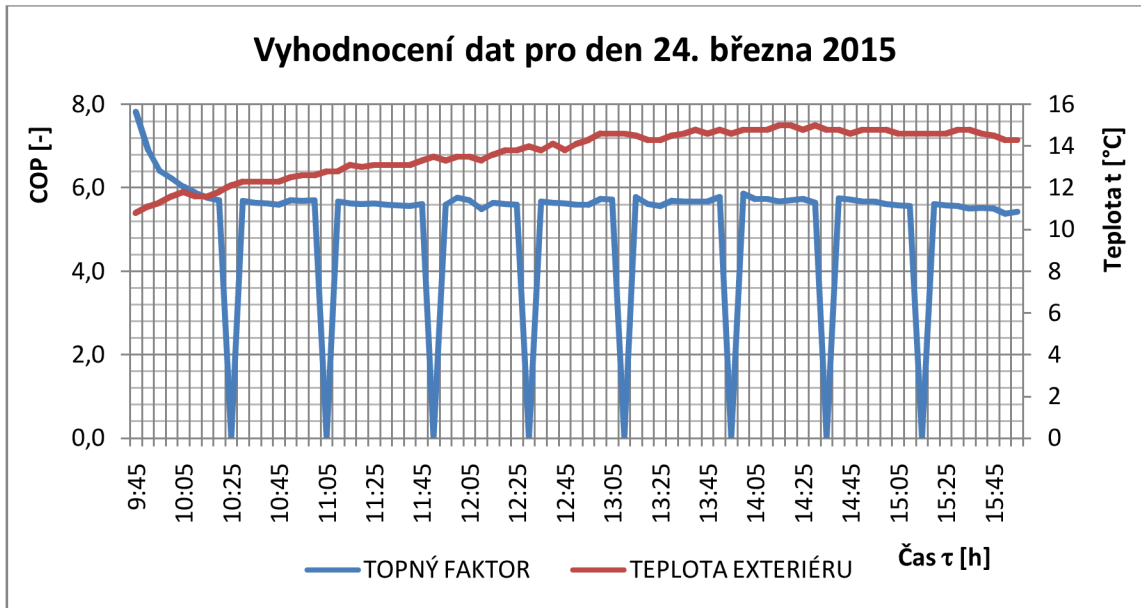


Graf 26 Vyhodnocení dat ze dne 18. 3. 2015 (Vlastní zpracování)

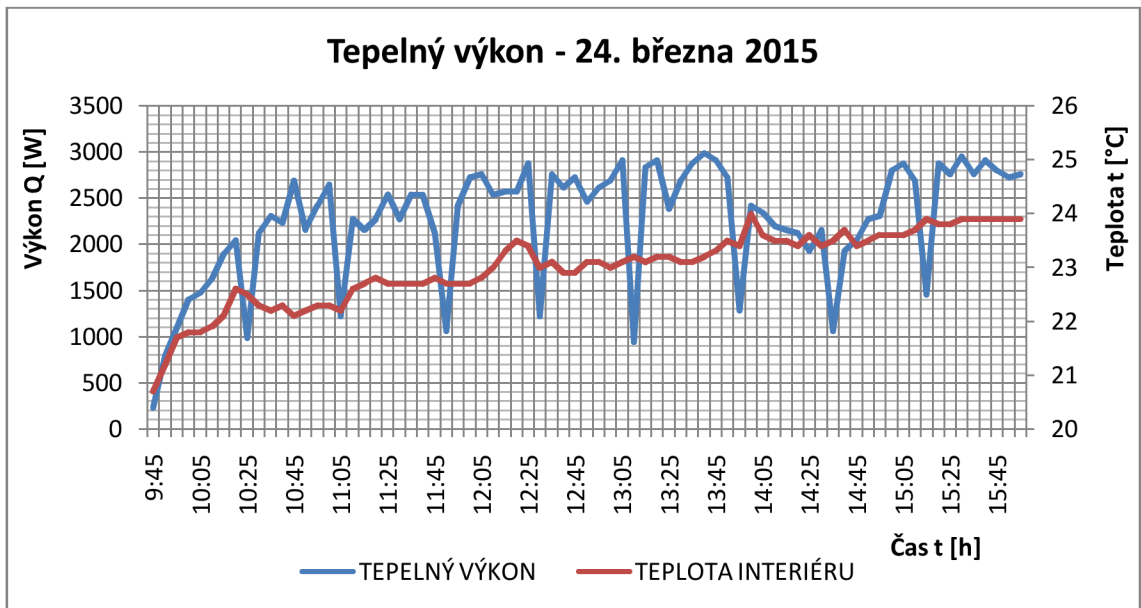


Graf 27 Tepelný výkon - 18. 3. 2015 (Vlastní zpracování)

Zpracování dat pro den 24. 3. 2015

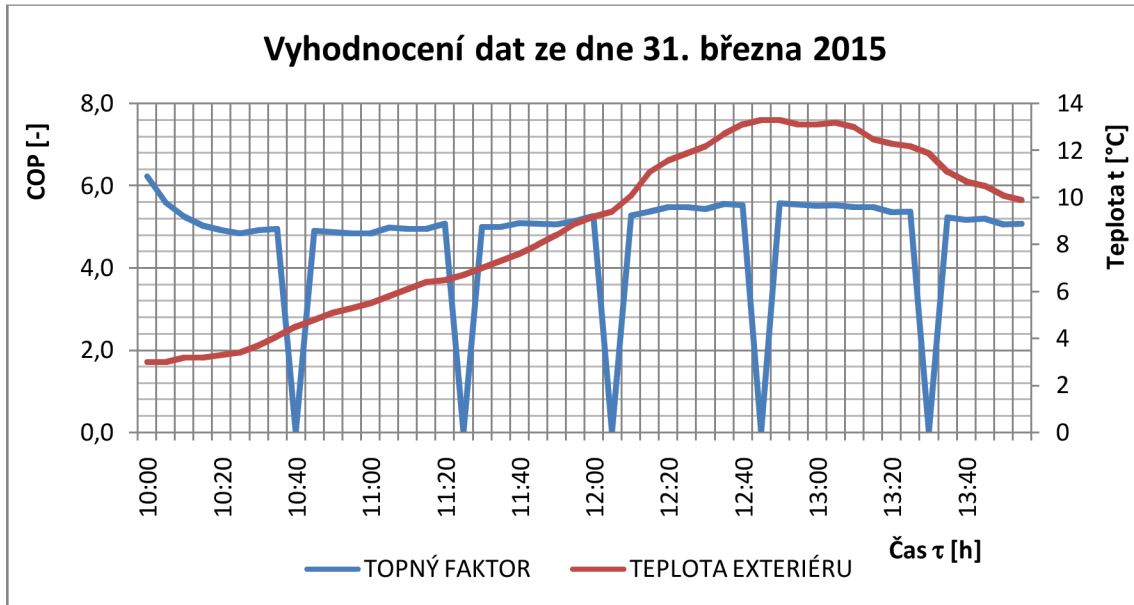


Graf 28 Vyhodnocení dat ze dne 24. 3. 2015 (Vlastní zpracování)

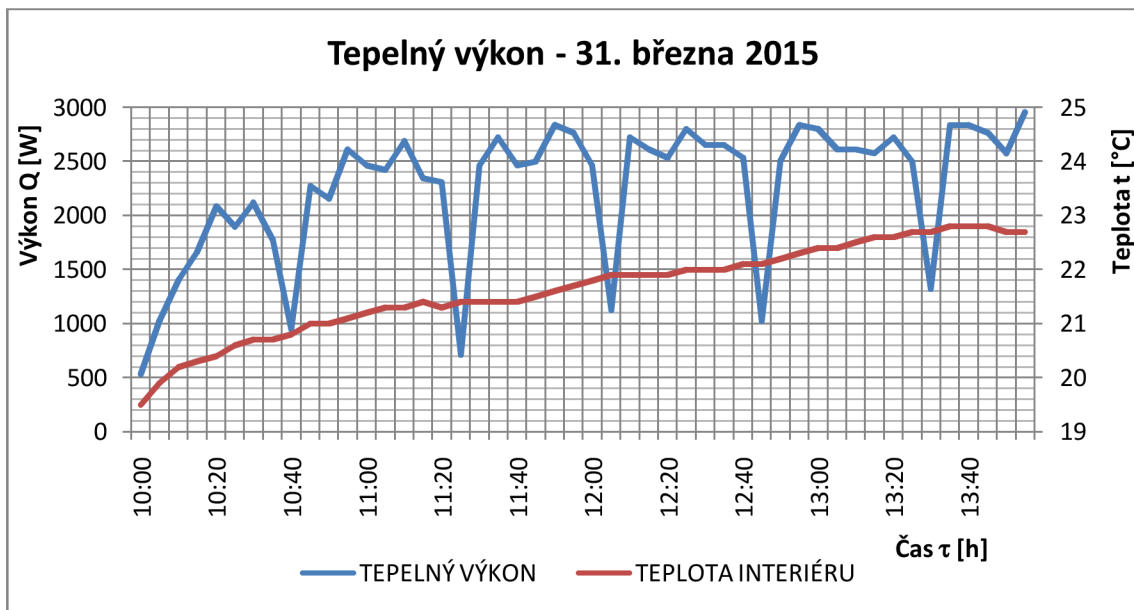


Graf 29 Tepelný výkon - 24. 3. 2015 (Vlastní zpracování)

Zpracování dat pro den 31. 3. 2015



Graf 30 Vyhodnocení dat ze dne 31. 3. 2015 (Vlastní zpracování)



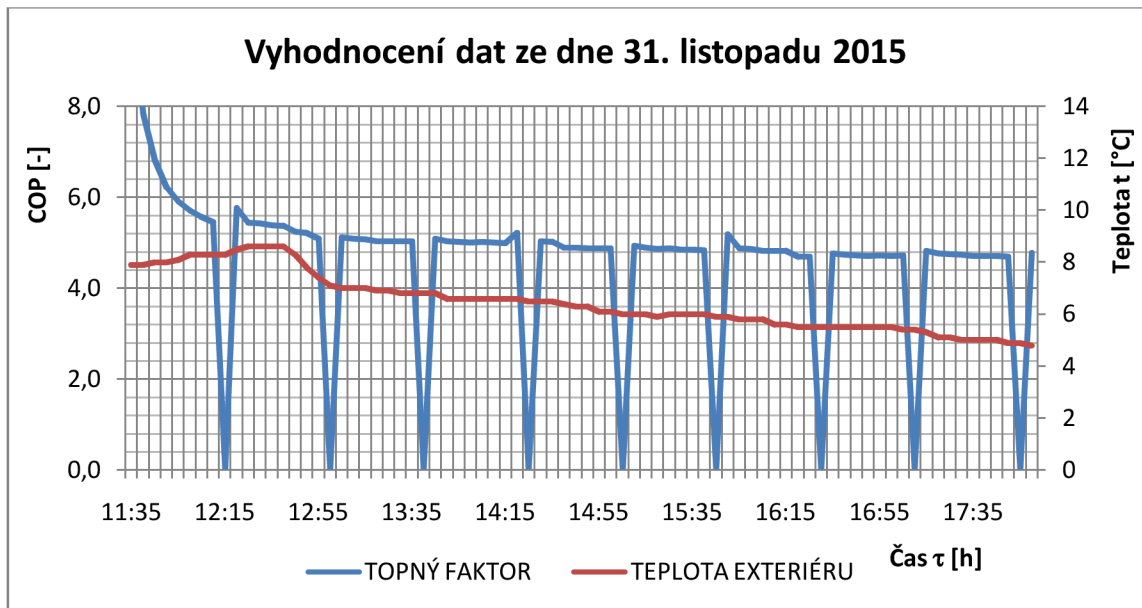
Graf 31 Tepelný výkon - 31. 3. 2015 (Vlastní zpracování)



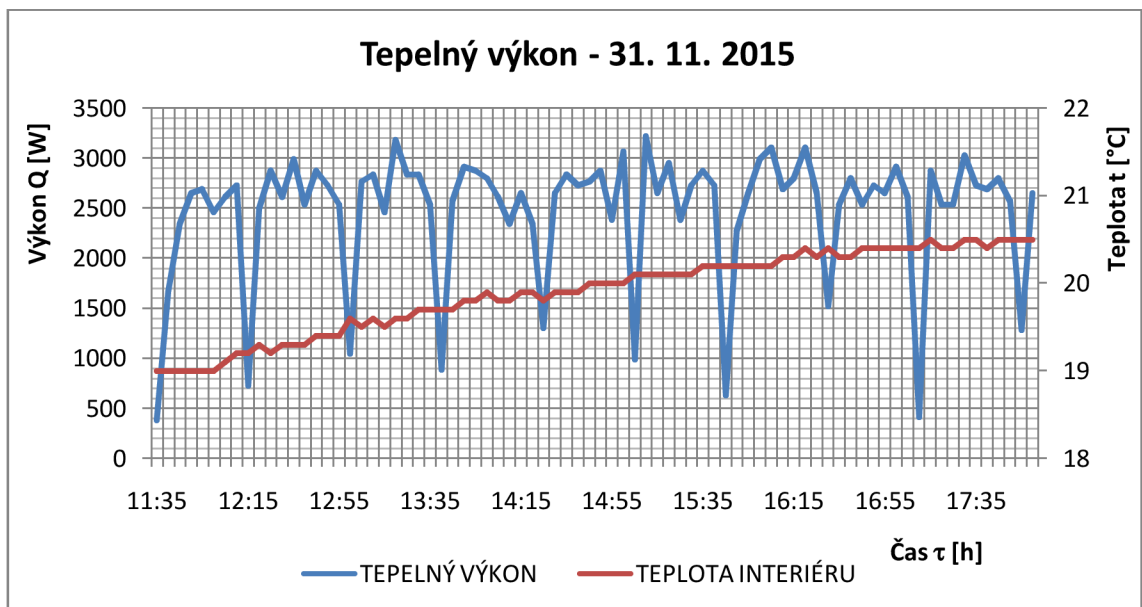
8.12 Sněhová přeháňka dne 31. 3. 2015



## Zpracování dat pro den 31. 11. 2015



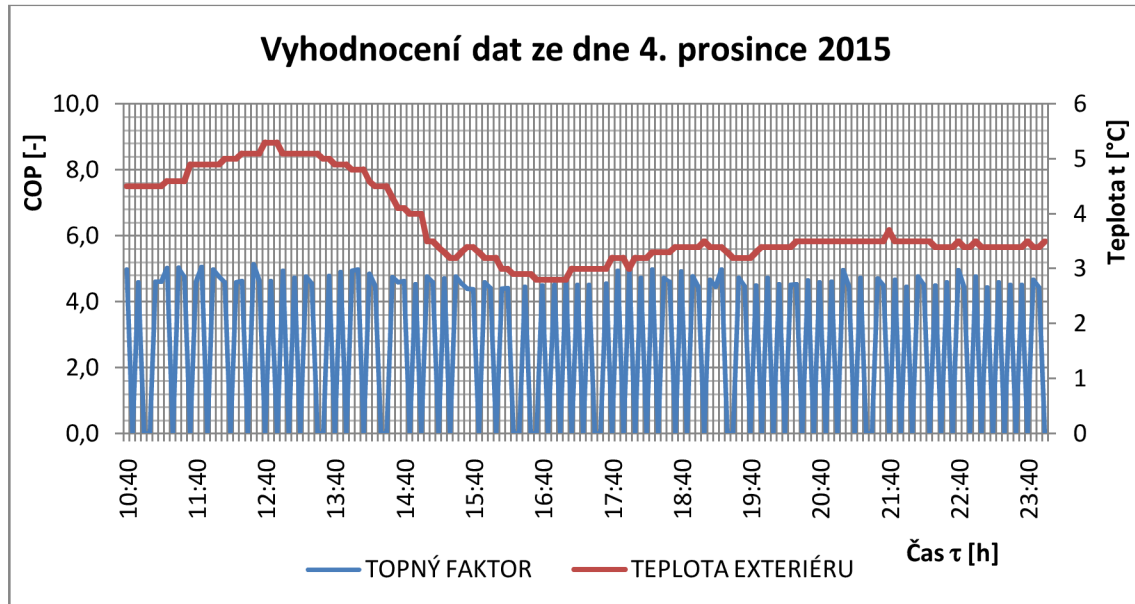
Graf 32 Vyhodnocení dat ze dne 31. 11. 2015 (Vlastní zpracování)



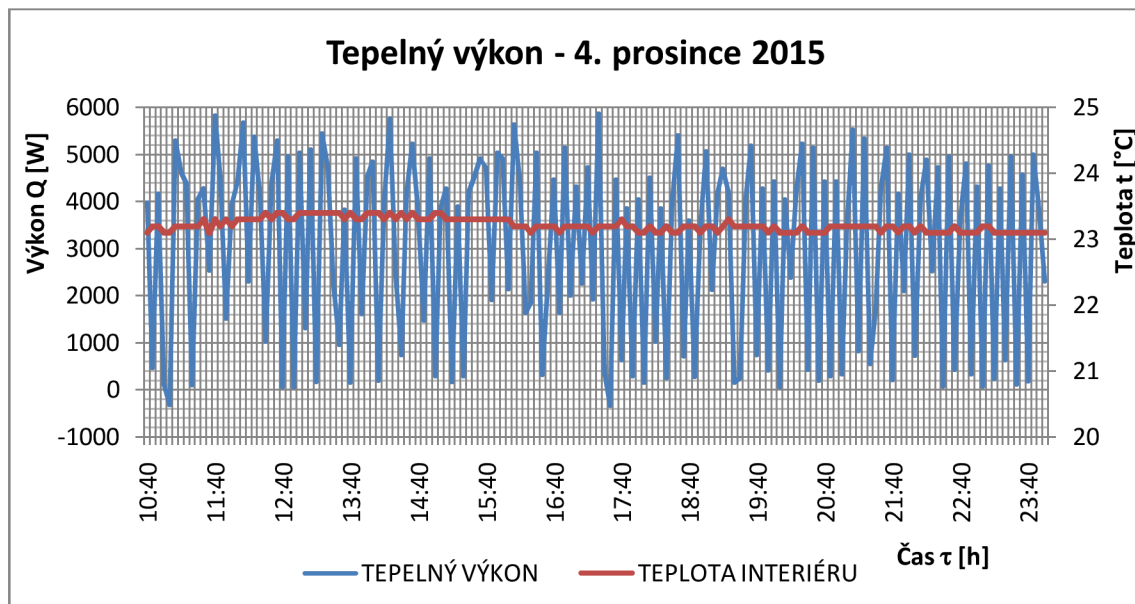
Graf 33 Tepelný výkon - 31. 11. 2015 (Vlastní zpracování)

### Zpracování dat pro den 4. 12. 2015

Při provozu tepelného čerpadla při exteriérových teplotách vzduchu pod 4 °C se odmrazovací cykly spínají ve velmi časté frekvenci, jak je patrné z následujícího grafu č. 34. To znamená, že i kompresor se zapíná a vypíná dle těchto cyklů, což je nežádoucí jev. Proto je vhodné toto tepelné čerpadlo provozovat v bivalentním režimu, neboli se sekundárním zdrojem tepla pro vytápění.

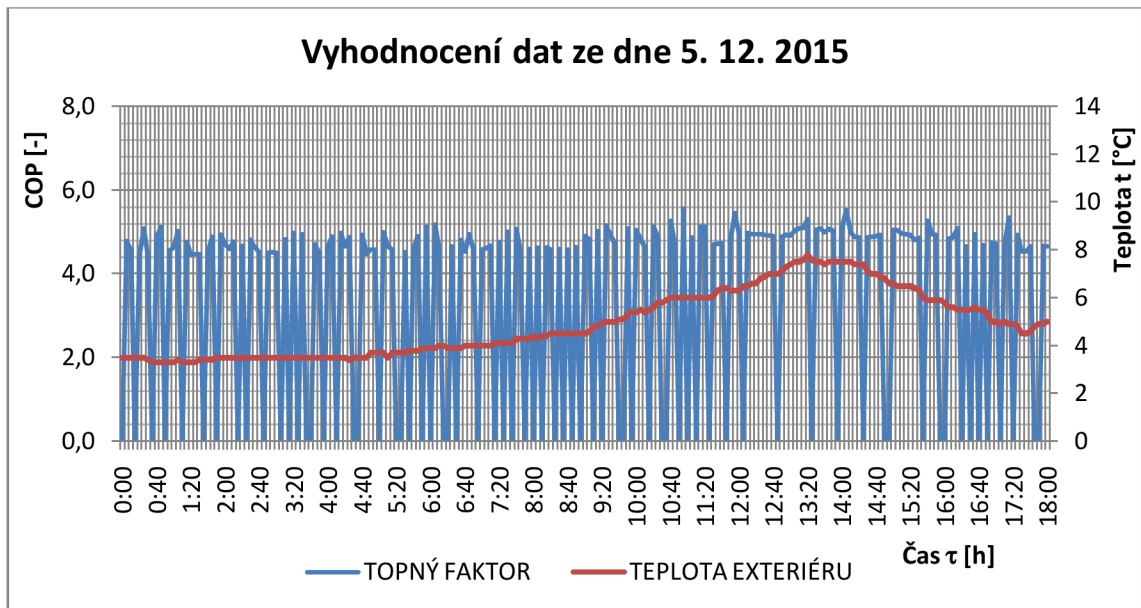


Graf 34 Vyhodnocení dat ze dne 4. 12. 2015 (Vlastní zpracování)

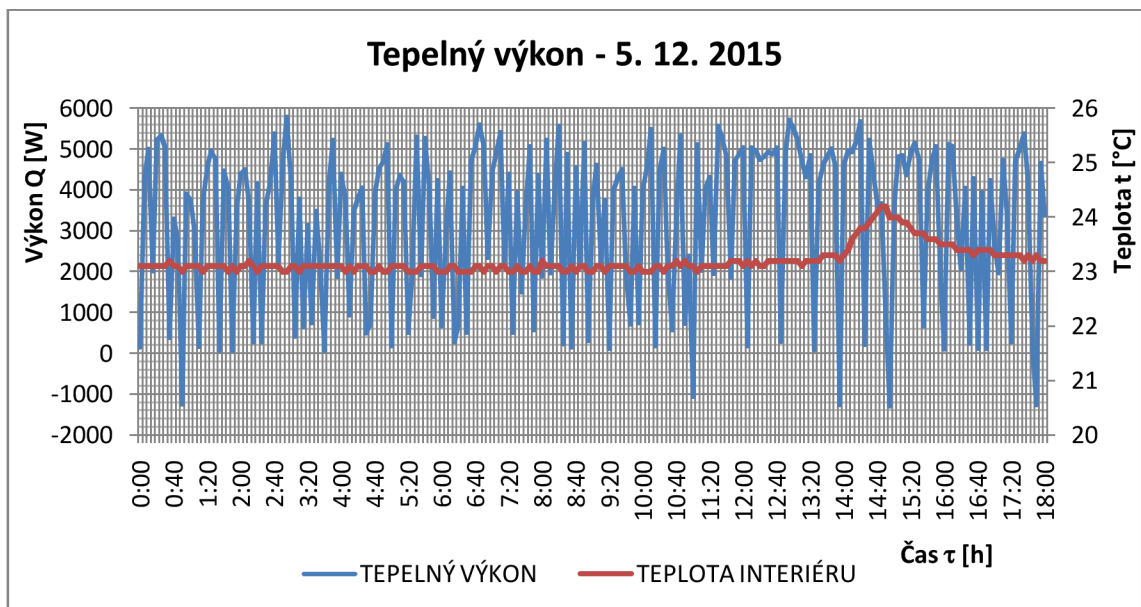


Graf 35 Tepelný výkon - 4. 12. 2015 (Vlastní zpracování)

## Zpracování dat pro den 5. 12. 2015



Graf 36 Vyhodnocení dat ze dne 5. 12. 2015 (Vlastní zpracování)



Graf 37 Tepelný výkon - 5. 12. 2015 (Vlastní zpracování)

## 8.4 Zhodnocení a posouzení výsledků

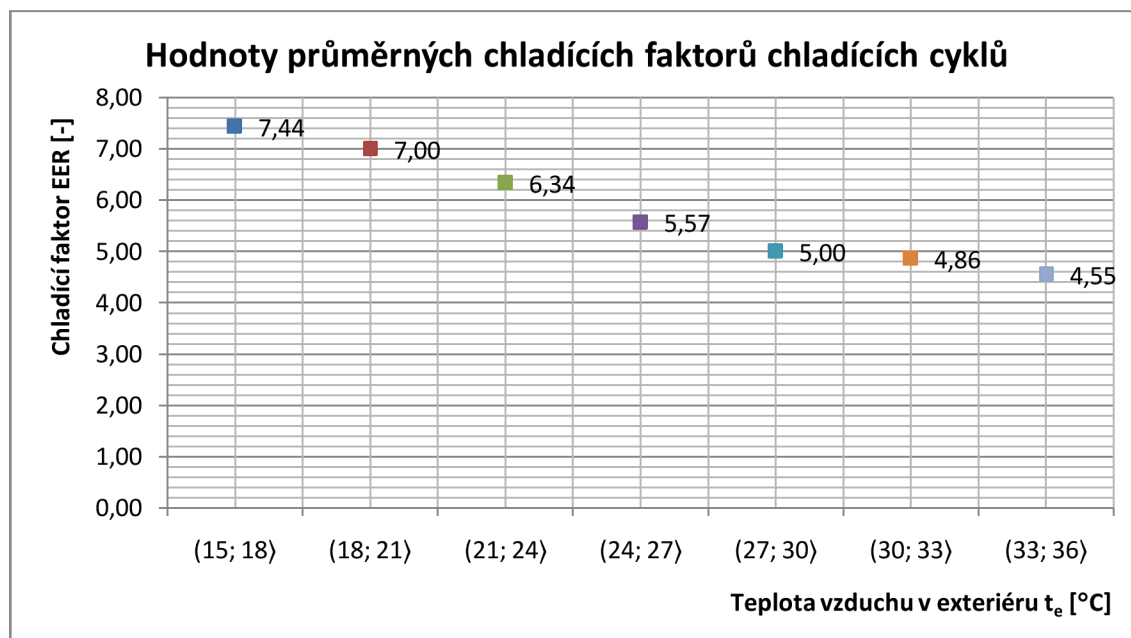
V poslední etapě experimentálního měření se zajímám především o zhodnocení chladících a topných faktorů. Pro oba faktory výrobci chladících zařízení a tepelných čerpadel uvádějí závislost na teplotě vzduchu v exteriéru a v interiéru, tyto podmínky vytvářejí ve zkušebních laboratořích. V experimentálním měření, kterým se zabývá tato práce, byly vyhodnoceny oba faktory v závislosti na teplotě vzduchu v exteriéru. Změna teploty vzduchu v interiéru byla sledována jako průběh této teploty v závislosti na daném výkonu vnitřní jednotky v čase. Veškeré tyto průběhy jsou zaznamenány v grafické podobě v předchozích kapitolách.

K vyhodnocení faktorů v závislosti na teplotě vzduchu v exteriéru jsem v letním a zimním období rozdělila rozmezí měřených venkovních teplot na jednotlivé intervaly. Pro každý interval byl stanoven průměrný chladící či topný faktor.

### 8.4.1 Letní období – EER

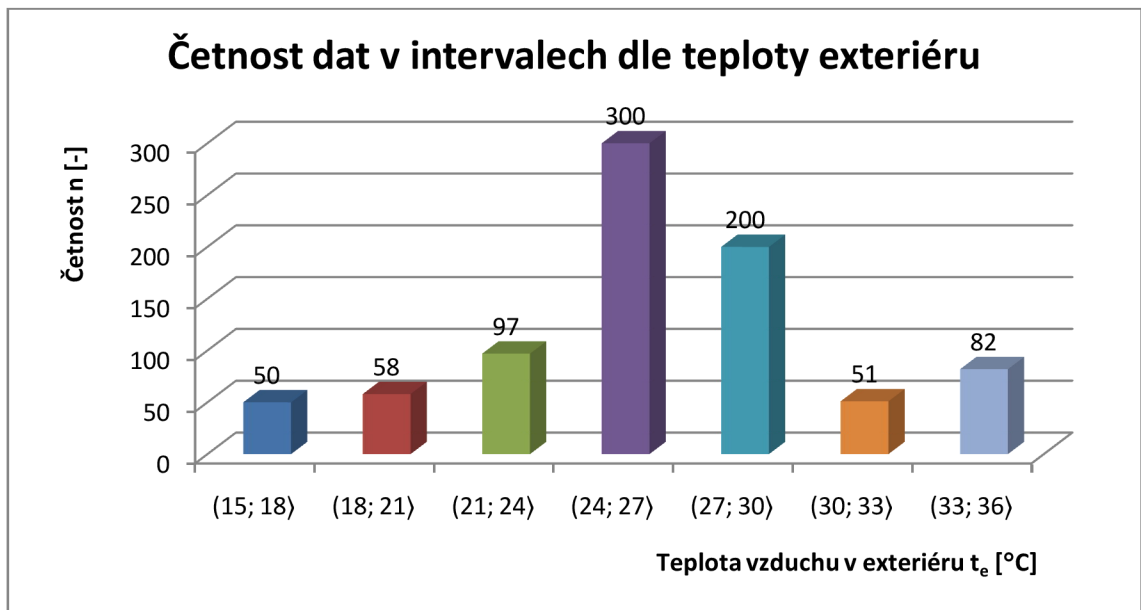
V letním období bylo z rozmezí teploty venkovního vzduchu od 15 °C do 36 °C vytvořeno celkem 7 intervalů. Hodnoty průměrných chladících faktorů jsou znázorněny v prvním grafu č. 38, maximální hodnota leží v intervalu s nejnižšími naměřenými exteriérovými teplotami vzduchu, minimální naopak. Lze tedy konstatovat, že chladící faktor s rostoucí teplotou vzduchu v exteriéru klesá.

Důležitou poznámkou k prvním grafu je, že uvedené chladící faktory, jsou vypočtené z naměřených dat, tudíž zahrnují pouze práci kompresoru danou chladícím cyklem zařízení. Tyto hodnoty tedy neuvažují příkon ventilátorů ve vnitřní a venkovní jednotce systému Mr. Slim.



Graf 38 Hodnoty průměrných chladících faktorů (Vlastní zpracování)

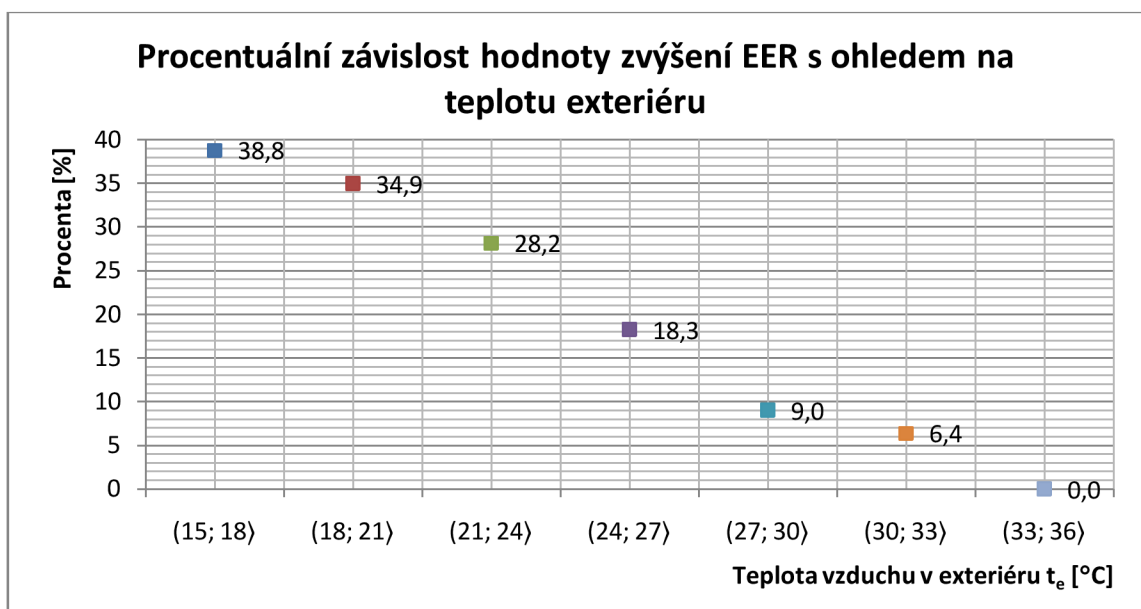
V následujícím grafu č. 39 je uvedena četnost chladících faktorů v jednotlivých intervalech, neboli počet hodnot, ze kterých byly stanoveny průměrné hodnoty chladících faktorů.



Graf 39 Četnost dat v intervalech dle teploty exteriéru (Vlastní zpracování)

Vážený průměr:  $EER = \frac{\sum(EER_i \cdot n_i)}{\sum n_i} = 5,59$

Poslední graf č. 40 simuluje nárůst chladicího faktoru v procentech v závislosti na změně teploty od výchozího intervalu teploty vzduchu v exteriéru. Výchozím intervalem je interval (33; 36) z toho důvodu, že výrobce Mitsubishi Electric uvádí ve svých podkladech vždy závislost chladicího faktoru na exteriérové teplotě vzduchu 35 °C.



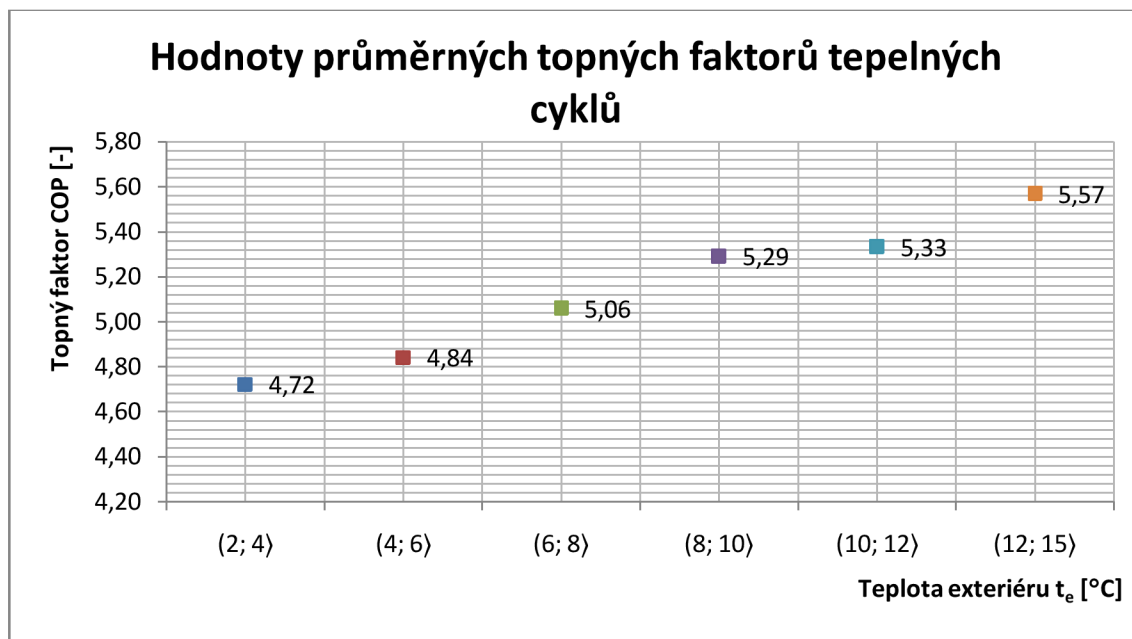
Graf 40 Procentuální závislost zvýšení EER (Vlastní zpracování)

#### 8.4.2 Zimní období – COP

Rozmezí teplot vzduchu v exteriéru v zimním období bylo od 2 °C do 15 °C, nadále bylo rozděleno celkem do 6 intervalů. Hodnoty průměrných topných faktorů jsou zobrazeny v grafu

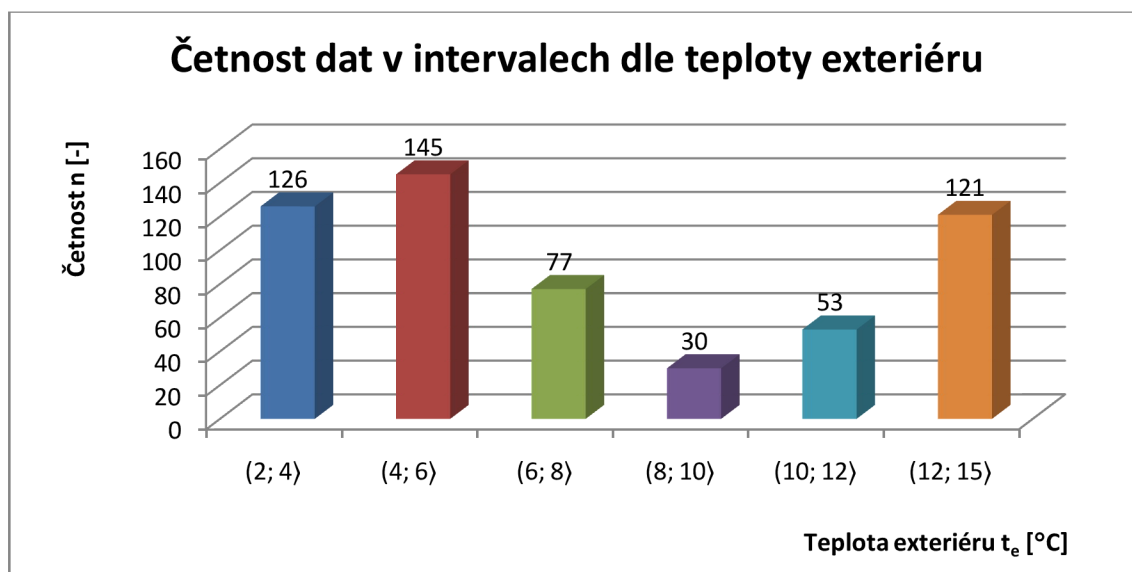
č. 41, nejnižší průměr leží v intervalu s nižšími teplotami vzduchu v exteriéru, nejvyšší průměr naopak. S rostoucí teplotou vzduchu v exteriéru topný faktor stoupá.

Tak jako v hodnocení letního období jsou i uvedené topné faktory v zimním období vypočtené z naměřených dat, tudíž zahrnují pouze práci kompresoru danou tepelným cyklem zařízení. Tyto hodnoty tedy neuvažují příkon ventilátorů ve vnitřní a venkovní jednotce systému Mr. Slim.



Graf 41 Hodnoty průměrných topných faktorů (Vlastní zpracování)

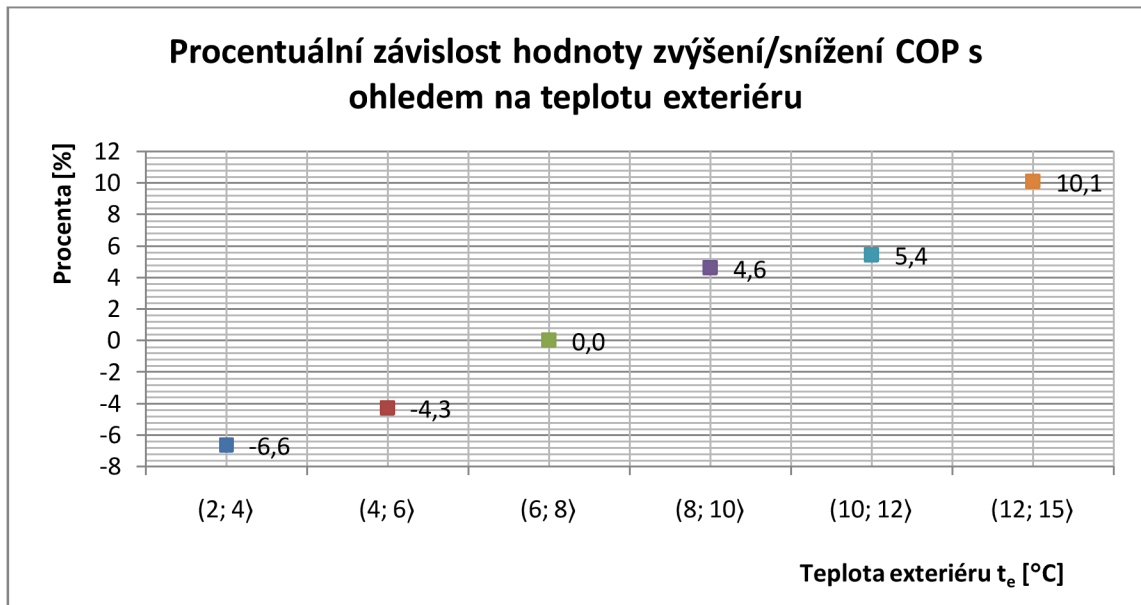
Dále je opět uveden graf č. 42 s jednotlivými četnostmi topných faktorů v intervalech teploty vzduchu v exteriéru.



Graf 42 Četnost dat v intervalech dle teploty exteriéru (Vlastní zpracování)

$$\text{Vážený průměr: } COP = \frac{\sum(COP_i \cdot n_i)}{\sum n_i} = 5,08$$

Poslední graf č. 43 simuluje nárůst či pokles topného faktoru v procentech v závislosti na změně teploty od výchozího intervalu teploty vzduchu v exteriéru. Výchozím intervalem je interval (6; 8) z toho důvodu, že výrobce Mitsubishi Electric uvádí ve svých podkladech vždy závislost chladicího faktoru na exteriérové teplotě vzduchu 7 °C.



Graf 43 Procentuální závislost zvýšení/snížení COP (Vlastní zpracování)

## 9 CELKOVÉ POSOUZENÍ EXPERIMENTÁLNÍHO ŘEŠENÍ

Na základě vyhodnocených chladicích a topných faktorů je prokázána funkčnost a provozuschopnost systému Mr. Slim v režimu chlazení i v režimu topení při náhradě neekologické chladiva R22 za zeotropní chladivo R414a. Pomocí stanovených chladicích a tepelných výkonů bylo v interiéru dosaženo přijatelného teplotního stavu mikroklimatu.

Jedině v zimním období při teplotách vzduchu v exteriéru pod 4 °C považuji provoz systému za rozporuplný, jelikož při minusových teplotách na výparníku dochází k častému spínání odmrazovacích cyklů, jak lze zpozorovat v grafech pro dny 4. 12. a 5. 12. 2015. Sice je v těchto dnech udržována přibližně stálá teplota vzduchu v místnosti 23 °C, ale na druhou stranu dochází k opakovanému zapínání a vypínání kompresoru na krátkých časových intervalech, což vede ke snížení životnosti samotného kompresoru.

Jedním z cílů experimentálního měření bylo také porovnání obou faktorů s hodnotami od výrobce Mitsubishi Electric. Podle určeného postupu stanovení chladicích a topných faktorů bohužel tento cíl nemohl být splněn a to z toho důvodu, že jsem nedohledala provozní charakteristiky vnitřního a venkovního ventilátoru, ze kterých bych stanovila příkony obou ventilátorů. Tyto materiály nebyly sehnány ani díky žádosti, kterou jsem odeslala na anglickou pobočku firmy Mitsubishi Electric. Využila jsem ale ještě jednu možnost pro splnění tohoto cíle.

Jelikož chladicí a topné faktory dle výrobních dat uvedených v kapitole 3 této práce pro konkrétní zkušební podmínky, tím myslím předně teplotu vzduchu v exteriéru 35 °C pro režim chlazení a 7 °C pro režim topení, jsou určeny jako podíl výkonu ku celkovému příkonu zařízení, stanovila jsem průměrné hodnoty chladících a tepelných výkonů z experimentálního měření pro dané intervaly teplot, v nichž se pohybují tepoty zkušebních podmínek výrobce Mitsubishi Electric. Pomocí takto určených výkonů zařízení z experimentálního měření a pomocí celkového příkonu, jenž udává výrobce, jsem znovu provedla výpočet chladícího a topného faktoru. Výsledky jsou následující:

Průměrný chladicí výkon:

$$Q_{CH} = 3656 \text{ W pro interval teploty vzduchu v exteriéru (33; 36)}$$

Chladicí faktor:

$$EER = \frac{Q_{CH}}{P} = \frac{3756}{2300} = 1,63$$

Průměrný tepelný výkon:

$$Q_T = 4209 \text{ W pro interval teploty vzduchu v exteriéru (6; 8)}$$

Topný faktor:

$$COP = \frac{Q_T}{P} = \frac{4209}{2080} = 2,02$$

Při porovnání takto stanovených faktorů s hodnotami od výrobce je zřejmé, že při využití ekologické náhrady chladiva R417a za chladivo R22 došlo k poklesu účinnosti a výkonu zařízení. Procentuální vyjádření poklesu činí pro chladicí faktor přibližně 30 % a pro topný faktor přibližně 27 %. Ovšem je nutné ještě zmínit, že výrobce dané faktory udává pro určitou laboratorní teplotu vzduchu i v dané místnosti, ve které dochází k úpravám teploty vzduchu. Je ale otázkou, jak velký vliv mají tyto laboratorní podmínky pro srovnání s experimentálně stanovenými hodnotami chladících a topných faktorů. Dalším faktem k uvedeným procentuálním poklesům, který by měl být brán v úvahu, je také stáří zkoumaného chladivového systému – instalace byla provedena v roce 2003.

I přes vysoká procenta poklesu chladícího a topného faktoru musím říci, že tato jednozónová jednotka dokáže upravit podmínky mikroklimatu v dané místnosti laboratoře na dostatečnou úroveň pro pobyt či pro pracovní prostředí. Avšak tento split systém upravuje pouze oběhový vzduch v místnosti, nezajišťuje tedy přívod čerstvého vzduchu, jež musí být řešen jiným způsobem.



## ZÁVĚR

Smyslem této diplomové práce bylo nastínit problematiku náhrady neekologického chladiva R22 a uvést možná řešení pro tuto náhradu. V druhé části práce jsem se tedy věnovala tématům procedury retrofit a drop-in a s nimi spojené procesy výběru vhodného chladiva za neekologické chladivo R22 a také možnost výměny oleje v klimatizačních zařízeních. Poslední možností náhrady se stalo pořízení nového zařízení. Veškeré varianty jsem shrnula ve zpracování jejich výhod a nevýhod či jejich důsledků v rámci aplikace na konkrétním zařízení nebo v určitém prostoru. Zároveň jsem uvedla ekonomické kalkulace pro pořízení nového systému a pro procesy spojené s náhradou chladiva, jež jsou podkladem pro obě zmíněné procedury. Tyto kalkulace nákladů podle mého názoru nejvíce ovlivňují investory při rozhodování o možnostech náhrady chladiva pro jejich konkrétní zařízení. Na závěr této kapitoly jsem uvedla i několik informací a doporučení pro aplikace náhrady neekologického chladiva, které mohou pomoci či ovlivnit rozhodování investora.

Další podstatnou částí práce se stalo experimentální řešení, které mě vedlo k příkladné analýze systému Mr. Slim a přineslo mi mnoho poznatků. Experimentální měření bylo vykonstruováno tak, aby byly získány výstupy pro výpočet chladících a topných faktorů, což bylo splněno. Při hodnocení výsledků jsem získala závěr, že split systém Mr. Slim dosahuje přijatelných podmínek mikroklimatu v dané místnosti, je provozuschopný v režimu chlazení i topení.

Zpracování diplomové práce se pro mne stalo významným přínosem, obohatila jsem své vědomosti nejen teoretické a praktické, ale i z pohledu uvedených právních předpisů.

## POUŽITÉ ZDROJE

### **Zákony, vyhlášky, normy, směrnice**

[1] NAŘÍZENÍ EK č. 517/2014, o fluorovaných skleníkových plynech a o zrušení nařízení (ES) č. 842/2006.2014

### **Bibliografické zdroje**

[2] DVOŘÁK, Zdeněk. *Chladicí technika: učebnice pro vysoké školy*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1971, 214 s.

[3] FICKER, Tomáš. *Aplikovaná fyzika (S): Tepelné záření ve stavebních konstrukcích*. Vysoké učení technické: Fakulta stavební, 2004.

[4] FICKER, Tomáš. *Aplikovaná fyzika (S): Vedení tepla ve stavebních konstrukcích*. Vysoké učení technické: Fakulta stavební, 2008.

[5] GEBAUER, Günter. *Termomechanika: Vodní pára*. (přednáška) Vysoké učení technické: Fakulta stavební, 2015.

[6] GEBAUER, Günter, Olga RUBINOVÁ a Helena HORKÁ. *Vzduchotechnika*. 2. vyd. Brno: ERA, 2007, xx, 262 s. Technická knihovna (ERA). ISBN 978-80-7366-091-8.

[7] CHYSKÝ, Jaroslav. *Větrání a klimatizace*. 3., zcela přeprac. vyd. Brno: BOLIT-B Press, 1993, 490 s. ISBN 80-901-5740-8

[8] PAVELEK, Milan. *Termomechanika*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, 192 s. ISBN 978-80-214-4300-6.

[9] STŘEDNÍ ŠKOLA ENERGETICKÁ A STAVEBNÍ CHOMUTOV. *Tepelná čerpadla*. 1. vyd. Tábor: Střední průmyslová škola strojní a stavební, Tábor, Komenského 1670, 2013. Dostupné také z: [http://www.zelenymost.cz/files/tepelna\\_cerpadla.pdf](http://www.zelenymost.cz/files/tepelna_cerpadla.pdf)

[10] ŠIKULA, Ondřej. *Ochlazování budov: Pracovní látky pro chlazení*. (přednáška) Vysoké učení technické: Fakulta stavební, 2014.

[11] ŠIKULA, Ondřej. *Ochlazování budov: Strojní systémy chlazení*. (přednáška) Vysoké učení technické: Fakulta stavební, 2014.

[12] ŠIKULA, Ondřej. *Ochlazování budov: Základy termodynamiky pro chlazení*. (přednáška) Vysoké učení technické: Fakulta stavební, 2014.

### **Elektronické zdroje**

[13] AHLBORN. *Data Logger ALMEMO® 2890-9* [online]. [cit. 2015-11-06]. Dostupné z: <http://www.m-r-c.co.il/media/Uploads/MA28909OPR.pdf>

[14] AHLBORN. *Input connectors* [online]. [cit. 2015-11-06]. Dostupné z: <http://www.almemo.co.kr/pdf/DATA%20COMMUNICATIONS/Input%20%20Output.pdf>

- [15] AHLBORN. *Software* [online]. [cit. 2015-11-06]. Dostupné z: [http://www.instrumentcompaniet.no/files/AHLBORN\\_Datablad/AMR-Control.pdf](http://www.instrumentcompaniet.no/files/AHLBORN_Datablad/AMR-Control.pdf)
- [16] AIRFLOW: *ProHood PH 721* [online]. [cit. 2015-11-06]. Dostupné z: [www.elkov.cz/download.php?id=7765](http://www.elkov.cz/download.php?id=7765)
- [17] COMET. *Program pro dataloggery COMET* [online]. [cit. 2015-11-07]. Dostupné z: <http://www.cometsystem.cz/produkty/reg-SWR001#featureess>
- [18] COMET. *S3120 Teploměr-vlhkoměr* [online]. [cit. 2015-11-07]. Dostupné z: <http://www.cometsystem.cz/produkty/dataloggery/s3120-teplomer-vlhkomer/reg-S3120>
- [19] CHEMOURS™. *Freon™ refrigerants* [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: [https://www.chemours.com/Refrigerants/en\\_US/products/Freon/index.html](https://www.chemours.com/Refrigerants/en_US/products/Freon/index.html)
- [20] *Ministerstvo životního prostředí: Fluorované skleníkové plyny* [online]. [cit. 2015-12-03]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/cz/fluorovane\\_sklenikove\\_plyny](http://www.mzp.cz/cz/fluorovane_sklenikove_plyny)
- [21] *Ministerstvo životního prostředí: Národní a mezinárodní legislativa* [online]. [cit. 2015-12-03]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/cz/narodni\\_mezinarodni\\_legislativa](http://www.mzp.cz/cz/narodni_mezinarodni_legislativa)
- [22] *Ministerstvo životního prostředí: Regulované látky* [online]. [cit. 2015-12-03]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/cz/regulovane\\_latky](http://www.mzp.cz/cz/regulovane_latky)
- [23] PENTABELL. *Retrofit chladiva R22: Kalkulace pro zařízení s obsahem R22 od 2 do 3 kg.* [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://www.pentabell.cz/retrofit-chladiva-r22/>
- [24] *Pricing Guide* [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <https://mzcms.mehvac.com/media/9943/M-andP-SeriesPriceGuideApril1st2012.pdf>
- [25] *Retrofit Guidelines for DuPont™ ISCEON® MO59 Refrigerant* [online]. [cit. 2015-12-27]. Dostupné z: [https://www.chemours.com/Refrigerants/en\\_GB/assets/downloads/k10921\\_MO59\\_uk.pdf](https://www.chemours.com/Refrigerants/en_GB/assets/downloads/k10921_MO59_uk.pdf)
- [26] *TECHNICAL and SERVICE MANUAL: Series SEH/SE Ceiling Concealed* [online]. [cit. 2015-12-27]. Dostupné z: <http://www.mitsubishielectric-sat.es/download/Conductos/R22/Manual%20tecnico%20Mitsubishi%20Electric%20SEH-SUH-1.6-2-2.5VR.pdf>

### **Obrazové zdroje**

- [27] AHLBORN. *Data Logger ALMEMO® 2890-9* [online]. [cit. 2015-11-06]. Dostupné z: <http://www.m-r-c.co.il/media/Uploads/MA28909OPR.pdf>
- [28] AIRFLOW: *ProHood PH 721* [online]. [cit. 2015-11-06]. Dostupné z: [www.elkov.cz/download.php?id=7765](http://www.elkov.cz/download.php?id=7765)

- [29] COMET. *S3120 Teploměr-vlhkoměr* [online]. [cit. 2015-11-07]. Dostupné z: <http://www.cometsystem.cz/produkty/dataloggery/s3120-teplomer-vlhkomer/reg-S3120>
- [30] FICKER, Tomáš. *Aplikovaná fyzika (S): Tepelné záření ve stavebních konstrukcích*. Vysoké učení technické: Fakulta stavební, 2004.
- [31] GEBAUER, Günter. *Termomechanika: Vodní pára*. (přednáška) Vysoké učení technické: Fakulta stavební, 2015.
- [32] CHEMOURS™. *Freon™ MO59 refrigerant* [online]. [cit. 2015-12-28]. Dostupné z: [https://www.chemours.com/Refrigerants/en\\_US/assets/downloads/k10950\\_ISCEON\\_MO59\\_pressure\\_enthalpy\\_si.pdf](https://www.chemours.com/Refrigerants/en_US/assets/downloads/k10950_ISCEON_MO59_pressure_enthalpy_si.pdf)
- [33] M-SERIES CONTRACTOR GUIDE [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://www.mitsubishipro.com/media/382145/contractorguide.pdf>
- [34] *Navrhování tepelných čerpadel* [online]. [cit. 2015-12-08]. Dostupné z: [http://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni\\_materialy/AZE/P6-tepelna\\_cerpadla\\_navrhovani\\_bilancovani.pdf](http://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni_materialy/AZE/P6-tepelna_cerpadla_navrhovani_bilancovani.pdf)
- [35] PAVELEK, Milan. *Termomechanika*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, 192 s. ISBN 978-80-214-4300-6.
- [36] PAVELEK, Milan. *Termomechanika: Základy přenosu tepla*. (přednáška) Vysoké učení technické: Fakulta strojního inženýrství. Dostupné z: [http://ottp.fme.vutbr.cz/users/pavelek/termo/15\\_Prenos.pdf](http://ottp.fme.vutbr.cz/users/pavelek/termo/15_Prenos.pdf)
- [37] *PRESSURE-TEMPERATURE CHART* [online]. [cit. 2015-12-05]. Dostupné z: <http://www.refrigerants.com/chart.htm>
- [38] STŘEDNÍ ŠKOLA ENERGETICKÁ A STAVEBNÍ CHOMUTOV. *Tepelná čerpadla*. 1. vyd. Tábor: Střední průmyslová škola strojní a stavební, Tábor, Komenského 1670, 2013. Dostupné také z: [http://www.zelenymost.cz/files/tepelna\\_cerpadla.pdf](http://www.zelenymost.cz/files/tepelna_cerpadla.pdf)
- [39] ŠIKULA, Ondřej. *Ochlazování budov: Strojní systémy chlazení*. (přednáška) Vysoké učení technické: Fakulta stavební, 2014.
- [40] ŠIKULA, Ondřej. *Ochlazování budov: Základy termodynamiky pro chlazení*. (přednáška) Vysoké učení technické: Fakulta stavební, 2014.
- [41] *TECHNICAL and SERVICE MANUAL: Series SEH/SE Ceiling Concealed* [online]. [cit. 2015-12-27]. Dostupné z: <http://www.mitsubishielectric-sat.es/download/Conductos/R22/Manual%20tecnico%20Mitsubishi%20Electric%20SEH-SUH-1.6-2-2.5VR.pdf>

# SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ

## *Zkratky*

- COP – coefficient of performance (topný faktor)
- EER – energy efficiency ratio (chladící faktor)
- GWP – global warming potencial (potenciál způsobování globálního oteplování)
- ODP – ozone depleting potencial (potenciál vyčerpání ozonu)
- TEWI – total equivalent warming impact (celkový ekvival. dopad na globální oteplování)
- TČ – tepelné čerpadlo

## *Fyzikální veličiny*

- $a$  – teplotní vodivost [ $\text{m}^2/\text{s}$ ]
- $A$  (W) – práce [J]
- $c$  – měrná tepelná kapacita [ $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ]
- $d$  – tloušťka [m]
- $h$  (i) – měrná entalpie [ $\text{kJ}/\text{kg}$ ]
- $l$  – skupenské teplo [ $\text{kJ}/\text{kg}$ ]
- $m$  – hmotnostní tok [ $\text{kg}/\text{s}$ ]
- $p$  – tlak [Pa]
- $P$  – příkon [W]
- $q$  – měrné teplo [ $\text{J}/\text{kg}$ ]
- $Q$  – teplo [J], výkon [W]
- $r$  – poloměr [mm]
- $s$  – měrná entropie [ $\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ]
- $S$  – entropie [J/K]
- $t$  – teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ]
- $T$  – termodynamická teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ]
- $u$  – měrná vnitřní energie [ $\text{J}/\text{kg}$ ]
- $U$  – vnitřní energie [J]
- $v$  – měrný objem [ $\text{m}^3/\text{kg}$ ]
- $x$  – suchost [ $\text{kg}/\text{kg}$ ], měrná vlhkost [ $\text{kg}/\text{kg}$ ]
  
- $\alpha$  – součinitel přestupu tepla [ $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ]
- $\lambda$  – součinitel tepelné vodivosti [ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ]
- $\tau$  – čas [h]

## *Indexy*

- ' – sytá kapalina
- “ – sytá pára

# SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

## **Obrázky**

2.1 Schéma obráceného Carnotova cyklu ve dvoufázové látce .....	20
2.2 Schéma Clausius-Rankinova cyklu.....	21
2.3 Průběhy teplot .....	21
2.4 Schéma skutečného parního kompresorového cyklu .....	22
2.5 Azeotropní a zeotropní látky .....	22
2.6 Stavy vodní páry.....	26
2.7 Průběh fázových změn v diagramu p-v .....	27
2.8 Princip tepelného čerpadla.....	28
2.9 Monovalentní provoz TČ .....	29
2.10 Bivalentní provoz TČ.....	29
2.11 Vedení tepla ve válcové stěně .....	31
2.12 Newtonův ochlazovací zákon .....	32
2.13 Tepelná a hydrodynamická mezní vrstva .....	32
2.14 Výpočtové schéma a tepelný diagram .....	34
3.1 Vnější jednotka .....	38
3.2 Vnitřní jednotka .....	38
3.3 Dálkový ovladač .....	39
3.4 Schéma provozu při režimu chlazení.....	40
3.5 Schéma provozu při režimu topení .....	41
3.6 Schéma chladivového okruhu.....	41
4.1 Tepelný digram log p - h chladiva R417a.....	48
5.1 TČ z M-série .....	49
7.1 Schéma laboratoře se systémem Mr. Slim .....	55
8.1 Zjednodušené schéma osazení teplotních čidel .....	56
8.2 Vnitřní a vnější jednotka systému Mr. Slim .....	57
8.3 Vyhodnocovací elektronická jednotka .....	58
8.4 Balometr ProHood s příslušenstvím.....	58
8.5 ALMEMO 2890-9.....	59
8.6 Zapojení termočláňkových drátů do měřicí ústředny .....	59
8.8 Stahování dat z dataloggeru .....	60
8.7 Datalogger a jeho umístění na venkovní jednotce .....	60
8.9 Schéma postupu stanovení entalpie stavu 2 .....	61
8.10 Úprava vzduchu v h-x diagramu a změna stavu chladiva ve výparníku .....	64
8.11 Úprava vzduchu v h-x diagramu a změna stavu chladiva v kondenzátoru.....	73
8.12 Sněhová přehánka dne 31. 3. 2015.....	80

## **Tabulky**

Tab. 1 Data od výrobce - Mr. Slim .....	39
Tab. 2 Fyzikální a tepelné vlastnosti .....	47

Tab. 3 Náklady na pořízení nového zařízení.....	49
Tab. 4 Náklady na nahrazení chladiva.....	50
Tab. 5 Shrnutí možných řešení náhrady chladiva .....	52
Tab. 6 Technické údaje – balometr.....	58
Tab. 7 Technické údaje - termočláňkové dráty .....	59
Tab. 8 Technické údaje - datalogger COMET.....	60
Tab. 9 Zpracování dat pro den 3. 6. 2015.....	64
Tab. 10 Zpracování dat pro den 10. 3. 2015.....	74

## **Grafy**

Graf 1 Phase-down.....	26
Graf 2 Náklady na pořízení nového zařízení.....	49
Graf 3 Náklady na nahrazení chladiva.....	50
Graf 4 Porovnání celkových nákladů.....	51
Graf 5 Graf vybraných regresních rovnic.....	62
Graf 6 Vyhodnocení dat ze dne 3. 6. 2015 .....	66
Graf 7 Chladící výkon - 3. 6. 2015 .....	66
Graf 8 Vyhodnocení dat ze dne 4. 6. 2015 .....	67
Graf 9 Chladící výkon - 4. 6. 2015 .....	67
Graf 10 Vyhodnocení dat ze dne 30. 6. 2015 .....	68
Graf 11 Chladící výkon - 30. 6. 2015 .....	68
Graf 12 Vyhodnocení dat ze dne 1. 7. 2015 .....	69
Graf 13 Chladící výkon - 1. 7. 2015 .....	69
Graf 14 Vyhodnocení dat ze dne 2. 7. 2015 .....	70
Graf 15 Chladící výkon - 2. 7. 2015 .....	70
Graf 16 Vyhodnocení dat ze dne 7. 7. 2015 .....	71
Graf 17 Chladící výkon - 7. 7. 2015 .....	71
Graf 18 Vyhodnocení dat ze dne 8. 7. 2015 .....	72
Graf 19 Chladící výkon - 8. 7. 2015 .....	72
Graf 20 Vyhodnocení dat ze dne 10. 3. 2015 .....	75
Graf 21 Tepelný výkon - 10. 3. 2015 .....	75
Graf 22 Vyhodnocení dat ze dne 12. 3. 2015 .....	76
Graf 23 Tepelný výkon - 12. 3. 2015 .....	76
Graf 24 Vyhodnocení dat ze dne 17. 3. 2015 .....	77
Graf 25 Tepelný výkon - 17. 3. 2015 .....	77
Graf 26 Vyhodnocení dat ze dne 18. 3. 2015 .....	78
Graf 27 Tepelný výkon - 18. 3. 2015 .....	78
Graf 28 Vyhodnocení dat ze dne 24. 3. 2015 .....	79
Graf 29 Tepelný výkon - 24. 3. 2015 .....	79
Graf 30 Vyhodnocení dat ze dne 31. 3. 2015 .....	80
Graf 31 Tepelný výkon - 31. 3. 2015 .....	80
Graf 32 Vyhodnocení dat ze dne 31. 11. 2015 .....	81

Graf 33 Tepelný výkon - 31. 11. 2015 .....	81
Graf 34 Vyhodnocení dat ze dne 4. 12. 2015 .....	82
Graf 35 Tepelný výkon - 4. 12. 2015 .....	82
Graf 36 Vyhodnocení dat ze dne 5. 12. 2015 .....	83
Graf 37 Tepelný výkon - 5. 12. 2015 .....	83
Graf 38 Hodnoty průměrných chladících faktorů .....	84
Graf 39 Četnost dat v intervalech dle teploty exteriéru .....	85
Graf 40 Procentuální závislost zvýšení EER .....	85
Graf 41 Hodnoty průměrných topných faktorů.....	86
Graf 42 Četnost dat v intervalech dle teploty exteriéru .....	86
Graf 43 Procentuální závislost zvýšení/snížení COP .....	87



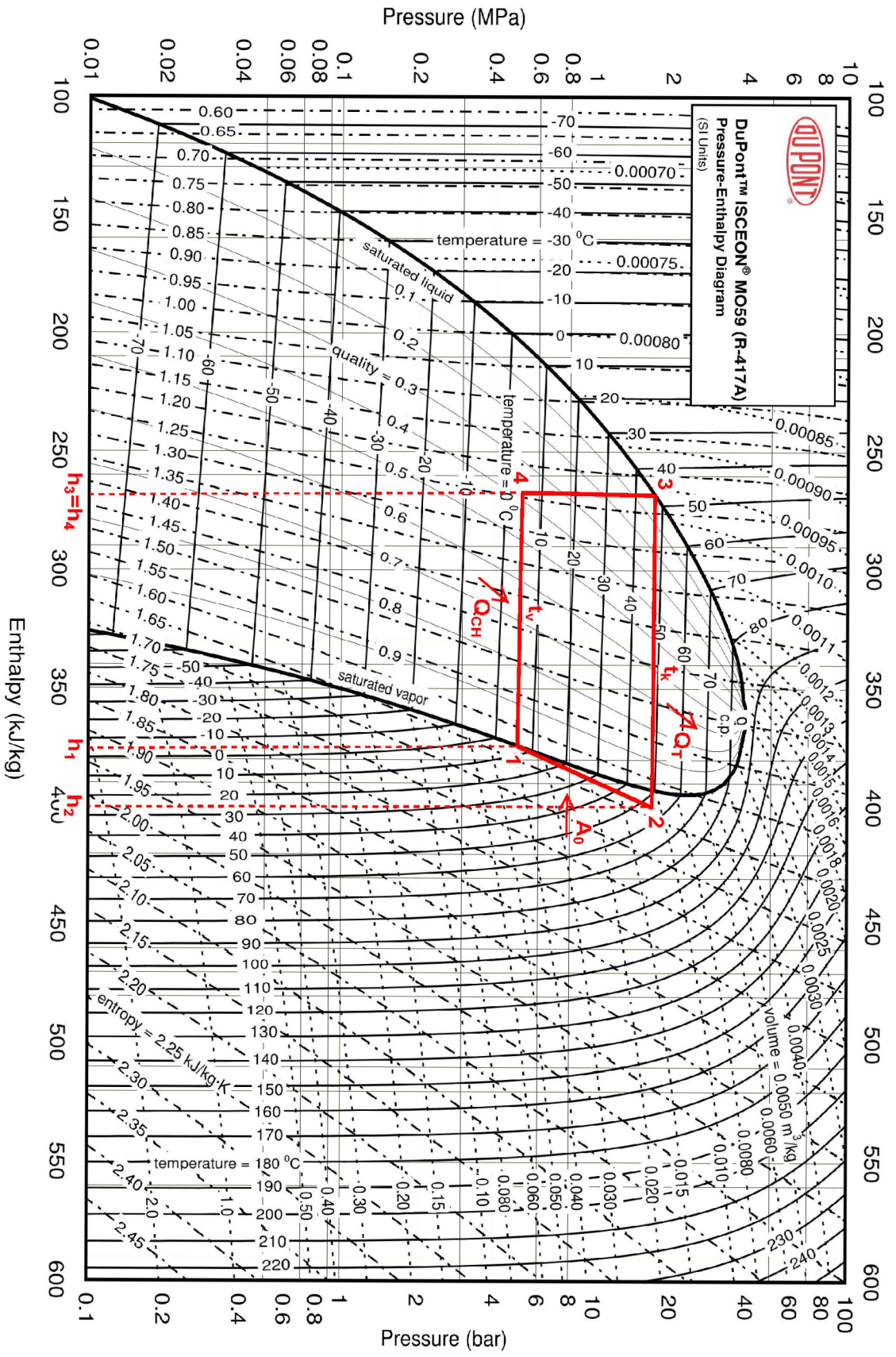
# **PŘÍLOHY**

## **SEZNAM PŘÍLOH:**

*Příloha 1 - tepelný diagram chladiva R417a*

*Příloha 2 - zpracování dat a výpočet chladících faktorů pro letní období*

*Příloha 3 - zpracování dat a výpočet topných faktorů pro zimní období*



*Príloha 1 - tepelný diagram chladiča R417a*

**Příloha 2 – zpracování dat a výpočet chladicích faktorů v letním období**

*Zpracování dat pro den 4. června 2015*

ČAS	TEPLOTA NA VÝPARNÍKU	TEPLOTA NA KONDENZÁTORU	TEPLOTNÍ SKLUZ	ENTALPIE STAVU 1	ENTALPIE STAVU 2	ENTALPIE STAVU 3	CHLADICÍ VÝKON	HMOTNOSTNÍ TOK CHLADIVA	ADIABATICKÝ PŘÍKON KOMPRESORU	CHLADICÍ FAKTOR
$\tau$	$t_v$	$t_k$	$t_k$	$h_1$	$h_2$	$h_3 = h_4$	$Q_{ch}$	$m$	$P$	EER
[h]	[°C]	[°C]	[°C]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[W]	[kg/s]	[W]	[-]
10:40	14	44,3	41,6	378,4	394,4	259,4	2537	0,021	341,3	7,43
10:45	12	44,1	41,4	377,3	394,7	259,1	3181	0,027	468,4	6,79
10:50	12	44,0	41,3	377,3	394,7	258,9	3294	0,028	483,1	6,82
10:55	12	44,2	41,5	377,3	394,8	259,2	3181	0,027	470,3	6,76
11:00	11	44,7	42,0	376,7	395,1	260,0	3370	0,029	530,4	6,35
11:05	12	45,2	42,5	377,3	395,2	260,8	2953	0,025	454,9	6,49
11:10	12	45,3	42,6	377,3	395,3	261,0	2991	0,026	462,6	6,47
11:15	12	45,1	42,4	377,3	395,2	260,7	2953	0,025	453,0	6,52
11:20	11	44,7	42,0	376,7	395,1	260,0	3181	0,027	500,6	6,35
11:25	11	45,5	42,8	376,7	395,5	261,3	3256	0,028	528,9	6,16
11:30	11	45,2	42,5	376,7	395,4	260,8	3332	0,029	534,9	6,23
11:35	11	45,8	43,1	376,7	395,6	261,7	3181	0,028	522,7	6,08
11:40	11	45,7	43,0	376,7	395,6	261,6	3294	0,029	539,3	6,11
11:45	11	45,7	43,0	376,7	395,6	261,6	3218	0,028	526,9	6,11
11:50	11	45,7	43,0	376,7	395,6	261,6	3105	0,027	508,3	6,11
11:55	11	45,7	43,0	376,7	395,6	261,6	3370	0,029	551,7	6,11
12:00	10	46,1	43,4	376,2	395,9	262,2	3370	0,030	581,6	5,79
12:05	11	46,2	43,5	376,7	395,8	262,4	3332	0,029	556,2	5,99
12:10	10	46,2	43,5	376,2	395,9	262,4	3446	0,030	596,9	5,77
12:15	10	46,6	43,9	376,2	396,1	263,0	3483	0,031	612,7	5,69
12:20	10	45,8	43,1	376,2	395,7	261,7	3635	0,032	620,2	5,86
12:25	10	46,2	43,5	376,2	395,9	262,4	3521	0,031	610,0	5,77
12:30	11	45,7	43,0	376,7	395,6	261,6	3067	0,027	502,1	6,11
12:35	10	45,5	42,8	376,2	395,6	261,3	3597	0,031	606,8	5,93
12:40	10	45,7	43,0	376,2	395,7	261,6	3559	0,031	605,0	5,88
12:45	10	46,2	43,5	376,2	395,9	262,4	3521	0,031	610,0	5,77
12:50	11	46,5	43,8	376,7	396,0	262,8	3105	0,027	524,3	5,92
12:55	11	45,8	43,1	376,7	395,6	261,7	3294	0,029	541,4	6,08
13:00	11	46,1	43,4	376,7	395,8	262,2	3181	0,028	528,9	6,01
13:05	11	45,8	43,1	376,7	395,6	261,7	3218	0,028	528,9	6,08
13:10	10	46,0	43,3	376,2	395,8	262,1	3446	0,030	592,4	5,82
13:15	11	46,1	43,4	376,7	395,8	262,2	3181	0,028	528,9	6,01

13:20	10	46,3	43,6	376,2	396,0	262,5	3862	0,034	671,6	5,75
13:25	10	46,2	43,5	376,2	395,9	262,4	3597	0,032	623,2	5,77
13:30	10	46,0	43,3	376,2	395,8	262,1	3673	0,032	631,5	5,82
13:35	11	46,2	43,5	376,7	395,8	262,4	3408	0,030	568,8	5,99
13:40	10	46,1	43,4	376,2	395,9	262,2	3483	0,031	601,2	5,79
13:45	10	46,2	43,5	376,2	395,9	262,4	3559	0,031	616,6	5,77
13:50	10	46,3	43,6	376,2	396,0	262,5	3635	0,032	632,1	5,75
13:55	10	46,1	43,4	376,2	395,9	262,2	3559	0,031	614,3	5,79
14:00	10	46,3	43,6	376,2	396,0	262,5	3370	0,030	586,0	5,75
14:05	10	46,0	43,3	376,2	395,8	262,1	3597	0,032	618,4	5,82
14:10	10	46,1	43,4	376,2	395,9	262,2	3749	0,033	646,9	5,79
14:15	10	46,0	43,3	376,2	395,8	262,1	3673	0,032	631,5	5,82
14:20	9	46,5	43,8	375,7	396,1	262,8	3749	0,033	677,6	5,53
14:25	10	46,0	43,3	376,2	395,8	262,1	3862	0,034	664,0	5,82
14:30	10	46,2	43,5	376,2	395,9	262,4	3635	0,032	629,7	5,77
14:35	10	46,6	43,9	376,2	396,1	263,0	3749	0,033	659,3	5,69
14:40	10	46,2	43,5	376,2	395,9	262,4	3749	0,033	649,4	5,77
14:45	10	46,2	43,5	376,2	395,9	262,4	3597	0,032	623,2	5,77
14:50	10	46,2	43,5	376,2	395,9	262,4	3521	0,031	610,0	5,77

Zpracování dat pro den 30. června 2015

ČAS	TEPLOTA NA VÝPARNÍKU	TEPLOTA NA KONDENZÁTORU	TEPLTNÍ SKLUZ	ENTALPIE STAVU 1	ENTALPIE STAVU 2	ENTALPIE STAVU 3	CHLADICÍ VÝKON	HMOTNOSTNÍ TOK CHLADIVA	ADIABATICKÝ PŘÍKON KOMPRESORU	CHLADICÍ FAKTOR
$\tau$	$t_v$	$t_k$	$t_k$	$h_1$	$h_2$	$h_3 = h_4$	$Q_{ch}$	$m$	$P$	EER
[h]	[°C]	[°C]	[°C]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[W]	[kg/s]	[W]	[-]
11:10	15	46,2	43,5	379,0	395,3	262,4	2196	0,019	307,0	7,15
11:15	10	46,6	43,9	376,2	396,1	263,0	3938	0,035	692,6	5,69
11:20	8	46,7	44,0	375,2	396,2	263,1	4544	0,041	853,8	5,32
11:25	7	46,7	44,0	374,7	396,5	263,1	4733	0,042	926,4	5,11
11:30	7	46,2	43,5	374,7	396,3	262,4	4847	0,043	931,7	5,20
11:35	7	46,2	43,5	374,7	396,3	262,4	4809	0,043	924,4	5,20
11:40	7	46,2	43,5	374,7	396,3	262,4	4922	0,044	946,3	5,20
11:45	7	46,2	43,5	374,7	396,3	262,4	4884	0,043	939,0	5,20
11:50	7	46,6	43,9	374,7	396,5	263,0	4922	0,044	960,0	5,13
11:55	7	46,7	44,0	374,7	396,5	263,1	4809	0,043	941,2	5,11
12:00	7	47,0	44,3	374,7	396,7	263,6	4733	0,043	936,4	5,05
12:05	7	46,8	44,1	374,7	396,6	263,3	4733	0,042	929,7	5,09
12:10	7	47,2	44,5	374,7	396,8	263,9	4771	0,043	950,7	5,02
12:15	7	47,8	45,1	374,7	397,0	264,9	4771	0,043	971,1	4,91
12:20	8	47,7	45,0	375,2	396,7	264,7	4544	0,041	885,1	5,13
12:25	8	47,7	45,0	375,2	396,7	264,7	4392	0,040	855,6	5,13
12:30	8	48,0	45,3	375,2	396,9	265,2	4392	0,040	864,8	5,08
12:35	8	47,8	45,1	375,2	396,8	264,9	4316	0,039	843,9	5,12
12:40	9	47,7	45,0	375,7	396,7	264,7	4014	0,036	758,1	5,29
12:45	9	48,2	45,5	375,7	396,9	265,5	4089	0,037	786,6	5,20
12:50	9	48,2	45,5	375,7	396,9	265,5	4127	0,037	793,8	5,20
12:55	9	48,3	45,6	375,7	396,9	265,6	4089	0,037	789,4	5,18
13:00	9	48,0	45,3	375,7	396,8	265,2	4089	0,037	780,9	5,24
13:05	9	48,0	45,3	375,7	396,8	265,2	3938	0,036	752,0	5,24
13:10	9	47,8	45,1	375,7	396,7	264,9	4051	0,037	768,1	5,27
13:15	9	48,0	45,3	375,7	396,8	265,2	3938	0,036	752,0	5,24
13:20	8	47,6	44,9	375,2	396,7	264,6	4089	0,037	793,8	5,15
13:25	9	47,3	44,6	375,7	396,5	264,1	3711	0,033	690,7	5,37
13:30	9	47,6	44,9	375,7	396,6	264,6	3786	0,034	712,6	5,31
13:35	9	48,1	45,4	375,7	396,8	265,3	3521	0,032	674,9	5,22
13:40	9	48,0	45,3	375,7	396,8	265,2	3938	0,036	752,0	5,24
13:45	8	47,6	44,9	375,2	396,7	264,6	4051	0,037	786,4	5,15
13:50	9	47,8	45,1	375,7	396,7	264,9	3862	0,035	732,2	5,27
13:55	9	47,6	44,9	375,7	396,6	264,6	3673	0,033	691,2	5,31

14:00	9	47,3	44,6	375,7	396,5	264,1	3786	0,034	704,8	5,37
14:05	9	48,0	45,3	375,7	396,8	265,2	3673	0,033	701,3	5,24
14:10	9	48,1	45,4	375,7	396,8	265,3	3597	0,033	689,4	5,22
14:15	9	48,1	45,4	375,7	396,8	265,3	3862	0,035	740,2	5,22
14:20	9	47,2	44,5	375,7	396,4	263,9	3824	0,034	709,3	5,39
14:25	9	47,7	45,0	375,7	396,7	264,7	3673	0,033	693,7	5,29
14:30	9	47,3	44,6	375,7	396,5	264,1	3559	0,032	662,6	5,37
14:35	9	47,1	44,4	375,7	396,4	263,8	3786	0,034	699,7	5,41

Zpracování dat pro den 1. července 2015

ČAS	TEPLOTA NA VÝPARNÍKU	TEPLOTA NA KONDENZÁTORU	TEPLTNÍ SKLUZ	ENTALPIE STAVU 1	ENTALPIE STAVU 2	ENTALPIE STAVU 3	CHLADICÍ VÝKON	HMOTNOSTNÍ TOK CHLADIVA	ADIABATICKÝ PŘÍKON KOMPRESORU	CHLADICÍ FAKTOR
$\tau$	$t_v$	$t_k$	$t_k$	$h_1$	$h_2$	$h_3 = h_4$	$Q_{ch}$	$m$	$P$	EER
[h]	[°C]	[°C]	[°C]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[W]	[kg/s]	[W]	[-]
10:30	11	46,3	43,6	376,7	395,9	262,5	3218	0,028	539,3	5,97
10:35	10	46,2	43,5	376,2	395,9	262,4	3749	0,033	649,4	5,77
10:40	10	46,6	43,9	376,2	396,1	263,0	3635	0,032	639,3	5,69
10:45	10	47,2	44,5	376,2	396,4	263,9	3749	0,033	674,2	5,56
10:50	10	47,2	44,5	376,2	396,4	263,9	3824	0,034	687,9	5,56
10:55	10	47,5	44,8	376,2	396,5	264,4	3862	0,035	702,5	5,50
11:00	10	47,3	44,6	376,2	396,4	264,1	3786	0,034	683,6	5,54
11:05	10	47,7	45,0	376,2	396,6	264,7	3673	0,033	673,0	5,46
11:10	10	47,7	45,0	376,2	396,6	264,7	3711	0,033	679,9	5,46
11:15	10	47,2	44,5	376,2	396,4	263,9	3786	0,034	681,1	5,56
11:20	10	47,0	44,3	376,2	396,3	263,6	3597	0,032	642,2	5,60
11:25	9	47,2	44,5	375,7	396,4	263,9	3862	0,035	716,3	5,39
11:30	10	47,2	44,5	376,2	396,4	263,9	3559	0,032	640,2	5,56
11:35	10	47,8	45,1	376,2	396,7	264,9	3673	0,033	675,5	5,44
11:40	10	48,2	45,5	376,2	396,9	265,5	3483	0,031	650,2	5,36
11:45	10	47,6	44,9	376,2	396,6	264,6	3332	0,030	608,3	5,48
11:50	10	47,0	44,3	376,2	396,3	263,6	3521	0,031	628,7	5,60
11:55	9	47,7	45,0	375,7	396,7	264,7	3673	0,033	693,7	5,29
12:00	9	48,2	45,5	375,7	396,9	265,5	3673	0,033	706,4	5,20
12:05	9	48,8	46,1	375,7	397,2	266,4	3786	0,035	744,2	5,09
12:10	9	48,2	45,5	375,7	396,9	265,5	3749	0,034	721,0	5,20
12:15	9	48,1	45,4	375,7	396,8	265,3	3824	0,035	732,9	5,22
12:20	9	47,7	45,0	375,7	396,7	264,7	3786	0,034	715,2	5,29
12:25	9	47,2	44,5	375,7	396,4	263,9	3749	0,034	695,2	5,39
12:30	9	47,1	44,4	375,7	396,4	263,8	3711	0,033	685,7	5,41
12:35	9	47,3	44,6	375,7	396,5	264,1	3786	0,034	704,8	5,37
12:40	10	47,6	44,9	376,2	396,6	264,6	3521	0,032	642,9	5,48
12:45	9	48,2	45,5	375,7	396,9	265,5	3711	0,034	713,7	5,20
12:50	9	49,0	46,3	375,7	397,3	266,7	3635	0,033	719,6	5,05
12:55	9	49,2	46,5	375,7	397,4	267,0	3635	0,033	724,7	5,02
13:00	10	49,5	46,8	376,2	397,5	267,5	3749	0,034	733,6	5,11
13:05	9	48,2	45,5	375,7	396,9	265,5	3749	0,034	721,0	5,20
13:10	9	48,7	46,0	375,7	397,1	266,3	3786	0,035	741,5	5,11
13:15	10	48,6	45,9	376,2	397,0	266,1	3483	0,032	659,8	5,28

13:20	10	48,3	45,6	376,2	396,9	265,6	3446	0,031	645,5	5,34
13:25	10	48,5	45,8	376,2	397,0	266,0	3218	0,029	607,4	5,30
13:30	9	48,3	45,6	375,7	396,9	265,6	3862	0,035	745,5	5,18
13:35	9	48,3	45,6	375,7	396,9	265,6	3862	0,035	745,5	5,18
13:40	9	48,0	45,3	375,7	396,8	265,2	3862	0,035	737,5	5,24
13:45	10	47,7	45,0	376,2	396,6	264,7	3673	0,033	673,0	5,46
13:50	10	48,0	45,3	376,2	396,8	265,2	3673	0,033	680,5	5,40
13:55	10	48,3	45,6	376,2	396,9	265,6	3559	0,032	666,8	5,34
14:00	9	48,3	45,6	375,7	396,9	265,6	3711	0,034	716,3	5,18
14:05	9	48,6	45,9	375,7	397,1	266,1	3673	0,034	716,7	5,12
14:10	9	48,5	45,8	375,7	397,0	266,0	3786	0,035	736,2	5,14
14:15	9	48,1	45,4	375,7	396,8	265,3	3786	0,034	725,7	5,22
14:20	9	48,2	45,5	375,7	396,9	265,5	3862	0,035	742,9	5,20
14:25	10	48,3	45,6	376,2	396,9	265,6	3483	0,032	652,6	5,34
14:30	9	48,5	45,8	375,7	397,0	266,0	3749	0,034	728,9	5,14
14:35	9	48,2	45,5	375,7	396,9	265,5	3597	0,033	691,9	5,20
14:40	9	48,2	45,5	375,7	396,9	265,5	3900	0,035	750,1	5,20
14:45	9	48,2	45,5	375,7	396,9	265,5	3559	0,032	684,6	5,20
14:50	9	48,5	45,8	375,7	397,0	266,0	3711	0,034	721,5	5,14
14:55	9	48,6	45,9	375,7	397,1	266,1	3673	0,034	716,7	5,12
15:00	9	48,2	45,5	375,7	396,9	265,5	3824	0,035	735,6	5,20
15:05	9	48,3	45,6	375,7	396,9	265,6	3749	0,034	723,6	5,18
15:10	9	48,5	45,8	375,7	397,0	266,0	3862	0,035	750,9	5,14
15:15	10	48,2	45,5	376,2	396,9	265,5	3673	0,033	685,5	5,36
15:20	9	48,7	46,0	375,7	397,1	266,3	3786	0,035	741,5	5,11
15:25	9	49,1	46,4	375,7	397,3	266,9	3786	0,035	752,2	5,03
15:30	9	49,1	46,4	375,7	397,3	266,9	3824	0,035	759,8	5,03
15:35	9	49,2	46,5	375,7	397,4	267,0	3824	0,035	762,5	5,02
15:40	9	48,8	46,1	375,7	397,2	266,4	3711	0,034	729,3	5,09
15:45	9	48,7	46,0	375,7	397,1	266,3	3786	0,035	741,5	5,11
15:50	9	48,7	46,0	375,7	397,1	266,3	3900	0,036	763,8	5,11
15:55	9	48,6	45,9	375,7	397,1	266,1	3673	0,034	716,7	5,12
16:00	9	48,5	45,8	375,7	397,0	266,0	3597	0,033	699,4	5,14
16:05	9	48,2	45,5	375,7	396,9	265,5	3673	0,033	706,4	5,20
16:10	9	48,5	45,8	375,7	397,0	266,0	3673	0,033	714,1	5,14
16:15	9	47,8	45,1	375,7	396,7	264,9	3635	0,033	689,1	5,27
16:20	9	48,0	45,3	375,7	396,8	265,2	3786	0,034	723,0	5,24
16:25	9	48,1	45,4	375,7	396,8	265,3	3862	0,035	740,2	5,22
16:30	9	48,2	45,5	375,7	396,9	265,5	3900	0,035	750,1	5,20
16:35	9	48,2	45,5	375,7	396,9	265,5	3597	0,033	691,9	5,20
16:40	9	48,1	45,4	375,7	396,8	265,3	3938	0,036	754,7	5,22
16:45	9	48,2	45,5	375,7	396,9	265,5	3862	0,035	742,9	5,20
16:50	9	48,2	45,5	375,7	396,9	265,5	3862	0,035	742,9	5,20
16:55	10	48,2	45,5	376,2	396,9	265,5	3711	0,034	692,6	5,36
17:00	9	47,8	45,1	375,7	396,7	264,9	3824	0,035	725,0	5,27



17:05	9	48,1	45,4	375,7	396,8	265,3	3824	0,035	732,9	5,22
17:10	9	48,0	45,3	375,7	396,8	265,2	3749	0,034	715,8	5,24
17:15	9	47,7	45,0	375,7	396,7	264,7	3976	0,036	751,0	5,29
17:20	9	47,6	44,9	375,7	396,6	264,6	3749	0,034	705,5	5,31
17:25	9	47,5	44,8	375,7	396,6	264,4	3786	0,034	710,0	5,33
17:30	9	47,2	44,5	375,7	396,4	263,9	3976	0,036	737,4	5,39
17:35	9	47,1	44,4	375,7	396,4	263,8	4089	0,037	755,7	5,41
17:40	9	47,1	44,4	375,7	396,4	263,8	3786	0,034	699,7	5,41
17:45	9	47,0	44,3	375,7	396,3	263,6	4051	0,036	745,9	5,43
17:50	9	47,0	44,3	375,7	396,3	263,6	3824	0,034	704,1	5,43
17:55	9	46,7	44,0	375,7	396,2	263,1	4014	0,036	730,8	5,49
18:00	9	46,6	43,9	375,7	396,1	263,0	3900	0,035	707,5	5,51
18:05	9	46,5	43,8	375,7	396,1	262,8	3824	0,034	691,2	5,53
18:10	9	46,5	43,8	375,7	396,1	262,8	3559	0,032	643,3	5,53
18:15	9	46,3	43,6	375,7	396,0	262,5	3938	0,035	706,5	5,57
18:20	9	46,2	43,5	375,7	395,9	262,4	3976	0,035	710,7	5,59
18:25	9	46,2	43,5	375,7	395,9	262,4	3749	0,033	670,1	5,59
18:30	9	46,1	43,4	375,7	395,9	262,2	3635	0,032	647,3	5,62
18:35	9	46,0	43,3	375,7	395,9	262,1	3938	0,035	698,7	5,64
18:40	9	45,7	43,0	375,7	395,7	261,6	3900	0,034	684,3	5,70
18:45	8	45,7	43,0	375,2	395,8	261,6	3900	0,034	706,6	5,52
18:50	9	45,6	42,9	375,7	395,7	261,4	3597	0,031	628,8	5,72
18:55	9	45,6	42,9	375,7	395,7	261,4	3862	0,034	675,1	5,72
19:00	9	45,3	42,6	375,7	395,5	261,0	3749	0,033	647,9	5,79
19:05	9	45,2	42,5	375,7	395,5	260,8	3673	0,032	632,4	5,81
19:10	9	45,1	42,4	375,7	395,4	260,7	3749	0,033	643,0	5,83
19:15	9	45,0	42,3	375,7	395,4	260,5	3749	0,033	640,6	5,85
19:20	9	44,8	42,1	375,7	395,3	260,2	3635	0,031	616,5	5,90
19:25	9	44,7	42,0	375,7	395,2	260,0	3635	0,031	614,1	5,92
19:30	9	44,7	42,0	375,7	395,2	260,0	3559	0,031	601,4	5,92
19:35	9	44,6	41,9	375,7	395,2	259,9	3521	0,030	592,7	5,94
19:40	9	44,6	41,9	375,7	395,2	259,9	3521	0,030	592,7	5,94
19:45	9	44,3	41,6	375,7	395,0	259,4	3483	0,030	579,6	6,01
19:50	9	44,2	41,5	375,7	395,0	259,2	3673	0,032	608,8	6,03
19:55	9	44,1	41,4	375,7	394,9	259,1	3673	0,031	606,5	6,06
20:00	9	44,0	41,3	375,7	394,9	258,9	3483	0,030	573,0	6,08
20:05	9	44,0	41,3	375,7	394,9	258,9	3673	0,031	604,2	6,08
20:10	9	43,8	41,1	375,7	394,8	258,6	3597	0,031	587,2	6,13
20:15	9	43,8	41,1	375,7	394,8	258,6	3483	0,030	568,6	6,13
20:20	9	43,7	41,0	375,7	394,8	258,5	3559	0,030	578,7	6,15
20:25	9	43,6	40,9	375,7	394,7	258,3	3483	0,030	564,2	6,17
20:30	9	43,6	40,9	375,7	394,7	258,3	3521	0,030	570,4	6,17
20:35	9	43,5	40,8	375,7	394,7	258,2	3446	0,029	555,9	6,20
20:40	9	43,3	40,6	375,7	394,6	257,8	3521	0,030	563,8	6,25
20:45	9	43,2	40,5	375,7	394,5	257,7	3597	0,030	573,6	6,27

20:50	9	43,2	40,5	375,7	394,5	257,7	3446	0,029	549,5	6,27
20:55	9	43,2	40,5	375,7	394,5	257,7	3446	0,029	549,5	6,27
21:00	9	43,2	40,5	375,7	394,5	257,7	3408	0,029	543,5	6,27
21:05	9	43,1	40,4	375,7	394,5	257,5	3483	0,029	553,4	6,30
21:10	9	43,0	40,3	375,7	394,4	257,4	3559	0,030	563,2	6,32
21:15	9	43,0	40,3	375,7	394,4	257,4	3370	0,028	533,2	6,32
21:20	9	42,8	40,1	375,7	394,3	257,1	3559	0,030	558,8	6,37
21:25	9	42,7	40,0	375,7	394,3	256,9	3370	0,028	527,0	6,40
21:30	9	42,7	40,0	375,7	394,3	256,9	3370	0,028	527,0	6,40
21:35	9	42,7	40,0	375,7	394,3	256,9	3408	0,029	532,9	6,40
21:40	9	42,6	39,9	375,7	394,2	256,7	3408	0,029	530,8	6,42
21:45	9	42,5	39,8	375,7	394,2	256,6	3294	0,028	511,1	6,45
21:50	9	42,5	39,8	375,7	394,2	256,6	3483	0,029	540,5	6,45
21:55	9	42,3	39,6	375,7	394,1	256,3	3370	0,028	518,8	6,50
22:00	9	42,3	39,6	375,7	394,1	256,3	3332	0,028	512,9	6,50
22:05	9	42,3	39,6	375,7	394,1	256,3	3256	0,027	501,3	6,50
22:10	9	42,2	39,5	375,7	394,0	256,1	3332	0,028	510,9	6,52
22:15	8	42,2	39,5	375,2	394,1	256,1	3559	0,030	565,0	6,30
22:20	9	42,2	39,5	375,7	394,0	256,1	3218	0,027	493,5	6,52
22:25	9	42,2	39,5	375,7	394,0	256,1	3332	0,028	510,9	6,52
22:30	8	42,2	39,5	375,2	394,1	256,1	3370	0,028	535,0	6,30
22:35	8	42,2	39,5	375,2	394,1	256,1	3332	0,028	529,0	6,30
22:40	9	42,2	39,5	375,7	394,0	256,1	3218	0,027	493,5	6,52
22:45	8	42,2	39,5	375,2	394,1	256,1	3218	0,027	510,9	6,30
22:50	8	42,2	39,5	375,2	394,1	256,1	3635	0,031	577,0	6,30
22:55	8	42,2	39,5	375,2	394,1	256,1	3446	0,029	547,0	6,30
23:00	8	42,2	39,5	375,2	394,1	256,1	3483	0,029	553,0	6,30
23:05	8	42,0	39,3	375,2	394,0	255,8	3294	0,028	518,9	6,35
23:10	8	41,7	39,0	375,2	393,8	255,4	3483	0,029	542,4	6,42
23:15	8	41,3	38,6	375,2	393,6	254,8	3635	0,030	557,2	6,52
23:20	8	41,1	38,4	375,2	393,6	254,5	3483	0,029	529,8	6,58
23:25	8	41,0	38,3	375,2	393,5	254,3	3521	0,029	533,4	6,60
23:30	8	40,7	38,0	375,2	393,4	253,9	3521	0,029	527,1	6,68
23:35	8	40,6	37,9	375,2	393,3	253,7	3446	0,028	513,8	6,71
23:40	8	40,5	37,8	375,2	393,3	253,5	3597	0,030	534,2	6,73
23:45	8	40,3	37,6	375,2	393,2	253,2	3483	0,029	513,2	6,79
23:50	8	40,3	37,6	375,2	393,2	253,2	3521	0,029	518,8	6,79
23:55	8	40,2	37,5	375,2	393,1	253,1	3408	0,028	500,1	6,81

Zpracování dat pro den 2. července 2015

ČAS	TEPLOTA NA VÝPARNÍKU	TEPLOTA NA KONDENZÁTORU	TEPLTNÍ SKLUZ	ENTALPIE STAVU 1	ENTALPIE STAVU 2	ENTALPIE STAVU 3	CHLADICÍ VÝKON	HMOTNOSTNÍ TOK CHLADIVA	ADIABATICKÝ PŘÍKON KOMPRESORU	CHLADICÍ FAKTOR
$\tau$	$t_v$	$t_k$	$t_k$	$h_1$	$h_2$	$h_3 = h_4$	$Q_{ch}$	$m$	$P$	EER
[h]	[°C]	[°C]	[°C]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[W]	[kg/s]	[W]	[-]
0:00	8	39,8	37,0	375,2	392,9	252,3	3332	0,027	480,5	6,93
0:05	8	39,7	36,9	375,2	392,9	252,2	3446	0,028	494,9	6,96
0:10	8	39,3	36,5	375,2	392,7	251,6	3483	0,028	492,3	7,08
0:15	8	39,2	36,4	375,2	392,6	251,4	3256	0,026	458,3	7,11
0:20	8	39,2	36,4	375,2	392,6	251,4	3370	0,027	474,3	7,11
0:25	8	39,1	36,3	375,2	392,6	251,3	3332	0,027	467,0	7,13
0:30	8	39,1	36,3	375,2	392,6	251,3	3446	0,028	483,0	7,13
0:35	8	39,0	36,2	375,2	392,5	251,1	3294	0,027	459,8	7,16
0:40	8	38,7	35,9	375,2	392,4	250,7	3408	0,027	469,8	7,25
0:45	8	38,7	35,9	375,2	392,4	250,7	3181	0,026	438,5	7,25
0:50	8	39,0	36,2	375,2	392,5	251,1	3332	0,027	465,1	7,16
0:55	8	39,1	36,3	375,2	392,6	251,3	3408	0,027	477,7	7,13
1:00	8	39,0	36,2	375,2	392,5	251,1	3332	0,027	465,1	7,16
1:05	8	39,0	36,2	375,2	392,5	251,1	3370	0,027	470,4	7,16
1:10	8	39,1	36,3	375,2	392,6	251,3	3332	0,027	467,0	7,13
1:15	8	39,0	36,2	375,2	392,5	251,1	3332	0,027	465,1	7,16
1:20	8	38,8	36,0	375,2	392,4	250,8	3294	0,026	456,1	7,22
1:25	8	38,7	35,9	375,2	392,4	250,7	3521	0,028	485,5	7,25
1:30	8	38,7	35,9	375,2	392,4	250,7	3446	0,028	475,1	7,25
1:35	8	38,7	35,9	375,2	392,4	250,7	3370	0,027	464,6	7,25
1:40	8	38,7	35,9	375,2	392,4	250,7	3332	0,027	459,4	7,25
1:45	8	38,7	35,9	375,2	392,4	250,7	3370	0,027	464,6	7,25
1:50	8	38,3	35,5	375,2	392,2	250,0	3332	0,027	451,8	7,37
1:55	8	38,2	35,4	375,2	392,1	249,9	3370	0,027	455,1	7,41
2:00	8	38,1	35,3	375,2	392,1	249,7	3332	0,027	448,1	7,44
2:05	8	38,0	35,2	375,2	392,0	249,6	3256	0,026	436,0	7,47
2:10	8	38,0	35,2	375,2	392,0	249,6	3370	0,027	451,2	7,47
2:15	8	38,0	35,2	375,2	392,0	249,6	3256	0,026	436,0	7,47
2:20	8	38,0	35,2	375,2	392,0	249,6	3294	0,026	441,1	7,47
2:25	8	38,0	35,2	375,2	392,0	249,6	3294	0,026	441,1	7,47
2:30	8	38,0	35,2	375,2	392,0	249,6	3143	0,025	420,8	7,47
2:35	8	38,0	35,2	375,2	392,0	249,6	3370	0,027	451,2	7,47
2:40	7	38,0	35,2	374,7	392,2	249,6	3408	0,027	477,8	7,13
2:45	8	37,8	35,0	375,2	391,9	249,3	3181	0,025	422,3	7,53

2:50	8	37,8	35,0	375,2	391,9	249,3	3256	0,026	432,4	7,53
2:55	8	37,7	34,9	375,2	391,9	249,1	3332	0,026	440,6	7,56
3:00	8	37,5	34,7	375,2	391,8	248,8	3143	0,025	412,0	7,63
3:05	8	37,5	34,7	375,2	391,8	248,8	3181	0,025	417,0	7,63
3:10	8	37,5	34,7	375,2	391,8	248,8	3143	0,025	412,0	7,63
3:15	8	37,6	34,8	375,2	391,8	249,0	3181	0,025	418,8	7,60
3:20	8	37,6	34,8	375,2	391,8	249,0	3143	0,025	413,8	7,60
3:25	8	37,5	34,7	375,2	391,8	248,8	3105	0,025	407,1	7,63
3:30	8	37,2	34,4	375,2	391,6	248,4	3256	0,026	421,5	7,73
3:35	8	37,2	34,4	375,2	391,6	248,4	3294	0,026	426,4	7,73
3:40	8	37,0	34,2	375,2	391,5	248,1	2953	0,023	379,0	7,79
3:45	8	37,0	34,2	375,2	391,5	248,1	3029	0,024	388,7	7,79
3:50	8	37,1	34,3	375,2	391,6	248,2	2916	0,023	375,8	7,76
3:55	8	37,2	34,4	375,2	391,6	248,4	3181	0,025	411,7	7,73
4:00	8	37,2	34,4	375,2	391,6	248,4	3067	0,024	397,0	7,73
4:05	8	37,3	34,5	375,2	391,7	248,5	3067	0,024	398,7	7,69
4:10	8	37,6	34,8	375,2	391,8	249,0	3105	0,025	408,8	7,60
4:15	8	37,7	34,9	375,2	391,9	249,1	3143	0,025	415,5	7,56
4:20	8	37,7	34,9	375,2	391,9	249,1	3067	0,024	405,5	7,56
4:25	8	38,0	35,2	375,2	392,0	249,6	2991	0,024	400,5	7,47
4:30	7	38,1	35,3	374,7	392,3	249,7	3332	0,027	469,1	7,10
4:35	8	38,2	35,4	375,2	392,1	249,9	3105	0,025	419,3	7,41
4:40	8	38,5	35,7	375,2	392,3	250,3	3181	0,025	434,9	7,31
4:45	8	38,6	35,8	375,2	392,3	250,5	2953	0,024	405,5	7,28
4:50	7	38,7	35,9	374,7	392,6	250,7	3294	0,027	475,2	6,93
4:55	8	39,1	36,3	375,2	392,6	251,3	3181	0,026	445,8	7,13
5:00	8	39,2	36,4	375,2	392,6	251,4	3029	0,024	426,3	7,11
5:05	9	39,6	36,8	375,7	392,7	252,0	2802	0,023	386,2	7,25
5:10	8	39,5	36,7	375,2	392,8	251,9	3067	0,025	437,0	7,02
5:15	8	39,6	36,8	375,2	392,8	252,0	3067	0,025	438,7	6,99
5:20	8	39,6	36,8	375,2	392,8	252,0	3256	0,026	465,8	6,99
5:25	7	39,6	36,8	374,7	393,0	252,0	3218	0,026	481,4	6,69
5:30	8	39,7	36,9	375,2	392,9	252,2	2916	0,024	418,8	6,96
5:35	8	40,1	37,4	375,2	393,1	252,9	3143	0,026	459,3	6,84
5:40	8	40,3	37,6	375,2	393,2	253,2	3067	0,025	451,9	6,79
5:45	8	40,7	38,0	375,2	393,4	253,9	2991	0,025	447,8	6,68
5:50	8	41,0	38,3	375,2	393,5	254,3	3029	0,025	458,9	6,60
5:55	8	41,3	38,6	375,2	393,6	254,8	3067	0,025	470,1	6,52
6:00	8	41,6	38,9	375,2	393,8	255,2	3029	0,025	469,8	6,45
6:05	8	41,7	39,0	375,2	393,8	255,4	3105	0,026	483,4	6,42
6:10	7	42,0	39,3	374,7	394,2	255,8	3105	0,026	510,6	6,08
6:15	8	42,0	39,3	375,2	394,0	255,8	3105	0,026	489,1	6,35
6:20	9	42,3	39,6	375,7	394,1	256,3	2575	0,022	396,4	6,50
6:25	8	42,5	39,8	375,2	394,2	256,6	2878	0,024	462,1	6,23
6:30	8	42,7	40,0	375,2	394,3	256,9	3029	0,026	490,2	6,18

6:35	8	43,1	40,4	375,2	394,5	257,5	3029	0,026	497,8	6,08
6:40	8	44,0	41,3	375,2	395,0	258,9	2802	0,024	476,5	5,88
6:45	8	44,2	41,5	375,2	395,1	259,2	2991	0,026	512,5	5,84
6:50	8	44,8	42,1	375,2	395,3	260,2	2840	0,025	497,6	5,71
6:55	8	45,2	42,5	375,2	395,5	260,8	3029	0,026	538,8	5,62
7:00	8	45,2	42,5	375,2	395,5	260,8	2878	0,025	511,8	5,62
7:05	8	45,3	42,6	375,2	395,6	261,0	2991	0,026	534,0	5,60
7:10	8	46,0	43,3	375,2	395,9	262,1	2916	0,026	534,1	5,46
7:15	8	46,1	43,4	375,2	396,0	262,2	3218	0,028	591,7	5,44
7:20	8	46,2	43,5	375,2	396,0	262,4	2916	0,026	538,0	5,42
7:25	8	46,2	43,5	375,2	396,0	262,4	2953	0,026	545,0	5,42
7:30	8	46,2	43,5	375,2	396,0	262,4	2953	0,026	545,0	5,42
7:35	8	46,2	43,5	375,2	396,0	262,4	2991	0,027	552,0	5,42
7:40	8	46,2	43,5	375,2	396,0	262,4	3143	0,028	579,9	5,42
7:45	8	46,0	43,3	375,2	395,9	262,1	2953	0,026	541,0	5,46
7:50	8	46,2	43,5	375,2	396,0	262,4	3067	0,027	565,9	5,42
7:55	8	46,7	44,0	375,2	396,2	263,1	3143	0,028	590,5	5,32
8:00	8	46,8	44,1	375,2	396,3	263,3	3218	0,029	607,0	5,30
8:05	8	46,7	44,0	375,2	396,2	263,1	3105	0,028	583,4	5,32
8:10	8	46,7	44,0	375,2	396,2	263,1	3256	0,029	611,9	5,32
8:15	8	46,8	44,1	375,2	396,3	263,3	2991	0,027	564,1	5,30
8:20	8	47,0	44,3	375,2	396,4	263,6	3029	0,027	575,4	5,26
8:25	8	46,7	44,0	375,2	396,2	263,1	3105	0,028	583,4	5,32
8:30	9	47,0	44,3	375,7	396,3	263,6	2991	0,027	550,7	5,43
8:35	8	46,7	44,0	375,2	396,2	263,1	3181	0,028	597,7	5,32
8:40	8	46,7	44,0	375,2	396,2	263,1	3256	0,029	611,9	5,32
8:45	8	47,0	44,3	375,2	396,4	263,6	3181	0,029	604,2	5,26
8:50	8	47,5	44,8	375,2	396,6	264,4	3218	0,029	622,5	5,17
8:55	8	47,0	44,3	375,2	396,4	263,6	3370	0,030	640,1	5,26
9:00	8	47,1	44,4	375,2	396,4	263,8	3218	0,029	613,6	5,25
9:05	8	47,0	44,3	375,2	396,4	263,6	3256	0,029	618,6	5,26
9:10	7	47,1	44,4	374,7	396,7	263,8	3673	0,033	729,3	5,04
9:15	8	47,2	44,5	375,2	396,5	263,9	3446	0,031	659,3	5,23
9:20	7	47,2	44,5	374,7	396,8	263,9	3559	0,032	709,2	5,02
9:25	7	47,5	44,8	374,7	396,9	264,4	3749	0,034	755,0	4,97
9:30	7	47,7	45,0	374,7	397,0	264,7	3711	0,034	752,7	4,93
9:35	7	47,7	45,0	374,7	397,0	264,7	3711	0,034	752,7	4,93
9:40	8	47,6	44,9	375,2	396,7	264,6	3294	0,030	639,4	5,15
9:45	7	47,6	44,9	374,7	397,0	264,6	3711	0,034	750,0	4,95
9:50	8	47,2	44,5	375,2	396,5	263,9	3446	0,031	659,3	5,23
9:55	7	47,6	44,9	374,7	397,0	264,6	3711	0,034	750,0	4,95
10:00	7	47,7	45,0	374,7	397,0	264,7	3749	0,034	760,3	4,93
10:05	7	47,7	45,0	374,7	397,0	264,7	3711	0,034	752,7	4,93
10:10	7	47,5	44,8	374,7	396,9	264,4	3938	0,036	793,1	4,97
10:15	7	47,7	45,0	374,7	397,0	264,7	3786	0,034	768,0	4,93

10:20	7	47,7	45,0	374,7	397,0	264,7	3711	0,034	752,7	4,93
10:25	7	47,7	45,0	374,7	397,0	264,7	3673	0,033	745,0	4,93
10:30	7	47,8	45,1	374,7	397,0	264,9	3673	0,033	747,6	4,91
10:35	7	47,7	45,0	374,7	397,0	264,7	3786	0,034	768,0	4,93
10:40	7	48,0	45,3	374,7	397,1	265,2	3862	0,035	791,7	4,88
10:45	7	47,8	45,1	374,7	397,0	264,9	3824	0,035	778,5	4,91
10:50	7	48,2	45,5	374,7	397,2	265,5	3900	0,036	805,2	4,84
10:55	7	48,5	45,8	374,7	397,4	266,0	3673	0,034	766,3	4,79
11:00	7	49,1	46,4	374,7	397,7	266,9	3786	0,035	806,8	4,69
11:05	7	49,1	46,4	374,7	397,7	266,9	3824	0,035	814,8	4,69
11:10	7	49,1	46,4	374,7	397,7	266,9	3749	0,035	798,7	4,69
11:15	7	48,8	46,1	374,7	397,5	266,4	3749	0,035	790,4	4,74
11:20	7	48,8	46,1	374,7	397,5	266,4	3824	0,035	806,3	4,74
11:25	7	48,6	45,9	374,7	397,4	266,1	3786	0,035	792,8	4,78
11:30	7	48,7	46,0	374,7	397,5	266,3	3824	0,035	803,5	4,76
11:35	7	48,5	45,8	374,7	397,4	266,0	3786	0,035	790,0	4,79
11:40	7	49,1	46,4	374,7	397,7	266,9	3824	0,035	814,8	4,69
11:45	7	49,5	46,8	374,7	397,8	267,5	3673	0,034	793,6	4,63
11:50	7	49,8	47,1	374,7	398,0	268,0	3824	0,036	834,9	4,58
11:55	7	49,8	47,1	374,7	398,0	268,0	3749	0,035	818,4	4,58
12:00	7	49,5	46,8	374,7	397,8	267,5	3711	0,035	801,7	4,63
12:05	7	49,1	46,4	374,7	397,7	266,9	3824	0,035	814,8	4,69
12:10	7	49,5	46,8	374,7	397,8	267,5	3635	0,034	785,4	4,63
12:15	8	49,8	47,1	375,2	397,7	268,0	3749	0,035	786,5	4,77
12:20	7	49,8	47,1	374,7	398,0	268,0	3749	0,035	818,4	4,58
12:25	7	49,5	46,8	374,7	397,8	267,5	3749	0,035	809,9	4,63
12:30	7	49,1	46,4	374,7	397,7	266,9	3786	0,035	806,8	4,69
12:35	8	49,5	46,8	375,2	397,5	267,5	3635	0,034	754,7	4,82
12:40	8	49,5	46,8	375,2	397,5	267,5	3862	0,036	801,9	4,82
12:45	8	50,0	47,3	375,2	397,8	268,3	3711	0,035	784,0	4,73
12:50	7	49,5	46,8	374,7	397,8	267,5	3786	0,035	818,1	4,63
12:55	7	49,7	47,0	374,7	397,9	267,8	3786	0,035	823,8	4,60
13:00	8	49,7	47,0	375,2	397,6	267,8	3749	0,035	783,7	4,78
13:05	8	49,8	47,1	375,2	397,7	268,0	3749	0,035	786,5	4,77
13:10	7	49,6	46,9	374,7	397,9	267,7	3938	0,037	853,8	4,61
13:15	7	49,8	47,1	374,7	398,0	268,0	3786	0,035	826,7	4,58
13:20	8	49,7	47,0	375,2	397,6	267,8	3711	0,035	775,8	4,78
13:25	7	49,8	47,1	374,7	398,0	268,0	3749	0,035	818,4	4,58
13:30	7	50,0	47,3	374,7	398,1	268,3	3749	0,035	824,1	4,55
13:35	7	49,7	47,0	374,7	397,9	267,8	3824	0,036	832,0	4,60
13:40	8	50,2	47,6	375,2	397,9	268,8	3786	0,036	806,8	4,69
13:45	7	50,2	47,6	374,7	398,2	268,8	3824	0,036	847,8	4,51
13:50	8	50,0	47,3	375,2	397,8	268,3	3749	0,035	792,0	4,73
13:55	8	50,0	47,3	375,2	397,8	268,3	3824	0,036	808,0	4,73
14:00	8	49,8	47,1	375,2	397,7	268,0	3711	0,035	778,5	4,77

14:05	8	49,7	47,0	375,2	397,6	267,8	3749	0,035	783,7	4,78
14:10	8	49,6	46,9	375,2	397,6	267,7	3635	0,034	757,3	4,80
14:15	8	49,8	47,1	375,2	397,7	268,0	3673	0,034	770,6	4,77
14:20	8	49,8	47,1	375,2	397,7	268,0	3673	0,034	770,6	4,77
14:25	8	50,0	47,3	375,2	397,8	268,3	3673	0,034	776,0	4,73
14:30	8	49,8	47,1	375,2	397,7	268,0	3786	0,035	794,4	4,77
14:35	8	50,2	47,6	375,2	397,9	268,8	3749	0,035	798,7	4,69
14:40	8	50,1	47,5	375,2	397,8	268,6	3749	0,035	795,9	4,71
14:45	8	49,8	47,1	375,2	397,7	268,0	3711	0,035	778,5	4,77
14:50	8	50,0	47,3	375,2	397,8	268,3	3711	0,035	784,0	4,73
14:55	7	50,0	47,3	374,7	398,1	268,3	3862	0,036	849,0	4,55
15:00	8	49,6	46,9	375,2	397,6	267,7	3673	0,034	765,2	4,80
15:05	8	49,7	47,0	375,2	397,6	267,8	3749	0,035	783,7	4,78
15:10	8	49,7	47,0	375,2	397,6	267,8	3900	0,036	815,4	4,78
15:15	8	49,8	47,1	375,2	397,7	268,0	3711	0,035	778,5	4,77
15:20	8	49,8	47,1	375,2	397,7	268,0	3635	0,034	762,6	4,77
15:25	8	50,0	47,3	375,2	397,8	268,3	3711	0,035	784,0	4,73
15:30	8	50,1	47,5	375,2	397,8	268,6	3824	0,036	812,0	4,71
15:35	8	49,6	46,9	375,2	397,6	267,7	3711	0,035	773,1	4,80
15:40	8	49,7	47,0	375,2	397,6	267,8	3824	0,036	799,6	4,78
15:45	8	49,8	47,1	375,2	397,7	268,0	3862	0,036	810,3	4,77
15:50	8	49,7	47,0	375,2	397,6	267,8	3711	0,035	775,8	4,78
15:55	8	49,7	47,0	375,2	397,6	267,8	3635	0,034	760,0	4,78
16:00	8	49,7	47,0	375,2	397,6	267,8	3786	0,035	791,7	4,78
16:05	8	49,6	46,9	375,2	397,6	267,7	3711	0,035	773,1	4,80
16:10	8	49,7	47,0	375,2	397,6	267,8	3559	0,033	744,2	4,78
16:15	8	49,6	46,9	375,2	397,6	267,7	3786	0,035	788,9	4,80
16:20	8	49,7	47,0	375,2	397,6	267,8	3559	0,033	744,2	4,78
16:25	8	49,8	47,1	375,2	397,7	268,0	3711	0,035	778,5	4,77
16:30	8	49,5	46,8	375,2	397,5	267,5	3597	0,033	746,8	4,82
16:35	8	49,3	46,6	375,2	397,5	267,2	3673	0,034	757,2	4,85
16:40	8	49,2	46,5	375,2	397,4	267,0	3673	0,034	754,6	4,87
16:45	8	49,2	46,5	375,2	397,4	267,0	3673	0,034	754,6	4,87
16:50	8	49,2	46,5	375,2	397,4	267,0	3673	0,034	754,6	4,87
16:55	8	49,2	46,5	375,2	397,4	267,0	3483	0,032	715,7	4,87
17:00	8	49,2	46,5	375,2	397,4	267,0	3824	0,035	785,7	4,87
17:05	8	49,2	46,5	375,2	397,4	267,0	3711	0,034	762,3	4,87
17:10	8	49,0	46,3	375,2	397,3	266,7	3597	0,033	733,8	4,90
17:15	8	49,1	46,4	375,2	397,4	266,9	4392	0,041	899,2	4,88

Zpracování dat pro den 7. července 2015

ČAS	TEPLOTA NA VÝPARNÍKU	TEPLOTA NA KONDENZÁTORU	TEPLOTNÍ SKLUZ	ENTALPIE STAVU 1	ENTALPIE STAVU 2	ENTALPIE STAVU 3	CHLADICÍ VÝKON	HMOTNOSTNÍ TOK CHLADIVA	ADIABATICKÝ PŘÍKON KOMPRESORU	CHLADICÍ FAKTOR
$\tau$	$t_v$	$t_k$	$t_k$	$h_1$	$h_2$	$h_3 = h_4$	$Q_{ch}$	$m$	$P$	EER
[h]	[°C]	[°C]	[°C]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[W]	[kg/s]	[W]	[-]
11:10	16	53,7	51,1	379,5	398,7	274,4	3256	0,031	593	5,49
11:15	13	53,5	50,9	377,9	399,0	274,0	4316	0,042	877	4,92
11:20	12	53,2	50,6	377,3	399,0	273,5	4619	0,045	966	4,78
11:25	12	53,5	50,9	377,3	399,1	274,0	4582	0,044	968	4,73
11:30	11	53,5	50,9	376,7	399,2	274,0	4884	0,048	1069	4,57
11:35	12	53,7	51,1	377,3	399,2	274,4	4657	0,045	992	4,70
11:40	12	54,0	51,4	377,3	399,4	274,9	4847	0,047	1044	4,64
11:45	12	54,9	52,3	377,3	399,8	276,4	4657	0,046	1037	4,49
11:50	13	54,2	51,6	377,9	399,3	275,2	4316	0,042	901	4,79
11:55	13	54,9	52,3	377,9	399,6	276,4	4089	0,040	876	4,67
12:00	13	54,4	51,8	377,9	399,4	275,6	3862	0,038	812	4,75
12:05	13	54,5	51,9	377,9	399,4	275,7	3635	0,036	767	4,74
12:10	13	54,5	51,9	377,9	399,4	275,7	3332	0,033	703	4,74
12:15	13	54,7	52,1	377,9	399,5	276,1	3408	0,033	725	4,70
12:20	13	54,5	51,9	377,9	399,4	275,7	3635	0,036	767	4,74
12:25	14	54,5	51,9	378,4	399,2	275,7	3521	0,034	712	4,95
12:30	13	54,7	52,1	377,9	399,5	276,1	3786	0,037	805	4,70
12:35	14	54,2	51,6	378,4	399,1	275,2	3370	0,033	674	5,00
12:40	14	54,5	51,9	378,4	399,2	275,7	3446	0,034	697	4,95
12:45	14	54,5	51,9	378,4	399,2	275,7	3483	0,034	704	4,95
12:50	13	53,9	51,3	377,9	399,2	274,7	3635	0,035	750	4,85
12:55	13	54,2	51,6	377,9	399,3	275,2	3711	0,036	775	4,79
13:00	13	54,7	52,1	377,9	399,5	276,1	3938	0,039	838	4,70
13:05	13	54,9	52,3	377,9	399,6	276,4	3673	0,036	787	4,67
13:10	13	54,4	51,8	377,9	399,4	275,6	3673	0,036	772	4,75
13:15	13	55,0	52,4	377,9	399,7	276,6	3749	0,037	806	4,65
13:20	13	54,9	52,3	377,9	399,6	276,4	3824	0,038	820	4,67
13:25	13	55,9	53,3	377,9	400,1	278,1	3711	0,037	825	4,50
13:30	13	54,5	51,9	377,9	399,4	275,7	3597	0,035	759	4,74
13:35	13	54,5	51,9	377,9	399,4	275,7	3824	0,037	807	4,74
13:40	13	55,0	52,4	377,9	399,7	276,6	3635	0,036	782	4,65
13:45	13	55,2	52,6	377,9	399,7	276,9	3824	0,038	829	4,61
13:50	13	55,4	52,8	377,9	399,8	277,3	3673	0,037	802	4,58
13:55	13	55,5	52,9	377,9	399,9	277,4	3635	0,036	797	4,56



14:00	12	55,5	52,9	377,3	400,0	277,4	3900	0,039	888	4,39
14:05	13	55,5	52,9	377,9	399,9	277,4	3786	0,038	830	4,56
14:10	13	55,9	53,3	377,9	400,1	278,1	3673	0,037	817	4,50
14:15	12	55,2	52,6	377,3	399,9	276,9	3938	0,039	887	4,44
14:20	13	55,4	52,8	377,9	399,8	277,3	3749	0,037	818	4,58
14:25	12	55,5	52,9	377,3	400,0	277,4	4051	0,041	922	4,39
14:30	12	55,9	53,3	377,3	400,2	278,1	3862	0,039	892	4,33
14:35	12	55,2	52,6	377,3	399,9	276,9	4089	0,041	921	4,44
14:40	12	55,5	52,9	377,3	400,0	277,4	3862	0,039	879	4,39
14:45	12	55,7	53,1	377,3	400,1	277,8	4165	0,042	955	4,36
14:50	12	56,0	53,4	377,3	400,3	278,3	3938	0,040	913	4,31
14:55	12	56,2	53,6	377,3	400,4	278,6	3824	0,039	893	4,28
15:00	13	56,0	53,4	377,9	400,1	278,3	3711	0,037	829	4,48
15:05	12	55,9	53,3	377,3	400,2	278,1	3749	0,038	866	4,33
15:10	12	55,5	52,9	377,3	400,0	277,4	3976	0,040	905	4,39
15:15	12	56,0	53,4	377,3	400,3	278,3	3786	0,038	878	4,31
15:20	13	56,0	53,4	377,9	400,1	278,3	3786	0,038	845	4,48
15:25	13	55,7	53,1	377,9	400,0	277,8	3749	0,037	828	4,53
15:30	12	56,9	54,3	377,3	400,7	279,8	3938	0,040	943	4,17
15:35	13	56,0	53,4	377,9	400,1	278,3	3711	0,037	829	4,48
15:40	12	55,9	53,3	377,3	400,2	278,1	3938	0,040	910	4,33
15:45	13	56,2	53,6	377,9	400,2	278,6	3711	0,037	835	4,45
15:50	13	56,9	54,3	377,9	400,5	279,8	3862	0,039	892	4,33
15:55	13	56,2	53,6	377,9	400,2	278,6	3635	0,037	818	4,45
16:00	13	56,9	54,3	377,9	400,5	279,8	3824	0,039	883	4,33
16:05	13	55,9	53,3	377,9	400,1	278,1	3673	0,037	817	4,50
16:10	13	56,2	53,6	377,9	400,2	278,6	3597	0,036	809	4,45
16:15	13	56,2	53,6	377,9	400,2	278,6	3370	0,034	758	4,45
16:20	13	56,4	53,8	377,9	400,3	279,0	3559	0,036	807	4,41
16:25	13	56,2	53,6	377,9	400,2	278,6	3749	0,038	843	4,45
16:30	13	56,9	54,3	377,9	400,5	279,8	3408	0,035	787	4,33
16:35	13	56,2	53,6	377,9	400,2	278,6	3559	0,036	801	4,45
16:40	13	56,9	54,3	377,9	400,5	279,8	3559	0,036	822	4,33
16:45	14	56,2	53,6	378,4	399,9	278,6	3370	0,034	727	4,64
16:50	13	56,2	53,6	377,9	400,2	278,6	3408	0,034	767	4,45
16:55	13	56,9	54,3	377,9	400,5	279,8	3521	0,036	813	4,33
17:00	13	56,0	53,4	377,9	400,1	278,3	3635	0,037	812	4,48
17:05	13	56,9	54,3	377,9	400,5	279,8	3446	0,035	795	4,33
17:10	13	56,2	53,6	377,9	400,2	278,6	3521	0,035	792	4,45
17:15	13	56,0	53,4	377,9	400,1	278,3	3559	0,036	795	4,48
17:20	13	55,9	53,3	377,9	400,1	278,1	3332	0,033	741	4,50
17:25	13	55,9	53,3	377,9	400,1	278,1	3521	0,035	783	4,50
17:30	13	55,7	53,1	377,9	400,0	277,8	3294	0,033	727	4,53
17:35	13	55,5	52,9	377,9	399,9	277,4	3256	0,032	714	4,56
17:40	13	55,5	52,9	377,9	399,9	277,4	3332	0,033	730	4,56

17:45	13	55,5	52,9	377,9	399,9	277,4	3446	0,034	755	4,56
17:50	13	55,2	52,6	377,9	399,7	276,9	3143	0,031	681	4,61
17:55	13	55,2	52,6	377,9	399,7	276,9	3294	0,033	714	4,61
18:00	13	55,9	53,3	377,9	400,1	278,1	3294	0,033	733	4,50
18:05	13	54,9	52,3	377,9	399,6	276,4	3332	0,033	714	4,67
18:10	13	54,7	52,1	377,9	399,5	276,1	3521	0,035	749	4,70
18:15	13	54,7	52,1	377,9	399,5	276,1	3332	0,033	709	4,70
18:20	13	54,5	51,9	377,9	399,4	275,7	3294	0,032	695	4,74
18:25	13	54,5	51,9	377,9	399,4	275,7	3483	0,034	735	4,74
18:30	13	54,4	51,8	377,9	399,4	275,6	3332	0,033	701	4,75
18:35	13	54,9	52,3	377,9	399,6	276,4	3446	0,034	738	4,67
18:40	13	54,0	51,4	377,9	399,2	274,9	3408	0,033	706	4,83
18:45	13	53,9	51,3	377,9	399,2	274,7	3370	0,033	695	4,85
18:50	13	53,7	51,1	377,9	399,1	274,4	3408	0,033	698	4,88
18:55	13	53,5	50,9	377,9	399,0	274,0	3408	0,033	693	4,92
19:00	13	53,5	50,9	377,9	399,0	274,0	3408	0,033	693	4,92
19:05	13	53,2	50,6	377,9	398,8	273,5	3483	0,033	700	4,98
19:10	13	53,9	51,3	377,9	399,2	274,7	3370	0,033	695	4,85
19:15	13	53,9	51,3	377,9	399,2	274,7	3332	0,032	688	4,85
19:20	13	53,0	50,4	377,9	398,7	273,2	3446	0,033	687	5,01
19:25	13	52,7	50,1	377,9	398,6	272,7	3446	0,033	679	5,07
19:30	13	52,7	50,1	377,9	398,6	272,7	3446	0,033	679	5,07
19:35	13	52,5	49,9	377,9	398,5	272,3	3446	0,033	674	5,11
19:40	12	52,3	49,7	377,3	398,6	272,0	3408	0,032	689	4,95
19:45	12	52,2	49,6	377,3	398,5	271,9	3370	0,032	679	4,96
19:50	12	52,1	49,5	377,3	398,5	271,7	3521	0,033	707	4,98
19:55	12	52,0	49,4	377,3	398,5	271,6	3597	0,034	719	5,00
20:00	12	51,7	49,1	377,3	398,3	271,1	3446	0,032	682	5,06
20:05	12	51,7	49,1	377,3	398,3	271,1	3483	0,033	689	5,06
20:10	12	51,5	48,9	377,3	398,2	270,8	3408	0,032	669	5,09
20:15	13	51,3	48,7	377,9	398,0	270,5	3408	0,032	638	5,34
20:20	12	51,2	48,6	377,3	398,1	270,3	3446	0,032	669	5,15
20:25	12	51,1	48,5	377,3	398,0	270,2	3408	0,032	659	5,17
20:30	12	51,0	48,4	377,3	398,0	270,0	3332	0,031	642	5,19
20:35	12	50,8	48,2	377,3	397,9	269,7	3559	0,033	681	5,23
20:40	12	50,7	48,1	377,3	397,9	269,5	3559	0,033	679	5,25
20:45	12	50,7	48,1	377,3	397,9	269,5	3521	0,033	671	5,25
20:50	12	50,6	48,0	377,3	397,8	269,4	3446	0,032	654	5,26
20:55	12	50,3	47,7	377,3	397,7	268,9	3635	0,034	683	5,32
21:00	12	50,3	47,7	377,3	397,7	268,9	3597	0,033	676	5,32
21:05	12	50,2	47,6	377,3	397,6	268,8	3446	0,032	645	5,34
21:10	12	50,1	47,5	377,3	397,6	268,6	3446	0,032	642	5,36
21:15	12	49,8	47,1	377,3	397,4	268,0	3559	0,033	655	5,43
21:20	12	49,7	47,0	377,3	397,4	267,8	3483	0,032	639	5,45
21:25	12	49,7	47,0	377,3	397,4	267,8	3673	0,034	674	5,45

21:30	12	49,7	47,0	377,3	397,4	267,8	3332	0,030	611	5,45
21:35	11	49,6	46,9	376,7	397,4	267,7	3597	0,033	683	5,27
21:40	11	49,5	46,8	376,7	397,4	267,5	3597	0,033	680	5,29
21:45	12	49,3	46,6	377,3	397,2	267,2	3483	0,032	629	5,53
21:50	11	49,2	46,5	376,7	397,3	267,0	3559	0,032	665	5,35
21:55	12	49,2	46,5	377,3	397,2	267,0	3483	0,032	627	5,56
22:00	11	49,1	46,4	376,7	397,2	266,9	3711	0,034	691	5,37
22:05	11	49,0	46,3	376,7	397,2	266,7	3673	0,033	682	5,39
22:10	11	48,8	46,1	376,7	397,1	266,4	3597	0,033	663	5,43
22:15	12	48,8	46,1	377,3	397,0	266,4	3483	0,031	618	5,64
22:20	11	48,7	46,0	376,7	397,0	266,3	3786	0,034	695	5,45
22:25	11	48,7	46,0	376,7	397,0	266,3	3711	0,034	681	5,45
22:30	11	48,6	45,9	376,7	397,0	266,1	3711	0,034	679	5,47
22:35	11	48,5	45,8	376,7	396,9	266,0	3749	0,034	683	5,49
22:40	11	48,3	45,6	376,7	396,8	265,6	3635	0,033	657	5,53
22:45	11	48,2	45,5	376,7	396,8	265,5	3786	0,034	682	5,55
22:50	11	48,1	45,4	376,7	396,7	265,3	3786	0,034	680	5,57
22:55	11	48,0	45,3	376,7	396,7	265,2	3711	0,033	663	5,59
23:00	11	47,8	45,1	376,7	396,6	264,9	3786	0,034	672	5,64
23:05	11	47,8	45,1	376,7	396,6	264,9	3559	0,032	632	5,64
23:10	11	47,8	45,1	376,7	396,6	264,9	3749	0,034	665	5,64
23:15	11	47,8	45,1	376,7	396,6	264,9	3749	0,034	665	5,64
23:20	11	47,7	45,0	376,7	396,6	264,7	3446	0,031	609	5,66
23:25	11	47,7	45,0	376,7	396,6	264,7	3597	0,032	636	5,66
23:30	11	47,7	45,0	376,7	396,6	264,7	3597	0,032	636	5,66
23:35	11	47,7	45,0	376,7	396,6	264,7	3786	0,034	669	5,66
23:40	10	47,6	44,9	376,2	396,6	264,6	3824	0,034	698	5,48
23:45	10	47,5	44,8	376,2	396,5	264,4	3862	0,035	702	5,50
23:50	10	47,3	44,6	376,2	396,4	264,1	3824	0,034	690	5,54
23:55	11	47,3	44,6	376,7	396,4	264,1	3711	0,033	646	5,74

Zpracování dat pro den 8. července 2015

Čas	TEPLOTA NA VÝPARNÍKU	TEPLOTA NA KONDENZÁTORU	TEPLOTNÍ SKLUZ	ENTALPIE STAVU 1	ENTALPIE STAVU 2	ENTALPIE STAVU 3	CHLADICÍ VÝKON	HMOTNOSTNÍ TOK CHLADIVA	ADIABATICKÝ PŘÍKON KOMPRESORU	CHLADICÍ FAKTOR
$\tau$	$t_v$	$t_k$	$t_k$	$h_1$	$h_2$	$h_3 = h_4$	$Q_{CH}$	$m$	$P$	EER
[h]	[°C]	[°C]	[°C]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[W]	[kg/s]	[W]	[-]
0:00	10	47,2	44,5	376,2	396,4	263,9	3900	0,035	701,5	5,56
0:05	10	47,2	44,5	376,2	396,4	263,9	3824	0,034	687,9	5,56
0:10	11	47,2	44,5	376,7	396,3	263,9	3786	0,034	656,8	5,77
0:15	11	47,1	44,4	376,7	396,3	263,8	3711	0,033	641,2	5,79
0:20	10	47,1	44,4	376,2	396,3	263,8	3786	0,034	678,5	5,58
0:25	10	47,1	44,4	376,2	396,3	263,8	3786	0,034	678,5	5,58
0:30	10	47,0	44,3	376,2	396,3	263,6	3635	0,032	649,0	5,60
0:35	10	47,0	44,3	376,2	396,3	263,6	3824	0,034	682,7	5,60
0:40	11	46,8	44,1	376,7	396,1	263,3	3673	0,032	627,4	5,85
0:45	11	46,8	44,1	376,7	396,1	263,3	3635	0,032	620,9	5,85
0:50	10	46,8	44,1	376,2	396,2	263,3	3749	0,033	664,2	5,64
0:55	10	46,8	44,1	376,2	396,2	263,3	3862	0,034	684,4	5,64
1:00	11	46,8	44,1	376,7	396,1	263,3	3673	0,032	627,4	5,85
1:05	10	46,6	43,9	376,2	396,1	263,0	3976	0,035	699,2	5,69
1:10	11	46,1	43,4	376,7	395,8	262,2	3446	0,030	572,9	6,01
1:15	11	45,7	43,0	376,7	395,6	261,6	3635	0,032	595,1	6,11
1:20	10	45,7	43,0	376,2	395,7	261,6	3673	0,032	624,3	5,88
1:25	11	45,7	43,0	376,7	395,6	261,6	3521	0,031	576,5	6,11
1:30	10	45,7	43,0	376,2	395,7	261,6	3749	0,033	637,2	5,88
1:35	11	46,0	43,3	376,7	395,7	262,1	3711	0,032	614,6	6,04
1:40	10	46,2	43,5	376,2	395,9	262,4	3862	0,034	669,1	5,77
1:45	11	46,6	43,9	376,7	396,0	263,0	3521	0,031	596,9	5,90
1:50	11	46,7	44,0	376,7	396,1	263,1	3559	0,031	605,7	5,88
1:55	10	46,6	43,9	376,2	396,1	263,0	3938	0,035	692,6	5,69
2:00	10	46,5	43,8	376,2	396,1	262,8	3786	0,033	663,4	5,71
2:05	10	46,3	43,6	376,2	396,0	262,5	3786	0,033	658,4	5,75
2:10	10	46,2	43,5	376,2	395,9	262,4	3673	0,032	636,3	5,77
2:15	10	46,1	43,4	376,2	395,9	262,2	3824	0,034	660,0	5,79
2:20	10	45,8	43,1	376,2	395,7	261,7	3976	0,035	678,4	5,86
2:25	10	45,8	43,1	376,2	395,7	261,7	3938	0,034	671,9	5,86
2:30	10	45,7	43,0	376,2	395,7	261,6	3900	0,034	662,9	5,88
2:35	10	45,7	43,0	376,2	395,7	261,6	3749	0,033	637,2	5,88
2:40	10	45,6	42,9	376,2	395,6	261,4	3824	0,033	647,6	5,91
2:45	10	45,5	42,8	376,2	395,6	261,3	3862	0,034	651,5	5,93

2:50	10	45,5	42,8	376,2	395,6	261,3	3862	0,034	651,5	5,93
2:55	10	45,3	42,6	376,2	395,5	261,0	3635	0,032	608,5	5,97
3:00	10	45,2	42,5	376,2	395,4	260,8	3673	0,032	612,5	6,00
3:05	10	45,1	42,4	376,2	395,4	260,7	3711	0,032	616,4	6,02
3:10	11	45,0	42,3	376,7	395,3	260,5	3597	0,031	572,9	6,28
3:15	10	45,0	42,3	376,2	395,3	260,5	3711	0,032	614,0	6,04
3:20	10	44,8	42,1	376,2	395,2	260,2	3862	0,033	634,2	6,09
3:25	11	44,7	42,0	376,7	395,1	260,0	3446	0,030	542,3	6,35
3:30	9	44,7	42,0	375,7	395,2	260,0	3976	0,034	671,7	5,92
3:35	11	44,7	42,0	376,7	395,1	260,0	3521	0,030	554,2	6,35
3:40	10	44,6	41,9	376,2	395,1	259,9	3483	0,030	567,6	6,14
3:45	10	44,5	41,8	376,2	395,1	259,7	3673	0,032	596,1	6,16
3:50	10	44,5	41,8	376,2	395,1	259,7	3408	0,029	553,1	6,16
3:55	10	44,5	41,8	376,2	395,1	259,7	3635	0,031	590,0	6,16
4:00	10	44,5	41,8	376,2	395,1	259,7	3597	0,031	583,8	6,16
4:05	10	44,6	41,9	376,2	395,1	259,9	3408	0,029	555,2	6,14
4:10	10	44,7	42,0	376,2	395,2	260,0	3559	0,031	582,2	6,11
4:15	10	44,8	42,1	376,2	395,2	260,2	3559	0,031	584,4	6,09
4:20	11	44,7	42,0	376,7	395,1	260,0	3408	0,029	536,4	6,35
4:25	11	44,7	42,0	376,7	395,1	260,0	3446	0,030	542,3	6,35
4:30	10	44,8	42,1	376,2	395,2	260,2	3635	0,031	596,9	6,09
4:35	10	44,8	42,1	376,2	395,2	260,2	3483	0,030	572,0	6,09
4:40	10	44,7	42,0	376,2	395,2	260,0	3673	0,032	600,7	6,11
4:45	10	44,6	41,9	376,2	395,1	259,9	3446	0,030	561,4	6,14
4:50	11	45,0	42,3	376,7	395,3	260,5	3256	0,028	518,6	6,28
4:55	11	45,6	42,9	376,7	395,6	261,4	3294	0,029	537,2	6,13
5:00	10	46,0	43,3	376,2	395,8	262,1	3408	0,030	585,9	5,82
5:05	10	46,2	43,5	376,2	395,9	262,4	3483	0,031	603,5	5,77
5:10	10	46,3	43,6	376,2	396,0	262,5	3483	0,031	605,8	5,75
5:15	10	46,5	43,8	376,2	396,1	262,8	3332	0,029	583,8	5,71
5:20	10	46,6	43,9	376,2	396,1	263,0	3521	0,031	619,3	5,69
5:25	10	46,7	44,0	376,2	396,1	263,1	3559	0,031	628,3	5,66
5:30	10	47,0	44,3	376,2	396,3	263,6	3408	0,030	608,4	5,60
5:35	10	47,1	44,4	376,2	396,3	263,8	3483	0,031	624,2	5,58
5:40	9	47,2	44,5	375,7	396,4	263,9	3938	0,035	730,4	5,39
5:45	10	47,7	45,0	376,2	396,6	264,7	3408	0,031	624,4	5,46
5:50	10	48,0	45,3	376,2	396,8	265,2	3559	0,032	659,5	5,40
5:55	10	48,2	45,5	376,2	396,9	265,5	3408	0,031	636,1	5,36
6:00	10	48,1	45,4	376,2	396,8	265,3	3673	0,033	683,0	5,38
6:05	10	48,0	45,3	376,2	396,8	265,2	3483	0,031	645,4	5,40
6:10	10	47,8	45,1	376,2	396,7	264,9	3673	0,033	675,5	5,44
6:15	10	47,7	45,0	376,2	396,6	264,7	3483	0,031	638,3	5,46
6:20	10	47,7	45,0	376,2	396,6	264,7	3483	0,031	638,3	5,46
6:25	9	48,0	45,3	375,7	396,8	265,2	4051	0,037	773,6	5,24
6:30	10	48,0	45,3	376,2	396,8	265,2	3446	0,031	638,4	5,40

6:35	10	47,7	45,0	376,2	396,6	264,7	3597	0,032	659,1	5,46
6:40	10	47,5	44,8	376,2	396,5	264,4	3559	0,032	647,4	5,50
6:45	10	47,2	44,5	376,2	396,4	263,9	3635	0,032	653,8	5,56
6:50	10	47,0	44,3	376,2	396,3	263,6	3370	0,030	601,6	5,60
6:55	10	47,0	44,3	376,2	396,3	263,6	3483	0,031	621,9	5,60
7:00	10	46,8	44,1	376,2	396,2	263,3	3559	0,032	630,7	5,64
7:05	10	46,7	44,0	376,2	396,1	263,1	3559	0,031	628,3	5,66
7:10	9	46,7	44,0	375,7	396,2	263,1	3862	0,034	703,3	5,49
7:15	9	46,5	43,8	375,7	396,1	262,8	3824	0,034	691,2	5,53
7:20	9	46,5	43,8	375,7	396,1	262,8	3900	0,035	704,9	5,53
7:25	9	46,5	43,8	375,7	396,1	262,8	3938	0,035	711,8	5,53
7:30	10	46,3	43,6	376,2	396,0	262,5	3597	0,032	625,5	5,75
7:35	9	46,2	43,5	375,7	395,9	262,4	3938	0,035	703,9	5,59
7:40	9	46,1	43,4	375,7	395,9	262,2	3976	0,035	708,0	5,62
7:45	9	46,0	43,3	375,7	395,9	262,1	3749	0,033	665,1	5,64
7:50	9	45,8	43,1	375,7	395,8	261,7	3938	0,035	693,5	5,68
7:55	9	45,7	43,0	375,7	395,7	261,6	3824	0,034	671,0	5,70
8:00	9	45,7	43,0	375,7	395,7	261,6	3938	0,035	690,9	5,70
8:05	9	45,7	43,0	375,7	395,7	261,6	3635	0,032	637,8	5,70
8:10	9	46,1	43,4	375,7	395,9	262,2	3824	0,034	681,1	5,62
8:15	9	46,2	43,5	375,7	395,9	262,4	3559	0,031	636,2	5,59
8:20	9	46,2	43,5	375,7	395,9	262,4	3711	0,033	663,3	5,59
8:25	9	46,5	43,8	375,7	396,1	262,8	3749	0,033	677,6	5,53
8:30	9	46,7	44,0	375,7	396,2	263,1	3900	0,035	710,2	5,49
8:35	9	46,7	44,0	375,7	396,2	263,1	3862	0,034	703,3	5,49
8:40	9	46,6	43,9	375,7	396,1	263,0	3862	0,034	700,7	5,51
8:45	9	46,8	44,1	375,7	396,2	263,3	3786	0,034	692,0	5,47
8:50	9	47,0	44,3	375,7	396,3	263,6	3749	0,033	690,2	5,43
8:55	10	47,0	44,3	376,2	396,3	263,6	3521	0,031	628,7	5,60
9:00	10	47,0	44,3	376,2	396,3	263,6	3446	0,031	615,2	5,60
9:05	11	47,2	44,5	376,7	396,3	263,9	3067	0,027	532,0	5,77
9:10	11	47,1	44,4	376,7	396,3	263,8	3181	0,028	549,6	5,79
9:15	10	47,1	44,4	376,2	396,3	263,8	3294	0,029	590,3	5,58
9:20	11	47,1	44,4	376,7	396,3	263,8	3256	0,029	562,7	5,79
9:25	10	47,1	44,4	376,2	396,3	263,8	3446	0,031	617,5	5,58
9:30	10	46,7	44,0	376,2	396,1	263,1	3521	0,031	621,6	5,66
9:35	10	46,6	43,9	376,2	396,1	263,0	3218	0,028	566,0	5,69
9:40	10	46,5	43,8	376,2	396,1	262,8	3408	0,030	597,1	5,71
9:45	10	46,2	43,5	376,2	395,9	262,4	3521	0,031	610,0	5,77
9:50	10	46,0	43,3	376,2	395,8	262,1	3446	0,030	592,4	5,82
9:55	10	45,7	43,0	376,2	395,7	261,6	3635	0,032	617,9	5,88
10:00	11	45,6	42,9	376,7	395,6	261,4	3408	0,030	555,7	6,13
10:05	10	45,6	42,9	376,2	395,6	261,4	3559	0,031	602,7	5,91
10:10	10	45,6	42,9	376,2	395,6	261,4	3181	0,028	538,6	5,91
10:15	10	45,5	42,8	376,2	395,6	261,3	3218	0,028	542,9	5,93

10:20	10	45,5	42,8	376,2	395,6	261,3	3218	0,028	542,9	5,93
10:25	11	45,6	42,9	376,7	395,6	261,4	3332	0,029	543,4	6,13
10:30	11	45,6	42,9	376,7	395,6	261,4	3332	0,029	543,4	6,13
10:35	11	45,5	42,8	376,7	395,5	261,3	3143	0,027	510,5	6,16
10:40	10	45,5	42,8	376,2	395,6	261,3	3408	0,030	574,8	5,93
10:45	11	45,0	42,3	376,7	395,3	260,5	3029	0,026	482,5	6,28
10:50	11	44,6	41,9	376,7	395,1	259,9	2953	0,025	463,0	6,38
10:55	11	44,0	41,3	376,7	394,8	258,9	3105	0,026	475,2	6,53
11:00	10	43,5	40,8	376,2	394,6	258,2	3521	0,030	549,5	6,41
11:05	11	43,1	40,4	376,7	394,3	257,5	3105	0,026	458,2	6,78
11:10	11	42,6	39,9	376,7	394,1	256,7	3143	0,026	454,3	6,92
11:15	10	42,5	39,8	376,2	394,1	256,6	3446	0,029	516,6	6,67
11:20	10	42,2	39,5	376,2	394,0	256,1	3181	0,026	471,2	6,75
11:25	11	42,2	39,5	376,7	393,9	256,1	3256	0,027	463,0	7,03
11:30	10	42,2	39,5	376,2	394,0	256,1	3408	0,028	504,8	6,75
11:35	11	42,1	39,4	376,7	393,8	256,0	3105	0,026	439,7	7,06
11:40	11	41,8	39,1	376,7	393,7	255,5	3446	0,028	481,9	7,15
11:45	11	41,7	39,0	376,7	393,6	255,4	3218	0,027	448,2	7,18
11:50	11	41,6	38,9	376,7	393,6	255,2	3105	0,026	430,6	7,21
11:55	11	41,6	38,9	376,7	393,6	255,2	3181	0,026	441,1	7,21
12:00	11	41,6	38,9	376,7	393,6	255,2	3483	0,029	483,1	7,21
12:05	11	41,8	39,1	376,7	393,7	255,5	3332	0,027	466,0	7,15
12:10	11	42,0	39,3	376,7	393,8	255,8	3218	0,027	453,9	7,09
12:15	11	42,2	39,5	376,7	393,9	256,1	3332	0,028	473,8	7,03
12:20	11	42,1	39,4	376,7	393,8	256,0	3294	0,027	466,5	7,06
12:25	11	42,1	39,4	376,7	393,8	256,0	3067	0,025	434,3	7,06
12:30	11	42,1	39,4	376,7	393,8	256,0	3067	0,025	434,3	7,06
12:35	11	42,2	39,5	376,7	393,9	256,1	3218	0,027	457,6	7,03
12:40	11	42,2	39,5	376,7	393,9	256,1	3029	0,025	430,7	7,03
12:45	11	42,0	39,3	376,7	393,8	255,8	3029	0,025	427,2	7,09
12:50	11	41,8	39,1	376,7	393,7	255,5	2991	0,025	418,3	7,15
12:55	11	41,7	39,0	376,7	393,6	255,4	2991	0,025	416,6	7,18
13:00	11	41,6	38,9	376,7	393,6	255,2	2916	0,024	404,3	7,21
13:05	11	41,3	38,6	376,7	393,4	254,8	3067	0,025	420,0	7,30
13:10	11	41,2	38,5	376,7	393,4	254,6	3143	0,026	428,6	7,33
13:15	11	41,1	38,4	376,7	393,4	254,5	3067	0,025	416,5	7,36
13:20	11	40,8	38,1	376,7	393,2	254,0	3218	0,026	431,5	7,46
13:25	11	40,7	38,0	376,7	393,2	253,9	2802	0,023	374,1	7,49
13:30	11	40,5	37,8	376,7	393,1	253,5	2916	0,024	385,9	7,56
13:35	11	40,2	37,5	376,7	392,9	253,1	3067	0,025	400,7	7,65
13:40	11	40,2	37,5	376,7	392,9	253,1	2953	0,024	385,9	7,65
13:45	11	40,0	37,2	376,7	392,8	252,6	3029	0,024	391,9	7,73

**Příloha 3 – zpracování dat a výpočet topných faktorů v zimním období**

*Zpracování dat pro den 12. března 2015*

ČAS	TEPLOTA NA VÝPARNÍKU	TEPLOTA NA KONDENZÁTORU	TEPLOTNÍ SKLUZ	ENTALPIE BODU 1	ENTALPIE BODU 2	ENTALPIE BODU 3	TEPELNÝ VÝKON	HMOTNOSTNÍ TOK CHLADIVA	ADIABATICKÝ PŘÍKON KOMPRESORU	TOPNÝ FAKTOR
$\tau$	$t_v$	$t_k$	$t_k$	$h_1$	$h_2$	$h_3 = h_4$	$Q_\tau$	$m$	$P$	$COP$
[h]	[°C]	[°C]	[°C]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[W]	[kg/s]	[W]	[-]
9:10	-1	41,4	38,7	370,6	394,8	254,9	833	0,006	144,1	5,78
9:15	-2	44,6	41,9	370,0	396,5	259,9	1212	0,009	234,9	5,16
9:20	-1	45,7	43,0	370,6	396,9	261,6	1477	0,011	287,1	5,14
9:25	-1	46,4	43,7	370,6	397,3	262,7	1515	0,011	299,9	5,05
9:30	-1	47,1	44,4	370,6	397,6	263,8	1477	0,011	297,8	4,96
9:35	-1	45,3	42,6	370,6	396,7	261,0	906	0	0	0
9:40	-1	46,9	44,2	370,6	397,5	263,5	1401	0,010	281,0	4,99
9:45	-1	47,5	44,8	370,6	397,8	264,4	1931	0,014	393,4	4,91
9:50	-1	47,8	45,1	370,6	397,9	264,9	2083	0,016	427,5	4,87
9:55	-1	47,9	45,2	370,6	398,0	265,0	2120	0,016	436,4	4,86
10:00	-1	48,1	45,4	370,6	398,1	265,3	2007	0,015	415,2	4,83
10:05	-1	48,6	45,9	370,6	398,3	266,1	1969	0,015	412,5	4,77
10:10	-1	48,4	45,7	370,6	398,2	265,8	2120	0,016	442,0	4,80
10:15	-1	48,5	45,8	370,6	398,3	266,0	2083	0,016	435,2	4,78
10:20	-1	47,4	44,7	370,6	397,7	264,2	1084	0	0	0
10:25	-1	48,2	45,5	370,6	398,1	265,5	2045	0,015	424,1	4,82
10:30	-1	48,6	45,9	370,6	398,3	266,1	1780	0,013	372,9	4,77
10:35	-1	48,7	46,0	370,6	398,4	266,3	2045	0,015	429,5	4,76
10:40	-1	48,7	46,0	370,6	398,4	266,3	2120	0,016	445,4	4,76
10:45	-1	48,7	46,0	370,6	398,4	266,3	2234	0,017	469,3	4,76
10:50	-1	49,0	46,3	370,6	398,5	266,7	2083	0,016	440,8	4,72
10:55	-1	48,9	46,2	370,6	398,4	266,6	2461	0,019	519,6	4,74
11:00	-1	36,8	34,0	370,6	392,5	247,8	946	0	0	0
11:05	-1	48,4	45,7	370,6	398,2	265,8	2310	0,017	481,5	4,80
11:10	0	48,7	46,0	371,2	398,2	266,3	2348	0,018	480,0	4,89
11:15	0	48,9	46,2	371,2	398,3	266,6	2196	0,017	451,3	4,87
11:20	0	48,8	46,1	371,2	398,2	266,4	2499	0,019	512,3	4,88
11:25	0	48,7	46,0	371,2	398,2	266,3	2650	0,020	541,9	4,89
11:30	0	48,9	46,2	371,2	398,3	266,6	2461	0,019	505,8	4,87
11:35	0	48,9	46,2	371,2	398,3	266,6	2385	0,018	490,2	4,87
11:40	0	49,0	46,3	371,2	398,3	266,7	2385	0,018	491,5	4,85
11:45	0	48,0	45,3	371,2	397,8	265,2	1261	0	0	0



Zpracování dat pro den 17. března 2015

ČAS	TEPLOTA NA VÝPARNÍKU	TEPLOTA NA KONDENZÁTORU	TEPLTNÍ SKLUZ	ENTALPIE BODU 1	ENTALPIE BODU 2	ENTALPIE BODU 3	TEPELNÝ VÝKON	HMOTNOSTNÍ TOK CHLADIVA	ADIABATICKÝ PŘÍKON KOMPRESORU	TOPNÝ FAKTOR
$\tau$ [h]	$t_v$ [°C]	$t_k$ [°C]	$t_k$ [°C]	$h_1$ [kJ/kg]	$h_2$ [kJ/kg]	$h_3 = h_4$ [kJ/kg]	$Q_\tau$ [W]	$m$ [kg/s]	$P$ [W]	COP [-]
10:55	6	38,3	35,5	374,2	392,5	250,0	492	0,003	63,1	7,80
11:00	6	41,3	38,6	374,2	394,0	254,8	833	0,006	118,3	7,04
11:05	6	43,7	41,0	374,2	395,1	258,5	1136	0,008	174,1	6,52
11:10	6	45,4	42,7	374,2	396,0	261,1	1628	0,012	262,9	6,19
11:15	6	46,7	44,0	374,2	396,6	263,1	1477	0,011	247,8	5,96
11:20	6	47,5	44,8	374,2	397,0	264,4	1666	0,013	286,2	5,82
11:25	7	48,2	45,5	374,7	397,2	265,5	1969	0,015	336,9	5,84
11:30	7	48,3	45,6	374,7	397,3	265,6	1931	0,015	331,4	5,83
11:35	7	47,6	44,9	374,7	397,0	264,6	1123	0	0	0
11:40	6	48,3	45,6	374,2	397,3	265,6	2083	0,016	366,1	5,69
11:45	6	48,8	46,1	374,2	397,6	266,4	2045	0,016	364,6	5,61
11:50	7	48,9	46,2	374,7	397,6	266,6	2310	0,018	403,4	5,73
11:55	6	49,0	46,3	374,2	397,7	266,7	2385	0,018	427,7	5,58
12:00	6	49,2	46,5	374,2	397,8	267,0	2310	0,018	416,5	5,55
12:05	6	49,2	46,5	374,2	397,8	267,0	2310	0,018	416,5	5,55
12:10	7	49,3	46,6	374,7	397,8	267,2	2083	0,016	367,9	5,66
12:15	7	49,1	46,4	374,7	397,7	266,9	2234	0,017	392,4	5,69
12:20	7	47,3	44,6	374,7	396,8	264,1	1222	0	0	0
12:25	7	49,3	46,6	374,7	397,8	267,2	2348	0,018	414,7	5,66
12:30	7	49,4	46,7	374,7	397,8	267,4	2575	0,020	456,2	5,64
12:35	8	49,6	46,9	375,2	397,6	267,7	2575	0,020	443,9	5,80
12:40	7	49,6	46,9	374,7	397,9	267,7	2348	0,018	418,3	5,61
12:45	7	50,2	47,6	374,7	398,2	268,8	2310	0,018	419,1	5,51
12:50	7	50,5	47,9	374,7	398,3	269,2	2499	0,019	457,3	5,46
12:55	7	50,4	47,8	374,7	398,3	269,1	2348	0,018	428,4	5,48
13:00	7	48,7	46,0	374,7	397,5	266,3	1044	0	0	0
13:05	7	50,3	47,7	374,7	398,2	268,9	2234	0,017	406,5	5,50
13:10	7	50,3	47,7	374,7	398,2	268,9	2650	0,020	482,3	5,50
13:15	8	50,7	48,1	375,2	398,1	269,5	2499	0,019	445,3	5,61
13:20	8	50,8	48,2	375,2	398,1	269,7	2423	0,019	433,0	5,60
13:25	8	50,9	48,3	375,2	398,2	269,9	2461	0,019	441,0	5,58
13:30	7	51,0	48,4	374,7	398,5	270,0	2461	0,019	456,8	5,39
13:35	8	51,0	48,4	375,2	398,2	270,0	2461	0,019	442,3	5,56
13:40	8	49,0	46,3	375,2	397,3	266,7	965	0	0	0

13:45	8	50,7	48,1	375,2	398,1	269,5	2272	0,018	404,8	5,61
13:50	8	50,6	48,0	375,2	398,0	269,4	2613	0,020	464,2	5,63
13:55	8	50,7	48,1	375,2	398,1	269,5	2726	0,021	485,7	5,61
14:00	8	51,0	48,4	375,2	398,2	270,0	2613	0,020	469,5	5,56
14:05	7	51,1	48,5	374,7	398,6	270,2	2802	0,022	521,5	5,37
14:10	7	51,1	48,5	374,7	398,6	270,2	2650	0,021	493,3	5,37
14:15	7	51,2	48,6	374,7	398,6	270,3	2802	0,022	522,9	5,36
14:20	7	51,0	48,4	374,7	398,5	270,0	2499	0,019	463,8	5,39
14:25	8	49,7	47,0	375,2	397,6	267,8	1320	0	0	0
14:30	8	51,5	48,9	375,2	398,5	270,8	2499	0,020	455,4	5,49
14:35	8	51,4	48,8	375,2	398,4	270,6	2650	0,021	481,7	5,50
14:40	8	51,3	48,7	375,2	398,4	270,5	2764	0,022	500,9	5,52
14:45	8	51,5	48,9	375,2	398,5	270,8	2688	0,021	489,9	5,49
14:50	8	51,6	49,0	375,2	398,5	270,9	2650	0,021	484,4	5,47
14:55	8	51,7	49,1	375,2	398,5	271,1	2726	0,021	499,6	5,46
15:00	8	51,6	49,0	375,2	398,5	270,9	2802	0,022	512,1	5,47
15:05	8	49,3	46,6	375,2	397,5	267,2	1320	0	0	0
15:10	8	51,3	48,7	375,2	398,4	270,5	2916	0,023	528,4	5,52
15:15	7	51,6	49,0	374,7	398,8	270,9	3029	0,024	571,6	5,30
15:20	7	51,6	49,0	374,7	398,8	270,9	3143	0,025	593,0	5,30
15:25	7	51,9	49,3	374,7	399,0	271,4	2953	0,023	562,0	5,26
15:30	7	51,9	49,3	374,7	399,0	271,4	2802	0,022	533,1	5,26
15:35	7	52,0	49,4	374,7	399,0	271,6	2991	0,023	570,7	5,24
15:40	7	51,8	49,2	374,7	398,9	271,3	2802	0,022	531,7	5,27
15:45	7	49,5	46,8	374,7	397,8	267,5	729	0	0	0
15:50	7	51,5	48,9	374,7	398,8	270,8	2840	0,022	534,4	5,31

Zpracování dat pro den 18. března 2015

ČAS	TEPLOTA NA VÝPARNÍKU	TEPLOTA NA KONDENZÁTORU	TEPLTNÍ SKLUZ	ENTALPIE BODU 1	ENTALPIE BODU 2	ENTALPIE BODU 3	TEPELNÝ VÝKON	HMOTNOSTNÍ TOK CHLADIVA	ADIABATICKÝ PŘÍKON KOMPRESORU	TOPNÝ FAKTOR
$\tau$	$t_v$	$t_k$	$t_k$	$h_1$	$h_2$	$h_3 = h_4$	$Q_r$	$m$	$P$	$COP$
[h]	[°C]	[°C]	[°C]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[W]	[kg/s]	[W]	[-]
9:40	1	36,5	33,7	371,7	392,1	247,3	719	0,005	101,3	7,10
9:45	2	41,0	38,3	372,2	394,3	254,3	1022	0,007	161,3	6,34
9:50	2	43,3	40,6	372,2	395,4	257,8	1590	0,012	268,5	5,92
9:55	2	44,9	42,2	372,2	396,2	260,3	1742	0,013	307,8	5,66
10:00	2	45,8	43,1	372,2	396,6	261,7	1552	0,012	281,3	5,52
10:05	2	46,6	43,9	372,2	397,0	263,0	1628	0,012	301,6	5,40
10:10	2	47,1	44,4	372,2	397,3	263,8	1704	0,013	320,0	5,32
10:15	2	47,4	44,7	372,2	397,4	264,2	1628	0,012	308,3	5,28
10:20	2	46,4	43,7	372,2	396,9	262,7	946	0	0	0
10:25	2	47,4	44,7	372,2	397,4	264,2	2045	0,015	387,1	5,28
10:30	3	47,8	45,1	372,7	397,5	264,9	2461	0,019	460,7	5,34
10:35	3	48,3	45,6	372,7	397,8	265,6	2575	0,019	488,6	5,27
10:40	3	48,4	45,7	372,7	397,8	265,8	2385	0,018	453,9	5,26
10:45	3	48,6	45,9	372,7	397,9	266,1	2575	0,020	492,6	5,23
10:50	3	48,6	45,9	372,7	397,9	266,1	2764	0,021	528,8	5,23
10:55	3	48,8	46,1	372,7	398,0	266,4	2461	0,019	473,4	5,20
11:00	3	47,5	44,8	372,7	397,4	264,4	768	0	0	0
11:05	3	48,5	45,8	372,7	397,9	266,0	2272	0,017	433,5	5,24
11:10	3	48,6	45,9	372,7	397,9	266,1	2385	0,018	456,4	5,23
11:15	4	48,9	46,2	373,2	397,8	266,6	2613	0,020	489,2	5,34
11:20	4	49,0	46,3	373,2	397,8	266,7	2688	0,021	504,7	5,33
11:25	4	49,3	46,6	373,2	397,9	267,2	2575	0,020	487,4	5,28
11:30	4	49,2	46,5	373,2	397,9	267,0	2802	0,021	528,9	5,30
11:35	4	49,4	46,7	373,2	398,0	267,4	2499	0,019	474,3	5,27
11:40	5	49,2	46,5	373,7	397,8	267,0	2499	0,019	461,2	5,42
11:45	4	48,9	46,2	373,2	397,8	266,6	1222	0	0	0
11:50	4	49,5	46,8	373,2	398,0	267,5	2575	0,020	490,0	5,25
11:55	4	49,5	46,8	373,2	398,0	267,5	2423	0,019	461,2	5,25
12:00	4	49,6	46,9	373,2	398,1	267,7	2423	0,019	462,4	5,24
12:05	4	49,9	47,2	373,2	398,2	268,1	2726	0,021	524,5	5,20
12:10	4	50,0	47,3	373,2	398,3	268,3	2348	0,018	452,8	5,18
12:15	5	50,0	47,3	373,7	398,2	268,3	3029	0,023	571,5	5,30
12:20	5	50,2	47,6	373,7	398,3	268,8	2688	0,021	510,6	5,26
12:25	5	48,5	45,8	373,7	397,5	266,0	1064	0	0	0

12:30	5	49,3	46,6	373,7	397,9	267,2	2499	0,019	462,5	5,40
12:35	5	49,6	46,9	373,7	398,0	267,7	2348	0,018	438,1	5,36
12:40	6	49,9	47,2	374,2	398,1	268,1	2083	0,016	383,0	5,44
12:45	6	50,0	47,3	374,2	398,1	268,3	2234	0,017	412,0	5,42
12:50	5	50,0	47,3	373,7	398,2	268,3	2310	0,018	435,8	5,30
12:55	5	47,9	45,2	373,7	397,2	265,0	788	0	0	0
13:00	5	49,1	46,4	373,7	397,8	266,9	2423	0,019	446,0	5,43
13:05	5	49,6	46,9	373,7	398,0	267,7	2613	0,020	487,6	5,36
13:10	5	48,9	46,2	373,7	397,7	266,6	2234	0,017	408,9	5,46
13:15	6	49,5	46,8	374,2	397,9	267,5	2764	0,021	502,7	5,50
13:20	6	50,2	47,6	374,2	398,2	268,8	2537	0,020	471,0	5,39
13:25	6	50,2	47,6	374,2	398,2	268,8	2613	0,020	485,1	5,39
13:30	6	46,6	43,9	374,2	396,5	263,0	1281	0	0	0
13:35	6	48,6	45,9	374,2	397,5	266,1	2045	0,016	362,5	5,64
13:40	6	50,0	47,3	374,2	398,1	268,3	2726	0,021	502,8	5,42
13:45	6	50,4	47,8	374,2	398,3	269,1	2537	0,020	473,6	5,36
13:50	6	50,2	47,6	374,2	398,2	268,8	2385	0,018	442,9	5,39

Zpracování dat pro den 24. března 2015

ČAS	TEPLOTA NA VÝPARNÍKU	TEPLOTA NA KONDENZÁTORU	TEPLOTNÍ SKLUZ	ENTALPIE BODU 1	ENTALPIE BODU 2	ENTALPIE BODU 3	TEPELNÝ VÝKON	HMOTNOSTNÍ TOK CHLADIVA	ADIABATICKÝ PŘÍKON KOMPRESORU	TOPNÝ FAKTOR
$t$	$t_v$	$t_k$	$t_k$	$h_1$	$h_2$	$h_3 = h_4$	$Q_r$	$m$	$P$	COP
[h]	[°C]	[°C]	[°C]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[W]	[kg/s]	[W]	[-]
9:45	5	37,3	34,5	373,7	392,0	248,5	227	0,002	29,0	7,82
9:50	5	41,0	38,3	373,7	393,9	254,3	795	0,006	115,1	6,91
9:55	5	43,4	40,7	373,7	395,1	258,0	1098	0,008	171,3	6,41
10:00	6	45,2	42,5	374,2	395,9	260,8	1401	0,010	224,8	6,23
10:05	6	46,3	43,6	374,2	396,4	262,5	1477	0,011	244,9	6,03
10:10	6	47,2	44,5	374,2	396,8	263,9	1628	0,012	277,3	5,87
10:15	6	47,8	45,1	374,2	397,1	264,9	1893	0,014	328,1	5,77
10:20	6	48,2	45,5	374,2	397,3	265,5	2045	0,016	358,4	5,71
10:25	6	47,3	44,6	374,2	396,9	264,1	985	0	0	0
10:30	6	48,3	45,6	374,2	397,3	265,6	2120	0,016	372,7	5,69
10:35	6	48,6	45,9	374,2	397,5	266,1	2310	0,018	409,5	5,64
10:40	6	48,7	46,0	374,2	397,5	266,3	2234	0,017	397,2	5,62
10:45	6	48,9	46,2	374,2	397,6	266,6	2688	0,021	480,7	5,59
10:50	7	49,0	46,3	374,7	397,6	266,7	2158	0,016	378,0	5,71
10:55	7	49,1	46,4	374,7	397,7	266,9	2423	0,019	425,6	5,69
11:00	7	49,0	46,3	374,7	397,6	266,7	2650	0,020	464,2	5,71
11:05	7	48,4	45,7	374,7	397,3	265,8	1222	0	0	0
11:10	7	49,2	46,5	374,7	397,7	267,0	2272	0,017	400,2	5,68
11:15	7	49,5	46,8	374,7	397,8	267,5	2158	0,017	383,5	5,63
11:20	7	49,6	46,9	374,7	397,9	267,7	2272	0,017	404,8	5,61
11:25	7	49,5	46,8	374,7	397,8	267,5	2537	0,019	450,7	5,63
11:30	7	49,7	47,0	374,7	397,9	267,8	2272	0,017	406,0	5,60
11:35	7	49,8	47,1	374,7	398,0	268,0	2537	0,020	454,6	5,58
11:40	7	49,9	47,2	374,7	398,0	268,1	2537	0,020	455,9	5,56
11:45	7	49,6	46,9	374,7	397,9	267,7	2120	0,016	377,8	5,61
11:50	8	49,3	46,6	375,2	397,5	267,2	1064	0	0	0
11:55	7	49,7	47,0	374,7	397,9	267,8	2423	0,019	433,0	5,60
12:00	8	49,8	47,1	375,2	397,7	268,0	2726	0,021	472,8	5,77
12:05	8	50,1	47,5	375,2	397,8	268,6	2764	0,021	484,1	5,71
12:10	7	50,3	47,7	374,7	398,2	268,9	2537	0,020	461,6	5,50
12:15	8	50,5	47,9	375,2	398,0	269,2	2575	0,020	456,1	5,64
12:20	8	50,7	48,1	375,2	398,1	269,5	2575	0,020	458,7	5,61
12:25	8	50,8	48,2	375,2	398,1	269,7	2878	0,022	514,2	5,60
12:30	8	49,4	46,7	375,2	397,5	267,4	1222	0	0	0

12:35	8	50,3	47,7	375,2	397,9	268,9	2764	0,021	486,9	5,68
12:40	8	50,5	47,9	375,2	398,0	269,2	2613	0,020	462,8	5,64
12:45	8	50,6	48,0	375,2	398,0	269,4	2726	0,021	484,3	5,63
12:50	8	50,8	48,2	375,2	398,1	269,7	2461	0,019	439,8	5,60
12:55	8	50,8	48,2	375,2	398,1	269,7	2613	0,020	466,8	5,60
13:00	9	50,8	48,2	375,7	398,1	269,7	2688	0,021	469,0	5,73
13:05	9	50,9	48,3	375,7	398,1	269,9	2916	0,023	510,1	5,72
13:10	9	49,9	47,2	375,7	397,7	268,1	946	0	0	0
13:15	9	50,5	47,9	375,7	397,9	269,2	2840	0,022	491,1	5,78
13:20	8	50,7	48,1	375,2	398,1	269,5	2916	0,023	519,5	5,61
13:25	8	51,0	48,4	375,2	398,2	270,0	2385	0,019	428,7	5,56
13:30	9	51,1	48,5	375,7	398,2	270,2	2688	0,021	473,0	5,68
13:35	9	51,2	48,6	375,7	398,3	270,3	2878	0,022	507,8	5,67
13:40	9	51,2	48,6	375,7	398,3	270,3	2991	0,023	527,9	5,67
13:45	9	51,2	48,6	375,7	398,3	270,3	2916	0,023	514,5	5,67
13:50	9	50,5	47,9	375,7	397,9	269,2	2726	0,021	471,4	5,78
13:55	9	49,2	46,5	375,7	397,4	267,0	1281	0	0	0
14:00	9	50,1	47,5	375,7	397,8	268,6	2423	0,019	414,2	5,85
14:05	9	50,8	48,2	375,7	398,1	269,7	2348	0,018	409,5	5,73
14:10	9	50,8	48,2	375,7	398,1	269,7	2196	0,017	383,1	5,73
14:15	9	51,2	48,6	375,7	398,3	270,3	2158	0,017	380,9	5,67
14:20	9	51,0	48,4	375,7	398,2	270,0	2120	0,017	372,0	5,70
14:25	9	50,8	48,2	375,7	398,1	269,7	1931	0,015	336,9	5,73
14:30	9	51,3	48,7	375,7	398,3	270,5	2158	0,017	382,0	5,65
14:35	9	49,3	46,6	375,7	397,4	267,2	1064	0	0	0
14:40	9	50,7	48,1	375,7	398,0	269,5	1931	0,015	335,9	5,75
14:45	9	50,9	48,3	375,7	398,1	269,9	2045	0,016	357,7	5,72
14:50	9	51,2	48,6	375,7	398,3	270,3	2272	0,018	400,9	5,67
14:55	9	51,2	48,6	375,7	398,3	270,3	2310	0,018	407,6	5,67
15:00	9	51,5	48,9	375,7	398,4	270,8	2802	0,022	498,7	5,62
15:05	9	51,7	49,1	375,7	398,5	271,1	2878	0,023	515,1	5,59
15:10	9	51,8	49,2	375,7	398,5	271,3	2688	0,021	482,6	5,57
15:15	9	50,5	47,9	375,7	397,9	269,2	1458	0	0	0
15:20	9	51,5	48,9	375,7	398,4	270,8	2878	0,023	512,2	5,62
15:25	9	51,7	49,1	375,7	398,5	271,1	2764	0,022	494,8	5,59
15:30	9	51,8	49,2	375,7	398,5	271,3	2953	0,023	530,2	5,57
15:35	9	52,2	49,6	375,7	398,7	271,9	2764	0,022	501,9	5,51
15:40	9	52,1	49,5	375,7	398,7	271,7	2916	0,023	527,9	5,52
15:45	9	52,2	49,6	375,7	398,7	271,9	2802	0,022	508,8	5,51
15:50	8	52,2	49,6	375,2	398,8	271,9	2726	0,021	506,7	5,38
15:55	8	51,9	49,3	375,2	398,6	271,4	2764	0,022	509,4	5,43

Zpracování dat pro den 31. března 2015

ČAS	TEPLOTA NA VÝPARNÍKU	TEPLOTA NA KONDENZÁTORU	TEPLOTNÍ SKLUZ	ENTALPIE BODU 1	ENTALPIE BODU 2	ENTALPIE BODU 3	TEPELNÝ VÝKON	HMOTNOSTNÍ TOK CHLADIVA	ADIABATICKÝ PŘÍKON KOMPRESORU	TOPNÝ FAKTOR
$\tau$ [h]	$t_v$ [°C]	$t_k$ [°C]	$t_k$ [°C]	$h_1$ [kJ/kg]	$h_2$ [kJ/kg]	$h_3 = h_4$ [kJ/kg]	$Q_r$ [W]	$m$ [kg/s]	$p$ [W]	COP [-]
10:00	-3	36,8	34,0	369,4	392,7	247,8	530	0,004	85,0	6,23
10:05	-3	40,6	37,9	369,4	394,6	253,7	1022	0,007	182,8	5,59
10:10	-3	43,0	40,3	369,4	395,8	257,4	1401	0,010	267,1	5,25
10:15	-3	44,6	41,9	369,4	396,6	259,9	1666	0,012	331,2	5,03
10:20	-3	45,4	42,7	369,4	397,0	261,1	2083	0,015	422,6	4,93
10:25	-3	46,0	43,3	369,4	397,3	262,1	1893	0,014	390,1	4,85
10:30	-2	46,4	43,7	370,0	397,4	262,7	2120	0,016	430,8	4,92
10:35	-2	46,1	43,4	370,0	397,2	262,2	1780	0,013	358,8	4,96
10:40	-2	45,6	42,9	370,0	397,0	261,4	946	0	0	0
10:45	-1	47,5	44,8	370,6	397,8	264,4	2272	0,017	462,8	4,91
10:50	-1	47,7	45,0	370,6	397,9	264,7	2158	0,016	442,0	4,88
10:55	-1	48,0	45,3	370,6	398,0	265,2	2613	0,020	539,1	4,85
11:00	-1	48,0	45,3	370,6	398,0	265,2	2461	0,019	507,9	4,85
11:05	0	48,0	45,3	371,2	397,8	265,2	2423	0,018	486,6	4,98
11:10	0	48,2	45,5	371,2	397,9	265,5	2688	0,020	542,6	4,95
11:15	0	48,2	45,5	371,2	397,9	265,5	2348	0,018	473,9	4,95
11:20	1	48,1	45,4	371,7	397,8	265,3	2310	0,017	455,3	5,07
11:25	1	48,0	45,3	371,7	397,8	265,2	709	0	0	0
11:30	1	48,7	46,0	371,7	398,1	266,3	2461	0,019	492,8	4,99
11:35	1	48,7	46,0	371,7	398,1	266,3	2726	0,021	545,9	4,99
11:40	2	48,7	46,0	372,2	398,0	266,3	2461	0,019	482,5	5,10
11:45	2	48,9	46,2	372,2	398,1	266,6	2499	0,019	492,5	5,07
11:50	2	49,0	46,3	372,2	398,2	266,7	2840	0,022	561,2	5,06
11:55	3	49,2	46,5	372,7	398,2	267,0	2764	0,021	537,4	5,14
12:00	3	48,3	45,6	372,7	397,8	265,6	2461	0,019	467,0	5,27
12:05	3	47,0	44,3	372,7	397,1	263,6	1123	0	0	0
12:10	4	49,3	46,6	373,2	397,9	267,2	2726	0,021	516,0	5,28
12:15	5	49,5	46,8	373,7	398,0	267,5	2613	0,020	486,2	5,37
12:20	6	49,6	46,9	374,2	397,9	267,7	2537	0,019	462,7	5,48
12:25	6	49,6	46,9	374,2	397,9	267,7	2802	0,022	511,0	5,48
12:30	6	49,9	47,2	374,2	398,1	268,1	2650	0,020	487,4	5,44
12:35	7	49,9	47,2	374,7	398,0	268,1	2650	0,020	476,3	5,56
12:40	7	50,1	47,5	374,7	398,1	268,6	2537	0,020	459,0	5,53
12:45	7	49,4	46,7	374,7	397,8	267,4	1024	0	0	0

12:50	7	49,8	47,1	374,7	398,0	268,0	2499	0,019	447,8	5,58
12:55	7	50,0	47,3	374,7	398,1	268,3	2840	0,022	511,8	5,55
13:00	7	50,2	47,6	374,7	398,2	268,8	2802	0,022	508,4	5,51
13:05	7	50,1	47,5	374,7	398,1	268,6	2613	0,020	472,7	5,53
13:10	7	50,4	47,8	374,7	398,3	269,1	2613	0,020	476,8	5,48
13:15	7	50,4	47,8	374,7	398,3	269,1	2575	0,020	469,9	5,48
13:20	6	50,4	47,8	374,2	398,3	269,1	2726	0,021	509,0	5,36
13:25	6	50,3	47,7	374,2	398,3	268,9	2499	0,019	465,3	5,37
13:30	6	50,1	47,5	374,2	398,2	268,6	1320	0	0	0
13:35	5	50,4	47,8	373,7	398,4	269,1	2840	0,022	542,3	5,24
13:40	5	50,9	48,3	373,7	398,6	269,9	2840	0,022	549,7	5,17
13:45	5	50,6	48,0	373,7	398,5	269,4	2764	0,021	530,7	5,21
13:50	4	50,8	48,2	373,2	398,6	269,7	2575	0,020	508,0	5,07
13:55	4	50,7	48,1	373,2	398,6	269,5	2953	0,023	581,2	5,08



Zpracování dat pro den 31. listopadu 2015

ČAS	TEPLOTA NA VÝPARNÍKU	TEPLOTA NA KONDENZÁTORU	TEPLOTNÍ SKLUZ	ENTALPIE STAVU 1	ENTALPIE STAVU 2	ENTALPIE STAVU 3	TEPELNÝ VÝKON	HMOTNOSTNÍ TOK CHLADIVA	ADIABATICKÝ PŘÍKON KOMPRESORU	TOPNÝ FAKTOR
$\tau$	$t_v$	$t_k$	$t_k$	$h_1$	$h_2$	$h_3 = h_4$	$Q_r$	$m$	$P$	COP
[h]	[°C]	[°C]	[°C]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[W]	[kg/s]	[W]	[-]
11:35	2	27,3	24,5	372,2	387,1	233,3	379	0,002	36,8	10,30
11:40	2	34,4	31,6	372,2	390,9	244,1	1666	0,011	212,5	7,84
11:45	2	38,6	35,8	372,2	393,1	250,5	2348	0,016	343,8	6,83
11:50	2	41,6	38,9	372,2	394,6	255,2	2650	0,019	425,8	6,22
11:55	2	43,4	40,7	372,2	395,5	258,0	2688	0,020	455,2	5,91
12:00	2	44,6	41,9	372,2	396,1	259,9	2461	0,018	431,3	5,71
12:05	2	45,5	42,8	372,2	396,5	261,3	2613	0,019	469,5	5,56
12:10	2	46,2	43,5	372,2	396,8	262,4	2726	0,020	499,5	5,46
12:15	2	29,5	26,7	372,2	388,3	236,6	729	0	0	0
12:20	3	45,1	42,4	372,7	396,2	260,7	2499	0,018	433,8	5,76
12:25	3	47,1	44,4	372,7	397,2	263,8	2878	0,022	528,4	5,45
12:30	3	47,2	44,5	372,7	397,2	263,9	2613	0,020	481,1	5,43
12:35	3	47,5	44,8	372,7	397,4	264,4	2991	0,022	555,4	5,39
12:40	3	47,6	44,9	372,7	397,4	264,6	2537	0,019	472,3	5,37
12:45	2	47,7	45,0	372,2	397,5	264,7	2878	0,022	549,2	5,24
12:50	2	47,9	45,2	372,2	397,6	265,0	2726	0,021	523,1	5,21
12:55	1	48,0	45,3	371,7	397,8	265,2	2537	0,019	498,7	5,09
13:00	1	46,0	43,3	371,7	396,8	262,1	1044	0	0	0
13:05	1	47,8	45,1	371,7	397,7	264,9	2764	0,021	540,5	5,11
13:10	1	48,0	45,3	371,7	397,8	265,2	2840	0,021	558,3	5,09
13:15	1	48,1	45,4	371,7	397,8	265,3	2461	0,019	485,1	5,07
13:20	1	48,4	45,7	371,7	397,9	265,8	3181	0,024	631,9	5,03
13:25	1	48,4	45,7	371,7	397,9	265,8	2840	0,021	564,2	5,03
13:30	1	48,4	45,7	371,7	397,9	265,8	2840	0,021	564,2	5,03
13:35	1	48,4	45,7	371,7	397,9	265,8	2537	0,019	504,0	5,03
13:40	1	33,4	30,6	371,7	390,5	242,6	887	0	0	0
13:45	1	48,0	45,3	371,7	397,8	265,2	2575	0,019	506,2	5,09
13:50	1	48,4	45,7	371,7	397,9	265,8	2916	0,022	579,2	5,03
13:55	1	48,5	45,8	371,7	398,0	266,0	2878	0,022	573,2	5,02
14:00	1	48,6	45,9	371,7	398,0	266,1	2802	0,021	559,6	5,01
14:05	1	48,5	45,8	371,7	398,0	266,0	2613	0,020	520,4	5,02
14:10	1	48,6	45,9	371,7	398,0	266,1	2348	0,018	468,8	5,01
14:15	1	48,7	46,0	371,7	398,1	266,3	2650	0,020	530,7	4,99
14:20	1	47,0	44,3	371,7	397,3	263,6	2348	0,018	449,4	5,22

14:25	1	46,2	43,5	371,7	396,9	262,4	1300	0	0	0
14:30	1	48,4	45,7	371,7	397,9	265,8	2650	0,020	526,6	5,03
14:35	1	48,5	45,8	371,7	398,0	266,0	2840	0,022	565,7	5,02
14:40	0	48,7	46,0	371,2	398,2	266,3	2726	0,021	557,4	4,89
14:45	0	48,7	46,0	371,2	398,2	266,3	2764	0,021	565,2	4,89
14:50	0	48,8	46,1	371,2	398,2	266,4	2878	0,022	589,9	4,88
14:55	0	48,8	46,1	371,2	398,2	266,4	2385	0,018	489,0	4,88
15:00	0	48,8	46,1	371,2	398,2	266,4	3067	0,023	628,7	4,88
15:05	0	35,2	32,4	371,2	391,5	245,3	985	0	0	0
15:10	0	48,4	45,7	371,2	398,0	265,8	3218	0,024	653,0	4,93
15:15	0	48,7	46,0	371,2	398,2	266,3	2650	0,020	541,9	4,89
15:20	0	48,9	46,2	371,2	398,3	266,6	2953	0,022	607,0	4,87
15:25	0	48,8	46,1	371,2	398,2	266,4	2385	0,018	489,0	4,88
15:30	0	49,0	46,3	371,2	398,3	266,7	2726	0,021	561,7	4,85
15:35	0	49,0	46,3	371,2	398,3	266,7	2878	0,022	592,9	4,85
15:40	0	49,1	46,4	371,2	398,3	266,9	2726	0,021	563,2	4,84
15:45	0	41,9	39,2	371,2	394,9	255,7	630	0	0	0
15:50	0	46,4	43,7	371,2	397,1	262,7	2272	0,017	437,5	5,19
15:55	0	48,8	46,1	371,2	398,2	266,4	2650	0,020	543,3	4,88
16:00	0	48,9	46,2	371,2	398,3	266,6	2991	0,023	614,8	4,87
16:05	0	49,2	46,5	371,2	398,4	267,0	3105	0,024	643,0	4,83
16:10	0	49,2	46,5	371,2	398,4	267,0	2688	0,020	556,8	4,83
16:15	0	49,2	46,5	371,2	398,4	267,0	2802	0,021	580,3	4,83
16:20	-1	49,2	46,5	370,6	398,6	267,0	3105	0,024	660,5	4,70
16:25	-1	49,3	46,6	370,6	398,6	267,2	2650	0,020	565,2	4,69
16:30	-1	49,4	46,7	370,6	398,7	267,4	1517	0	0	0
16:35	-1	48,7	46,0	370,6	398,4	266,3	2537	0,019	532,9	4,76
16:40	-1	48,9	46,2	370,6	398,4	266,6	2802	0,021	591,5	4,74
16:45	-1	49,0	46,3	370,6	398,5	266,7	2537	0,019	536,9	4,72
16:50	-1	49,1	46,4	370,6	398,5	266,9	2726	0,021	578,5	4,71
16:55	-1	49,0	46,3	370,6	398,5	266,7	2650	0,020	561,0	4,72
17:00	-1	49,1	46,4	370,6	398,5	266,9	2916	0,022	618,6	4,71
17:05	-1	49,0	46,3	370,6	398,5	266,7	2613	0,020	553,0	4,72
17:10	-1	33,4	30,6	370,6	390,7	242,6	414	0	0	0
17:15	-1	48,2	45,5	370,6	398,1	265,5	2878	0,022	596,8	4,82
17:20	-1	48,6	45,9	370,6	398,3	266,1	2537	0,019	531,5	4,77
17:25	-1	48,8	46,1	370,6	398,4	266,4	2537	0,019	534,2	4,75
17:30	-1	48,9	46,2	370,6	398,4	266,6	3029	0,023	639,5	4,74
17:35	-1	49,1	46,4	370,6	398,5	266,9	2726	0,021	578,5	4,71
17:40	-1	49,1	46,4	370,6	398,5	266,9	2688	0,020	570,4	4,71
17:45	-1	49,1	46,4	370,6	398,5	266,9	2802	0,021	594,5	4,71
17:50	-1	49,3	46,6	370,6	398,6	267,2	2575	0,020	549,1	4,69
17:55	-1	47,2	44,5	370,6	397,6	263,9	1281	0	0	0
18:00	-1	48,5	45,8	370,6	398,3	266,0	2650	0,020	553,9	4,78

Zpracování dat pro den 4. prosince 2015

ČAS	TEPLOTA NA VÝPARNÍKU	TEPLOTA NA KONDENZÁTORU	TEPLTNÍ SKLUZ	ENTALPIE STAVU 1	ENTALPIE STAVU 2	ENTALPIE STAVU 3	TEPELNÝ VÝKON	HMOTNOSTNÍ TOK CHLADIVA	ADIABATICKÝ PŘÍKON KOMPRESORU	TOPNÝ FAKTOR
$\tau$	$t_v$	$t_k$	$t_k$	$h_1$	$h_2$	$h_3 = h_4$	$Q_T$	$m$	$P$	COP
[h]	[°C]	[°C]	[°C]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[W]	[kg/s]	[W]	[-]
10:40	-2,0	45,9	43,2	370,0	397,1	261,9	3976	0,029	797	4,99
10:45	-2,0	36,4	33,6	370,0	392,4	247,1	473	0	0	0
10:50	-2,0	49,2	46,5	370,0	398,7	267,0	4165	0,032	908	4,59
10:55	-2,0	27,7	24,9	370,0	387,8	233,9	118	0	0	0
11:00	-2,0	29,5	26,7	370,0	388,7	236,6	-315	0	0	0
11:05	-2,0	49,1	46,4	370,0	398,7	266,9	5301	0,040	1153	4,60
11:10	-2,0	49,0	46,3	370,0	398,6	266,7	4619	0,035	1002	4,61
11:15	-1,0	46,6	43,9	370,6	397,4	263,0	4392	0,033	874	5,02
11:20	-1,0	29,0	26,2	370,6	388,4	235,9	99	0	0	0
11:25	-1,0	46,5	43,8	370,6	397,3	262,8	4051	0,030	804	5,04
11:30	-1,0	48,7	46	370,6	398,4	266,3	4279	0,032	899	4,76
11:35	-1,0	45,6	42,9	370,6	396,9	261,4	2542	0	0	0
11:40	-1,0	50,2	47,6	370,6	399,1	268,8	5831	0,045	1273	4,58
11:45	-1,0	46,3	43,6	370,6	397,2	262,5	4506	0,033	890	5,06
11:50	-1,0	43,2	40,5	370,6	395,7	257,7	1517	0	0	0
11:55	-1,0	46,9	44,2	370,6	397,5	263,5	3938	0,029	790	4,99
12:00	-1,0	48,7	46	370,6	398,4	266,3	4430	0,034	931	4,76
12:05	-1,0	50,1	47,5	370,6	399,0	268,6	5680	0,044	1237	4,59
12:10	-1,0	44,6	41,9	370,6	396,4	259,9	2305	0	0	0
12:15	-1,0	50,1	47,5	370,6	399,0	268,6	5377	0,041	1171	4,59
12:20	-1,0	49,8	47,1	370,6	398,9	268,0	4127	0,032	891	4,63
12:25	-1,0	39,9	37,1	370,6	394,1	252,5	1024	0	0	0
12:30	-1,0	45,8	43,1	370,6	397,0	261,7	4392	0,032	856	5,13
12:35	-1,0	49,9	47,2	370,6	398,9	268,1	5301	0,041	1148	4,62
12:40	-1,0	28,0	25,2	370,6	387,8	234,3	59	0	0	0
12:45	-1,0	49,8	47,1	370,6	398,9	268,0	4960	0,038	1071	4,63
12:50	-1,0	28,1	25,3	370,6	387,9	234,5	59	0	0	0
12:55	-1,0	47,2	44,5	370,6	397,6	263,9	5036	0,038	1018	4,95
13:00	-1,0	33,1	30,3	370,6	390,6	242,1	1320	0	0	0
13:05	-1,0	49,0	46,3	370,6	398,5	266,7	5112	0,039	1082	4,72
13:10	-1,0	29,6	26,8	370,6	388,7	236,8	177	0	0	0
13:15	-1,0	48,6	45,9	370,6	398,3	266,1	5452	0,041	1142	4,77
13:20	-1,0	50,5	47,9	370,6	399,2	269,2	4733	0,036	1041	4,55
13:25	-1,0	45,4	42,7	370,6	396,8	261,1	2226	0	0	0

13:30	-1,0	41,0	38,3	370,6	394,6	254,3	965	0	0	0
13:35	-1,0	48,5	45,8	370,6	398,3	266,0	3824	0,029	799	4,78
13:40	-1,0	33,3	30,5	370,6	390,7	242,4	158	0	0	0
13:45	-1,0	47,6	44,9	370,6	397,8	264,6	4922	0,037	1005	4,90
13:50	-1,0	35,6	32,8	370,6	391,9	245,9	1616	0	0	0
13:55	-1,0	47,3	44,6	370,6	397,7	264,1	4544	0,034	921	4,93
14:00	-1,0	46,9	44,2	370,6	397,5	263,5	4847	0,036	972	4,99
14:05	-1,0	32,2	29,4	370,6	390,1	240,7	197	0	0	0
14:10	-1,0	48,1	45,4	370,6	398,1	265,3	3976	0,030	822	4,83
14:15	-2,0	50,2	47,6	370,0	399,2	268,8	5755	0,044	1287	4,47
14:20	-2,0	44,5	41,8	370,0	396,5	259,7	2463	0	0	0
14:25	-2,0	39,7	36,9	370,0	394,1	252,2	749	0	0	0
14:30	-2,0	47,8	45,1	370,0	398,1	264,9	4203	0,032	885	4,75
14:35	-2,0	49,2	46,5	370,0	398,7	267,0	5225	0,040	1139	4,59
14:40	-2,0	48,8	46,1	370,0	398,5	266,4	3786	0,029	817	4,63
14:45	-2,0	44,9	42,2	370,0	396,7	260,3	1478	0	0	0
14:50	-2,0	49,7	47	370,0	399,0	267,8	4922	0,038	1086	4,53
14:55	-2,0	33,3	30,5	370,0	390,8	242,4	296	0	0	0
15:00	-3,0	46,7	44	369,4	397,7	263,1	3862	0,029	810	4,77
15:05	-3,0	48,3	45,6	369,4	398,4	265,6	4279	0,032	934	4,58
15:10	-3,0	30,5	27,7	369,4	389,4	238,2	177	0	0	0
15:15	-3,0	47,2	44,5	369,4	397,9	263,9	3900	0,029	828	4,71
15:20	-3,0	34,7	31,9	369,4	391,6	244,6	296	0	0	0
15:25	-3,0	46,7	44	369,4	397,7	263,1	4203	0,031	881	4,77
15:30	-3,0	48,5	45,8	369,4	398,5	266,0	4544	0,034	997	4,56
15:35	-3,0	50,0	47,3	369,4	399,2	268,3	4922	0,038	1120	4,40
15:40	-3,0	50,2	47,6	369,4	399,3	268,8	4733	0,036	1083	4,37
15:45	-3,0	44,9	42,2	369,4	396,8	260,3	1911	0	0	0
15:50	-3,0	48,3	45,6	369,4	398,4	265,6	5036	0,038	1099	4,58
15:55	-3,0	49,8	47,1	369,4	399,1	268,0	4922	0,038	1114	4,42
16:00	-3,0	42,8	40,1	369,4	395,7	257,1	2147	0	0	0
16:05	-3,0	50,0	47,3	369,4	399,2	268,3	5642	0,043	1284	4,40
16:10	-3,0	49,8	47,1	369,4	399,1	268,0	4430	0,034	1003	4,42
16:15	-3,0	44,1	41,4	369,4	396,4	259,1	1635	0	0	0
16:20	-3,0	45,3	42,6	369,4	397,0	261,0	1852	0	0	0
16:25	-3,0	49,4	46,7	369,4	398,9	267,4	5036	0,038	1129	4,46
16:30	-3,0	30,5	27,7	369,4	389,4	238,2	315	0	0	0
16:35	-3,0	45,0	42,3	369,4	396,8	260,5	2364	0	0	0
16:40	-3,0	49,2	46,5	369,4	398,9	267,0	4468	0,034	997	4,48
16:45	-3,0	38,6	35,8	369,4	393,6	250,5	1635	0	0	0
16:50	-3,0	49,0	46,3	369,4	398,8	266,7	5149	0,039	1143	4,50
16:55	-3,0	40,8	38,1	369,4	394,7	254,0	2010	0	0	0
17:00	-3,0	48,0	45,3	369,4	398,3	265,2	4316	0,032	935	4,62
17:05	-3,0	45,1	42,4	369,4	396,9	260,7	2266	0	0	0
17:10	-3,0	49,0	46,3	369,4	398,8	266,7	4733	0,036	1051	4,50

17:15	-3,0	40,4	37,7	369,4	394,5	253,4	1931	0	0	0
17:20	-3,0	49,0	46,3	369,4	398,8	266,7	5869	0,044	1303	4,50
17:25	-3,0	32,8	30	369,4	390,6	241,7	394	0	0	0
17:30	-3,0	29,4	26,6	369,4	388,8	236,5	-335	0	0	0
17:35	-3,0	48,6	45,9	369,4	398,6	266,1	4468	0,034	982	4,55
17:40	-3,0	38,4	35,6	369,4	393,5	250,2	630	0	0	0
17:45	-3,0	45,3	42,6	369,4	397,0	261,0	3862	0,028	782	4,94
17:50	-3,0	35,1	32,3	369,4	391,8	245,2	296	0	0	0
17:55	-3,0	45,5	42,8	369,4	397,1	261,3	4051	0,030	824	4,92
18:00	-3,0	31,4	28,6	369,4	389,8	239,5	158	0	0	0
18:05	-3,0	47,1	44,4	369,4	397,8	263,8	4506	0,034	955	4,72
18:10	-3,0	42,4	39,7	369,4	395,5	256,4	1024	0	0	0
18:15	-3,0	45,0	42,3	369,4	396,8	260,5	3862	0,028	776	4,98
18:20	-3,0	28,4	25,6	369,4	388,2	235,0	256	0	0	0
18:25	-3,0	47,1	44,4	369,4	397,8	263,8	4014	0,030	850	4,72
18:30	-3,0	48,0	45,3	369,4	398,3	265,2	5415	0,041	1173	4,62
18:35	-3,0	39,0	36,2	369,4	393,8	251,1	709	0	0	0
18:40	-3,0	45,4	42,7	369,4	397,0	261,1	3597	0,026	730	4,93
18:45	-3,0	33,4	30,6	369,4	390,9	242,6	276	0	0	0
18:50	-3,0	46,8	44,1	369,4	397,7	263,3	3483	0,026	732	4,76
18:55	-3,0	49,7	47	369,4	399,1	267,8	5074	0,039	1146	4,43
19:00	-3,0	45,3	42,6	369,4	397,0	261,0	2128	0	0	0
19:05	-3,0	47,6	44,9	369,4	398,1	264,6	4203	0,031	902	4,66
19:10	-3,0	49,4	46,7	369,4	398,9	267,4	4695	0,036	1053	4,46
19:15	-3,0	45,0	42,3	369,4	396,8	260,5	4203	0,031	844	4,98
19:20	-3,0	31,2	28,4	369,4	389,7	239,2	158	0	0	0
19:25	-3,0	33,2	30,4	369,4	390,8	242,3	256	0	0	0
19:30	-3,0	47,0	44,3	369,4	397,8	263,6	4089	0,030	864	4,73
19:35	-3,0	49,3	46,6	369,4	398,9	267,2	5187	0,039	1160	4,47
19:40	-3,0	28,5	25,7	369,4	388,3	235,1	749	0	0	0
19:45	-3,0	49,1	46,4	369,4	398,8	266,9	4279	0,032	952	4,49
19:50	-3,0	34,3	31,5	369,4	391,4	243,9	414	0	0	0
19:55	-3,0	47,1	44,4	369,4	397,8	263,8	4430	0,033	939	4,72
20:00	-3,0	27,8	25	369,4	387,9	234,0	59	0	0	0
20:05	-3,0	48,8	46,1	369,4	398,7	266,4	4051	0,031	895	4,53
20:10	-3,0	44,6	41,9	369,4	396,6	259,9	2384	0	0	0
20:15	-3,0	49,0	46,3	369,4	398,8	266,7	4279	0,032	950	4,50
20:20	-3,0	48,7	46	369,4	398,6	266,3	5225	0,039	1152	4,54
20:25	-3,0	31,2	28,4	369,4	389,7	239,2	433	0	0	0
20:30	-3,0	47,8	45,1	369,4	398,2	264,9	5149	0,039	1110	4,64
20:35	-3,0	27,4	24,6	369,4	387,7	233,4	197	0	0	0
20:40	-3,0	48,2	45,5	369,4	398,4	265,5	4430	0,033	965	4,59
20:45	-3,0	26,8	24	369,4	387,3	232,5	296	0	0	0
20:50	-3,0	48,1	45,4	369,4	398,3	265,3	4430	0,033	962	4,60
20:55	-3,0	35,8	33	369,4	392,2	246,2	335	0	0	0

21:00	-3,0	45,2	42,5	369,4	396,9	260,8	3521	0,026	711	4,95
21:05	-3,0	49,4	46,7	369,4	398,9	267,4	5528	0,042	1240	4,46
21:10	-3,0	28,8	26	369,4	388,4	235,6	827	0	0	0
21:15	-3,0	47,0	44,3	369,4	397,8	263,6	5339	0,040	1128	4,73
21:20	-3,0	36,0	33,2	369,4	392,3	246,5	552	0	0	0
21:25	-3,0	44,5	41,8	369,4	396,6	259,7	1734	0	0	0
21:30	-3,0	47,3	44,6	369,4	397,9	264,1	4279	0,032	911	4,70
21:35	-3,0	49,1	46,4	369,4	398,8	266,9	5149	0,039	1146	4,49
21:40	-2,0	28,9	26,1	370,0	388,4	235,7	217	0	0	0
21:45	-3,0	47,6	44,9	369,4	398,1	264,6	4165	0,031	893	4,66
21:50	-3,0	41,0	38,3	369,4	394,8	254,3	2108	0	0	0
21:55	-3,0	49,4	46,7	369,4	398,9	267,4	4998	0,038	1121	4,46
22:00	-3,0	28,7	25,9	369,4	388,4	235,4	729	0	0	0
22:05	-3,0	46,7	44	369,4	397,7	263,1	4089	0,030	858	4,77
22:10	-3,0	48,9	46,2	369,4	398,7	266,6	4884	0,037	1082	4,51
22:15	-3,0	45,6	42,9	369,4	397,1	261,4	2522	0	0	0
22:20	-3,0	49,1	46,4	369,4	398,8	266,9	4733	0,036	1054	4,49
22:25	-3,0	27,9	25,1	369,4	388,0	234,2	79	0	0	0
22:30	-3,0	48,3	45,6	369,4	398,4	265,6	4960	0,037	1083	4,58
22:35	-3,0	37,4	34,6	369,4	393,0	248,7	433	0	0	0
22:40	-3,0	45,2	42,5	369,4	396,9	260,8	3635	0,027	734	4,95
22:45	-3,0	49,6	46,9	369,4	399,0	267,7	4809	0,037	1083	4,44
22:50	-3,0	29,5	26,7	369,4	388,8	236,6	335	0	0	0
22:55	-3,0	46,7	44	369,4	397,7	263,1	4316	0,032	905	4,77
23:00	-3,0	32,7	29,9	369,4	390,5	241,5	76	0	0	0
23:05	-3,0	49,6	46,9	369,4	399,0	267,7	4771	0,036	1075	4,44
23:10	-3,0	28,7	25,9	369,4	388,4	235,4	236	0	0	0
23:15	-3,0	48,2	45,5	369,4	398,4	265,5	4279	0,032	932	4,59
23:20	-3,0	28,4	25,6	369,4	388,2	235,0	630	0	0	0
23:25	-3,0	48,9	46,2	369,4	398,7	266,6	4960	0,038	1099	4,51
23:30	-3,0	27,4	24,6	369,4	387,7	233,4	114	0	0	0
23:35	-3,0	48,9	46,2	369,4	398,7	266,6	4582	0,035	1015	4,51
23:40	-3,0	30,2	27,4	369,4	389,2	237,7	189	0	0	0
23:45	-3,0	47,6	44,9	369,4	398,1	264,6	4998	0,037	1072	4,66
23:50	-3,0	49,7	47	369,4	399,1	267,8	3824	0,029	864	4,43
23:55	-3,0	43,4	40,7	369,4	396,0	258,0	2305	0	0	0

Zpracování dat pro den 5. prosince 2015

ČAS	TEPLOTA NA VÝPARNÍKU	TEPLOTA NA KONDENZÁTORU	TEPLTNÍ SKLUZ	ENTALPIE STAVU 1	ENTALPIE STAVU 2	ENTALPIE STAVU 3	TEPELNÝ VÝKON	HMOTNOSTNÍ TOK CHLADIVA	ADIABATICKÝ PŘÍKON KOMPRESORU	TOPNÝ FAKTOR
$\tau$	$t_v$	$t_k$	$t_k$	$h_1$	$h_2$	$h_3 = h_4$	$Q_r$	$m$	$P$	COP
[h]	[°C]	[°C]	[°C]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[W]	[kg/s]	[W]	[-]
0:00	-3,0	28,3	25,5	369,4	388,2	234,8	151	0	0	0
0:05	-3,0	46,6	43,9	369,4	397,6	263,0	4279	0,032	895,1	4,78
0:10	-3,0	48,6	45,9	369,4	398,6	266,1	4998	0,038	1099,0	4,55
0:15	-3,0	44,1	41,4	369,4	396,4	259,1	2010	0	0	0
0:20	-3,0	49,7	47	369,4	399,1	267,8	5225	0,040	1180,2	4,43
0:25	-3,0	44,2	41,5	369,4	396,4	259,2	5339	0,039	1050,4	5,08
0:30	-3,0	49,4	46,7	369,4	398,9	267,4	5036	0,038	1129,2	4,46
0:35	-3,0	36,4	33,6	369,4	392,5	247,1	374	0	0	0
0:40	-3,0	45,7	43	369,4	397,2	261,6	3294	0,024	673,6	4,89
0:45	-3,0	43,9	41,2	369,4	396,3	258,8	2764	0,020	539,6	5,12
0:50	-3,0	30,1	27,3	369,4	389,1	237,5	-1241	0	0	0
0:55	-3,0	48,6	45,9	369,4	398,6	266,1	3900	0,029	857,5	4,55
1:00	-3,0	47,8	45,1	369,4	398,2	264,9	3749	0,028	808,1	4,64
1:05	-3,0	44,6	41,9	369,4	396,6	259,9	2991	0,022	594,6	5,03
1:10	-3,0	30,0	27,2	369,4	389,1	237,4	158	0	0	0
1:15	-3,0	46,7	44	369,4	397,7	263,1	3711	0,028	778,3	4,77
1:20	-3,0	49,4	46,7	369,4	398,9	267,4	4544	0,035	1018,8	4,46
1:25	-3,0	49,3	46,6	369,4	398,9	267,2	4960	0,038	1109,5	4,47
1:30	-3,0	49,3	46,6	369,4	398,9	267,2	4771	0,036	1067,1	4,47
1:35	-3,0	28,1	25,3	369,4	388,1	234,5	76	0	0	0
1:40	-3,0	48,9	46,2	369,4	398,7	266,6	4468	0,034	989,7	4,51
1:45	-3,0	45,7	43	369,4	397,2	261,6	4014	0,030	820,7	4,89
1:50	-3,0	28,1	25,3	369,4	388,1	234,5	76	0	0	0
1:55	-3,0	45,4	42,7	369,4	397,0	261,1	3521	0,026	714,6	4,93
2:00	-3,0	47,3	44,6	369,4	397,9	264,1	4392	0,033	935,2	4,70
2:05	-3,0	48,2	45,5	369,4	398,4	265,5	4506	0,034	981,0	4,59
2:10	-3,0	46,7	44	369,4	397,7	263,1	3711	0,028	778,3	4,77
2:15	-3,0	31,8	29	369,4	390,1	240,1	265	0	0	0
2:20	-3,0	47,5	44,8	369,4	398,0	264,4	4165	0,031	891,2	4,67
2:25	-3,0	31,0	28,2	369,4	389,6	238,9	265	0	0	0
2:30	-3,0	46,4	43,7	369,4	397,5	262,7	3597	0,027	748,8	4,80
2:35	-3,0	47,9	45,2	369,4	398,2	265,0	4165	0,031	900,1	4,63
2:40	-3,0	48,8	46,1	369,4	398,7	266,4	5377	0,041	1188,0	4,53
2:45	-3,0	41,6	38,9	369,4	395,1	255,2	2226	0	0	0

6:30	-2,0	30,3	27,5	370,0	389,2	237,9	512	0	0
6:25	-2,0	48,6	45,9	370,0	398,4	266,1	4051	0,031	870,2
6:20	-2,0	38,8	36	370,0	393,6	250,8	670	0	0
6:15	-2,0	32,8	30	370,0	390,5	241,7	265	0	0
6:10	-2,0	49,0	46,3	370,0	398,6	266,7	4430	0,034	961,0
6:05	-2,0	44,5	41,8	370,0	396,5	259,7	2991	0,022	578,4
6:00	-2,0	38,1	35,3	370,0	393,3	249,7	670	0	0
5:55	-2,0	44,8	42,1	370,0	396,6	260,2	4241	0,031	826,5
5:50	-2,0	40,0	37,2	370,0	394,2	252,6	906	0	0
5:45	-2,0	46,5	43,8	370,0	397,4	262,8	3976	0,030	809,8
5:40	-2,0	49,3	46,6	370,0	398,8	267,2	5263	0,040	1150,2
5:35	-2,0	38,8	36	370,0	393,6	250,8	1911	0	0
5:30	-2,0	49,8	47,1	370,0	399,0	268,0	5301	0,040	1172,9
5:25	-2,0	37,4	34,6	370,0	392,9	248,7	1950	0	0
5:20	-2,0	27,3	24,5	370,0	387,5	233,3	512	0	0
5:15	-2,0	49,2	46,5	370,0	398,7	267,0	4203	0,032	916,2
5:10	-3,0	47,6	44,9	369,4	398,1	264,6	4354	0,033	934,1
5:05	-2,0	45,8	43,1	370,0	397,1	261,7	3976	0,029	795,3
5:00	-2,0	28,2	25,4	370,0	388,0	234,7	177	0	0
4:55	-2,0	49,3	46,6	370,0	398,8	267,2	5112	0,039	1117,1
4:50	-2,0	49,2	46,5	370,0	398,7	267,0	4695	0,036	1023,6
4:45	-3,0	49,3	46,6	369,4	398,9	267,2	4506	0,034	1007,8
4:40	-3,0	45,4	42,7	369,4	397,0	261,1	3900	0,029	791,4
4:35	-3,0	41,2	38,5	369,4	394,9	254,6	749	0	0
4:30	-3,0	39,4	36,6	369,4	394,0	251,7	493	0	0
4:25	-3,0	45,9	43,2	369,4	397,3	261,9	4051	0,030	832,7
4:20	-3,0	47,6	44,9	369,4	398,1	264,6	3786	0,028	812,2
4:15	-3,0	45,0	42,3	369,4	396,8	260,5	3483	0,026	699,7
4:10	-3,0	42,6	39,9	369,4	395,6	256,7	926	0	0
4:05	-3,0	45,7	43	369,4	397,2	261,6	3749	0,028	766,5
4:00	-3,0	47,9	45,2	369,4	398,2	265,0	4392	0,033	949,2
3:55	-3,0	44,8	42,1	369,4	396,7	260,2	1872	0	0
3:50	-3,0	49,2	46,5	369,4	398,9	267,0	5225	0,040	1165,9
3:45	-3,0	47,2	44,5	369,4	397,9	263,9	4127	0,031	876,5
3:40	-3,0	28,3	25,5	369,4	388,2	234,8	76	0	0
3:35	-3,0	39,5	36,7	369,4	394,1	251,9	2246	0	0
3:30	-3,0	45,2	42,5	369,4	396,9	260,8	3483	0,026	703,3
3:25	-3,0	37,6	34,8	369,4	393,1	249,0	749	0	0
3:20	-3,0	45,0	42,3	369,4	396,8	260,5	3143	0,023	631,2
3:15	-3,0	37,8	35	369,4	393,2	249,3	650	0	0
3:10	-3,0	46,2	43,5	369,4	397,4	262,4	3786	0,028	784,2
3:05	-3,0	28,4	25,6	369,4	388,2	235,0	417	0	0
3:00	-3,0	49,0	46,3	369,4	398,8	266,7	4165	0,032	924,8
2:55	-3,0	48,9	46,2	369,4	398,7	266,6	5793	0,044	1283,2
2:50	-3,0	49,0	46,3	369,4	398,8	266,7	4695	0,036	1042,5



6:35	-2,0	47,3	44,6	370,0	397,8	264,1	4695	0,035	976,0	4,81
6:40	-2,0	49,7	47	370,0	399,0	267,8	5074	0,039	1119,8	4,53
6:45	-2,0	46,2	43,5	370,0	397,3	262,4	5604	0,042	1132,6	4,95
6:50	-2,0	49,4	46,7	370,0	398,8	267,4	5074	0,039	1111,6	4,56
6:55	-2,0	45,2	42,5	370,0	396,8	260,8	2345	0	0	0
7:00	-2,0	49,2	46,5	370,0	398,7	267,0	4430	0,034	965,8	4,59
7:05	-2,0	49,0	46,3	370,0	398,6	266,7	4884	0,037	1059,6	4,61
7:10	-2,0	48,5	45,8	370,0	398,4	266,0	5415	0,041	1160,0	4,67
7:15	-2,0	43,7	41	370,0	396,1	258,5	2246	0	0	0
7:20	-2,0	47,7	45	370,0	398,0	264,7	4392	0,033	922,3	4,76
7:25	-2,0	36,9	34,1	370,0	392,6	247,9	512	0	0	0
7:30	-2,0	45,7	43	370,0	397,1	261,6	3938	0,029	785,7	5,01
7:35	-2,0	43,7	41	370,0	396,1	258,5	1497	0	0	0
7:40	-2,0	45,3	42,6	370,0	396,9	261,0	3446	0,025	680,4	5,06
7:45	-2,0	49,4	46,7	370,0	398,8	267,4	5074	0,039	1111,6	4,56
7:50	-2,0	27,5	24,7	370,0	387,6	233,6	571	0	0	0
7:55	-2,0	49,1	46,4	370,0	398,7	266,9	4354	0,033	946,9	4,60
8:00	-2,0	37,2	34,4	370,0	392,8	248,4	1891	0	0	0
8:05	-2,0	48,8	46,1	370,0	398,5	266,4	5225	0,040	1127,9	4,63
8:10	-2,0	40,4	37,7	370,0	394,4	253,4	1970	0	0	0
8:15	-2,0	48,9	46,2	370,0	398,6	266,6	4089	0,031	884,9	4,62
8:20	-2,0	49,2	46,5	370,0	398,7	267,0	5566	0,042	1213,4	4,59
8:25	-2,0	27,4	24,6	370,0	387,6	233,4	227	0	0	0
8:30	-2,0	49,1	46,4	370,0	398,7	266,9	4884	0,037	1062,2	4,60
8:35	-2,0	27,7	24,9	370,0	387,8	233,9	151	0	0	0
8:40	-2,0	49,2	46,5	370,0	398,7	267,0	4544	0,035	990,5	4,59
8:45	-2,0	39,3	36,5	370,0	393,9	251,6	2108	0	0	0
8:50	-2,0	48,7	46	370,0	398,5	266,3	5149	0,039	1108,8	4,64
8:55	-2,0	28,0	25,2	370,0	387,9	234,3	303	0	0	0
9:00	-2,0	46,6	43,9	370,0	397,5	263,0	3786	0,028	773,2	4,90
9:05	-1,0	48,2	45,5	370,6	398,1	265,5	4619	0,035	958,1	4,82
9:10	-1,0	44,7	42	370,6	396,4	260,0	2226	0	0	0
9:15	-1,0	46,6	43,9	370,6	397,4	263,0	3749	0,028	746,1	5,02
9:20	-1,0	27,6	24,8	370,6	387,6	233,7	114	0	0	0
9:25	-1,0	45,7	43	370,6	396,9	261,6	3976	0,029	772,9	5,14
9:30	-1,0	47,4	44,7	370,6	397,7	264,2	4279	0,032	869,4	4,92
9:35	-1,0	49,0	46,3	370,6	398,5	266,7	4506	0,034	953,7	4,72
9:40	-1,0	43,7	41	370,6	395,9	258,5	1931	0	0	0
9:45	-1,0	39,6	36,8	370,6	393,9	252,0	709	0	0	0
9:50	-1,0	46,1	43,4	370,6	397,1	262,2	4051	0,030	796,0	5,09
9:55	-1,0	34,6	31,8	370,6	391,3	244,4	749	0	0	0
10:00	-1,0	46,5	43,8	370,6	397,3	262,8	3976	0,030	789,3	5,04
10:05	-1,0	48,2	45,5	370,6	398,1	265,5	4582	0,035	950,2	4,82
10:10	-1,0	49,9	47,2	370,6	398,9	268,1	5490	0,042	1188,5	4,62
10:15	-1,0	30,4	27,6	370,6	389,1	238,0	177	0	0	0

10:20	0,0	46,8	44,1	371,2	397,3	263,3	4430	0,033	862,1	5,14
10:25	0,0	48,9	46,2	371,2	398,3	266,6	4998	0,038	1027,2	4,87
10:30	0,0	44,2	41,5	371,2	396,0	259,2	2147	0	0	0
10:35	0,0	37,5	34,7	371,2	392,7	248,8	571	0	0	0
10:40	0,0	45,9	43,2	371,2	396,8	261,9	3446	0,026	654,7	5,26
10:45	0,0	50,0	47,3	371,2	398,8	268,3	5339	0,041	1128,4	4,73
10:50	0,0	29,1	26,3	371,2	388,3	236,0	729	0	0	0
10:55	0,0	43,9	41,2	371,2	395,9	258,8	2385	0,017	429,4	5,56
11:00	0,0	28,9	26,1	371,2	388,2	235,7	-1064	0	0	0
11:05	0,0	48,8	46,1	371,2	398,2	266,4	5112	0,039	1047,8	4,88
11:10	0,0	43,5	40,8	371,2	395,7	258,2	2029	0	0	0
11:15	0,0	46,9	44,2	371,2	397,3	263,5	4014	0,030	783,1	5,13
11:20	0,0	46,9	44,2	371,2	397,3	263,5	4316	0,032	842,2	5,13
11:25	0,0	43,6	40,9	371,2	395,7	258,3	1950	0	0	0
11:30	0,0	50,2	47,6	371,2	398,9	268,8	5566	0,043	1183,7	4,70
11:35	0,0	50,1	47,5	371,2	398,8	268,6	5225	0,040	1108,5	4,71
11:40	0,0	50,0	47,3	371,2	398,8	268,3	4809	0,037	1016,3	4,73
11:45	0,0	36,8	34	371,2	392,3	247,8	1852	0	0	0
11:50	0,0	49,6	46,9	371,2	398,6	267,7	4695	0,036	982,3	4,78
11:55	0,0	44,6	41,9	371,2	396,2	259,9	4884	0,036	896,2	5,45
12:00	0,0	48,5	45,8	371,2	398,1	266,0	5036	0,038	1024,4	4,92
12:05	1,0	29,7	26,9	371,7	388,5	236,9	177	0	0	0
12:10	1,0	48,8	46,1	371,7	398,1	266,4	5036	0,038	1011,0	4,98
12:15	1,0	49,0	46,3	371,7	398,2	266,7	4960	0,038	1001,0	4,96
12:20	1,0	49,1	46,4	371,7	398,3	266,9	4733	0,036	957,7	4,94
12:25	1,0	49,1	46,4	371,7	398,3	266,9	4809	0,037	973,0	4,94
12:30	1,0	49,2	46,5	371,7	398,3	267,0	4922	0,037	998,5	4,93
12:35	1,0	49,3	46,6	371,7	398,4	267,2	4884	0,037	993,4	4,92
12:40	1,0	49,4	46,7	371,7	398,4	267,4	5036	0,038	1026,9	4,90
12:45	1,0	27,8	25	371,7	387,5	234,0	296	0	0	0
12:50	1,0	49,5	46,8	371,7	398,5	267,5	4847	0,037	990,8	4,89
12:55	1,0	49,2	46,5	371,7	398,3	267,0	5717	0,044	1159,9	4,93
13:00	1,0	49,3	46,6	371,7	398,4	267,2	5490	0,042	1116,7	4,92
13:05	2,0	49,2	46,5	372,2	398,3	267,0	5225	0,040	1038,0	5,03
13:10	2,0	48,8	46,1	372,2	398,1	266,4	4695	0,036	922,9	5,09
13:15	2,0	48,7	46	372,2	398,0	266,3	4316	0,033	846,2	5,10
13:20	2,0	47,3	44,6	372,2	397,4	264,1	4847	0,036	915,1	5,30
13:25	2,0	28,1	25,3	372,2	387,6	234,5	79	0	0	0
13:30	2,0	49,0	46,3	372,2	398,2	266,7	4127	0,031	815,5	5,06
13:35	2,0	48,8	46,1	372,2	398,1	266,4	4619	0,035	908,0	5,09
13:40	1,0	48,7	46	371,7	398,1	266,3	4809	0,036	962,9	4,99
13:45	2,0	48,9	46,2	372,2	398,1	266,6	4998	0,038	985,0	5,07
13:50	2,0	49,3	46,6	372,2	398,3	267,2	4582	0,035	912,5	5,02
13:55	2,0	30,4	27,6	372,2	388,8	238,0	-1261	0	0	0
14:00	2,0	48,9	46,2	372,2	398,1	266,6	4582	0,035	902,9	5,07

14:05	2,0	45,7	43	372,2	396,6	261,6	4960	0,037	896,4	5,53
14:10	2,0	49,5	46,8	372,2	398,4	267,5	4922	0,038	985,6	4,99
14:15	1,0	49,5	46,8	371,7	398,5	267,5	5187	0,040	1060,5	4,89
14:20	1,0	49,6	46,9	371,7	398,5	267,7	5680	0,043	1164,2	4,88
14:25	1,0	27,8	25	371,7	387,5	234,0	217	0	0	0
14:30	1,0	49,7	47	371,7	398,6	267,8	5225	0,040	1073,8	4,87
14:35	1,0	49,5	46,8	371,7	398,5	267,5	4468	0,034	913,4	4,89
14:40	1,0	49,4	46,7	371,7	398,4	267,4	3597	0,027	733,5	4,90
14:45	1,0	49,2	46,5	371,7	398,3	267,0	3673	0,028	745,1	4,93
14:50	1,0	29,1	26,3	371,7	388,2	236,0	847	0	0	0
14:55	1,0	30,2	27,4	371,7	388,8	237,7	-1300	0	0	0
15:00	1,0	48,2	45,5	371,7	397,8	265,5	3559	0,027	703,4	5,06
15:05	1,0	48,3	45,6	371,7	397,9	265,6	4809	0,036	952,9	5,05
15:10	1,0	48,9	46,2	371,7	398,2	266,6	4847	0,037	975,6	4,97
15:15	1,0	49,0	46,3	371,7	398,2	266,7	4354	0,033	878,8	4,96
15:20	1,0	49,2	46,5	371,7	398,3	267,0	4922	0,037	998,5	4,93
15:25	0,0	49,4	46,7	371,2	398,5	267,4	5149	0,039	1071,9	4,80
15:30	0,0	49,0	46,3	371,2	398,3	266,7	4733	0,036	975,2	4,85
15:35	0,0	39,2	36,4	371,2	393,5	251,4	670	0	0	0
15:40	0,0	45,9	43,2	371,2	396,8	261,9	3900	0,029	741,1	5,26
15:45	0,0	48,2	45,5	371,2	397,9	265,5	4733	0,036	955,4	4,95
15:50	0,0	48,4	45,7	371,2	398,0	265,8	5074	0,038	1029,4	4,93
15:55	0,0	37,9	35,1	371,2	392,9	249,4	2029	0	0	0
16:00	0,0	28,7	25,9	371,2	388,1	235,4	99	0	0	0
16:05	0,0	49,1	46,4	371,2	398,3	266,9	5112	0,039	1055,9	4,84
16:10	0,0	48,9	46,2	371,2	398,3	266,6	5074	0,039	1042,8	4,87
16:15	-1,0	46,1	43,4	370,6	397,1	262,2	3218	0,024	632,3	5,09
16:20	-1,0	45,7	43	370,6	396,9	261,6	2069	0	0	0
16:25	-1,0	49,6	46,9	370,6	398,8	267,7	4051	0,031	870,5	4,65
16:30	-1,0	32,7	29,9	370,6	390,3	241,5	236	0	0	0
16:35	0,0	48,3	45,6	371,2	398,0	265,6	4279	0,032	865,9	4,94
16:40	-1,0	27,6	24,8	370,6	387,6	233,7	118	0	0	0
16:45	-1,0	49,3	46,6	370,6	398,6	267,2	3938	0,030	839,8	4,69
16:50	-1,0	27,6	24,8	370,6	387,6	233,7	118	0	0	0
16:55	-1,0	48,8	46,1	370,6	398,4	266,4	4241	0,032	893,0	4,75
17:00	-1,0	49,1	46,4	370,6	398,5	266,9	2613	0,020	554,4	4,71
17:05	-1,0	45,8	43,1	370,6	397,0	261,7	1970	0	0	0
17:10	-1,0	49,7	47	370,6	398,8	267,8	4733	0,036	1019,5	4,64
17:15	-1,0	44,2	41,5	370,6	396,2	259,2	3446	0,025	643,6	5,35
17:20	-1,0	32,9	30,1	370,6	390,4	241,8	276	0	0	0
17:25	-1,0	47,3	44,6	370,6	397,7	264,1	4695	0,035	951,6	4,93
17:30	-2,0	49,7	47	370,0	399,0	267,8	4998	0,038	1103,1	4,53
17:35	-2,0	49,6	46,9	370,0	398,9	267,7	5377	0,041	1183,8	4,54
17:40	-1,0	49,6	46,9	370,6	398,8	267,7	4203	0,032	903,0	4,65
17:45	-1,0	27,9	25,1	370,6	387,8	234,2	177	0	0	0

17:50	-1,0	31,1	28,3	370,6	389,5	239,1	-1261	0	0	0
17:55	-1,0	49,4	46,7	370,6	398,7	267,4	4657	0,035	995,7	4,68
18:00	-1,0	49,6	46,9	370,6	398,8	267,7	3370	0,026	724,1	4,65