

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta aplikovaných věd

Katedra kybernetiky

Diplomová práce

Datová analýza veřejně dostupných  
meteorologických dat

Plzeň, 2015

Michal Kubát

# Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci zpracovanou na závěr studia na Fakultě aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně a výhradně s použitím odborné literatury a pramenů, jejichž úplný seznam je její součástí

V Plzni dne .....

.....

## Poděkování

Rád bych poděkoval paní Ing. Andree Zápotocké, Ph.D., vedoucí mé diplomové práce, za odborné vedení a cenné rady a připomínky, které mi pomohly zpracovat tuto práci.

## **Anotace**

Tato diplomová práce pojednává o datové analýze veřejně dostupných meteorologických dat. Hlavním cílem práce je posouzení přesnosti již stanovených předpovědí počasí a vlivu přechodu atmosférické fronty na změnu počasí.

## **Klíčová slova**

předpověď, měření, fronta, střední hodnota

## **Annotation**

This diploma thesis deals with the data analysis of publicly available meteorological data. The main goal is to assess the accuracy of those already provided weather forecast and the impact of the transition atmospheric fronts to change the weather.

## **Key words**

forecast, measurement, front, mean value

# Obsah

<b>1 Úvod</b>	<b>6</b>
<b>2 Použité matematické a odborné pojmy</b>	<b>7</b>
2.1 Střední hodnota . . . . .	7
2.2 Rozptyl a směrodatná odchylka . . . . .	7
2.3 Korelace . . . . .	8
2.4 Histogram . . . . .	8
2.5 Typy atmosférických front . . . . .	9
<b>3 Použitá data</b>	<b>10</b>
3.1 Norská předpověď (YR) . . . . .	10
3.2 Měření CHMI . . . . .	10
3.3 Předpověď CHMI . . . . .	11
3.4 Přejít front přes Prahu . . . . .	11
3.5 Roční období . . . . .	13
<b>4 Datová analýza</b>	<b>14</b>
4.1 Typy předpovědi oblačnosti . . . . .	14
4.2 Převodní křivka . . . . .	16
4.3 Vývoj chyby předpovědi . . . . .	23
4.3.1 Přesnost předpovědi x hodin dopředu . . . . .	23
4.3.2 Pozorování zpřesnění předpovědi . . . . .	24
4.3.3 Přesnost posledních předpovědi . . . . .	25
4.4 Porovnání předpovědi počasí CHMI a předpovědi YR . . . . .	27
4.5 Závislost chyby předpovědi na hodnotě předpovědi . . . . .	29
4.5.1 Rychlost větru . . . . .	29
4.5.2 Teplota ovzduší . . . . .	34
4.5.3 Oblačnost . . . . .	38
4.5.4 Předpověď CHMI . . . . .	41
4.6 Přejít atmosférických front přes Prahu . . . . .	44
4.6.1 Denní chod přechodu front . . . . .	44
4.6.2 Pozorování četnosti jednotlivých jevů . . . . .	47
4.6.3 Podmíněná četnost jevů . . . . .	51
4.6.4 Maximální a průměrný počet opakování zaznamenaných údajů . . . . .	52
4.6.5 Pravděpodobnost přechodu typů front . . . . .	54
4.7 Vzájemná závislost jednotlivých údajů front a jejich vztah k naměřenému počasí . . . . .	55
4.7.1 Korelace údajů front a dat oblačnosti . . . . .	55
4.7.2 Vývoj počasí v závislosti na přechodu fronty . . . . .	59
<b>5 Závěr</b>	<b>66</b>
<b>6 Literatura</b>	<b>68</b>

<b>7 Příloha</b>	<b>69</b>
7.1 Seznam lokalit s příslušným krajem . . . . .	69
7.2 Převodní křivka . . . . .	71
7.3 Vývoj chyby předpovědi . . . . .	75
7.4 Závislost chyby předpovědi na hodnotě předpovědi . . . . .	76
7.5 Přechod atmosférických front . . . . .	78
7.6 Vzájemná závislost jednotlivých údajů front a jejich vztah k naměřenému počasí . . . . .	80

# 1 Úvod

Hlavním úkolem této diplomové práce je provést datovou analýzu dostupných meteorologických dat předpovědi a měření počasí. Předmětem pozorování budou veličiny rychlost větru, teplota ovzduší, oblačnost a data o přechodu atmosférických front přes Prahu. V práci budou vyhodnoceny chyby předpovědí a vzájemná závislost údajů přechodů front a jejich vztah k naměřenému počasí. Cílem práce není vytváření vlastních předpovědí, nýbrž analýza přesnosti již stanovených předpovědí a posouzení, zda je potřeba je nějakým způsobem korigovat z hlediska použití pro predikci výroby elektrické energie.

Práce je rozdělena do několika kapitol. Druhá kapitola se týká použitých matematických a odborných pojmů. Jedná se převážně o pojmy z teorie pravděpodobnosti a statistiky. Třetí kapitola je věnována použitým datům. Stěžejní část práce se nachází ve čtvrté kapitole, která se týká datové analýzy.

Pro vytvoření veškerých výpočtů a vykreslení grafů byl použit software *MATLAB R2012b*.

## 2 Použité matematické a odborné pojmy

V následující části jsou uvedeny základní vztahy a pojmy z pravděpodobnosti a statistiky, které se vyskytují v této práci. Pokud není uvedeno jinak jsou převzaté z [1], [2] nebo [3].

### Náhodná veličina

Jedná se o výsledek náhodného pokusu, který můžeme někdy vyjádřit jen slovně, ovšem většinou je možno jednotlivým elementárním jevům přiřadit číselné hodnoty. Výsledek těchto náhodných pokusů, bývá (po vhodné formulaci) vyjádřitelný reálným číslem. V takových případech lze považovat naměřené hodnoty za hodnoty nějaké funkce definované na množině  $\Omega$  všech elementárních jevů. Zmíněná funkce se nazývá **náhodná veličina**. Jejím hlavním rysem je proměnlivost jejích hodnot při opakovaných pokusech.

Náhodné veličiny se označují velkými latinskými písmeny z konce abecedy, tedy  $X, Y, Z$ . Jejich konkrétní číselné realizace pak odpovídají malým písmenům  $x, y, z$

### 2.1 Střední hodnota

Střední hodnota náhodné veličiny  $X$ , označována  $E(X)$ , je reálné číslo definované následovně:

- pro **diskrétní** náhodnou veličinu, která nabývá hodnot  $x_1, x_2, \dots$  s pravděpodobnostmi  $p_1, p_2, \dots$  [tj.  $P(X = x_i) = p_i$ ] je

$$E(X) = \sum_i x_i p_i = x_1 p_1 + x_2 p_2 + \dots$$

- pro **spojitou** náhodnou veličinu, s hustotou pravděpodobnosti  $f(x)$  je

$$E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x) dx$$

### 2.2 Rozptyl a směrodatná odchylka

**Rozptyl** náhodné veličiny  $X$ , píšeme  $D(X)$ , je reálné číslo definované předpisem

$$D(X) = E(X - E(X))^2.$$

Platí rovnost (tzv. **výpočetní tvar rozptylu**)

$$D(X) = E(X^2) - E^2(X),$$

kde  $E^2(X)$  je zkrácený zápis pro  $(E(X))^2$ ,



$E(X^2) = \sum_i x_i^2 p_i$ , je-li  $X$  diskrétní náhodná veličina,

resp.  $E(X^2) = \int_{-\infty}^{\infty} x^2 f(x) dx$ , je-li  $X$  spojitá náhodná veličina.

**Směrodatná odchylka** náhodné veličiny  $X$ , označována  $\sigma(X)$ , je definována jako druhá odmocnina z rozptylu,

$$\begin{aligned}\sigma(X) &= \sqrt{D(X)}, \text{ kde } X \in R. \\ \sigma^-(X) &= \sqrt{D(X)}, \text{ kde } X < 0. \\ \sigma^+(X) &= \sqrt{D(X)}, \text{ kde } X \geq 0.\end{aligned}$$

Udává, do jaké míry se od sebe liší typické případy v souboru zkoumaných dat.

## 2.3 Korelace

### Náhodný vektor

Je to takový vektor, jehož složkami jsou náhodné veličiny. Počet těchto veličin označme  $k$  a sledovanou  $k$ -rozměrnou náhodnou veličinu označíme

$$X = (X_1, X_2, \dots, X_k).$$

### Kovariance

Vyjadřuje vzájemné vztahy mezi dvěma náhodnými veličinami  $X, Y$  a je definována předpisem

$$\text{cov}(X, Y) = E([X - E(X)] \cdot [Y - E(Y)]).$$

### Korelační koeficient

Uvažujme dvourozměrný náhodný vektor a jeho složky označme  $X, Y$ . Dále předpokládejme, že veličiny  $X, Y$  nejsou konstantní, a tím pádem jejich směrodatné odchylky  $\sigma(X), \sigma(Y)$  jsou kladné. Korelační koeficient  $\varrho(X, Y)$  je definován vztahem

$$\varrho = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sigma(X)\sigma(Y)}$$

Korelační koeficient  $\varrho = \varrho(X, Y)$  udává míru statistické lineární závislosti veličin  $X, Y$ . V případech kdy  $\varrho = \pm 1$  jsou náhodné veličiny  $X, Y$  přesně lineárně závislé. Znaménko mínus značí nepřímou úměrnost a plus přímou úměrnost. Je-li  $\varrho = 0$ , náhodné veličiny jsou na sobě nezávislé tzv. nekorelované. Veličiny  $X, Y$  ovšem mohou být nekorelované a zároveň závislé.

## 2.4 Histogram

Jedná se o grafické vyjádření výskytu sledované veličiny v daném intervalu (třídě). Zobrazuje se pomocí něj rozložení hodnot pro soubory velkého rozsahu.

## 2.5 Typy atmosférických front

V následujících bodech jsou stručně popsány 3 základní typy atmosférických front. Text převzat z [4] a [6].

### Teplá fronta

Teplá fronta se tvoří v případě, kdy teplá vzduchová hmota postupující v horizontálním směru vytlačuje studenou vzduchovou hmotu. Po ustupujícím klínu těžšího studeného vzduchu, nastupující lehčí vzduch vykluzuje směrem vzhůru. Teplá fronta se tvoří na jejich styčné ploše.

### Studená fronta

Studená fronta se tvoří v případě, kdy studená vzduchová hmota postupující v horizontálním směru vytlačuje teplejší vzduchovou hmotu, která se při nuceném výstupu rozpíná a ochlazuje a ž dojde k její kondenzaci.

### Okluzní fronta

K vytvoření okluzní fronty vede rozdíl rychlostí postupu teplé a studené fronty. Studená fronta totiž postupuje rychleji a časem teplou frontu dožene. Dojde ke spojení dvou studených vzduchových hmot u zemského povrchu. První postupovala za studenou frontou a druhou, která postupovala před ní. Teplý vzduch ležící mezi oběma frontami je vytlačen vzhůru.

### 3 Použitá data

Data použitá v této práci se skládají z různých období roků 2011 až 2014. V rámci jednotlivých kapitol je vždy blíže specifikováno, jaká konkrétní data byla pro danou analýzu použita. Veškerá data jsou zaznamenána ve středoevropském čase (SEČ), případně jsou do tohoto formátu převedena.

#### 3.1 Norská předpověď (YR)

Hlavními daty, která jsou v této práci použita, jsou data z norského meteorologického institutu (<http://www.yr.no/>). Jedná se o hodinová data pro 39 lokalit z období let 2012 až 2014. Jednotlivé položky stažených dat jsou uvedeny v tabulce 1. Z těchto dat byly pro účely analýzy použity položky týkající se předpovědi oblačnosti, teploty ovzduší, rychlosti větru a termínu předpovědi. Termín předpovědi udává datum a čas, kdy byla odpovídající hodnota předpovědi stanovena. Je potřeba zdůraznit, že norská předpověď oblačnosti je vyjádřena v procentech.

Podle typu termínu předpovědi lze lokality rozdělit do dvou skupin, což je znázorněno na mapě měřicích stanic na obrázku 41 v příloze. Na základě tohoto rozdělení bude v práci použita terminologie lokality typu A a lokality typu B. Hlavním rozdílem mezi těmito dvěma typy lokalit z hlediska termínu předpovědi je, že pro lokality typu B je předpověď méně. Jinými slovy předpovědi jsou stanovovány méně často. V případě lokalit typu A jsou předpovědi stanovovány počínaje časem 0:00 na každou hodinu, zatímco pro lokality typu B jsou stanovovány počínaje časem 1:00 na každou třetí hodinu (1:00, 4:00, 7:00, atd.). Nutno ještě dodat, že z dat předpovědi byly odstraněny takové hodnoty, jejichž odpovídající termín není definován a byly nahrazeny hodnotou NaN.

Tabulka 1: Položky stažených dat

Položka	Předpověď YR	Předpověď CHMI	Měření CHMI
Termín	Ano	Ne	Ne
Oblačnost	Ano [%]	Ano [slovně]	Ano [* / 8]
Nízká oblačnost	Ano [%]	Ne	Ne
Střední oblačnost	Ano [%]	Ne	Ne
Vysoká oblačnost	Ano [%]	Ne	Ne
Rychlost větru	Ano [m/s]	Ano [m/s]	Ano [m/s]
Teplota ovzduší	Ano [°C]	Ano [°C]	Ano [°C]

#### 3.2 Měření CHMI

Jde o hodinová data měření počasí v České Republice z období let 2012 až 2014 pro 39 lokalit. V posledním sloupci tabulky 1 vidíme použité položky. V této práci byla použita data měření rychlosti větru, teploty ovzduší a oblačnosti, která je v tomto případě vyjádřena prostřednictvím stupně pokrytí oblohy oblačností v osminách. Tedy odlišně než tomu je v případě norských předpovědí. Tato skutečnost je řešena

v dalších bodech práce.

Tabulka 2 zobrazuje jednotlivé typy oblačností, jejich vyjádření v osminách a kód, kterým jsou reprezentovány v datech. V tabulce je uvedeno staré a aktuální označení typů oblačnosti. Aktuální označení je dostupné na internetových stránkách ČHMÚ <http://pr-asv.chmi.cz/synopy-map/napoveda.php?ukazatel=oblacnost&graficky=ano>. V dostupných datech je použito staré označení. S přihlédnutím na skutečnost, že datum této změny není známo a změna v označení není nijak zásadní, je v dalších částech práce použito označení aktuální.

Tabulka 2: Typy oblačností podle CHMI

Typ	Staré označení	Aktuální označení	Kód měření	Kód předpovědi
0/8	jasno	jasno	0	1
1/8	skoro jasno	jasno	1	2
2/8	skoro jasno	skoro jasno	2	2
3/8	polojasno	malá oblačnost	3	3
4/8	polojasno	polojasno	4	3
5/8	oblačno	oblačno	5	4
6/8	oblačno	oblačno	6	4
7/8	skoro zataženo	skoro zataženo	7	5
8/8	zataženo	zataženo	8	6
9	nelze rozeznat	nelze rozeznat	9	-

### 3.3 Předpověď CHMI

Jedná se o denní předpovědi počasí pro 14 krajů České Republiky pro roky 2011 až 2012. Pro každý den v roce data obsahují předpověď na daný den, noc a následující den v podobě horní a spodní meze předpovědi. Z těchto dat byly opět použity informace o rychlosti větru, teplotě ovzduší a oblačnosti. Předpověď oblačnosti je zde vyjádřena slovně pomocí stupně pokrytí oblohy oblačností, jak je uvedeno v tabulce 2. Tabulka rovněž vyjadřuje vztah mezi reprezentací této předpovědi (sloupec kód předpovědi) a měření oblačnosti (kód měření). Převod podle tohoto vztahu je v práci použit pro možnost vzájemného porovnání.

Úspěšnost předpovědi CHMI má vzestupnou tendenci. Například úspěšnost předpovědi na další den se v současné době pohybuje okolo 95%, jak ukazuje graf dostupný na internetových stránkách ČHMÚ (Předpovědi » Předpovědi počasí » Česká republika » Úspěšnost předpovědi počasí » Roční), tedy: [http://www.chmi.cz/portal/dt?portal\\_lang=cs&menu=JSPTabContainer/P9\\_0\\_Predpovedi/P9\\_1\\_Pocasi/P9\\_1\\_1\\_Cesko/P9\\_1\\_1\\_8\\_Uspesnost/P9\\_1\\_1\\_8\\_2\\_Rocni&last=false](http://www.chmi.cz/portal/dt?portal_lang=cs&menu=JSPTabContainer/P9_0_Predpovedi/P9_1_Pocasi/P9_1_1_Cesko/P9_1_1_8_Uspesnost/P9_1_1_8_2_Rocni&last=false).

### 3.4 Přejít front přes Prahu

Data o přechodu front atmosférických přes Prahu z období let 2011 až 2014 byla stažena z webových stránek Českého hydrometeorologického ústavu (Historická data

» Počasí » Přechody front přes Prahu) [http://www.chmi.cz/portal/dt?portal\\_lang=cs&menu=JSPTabContainer/P4\\_Historicka\\_data/P4\\_1\\_Pocasi/P4\\_1\\_11\\_Fronty\\_pres\\_Prahu&last=false](http://www.chmi.cz/portal/dt?portal_lang=cs&menu=JSPTabContainer/P4_Historicka_data/P4_1_Pocasi/P4_1_11_Fronty_pres_Prahu&last=false). ve formě tabulek, které byly následně zpracovány v prostředí MATLAB. Jedná se o data přechodů atmosferických front přes stanici Praha - Ruzyně, které jsou zaznamenávány od roku 1950. Sledovány jsou údaje o přechodu fronty ve světovém čase (UTC) s přesností na jednu hodinu. Data udávají vždy informaci v čase příchodu (výskytu) fronty. Informace o době přechodu fronty není k dispozici. Konkrétně se jedná o data udávající typ fronty, směr odkud fronta postupuje a intenzitu fronty viz tabulka 3. Tyto údaje byly určeny subjektivní metodou pracovníky ČHMÚ. Ve sloupci kód je uveden číselný kód, který byl zvolen jako reprezentant příslušného údaje v prostředí MATLAB. Pro možnost provedení analýzy byla data převedena do střeoevropského času SEČ (SEČ = UTC + 1 hod.), ve kterém jsou zaznamenány dostupné předpovědi i měření počasí.

Tabulka 3: Údaje obsažené v datech přechodů front

	Název	Kód
Typ	Teplá (T)	1
	Studená (S)	2
	Okluzní (O)	3
Směr	N	1
	NE	2
	E	3
	SE	4
	S	5
	SW	6
	W	7
	NW	8
Intenzita	Slabá (W)	1
	Střední (M)	2
	Silná (S)	3

### 3.5 Roční období

V rámci této práce jsou často vstupní data dané analýzy omezena z hlediska času jen na určité roční období. Následující tabulka 4 určuje tři typy rozdělení kalendářního roku na ročních období. Rozdělení z meteorologického a astronomického hlediska je dostupné na stránkách [http://cs.wikipedia.org/wiki/Ro%C4%8Dn%C3%AD\\_obdob%C3%AD](http://cs.wikipedia.org/wiki/Ro%C4%8Dn%C3%AD_obdob%C3%AD). Sluneční rozdělení ročních období bylo definováno na katedře kybernetiky v Plzni na základě doby východu a západu slunce. Pokud není uvedeno jinak, je v práci vždy použito meteorologické rozdělení. Dále je třeba říci, že při omezení dat na roční období dochází k určité ztrátě důvěryhodnosti daného pozorování, protože množství vstupních dat se zmenší.

Tabulka 4: Typy ročních období

	Meteorologické	Astronomické	Sluneční
Jaro	1.3. - 31.5.	21.3. - 20.6.	9.2. - 5.5.
Léto	1.6. - 31. 8.	21.6. - 20.9.	6.5. - 5.8.
Podzim	1.9. - 30. 11.	21.9. - 20.12.	6.8. - 4.11.
Zima	1.12 - 28.2.	21. 12. - 20.3.	5.11. - 8.2.

## 4 Datová analýza

### 4.1 Typy předpovědí oblačnosti

V dostupných datech předpovědí se vyskytují čtyři položky předpovědi oblačnosti, a to nízká, střední, vysoká a čtvrtá oblačnost, kterou v této práci budeme nadále označovat jako „celková“ oblačnost. V následující části bude posouzeno, která předpověď oblačnosti (nízká, střední, vysoká) nejlépe odpovídá celkové předpovědi. Tato informace může být využita v případě, když předpověď celkové oblačnosti nebude k dispozici.

Pro tento účel byla vytvořena tabulka, která je součástí přiloženého CD. Bylo počítáno pouze s takovými hodnotami oblačnosti, které byly v daný čas předpovězeny pro všechny typy oblačností současně. Od celkové oblačnosti byla vždy odečtena hodnota nízké, resp. střední, resp. vysoké oblačnosti. Z absolutních hodnot těchto tří rozdílů byla následně v každém časovém okamžiku vybrána taková oblačnost (nízká, střední nebo vysoká), pro kterou byla hodnota rozdílu nejmenší.

Na základě této informace bylo následně procentuálně vyjádřeno, jaká z oblačností nízká, střední nebo vysoká má nejčastěji nejmenší odchylku od předpovědi celkové oblačnosti. Čtvrtý sloupec tabulky zobrazuje informaci o poměru počtu případů, kdy oblačnosti nízká, střední a vysoká byly předpovězeny současně ku počtu případů, kdy byl předpovězen alespoň jeden z těchto typů. Tento poměr je v tabulce vyjádřen rovněž v procentech. Kompletní tabulka obsahuje údaje z pohledu všech 39ti lokalit za celé období 2012 až 2014 a dále pak z hlediska ročních období. Zde je uvedena pouze souhrnná tabulka 5 zobrazující průměrné hodnoty pro všechny lokality a lokality typu A a B.

Když se zaměříme na první řádek tabulky 5 pro všechny lokality pozorujeme, že v případě, kdy byla předpovězena oblačnost všech typů, což nastalo ve 24,9% (sloupec "Výskyt"), tak z toho v přibližně 47 procentech případů celkové oblačnosti nejlépe odpovídala oblačnost vysoká. Dále je z tabulky zřejmé, že v tomto ohledu je značný rozdíl mezi lokalitami typu A a B. Zatímco pro lokality typu B platí v podstatě to samé jako z hlediska všech lokalit, tak v případě lokality typu A nelze jednoznačně určit, který z ostatních typů oblačností se nejméně liší od celkové oblačnosti. Rovněž procento současného výskytu různých typů oblačností je poměrně nízké.

Při pohledu na kompletní tabulku lze tvrdit, že hodnoty pro jednotlivé lokality odpovídají průměrům v tabulce 5 a žádná lokalita se svými hodnotami výrazně neliší.

Tabulka 5: Celková oblačnost celé období 2012-2014

	<i> celk. – nizka </i>	<i> celk. – stredni </i>	<i> celk. – vysoka </i>	Výskyt
Všechny lokality	24,6 %	29,5 %	46,7 %	24,9 %
Typ A	28,3 %	36,0 %	35,9 %	8,5 %
Typ B	23,1 %	27,0 %	51,0 %	31,4 %

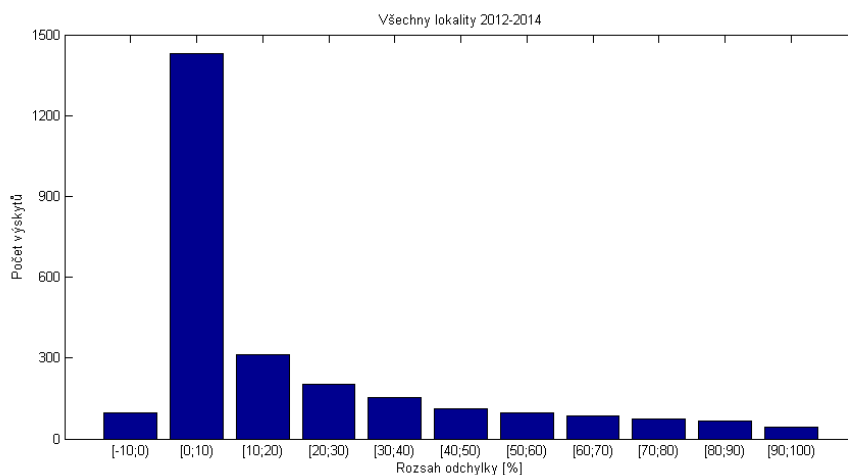
Z hlediska ročních období nedochází k zásadním změnám oproti celému období, kromě zimy, pro kterou je zde uvedena tabulka 6. V tomto případě pozorujeme zvýšené procentuální zastoupení nízké oblačnosti jako nejbližšího souseda celkové oblačnosti, a to hlavně v situaci lokalit typu B. Z pohledu zimního období tedy nemůžeme jednoznačně říci, jestli předpovědi celkové oblačnosti nejvíce odpovídá oblačnost nízká nebo vysoká. Ovšem bylo použito méně dat.

Tabulka 6: Celková oblačnost zima 2012-2014

	<i> celk. – nizka </i>	<i> celk. – stredni </i>	<i> celk. – vysoka </i>	Výskyt
Všechny lokality	37,4 %	25,8 %	37,8 %	21,2 %
Typ A	35,0%	32,4 %	32,5 %	9,3%
Typ B	38,3 %	23,2 %	39,9 %	25,9%

### Celková a vysoká oblačnost

V předchozím bodu bylo ukázáno, že celkové předpovědi oblačnosti nejlépe odpovídá předpověď vysoké oblačnosti. V této části bude vyjádřen rozdíl mezi těmito předpověďmi. Na obrázku 1 můžeme vidět graf zobrazující počet výskytů rozdílu předpovědi celkové a vysoké oblačnosti, který byl počítán podle vzorce *celkova – vysoka* v závislosti na rozsahu daného rozdílu. Rozsah odchylky je uveden v procentech, jelikož byl počítán rozdíl dvou veličin, které jsou vyjádřeny v procentech. Z grafu je zřejmé, že nejčastěji se předpovědi lišily o hodnotu v rozsahu  $\langle 0\% ; 10\% \rangle$  a s rostoucím rozsahem se počet těchto výskytů zmenšoval. Jinými slovy v 53,5 procentech případů byla hodnota celkové oblačnosti předpovězena o 0 % až 10 % větší, než hodnota vysoké oblačnosti. Déle je možno vypořadovat, že hodnota celkové oblačnosti je daleko častěji předpovídána vyšší než hodnota vysoké oblačnosti, protože v záporném rozsahu  $\langle -10\% ; 0\% \rangle$  se nachází pouze zhruba 100 výskytů rozdílu.



Obrázek 1: Rozdíl celkové a vysoké předpovědi oblačnosti



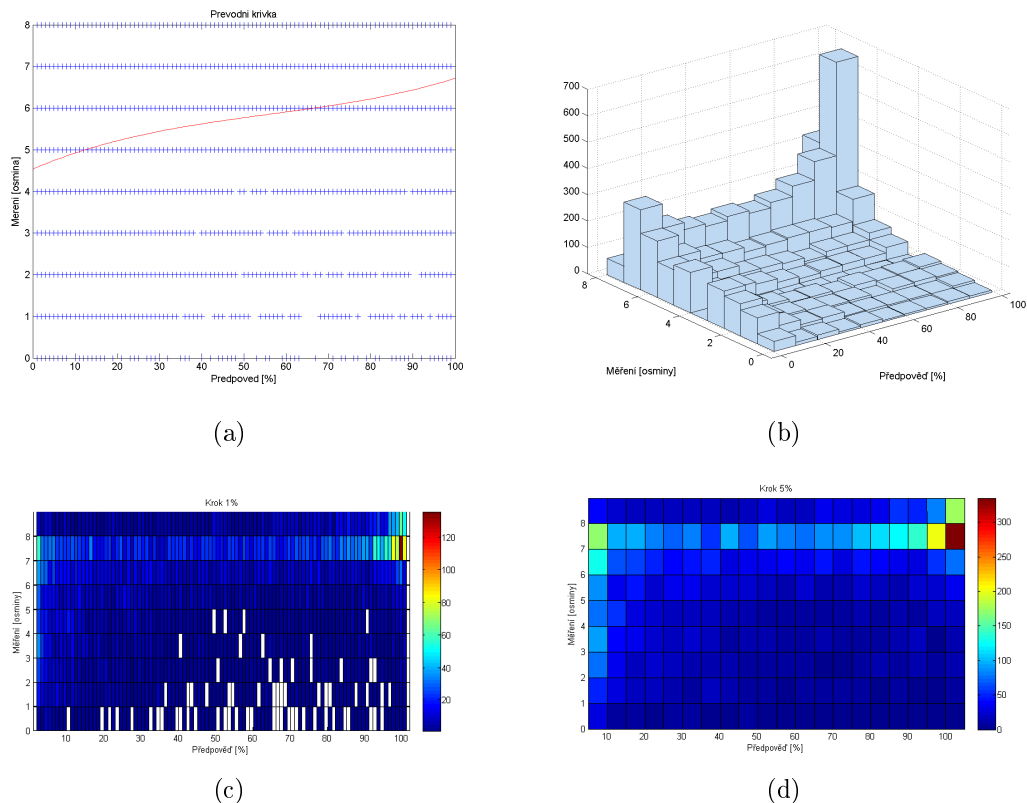
## 4.2 Převodní křivka

Jak již bylo zmíněno, předpověď a měření oblačnosti mají různou reprezentaci. Norská předpověď je udávána v procentech a měření oblačnosti CHMI ve stupních pokrytí oblohy oblačností v osminách. V této části práce je zkoumán vztah mezi těmito dvěma reprezentacemi a je zde popsán pokus o získání převodní křivky pro převod dat z jedné reprezentace do druhé pro následnou možnost analýzy.

Pro hledání převodní křivky byla tedy použita data měření oblačnosti CHMI a nejbližší možná celková předpověď oblačnosti YR pro lokalitu Praha - Ruzyně. Z dat předpovědí byly po předchozí analýze kvůli přehlednosti odfiltrovány hodnoty větší než 99% a menší než 0,5% a nahrazeny hodnotou NaN.

Na následujících obrázcích se nachází grafy, na kterých by měla být pozorovatelná závislost osy X na Y, v ideálním případě lineární. Osa X představuje předpověď oblačnosti v procentech a osa Y měření oblačnosti v osminách.

Na obrázku 2 pozorujeme první pokus o vykreslení uvedených dat. Graf 2a zobrazuje prosté vykreslení dat, která jsou proložena polynomem 4. řádu, což by měla být hledaná převodní křivka. Je zřejmé, že tvar převodní křivky je zcela nevhodný, protože zdaleka nepokrývá celé spektrum hodnot. Důvod je zřejmý z dalších grafů. Obrázek 2b znázorňuje 3D histogram, který byl v prostředí MATLAB vytvořen pomocí funkce *hist3*. Při pohledu na histogram pozorujeme, že nejvyšší četnost dat nastává u krajních hodnot rozsahu předpovědi, přestože byly částečně odfiltrovány. Tuto skutečnost potvrzují i grafy 2c a 2d, které byly vytvořeny prostřednictvím funkce *pcolor*. V případě obr. 2c je osa X dělena krokem 1 procento a na obr. 2d po rozsahu 5 procent. Na těchto grafech je viditelná vysoká četnost dat pro měření 7/8 pokrytí oblohy oblaky, čili skoro zataženo. Znamená to tedy, že pokud byla předpovězena malá oblačnost 0% až 5%, čili jasno, tak byla naměřena poměrně vysoká hodnota oblačnosti 7/8 a bylo to často. Hodnota 7/8 naměřené oblačnosti byla tedy prohlášena za nedůvěryhodnou a dále s ní není počítáno.



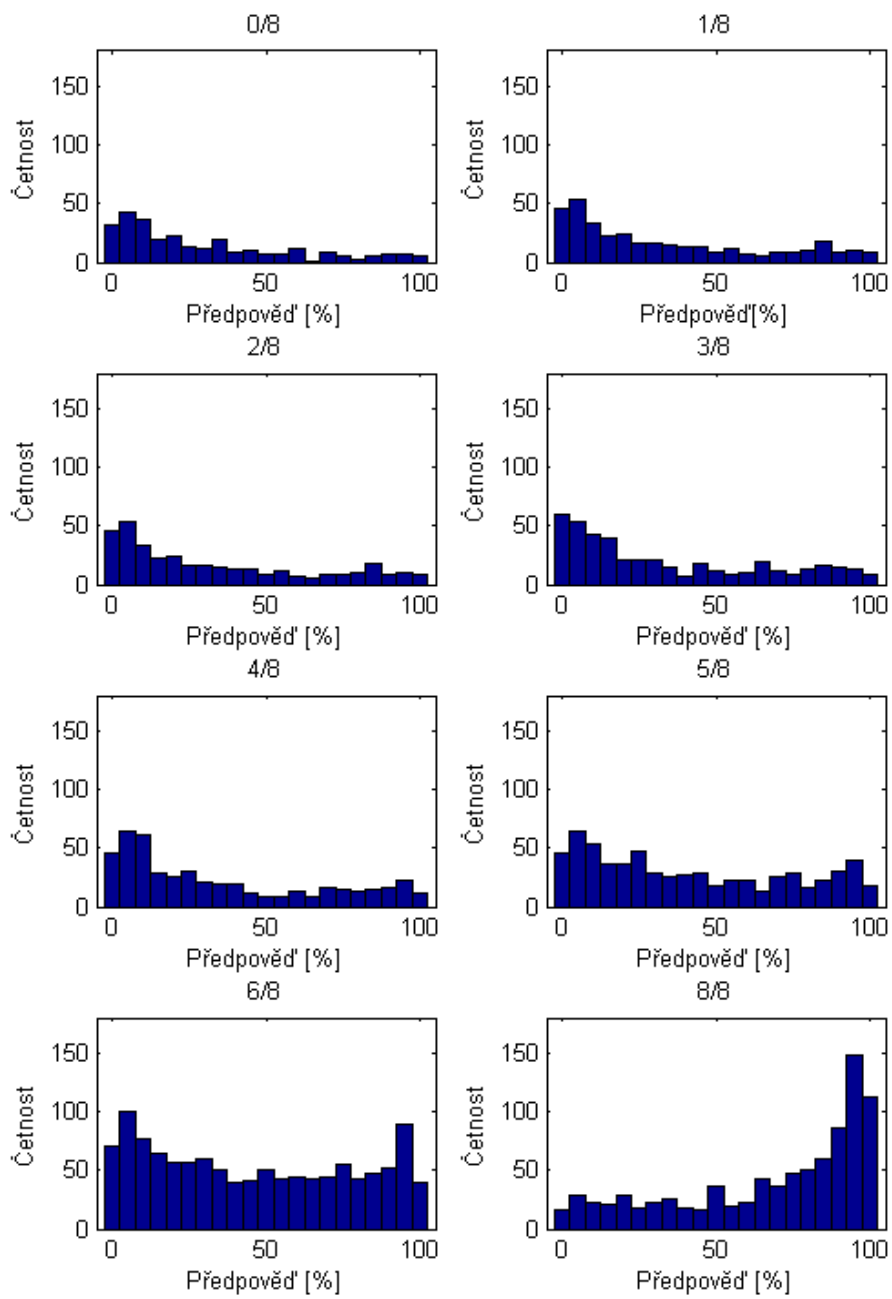
Obrázek 2: Převodní křivka měření CHMI - předpověď YR

Dále jsou na obr. 3 uvedeny histogramy zobrazující četnost výskytu hodnot předpovědi oblačnosti v závislosti na tom, jaký stupeň pokrytí oblohy oblačností byl v daný čas naměřen. Měřítko osy udávající četnost je pro přehlednost pro všechny histogramy stejné. Jak již bylo zmíněno, chybí zde histogram pro hodnotu měření 7/8, kde počty výskytů dosahovaly hodnot 350. Při dodržení stejného měřítka by tedy docházelo ke ztrátě přehlednosti.

Předpoklad je takový, že v ideálním případě by při hodnotě měření 0/8 měl být nejvyšší bod histogramu v oblasti nejnižších hodnot předpovědi. Se zvyšující se hodnotou měření by se vrchol histogramu měl postupně posouvat směrem doprava na ose X. Při pohledu na první tři grafy pro malé hodnoty měření oblačnosti tomu skutečně tak je. Pozorujeme sice výskyt i vysokých hodnot předpovědi, ale ty lze klasifikovat jako chyby předpovědi resp. měření. Ovšem v případě hodnot měření 4/8 nebo 5/8, bychom zcela jistě očekávali vrchol histogramu v oblasti hodnoty předpovědi okolo 50%. Ve skutečnosti tomu tak zdaleka není. I v případě měření oblačnosti 6/8 můžeme vidět nejvyšší četnosti na hraničních oblastech rozsahu, což je hlavní problém při hledání převodní křivky v rámci těchto dat.

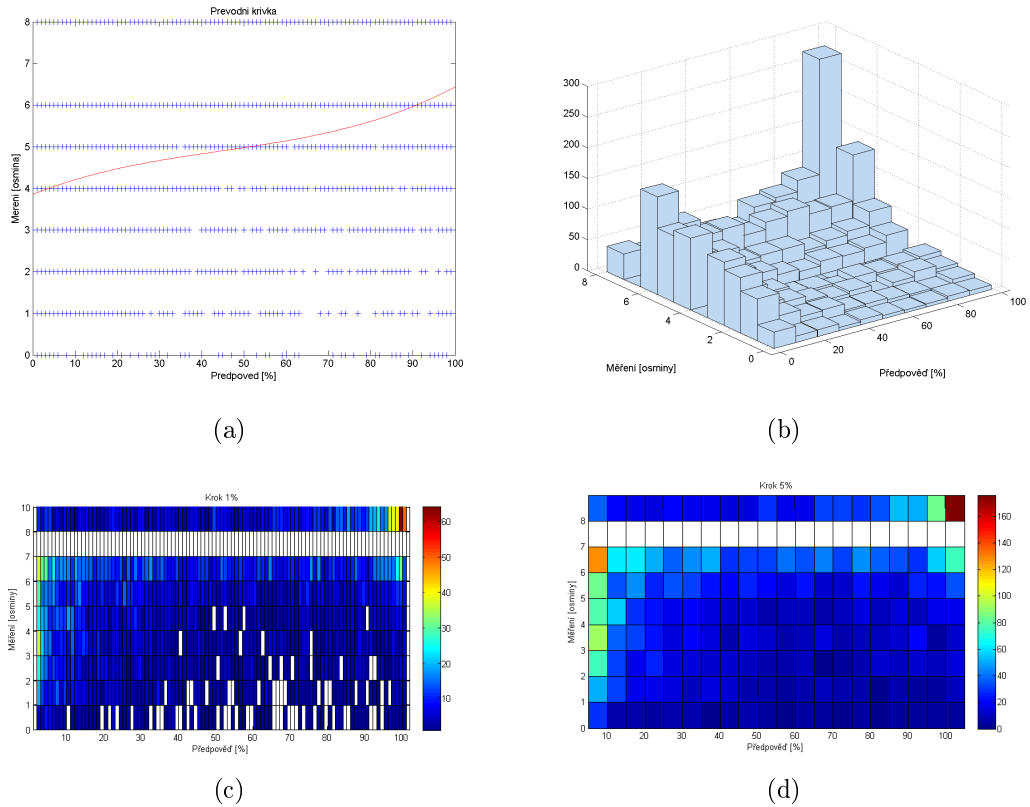
Histogramy z opačného pohledu se nachází v příloze na obrázcích 42 a 43. V tomto případě je pozorována četnost jednotlivých hodnot měření oblačnosti v závislosti na daném rozsahu hodnot předpovědi. Rozsah předpovědí je dělen po deseti procentech. Do grafů opět není započítána hodnota měření 7/8. Předpoklad ideálního vývoje je stejný jako v předchozí části. Pro malé hodnoty předpovědi oblačnosti

0% až 10% by nejčastěji měla být naměřena oblačnost 0/8, resp. 1/8, čili jasno a se zvětšující se hodnotou předpovědi by mělo docházet k posunu vrcholu histogramu směrem doprava. Při pohledu na grafy je opět zřejmé, že tomu tak není. Při malých hodnotách předpovědi dochází k poměrně vysoké četnosti všech hodnot měření, čemuž odpovídá i graf na obr. 4d. Lze říci, že ve všech histogramech bez ohledu na příslušný rozsah předpovědi mají největší četnost hodnoty měření 6/8 a více.



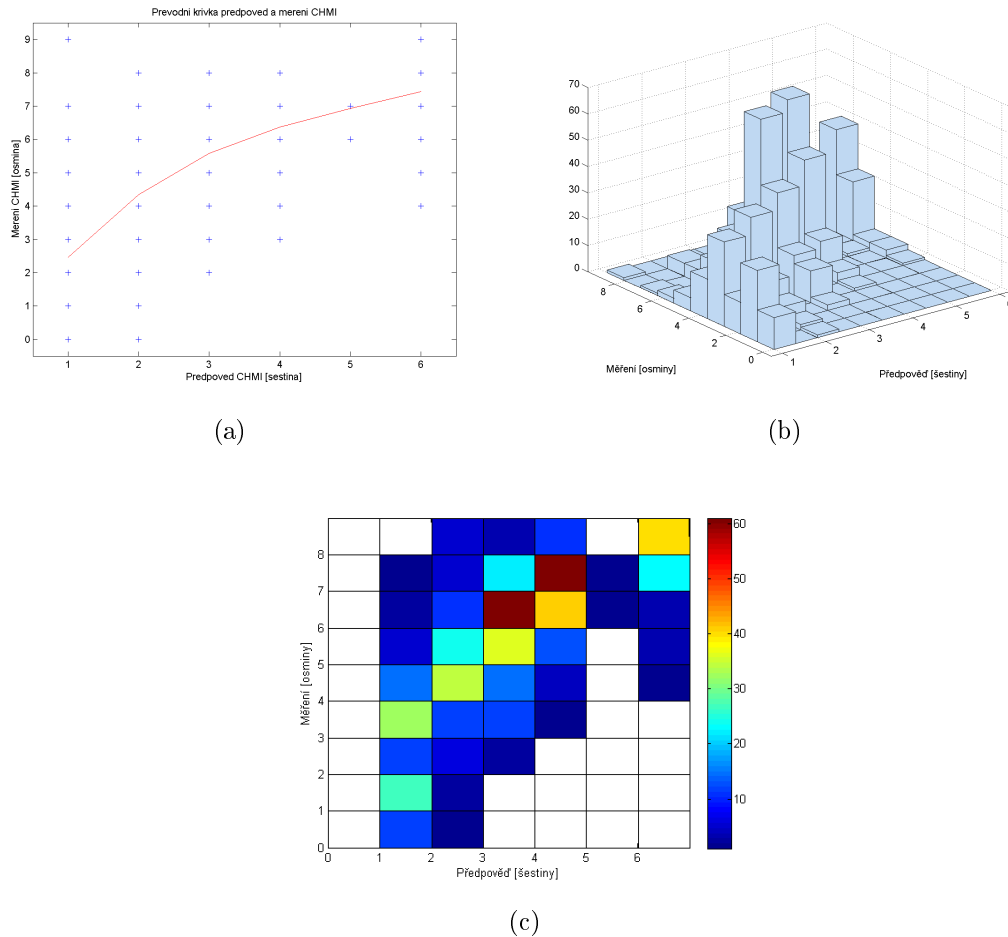
Obrázek 3: Četnost výskytu hodnot předpovědi oblačnosti pro naměřenou hodnotu oblačnosti

Na sérii obr. 4 jsou rovněž grafy bez hodnoty měření 7/8. Lze pozorovat mírné zlepšení tvaru převodní křivky, ovšem její průběh není stále přijatelný. Byly provedeny pokusy odfiltrovat další podezřelá data, ale přijatelná závislost nalezena nebyla. Z toho důvodu bude pro porovnání předpovědí oblačnosti s naměřenými hodnotami použit lineární převod procent na osminy.



Obrázek 4: Převodní křivka měření CHMI - předpověď YR (omezená)

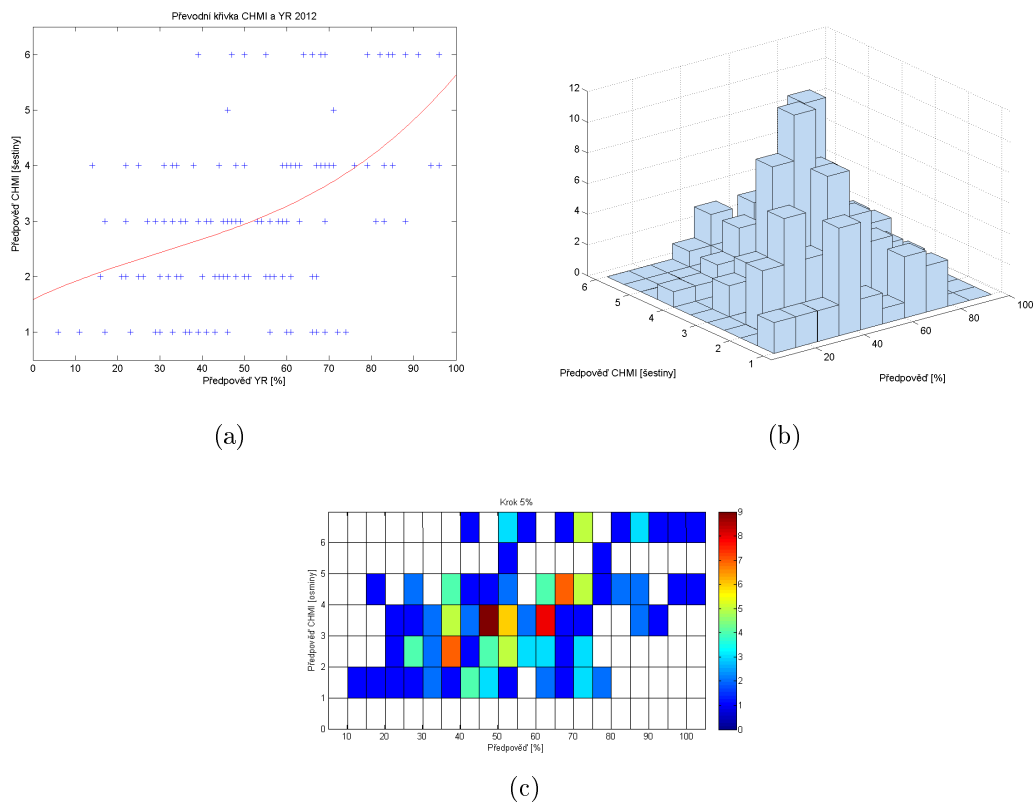
Dále jsou uvedeny analogické grafy s předchozími, ovšem v tomto případě byla místo předpovědi YR použita spodní mez předpovědi CHMI pro kraj Praha. Jedná se tedy o data z let 2011 až 2012, kde se dostupná data překrývají. Jelikož v případě předpovědi CHMI jde o denní data, z hodinových dat měření byly vypočteny denní průměry, které jsou také použity v grafech. Při pohledu na grafy na obrázku 5 již pozorujeme daleko výraznější závislost zkoumaných veličin, přestože časový rozsah zkoumaných dat není tak velký jako v předchozím případě.



Obrázek 5: Převodní křivka měření CHMI - spodní mez předpovědi CHMI

Pro úplnost jsou součástí této práce ještě grafy pro horní mez předpovědi CHMI, které se nacházejí na obr. 44 v příloze. Z grafů je zřejmé, že měření odpovídá spíše spodní mezi, kde je četnost dat rozdělena více rovnoměrně, nicméně i v tomto případě pozorujeme celkem přijatelnou závislost zkoumaných veličin.

Další série grafů na obr. 6 zobrazuje závislost dat norské předpovědi YR na spodní mezi předpovědi CHMI. Data použitá pro tyto grafy jsou z krátkého časového úseku. Jedná se pouze přibližně o druhou polovinu roku 2012, kdy se tato dostupná data překrývají. Z hodinových dat předpovědi YR bylo opět zapotřebí spočítat denní průměry pro možnost konfrontace s denními předpověďmi CHMI. Z vykreslených histogramů četností je zřejmé, že použitá data nebyla příliš rozsáhlá. Nicméně lze pozorovat, že hodnoty předpovědi si řádově celkem odpovídají. V příloze na obr. 45 jsou ještě opět uvedeny grafy pro horní mez předpovědi CHMI. Podobně jako v předchozím případě zde pozorujeme méně kvalitní závislost pozorovaných veličin, než tomu bylo v případě spodní meze.



Obrázek 6: Převodní křivka pro spodní mez předpovědi CHMI

## Zhodnocení

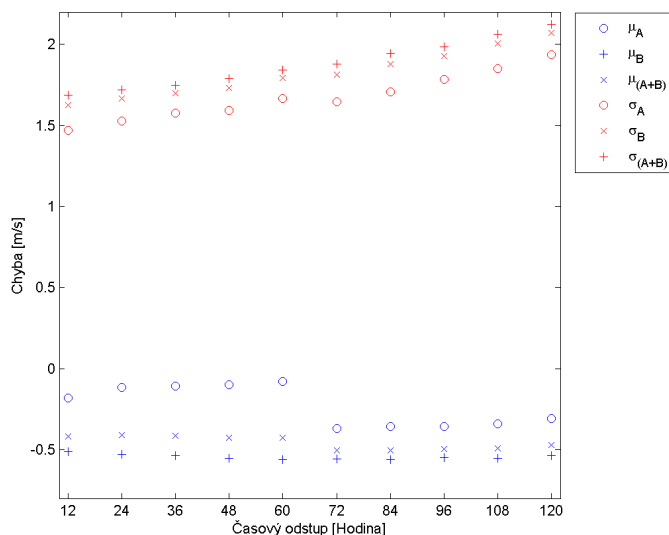
Závěrem této kapitoly je nutno konstatovat, že snaha o získání převodní křivky mezi reprezentací měření oblačnosti v osminách a předpovědi oblačnosti v procentech, byla i přes různé pokusy neúspěšná. V dalších částech práce je tedy pro možnost porovnání měření a předpovědi oblačnosti použit lineární převod předpovědi z procent na osminy.

### 4.3 Vývoj chyby předpovědí

V následující části bude ukázáno, jak se vyvíjí přenos předpovědi v závislosti na jejím stáří, čili v závislosti na časovém odstupu času provedení měření od termínu vzniku předpovědi.

#### 4.3.1 Přesnost předpovědí x hodin dopředu

Na obr. 7 můžeme vidět vývoj středních hodnot a směrodatných odchylek rozdílů předpovězených a naměřených hodnot rychlosti větru, v závislosti na tom, kolik hodin dopředu byly předpovědi stanoveny. Předpovědi jsou vždy na hodiny 1:00 a 13:00, a to z toho důvodu, že pro tyto hodiny jsou termíny předpovědí pro lokality typu A i B totožné. Pro ostatní už se více či méně liší. Modře jsou v grafu označeny střední hodnoty a červeně směrodatné odchylky. Znaménko  $\circ$  značí příslušné hodnoty pro lokality typu A, znaménko  $+$  hodnoty pro lokality typu B a znaménko  $\times$  značí hodnoty pro všechny lokality.



Obrázek 7: Přesnost posledních předpovědí na hodiny 1:00 a 13:00 z hlediska rychlosti větru

Při pohledu na graf je zřejmé, že střední hodnota chyby vychází v záporných hodnotách. Jelikož byly hodnoty měření odčítány od předpovědi, lze tvrdit, že předpověď rychlosti větru byla ve většině případů nižší než posléze naměřená hodnota. Rovněž pozorujeme výraznější zhoršení v přesnosti předpovědi, která byla předpovězena pro lokality typu A 72 hodin dopředu a více. Nicméně je zajímavé, že chyba předpovědi stará 2,5 dne (60 hod.) je v podstatě stejná jako chyba předpovědi nejčerstvější a činí přibližně 0.2 m/s. Dále podle očekávání vidíme, že směrodatná odchylka roste s přibývajícím počtem hodin. Stejný typ grafu byl vytvořen i pro teplotu ovzduší a oblačnost. Nachází se v příloze na obrázcích 46 a 47. Vývoj středních hodnot i směrodatných odchylek chyb byl podobný jako v případě zde prezentované rychlosti větru pouze s tím rozdílem, že pro teplotu i oblačnost nastala menší střední hod-

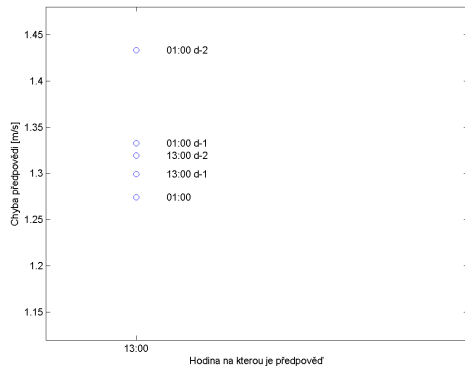


nota a směrodatná odchylka chyby předpovědi pro lokality typu B než pro lokality typu A. Tato poněkud překvapující skutečnost bude ještě diskutována v kapitole zabývající se chybami předpovědi.

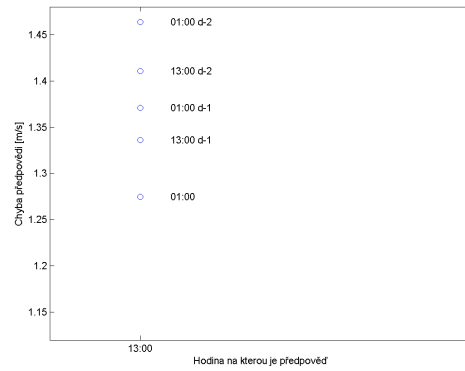
#### 4.3.2 Pozorování zpřesnění předpovědi

V tomto případě byla použita data předpovědí rychlosti větru s různým časovým odstupem pro lokality typu A na hodinu 13:00. Na obr. 8a-c je možno vidět absolutní hodnoty odchylek těchto předpovědí od skutečných naměřených hodnot pro dostupná data z jednotlivých let a na obrázku 8d pak pro všechny roky společně. Popis jednotlivých bodů nám říká hodinu, ve kterou byla stanovena předpověď a časový odstup od hodiny, na kterou je předpověď. Například tedy 13:00 d-2 symbolizuje, že předpověď byla stanovena před dvěma dny ve 13:00, čili její časový odstup (stáří) je 48 hodin.

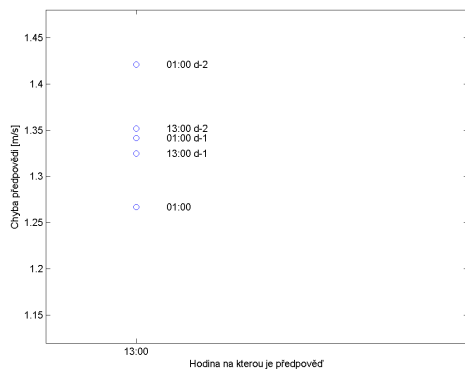
Z obrázků je zřejmé, že podle očekávání nejnovější předpověď je nejpřesnější a se zvyšujícím se stářím předpovědi dochází ve všech případech ke zvýšení chybovosti předpovědi. Výjimku tvoří pouze rok 2012. Tato skutečnost může být způsobena tím, že byla data předpovědí dostupná pouze přibližně z poloviny tohoto roku. Dále lze pozorovat, že vzdálenosti mezi vykreslenými hodnotami nejsou kromě roku 2013 příliš rovnoměrné. Tyto grafy byly opět vykresleny i pro teplotu ovzduší a oblačnost a nachází se na příloženém CD.



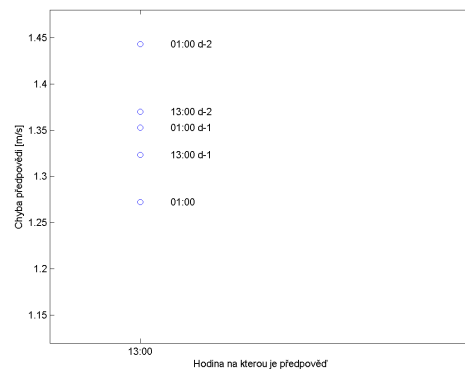
(a) 2012



(b) 2013



(c) 2014

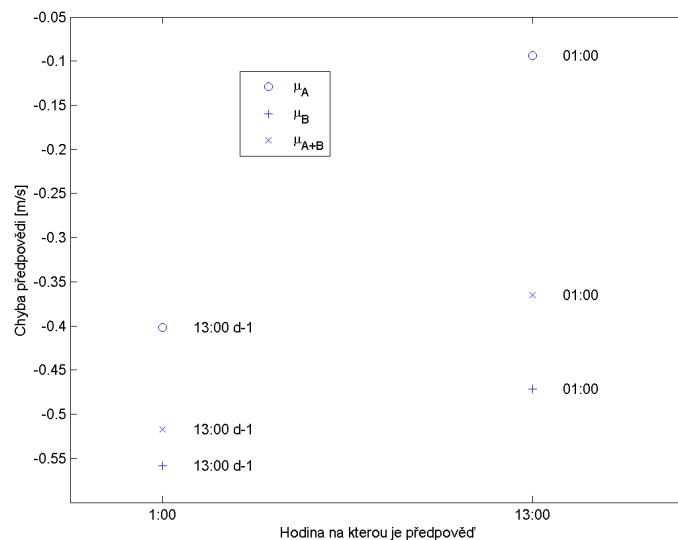


(d) 2012-2014

Obrázek 8: Zpřesnění předpovědí vzhledem k jejich stáří

### 4.3.3 Přesnost posledních předpovědí

Obrázek 9 znázorňuje přesnost posledních předpovědí rychlosti větru na hodiny 1:00 a 13:00. V tomto případě je použit výpočet chyby bez absolutní hodnoty rozdílu *předpověď* - *měření* pro všechny lokality, lokality typu A a lokality typu B. Pozorujeme, že předpověď na 13:00, kde termín předpovědi je 1:00, tedy pochází ze stejného dne, je poměrně výrazně přesnější, než v případě předpovědi na hodinu 1:00 z předchozího dne. Dále je opět zřejmé, že předpovědi pro lokality typu A obsahují menší chybu, než lokality pro předpověď typu B.



Obrázek 9: Přesnost posledních předpovědí na hodiny 1:00 a 13:00

Analogické grafy byly znovu vytvořeny i pro teplotu ovzduší a oblačnost a jsou součástí příloženého CD. Z grafů je opět zřejmé, že v případě lokalit typu B dochází k menší chybě než u lokalit typu A.

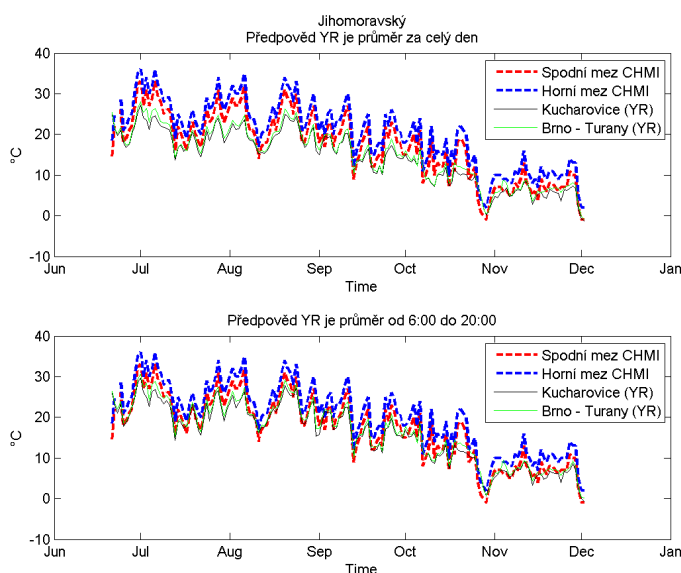
### Zhodnocení

Závěrem této kapitoly lze říci, že předpovědi pro lokality typu A jsou podle očekávání přesnější než pro lokality typu B, a to zejména předpovědi do stáří 60 hodin. Ovšem pouze z hlediska rychlosti větru, v případě teploty ovzduší a oblačnosti již tomu tak není a k menším hodnotám chyb dochází v případě lokalit typu B.

## 4.4 Porovnání předpovědi počasí CHMI a předpovědi YR

K analýze byla použita dostupná data, která se z obou zdrojů časově překrývají. Jedná se tedy o data z roku 2012 od konce června do poloviny prosince. Data CHMI obsahují denní předpověď v podobě spodní a horní meze pro 14 krajů ČR. Oproti tomu norské předpovědi YR obsahují hodinová data pro 39 lokalit ČR, které navíc pochází z různých termínů předpovědi. V tomto případě byl použit poslední možný termín předpovědi a pro porovnání s daty CHMI byly vytvořeny denní průměry nejprve z celého dne a poté jen od 6:00 do 20:00.

Pro analýzu byly vytvořeny grafy pro porovnání předpovědi teploty ovzduší. Příklad takového grafu je možno vidět na obr. 10 pro Jihomoravský kraj. Z obrázku je zřejmé, že předpověď YR odpovídá spíše dolní mezi CHMI. Stejně tak tomu je i v ostatních krajích. Výjimku tvoří pouze Liberecký a Plzeňský kraj, kde předpověď YR je blíže horní mezi CHMI.



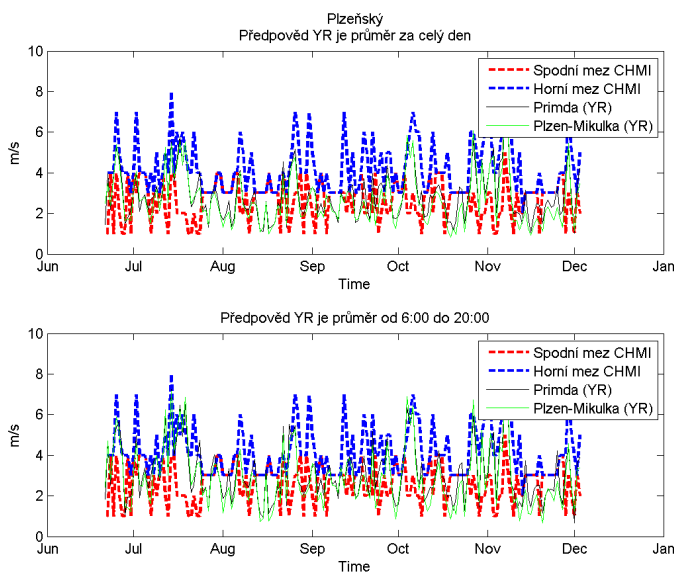
Obrázek 10: Předpovědi teploty ovzduší CHMI a YR

Z grafů rovněž můžeme pozorovat, že k menší odchylce od bližší meze předpovědi CHMI dochází podle očekávání při omezení předpovědi YR na rozpětí použitých dat pro průměr od 6:00 do 20:00.

Dále byla vytvořena tabulka obsahující informaci o tom, zda se daná předpověď nachází spíše nad nebo pod spodní mezí, která, jak bylo uvedeno, více odpovídá předpovědi YR, pro předpověď rychlosti a teploty. Na základě této tabulky, která je součástí příloženého CD, lze tvrdit, že v případě teploty se předpověď YR pro dané lokality celkově nachází více pod spodní mezí předpovědi CHMI. K největšímu rozdílu dochází v případě lokalit Sněžka v Královéhradeckém kraji, Šerák v Olomouckém kraji a Lysá hora, která patří do Moravskoslezského kraje. Nad spodní mezí se výrazně vyskytují pouze hodnoty předpovědi pro lokality Plzeň - Mikulka

a Přimda z Plzeňského kraje a Liberec, které tedy více odpovídají horní mezi CHMI.

Co se týče předpovědi rychlosti větru, odpovídá předpověď YR spíše spodní mezi CHMI prakticky ve všech krajích včetně Plzeňského, jak můžeme vidět na obr. 11. Ovšem v tomto případě se celkově vyskytuje spíše nad touto mezí, přestože rozdíl není tak výrazný jako v případě teploty. Nad spodní mezí nastává největší rozdíl u lokality Červená u Libavé z Olomouckého kraje. Z lokalit pod spodní mezí stojí za zmínku snad jen Plzeň - Mikulka, kterou můžeme vidět na obrázku a je patrné, že rozdíl není nijak zásadní.



Obrázek 11: Předpovědi rychlosti větru CHMI a YR

Důvěryhodné porovnání z hlediska předpovědí oblačnosti nebylo možno provést z důvodu nedostatečného množství dat a již zmíněného problému s převodní křivkou.

## Zhodnocení

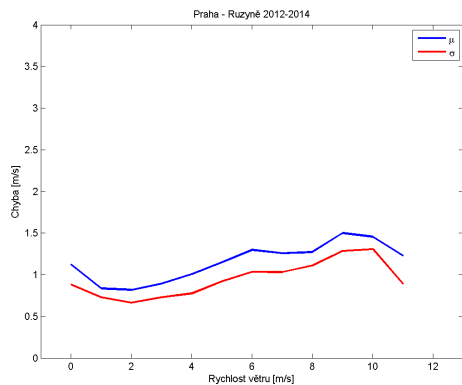
Při porovnání předpovědi CHMI a norské předpovědi YR bylo zjištěno, že předpověď YR odpovídá více spodní mezi předpovědi CHMI.

## 4.5 Závislost chyby předpovědi na hodnotě předpovědi

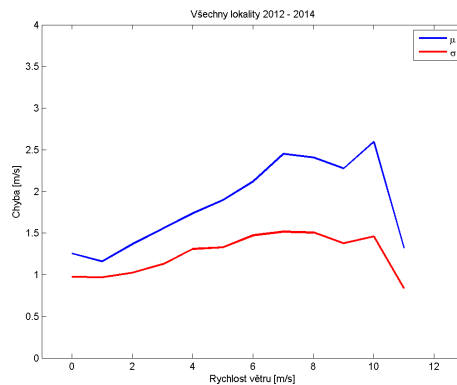
V této části bude určeno, pro jaké hodnoty předpovědi rychlosti větru, teploty ovzduší a oblačnosti dochází k největší chybě předpovědi. Pro tuto analýzu byl použit vždy nejbližší možný termín předpovědi vzhledem k měření, a dále pak pro porovnání předpověď stará tři dny. V následujících grafech je vykreslena střední hodnota a směrodatná odchylka chyby veličiny XY, resp. absolutní hodnoty chyby v závislosti na hodnotě veličiny XY pro danou lokalitu, všechny lokality, lokality typu A a B. Pro výpočet střední hodnoty a směrodatné odchylky byla stanovena podmínka výskytu minimálně deseti hodnot dané veličiny. Střední hodnota je vykreslena modře a směrodatná odchylka červeně. Součástí této kapitoly jsou rovněž grafy, kde je chyba měření vykreslena odděleně pro kladné a záporné hodnoty. Jelikož chyba byla vždy počítána podle vztahu  $chyba = předpověď - měření$ , lze v případě rozdělení chyby usuzovat, zda byla předpovězena spíše větší nebo menší hodnota dané položky předpovědi, než jaká byla posléze naměřena. Kladná část je označena plnou čarou a záporná čárkovanou čarou. Informace o tom, která část pro dané pozorované hodnoty převažuje je vypočtená v procentech a uvedena jako součást legendy grafů.

### 4.5.1 Rychlost větru

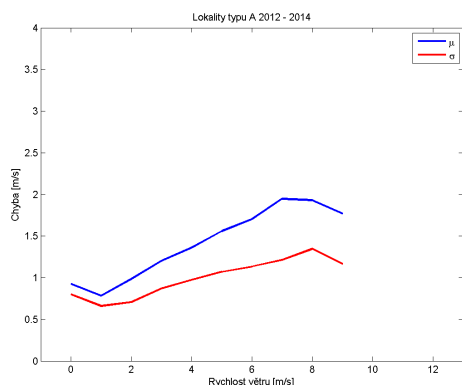
Nejprve je pozornost zaměřena na chyby předpovědi rychlosti větru. Na obr. 12 jsou vykresleny chyby pro lokalitu Praha - Ruzyně, která je obecně považována za lokalitu s nejkvalitnějšími předpověďmi. Zde pozorujeme poměrně nízkou hodnotu chyby, která dosahuje hodnoty maximálně 1,5 m/s. Dále je uveden graf obsahující střední hodnoty chyb z hlediska všech lokalit. V tomto případě střední hodnota chyby dosahuje hodnot až 2,5 m/s. Z grafů 12c a 12d je zřejmé, že k vyšší chybě měření dochází v případě lokalit typu B.



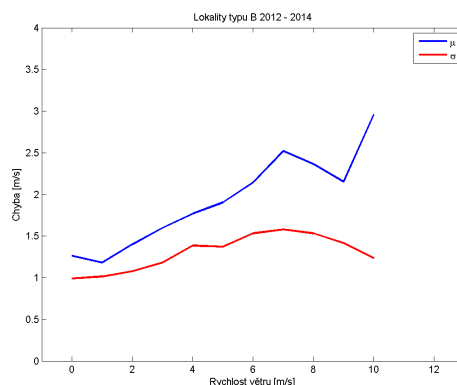
(a) Praha-Ruzyně



(b) Všechny lokality



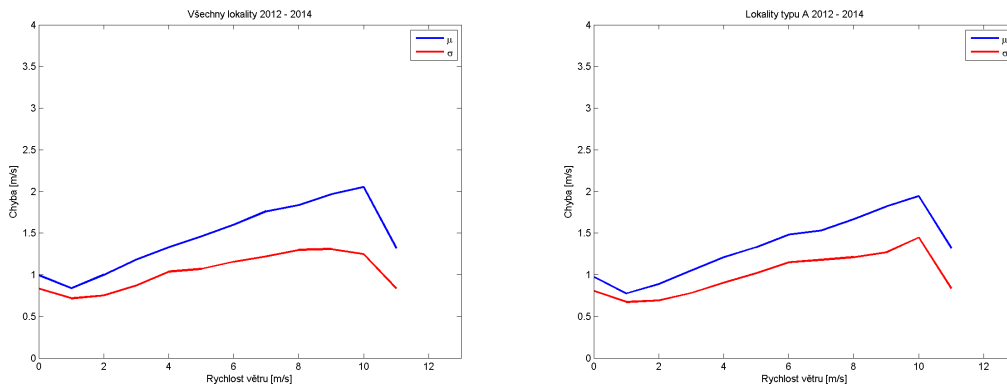
(c) Typ A



(d) Typ B

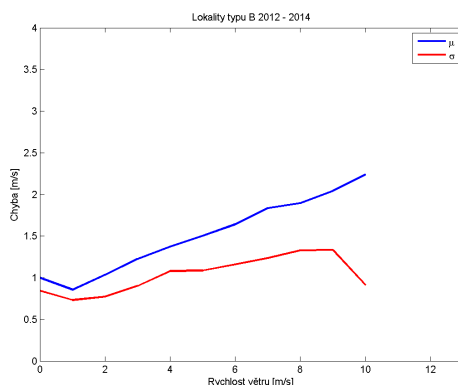
Obrázek 12: Chyba předpovědi rychlosti větru v závislosti na hodnotě předpovědi rychlosti větru

Tyto grafy byly rovněž vykresleny pro každou ze 39 lokalit a nachází se na příloženém CD (adresář *Diplomová práce/Chyby/chyba/rych*). Na jejich základě pak byly vytipovány lokality, pro které byly hodnoty chyb největší. V případě typu lokalit A se jednalo o měřicí stanice Cheb, Milešovka a Kopisty. Z lokalit typu B byly vybrány stanice Sněžka, Svratouch, Šerák a Lysá hora. Na obr. 13 můžeme vidět vykreslené grafy z hlediska všech lokalit a lokalit typu A a B, kde ovšem nejsou započítána data z výše uvedených vybraných lokalit. Z průběhů je zřejmé, že zmíněné lokality skutečně způsobovaly vysoké hodnoty chyb v celkových grafech. Po jejich vynechání se vývoj chyby snížil přibližně o 0,5 m/s. V případě všech lokalit a lokalit typu B došlo rovněž ke změně trendu ve vysokých rychlostech.



(a) Všechny lokality

(b) Typ A



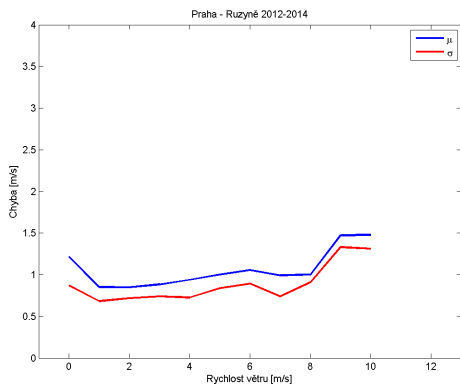
(c) Typ B

Obrázek 13: Chyba předpovědi rychlosti větru v závislosti na hodnotě předpovědi rychlosti větru (bez vybraných lokalit)

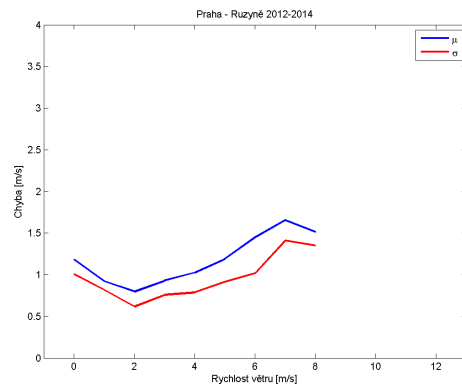
Obrázek 14 obsahuje grafy z lokality Praha-Ruzyně z hlediska jednotlivých ročních období. Při porovnání s grafem na obr. 12a lze z množství dat co máme k dispozici tvrdit, že roční období nemá příliš velký vliv na velikost chyby předpovědi.

Dále se v této části nachází grafy zobrazující střední hodnotu a směrodatnou odchylku chyby 3 dny staré předpovědi opět pro lokalitu Praha-Ruzyně v porovnání s nejbližší možnou předpovědí na obr. 15. Celkově je dosaženo vyšších hodnot chyb pro daný rozsah předpovědi, než v případě nejbližšího termínu předpovědi, ovšem zhoršení je přibližně o 0,5 m/s. Lze tedy tvrdit, že i 3 dny stará předpověď je poměrně přesná. Totéž lze tvrdit z hlediska směrodatné odchylky na obr. 19b. Z grafu je zřejmé, že v případě 3 dny staré předpovědi dochází k většímu kolísání hodnot chyby předpovědi, ovšem zmíněné zvýšení činí pouze přibližně 0,2 m/s.

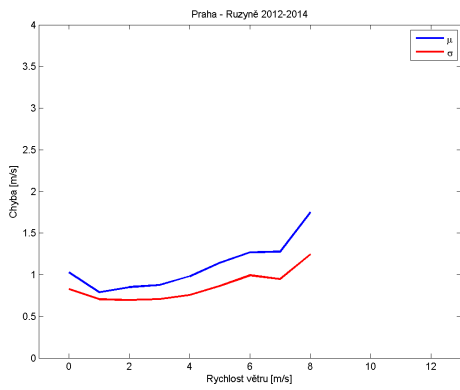




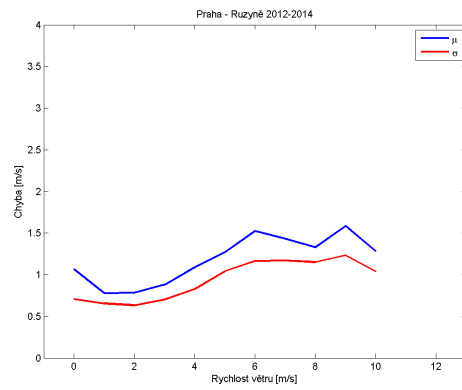
(a) Jaro



(b) Léto

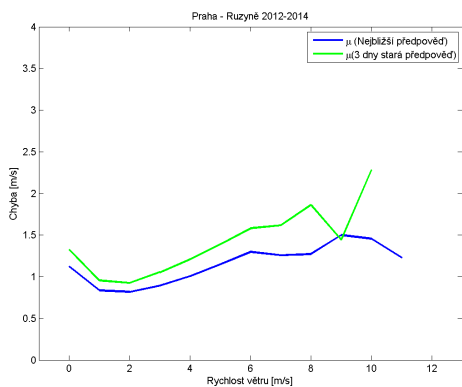


(c) Podzim

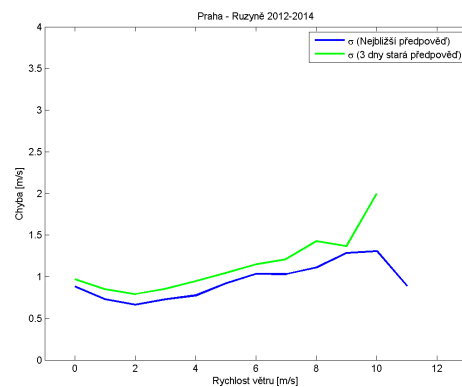


(d) Zima

Obrázek 14: Chyba předpovědi rychlosti větru v závislosti na hodnotě rychlosti větru pro roční období



(a) Střední hodnota

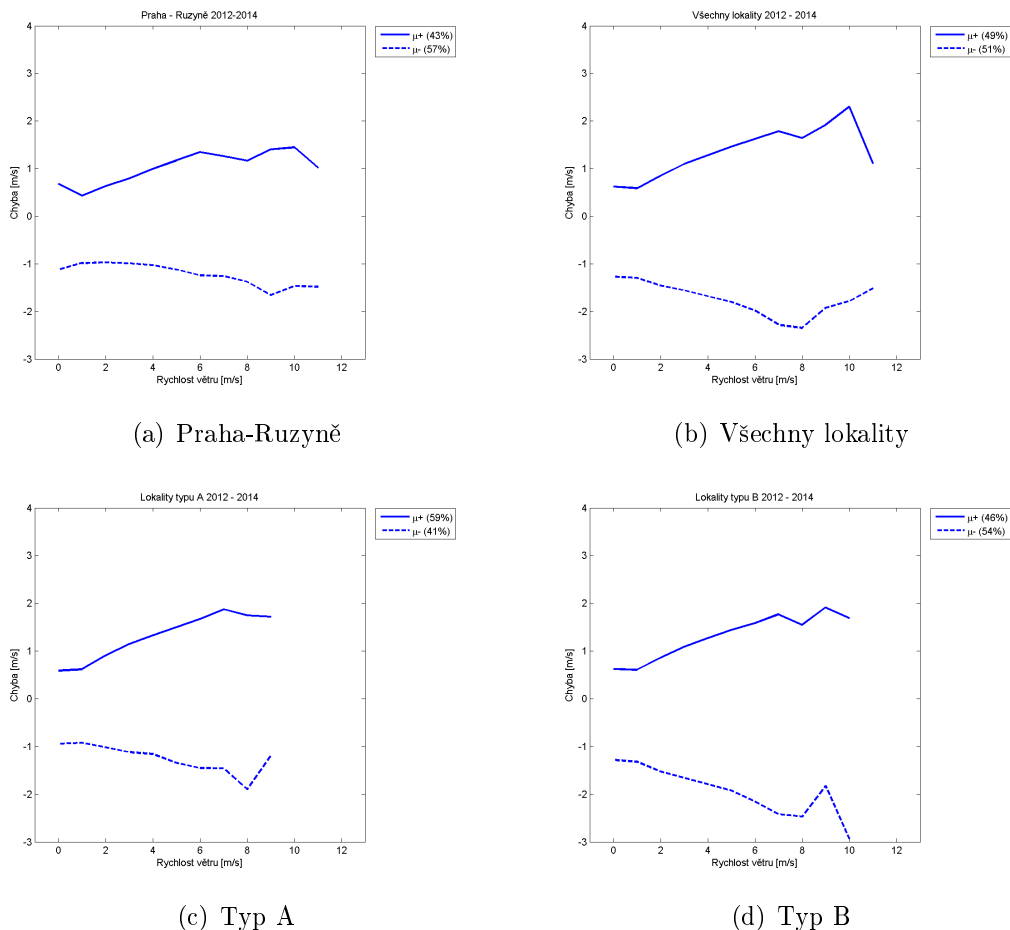


(b) Směrodatná odchylka

Obrázek 15: Chyba předpovědi rychlosti větru staré tři dny v závislosti na hodnotě rychlosti větru

V další části jsou již uvedeny grafy, kde není počítána absolutní hodnota chyby předpovědi podle *předpověď - měření*, nýbrž rozdíl je zde rozdělen na kladnou a zápornou část chyby a střední hodnota je počítána pro každou část ( $\mu^+$  a  $\mu^-$ ). Hodnota  $\mu^+$  nám tedy říká, o kolik m/s bylo předpovězeno více větrno a naopak hodnota  $\mu^-$  méně větrno, než bylo následně naměřeno. Procentuálně je pak v legendě grafů vyjádřen poměr těchto částí.

Při pohledu na grafy na obr. 16 pozorujeme, že v případě lokality Praha - Ruzyně převažuje záporná chyba předpovědi, což nám říká, že pro tuto lokalitu byla předpovídána častěji nižší rychlost větru, než byla posléze naměřena. Pokud bychom se zaměřili například na rychlost větru 4 m/s, tak vidíme, že kladná střední hodnota chyby má hodnotu přibližně 1 m/s (bylo předpovězeno více) a záporná -1 m/s (bylo předpovězeno méně). Z hlediska lokalit typu A byla ovšem Praha-Ruzyně v tomto ohledu spíše výjimkou. Jak totiž ukazuje graf 16c, z 59% je zde střední hodnota chyby kladná. V případě lokalit typu B má mírně větší zastoupení záporná část chyby.



Obrázek 16: Chyba předpovědi rychlosti větru v závislosti na hodnotě rychlosti větru (oddělen kladný a záporný rozdíl)

Tento typ grafů byl opět vykreslen pro všech 39 lokalit. K největším chybám

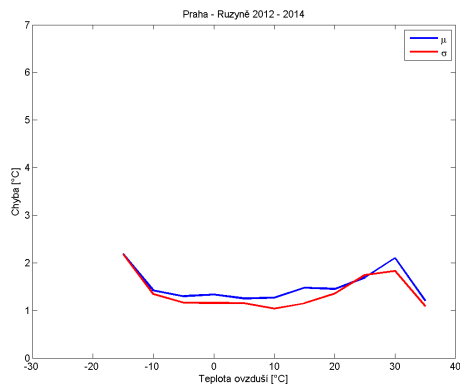
podle očekávání docházelo v horských oblastech. V případě lokalit typu A se jednalo o stanici Kopisty, kde předpověď měla vyšší hodnotu než měření v 86% případů. Ve vysokých rychlostech větru byla chyba až 4 m/s. Ovšem největší chyby předpovědi byly pozorovány pro stanici Milešovka. Předpověď byla v 95% případů menší než skutečná naměřená hodnota a dosahovala chyby 4 až 6.5 m/s.

Ještě vyšších chyb předpovědi bylo dosaženo v případě lokalit typu B. V případě stanice Lysá hora se sice v kladné části chyba v 8% pohybovala okolo 1 m/s, ovšem záporná situace, která nastala ve zbylých 92% případů, se již chyba pohybovala od 4 do 9 m/s. Extrémně nepřesné hodnoty nastaly pro stanici Sněžka. Hodnota předpovědi je v 12% případů větší než hodnota měření v rozsahu až do 7 m/s a ve zbylých případech menší v rozsahu 4 až 11 m/s.

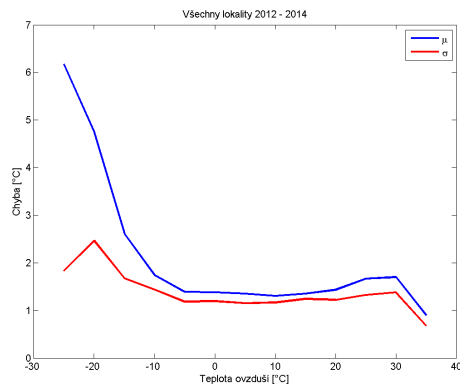
#### 4.5.2 Teplota ovzduší

Následující část práce se týká závislosti chyby předpovědi na hodnotě předpovědi ovzduší. Grafy jsou zde uvedeny analogicky, jako tomu bylo v předchozí kapitole, která se týkala rychlostí větru.

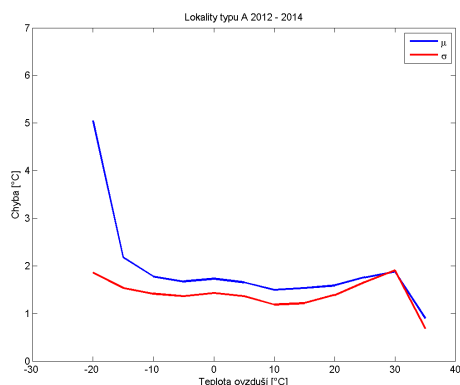
Nejprve tedy na obrázku 17 pozorujeme, že podobně jako tomu bylo v případě rychlosti větru, kde největší chyba předpovědi nastávala pro vysoké hodnoty, tak i v případě teploty ovzduší dochází k největším chybám při předpovědi extrémních hodnot, zejména hodnot pod  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . V kapitole zabývající se vývojem přesnosti předpovědí, bylo zjištěno, že z hlediska teploty ovzduší dosahují chyby předpovědí lokalit typu B menších hodnot, než chyby lokalit typu A. Toto lze potvrdit při porovnání průběhů na grafech 17c a 17d, kde pozorujeme, že střední hodnota chyby pro typ B je zhruba od teploty  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  menší přibližně o  $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



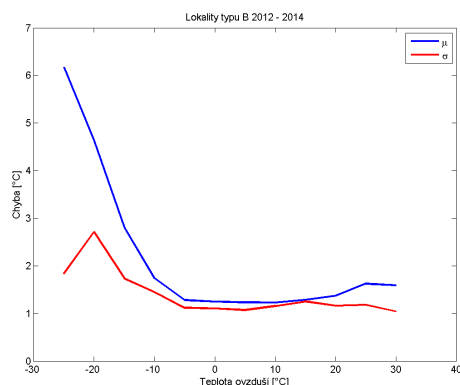
(a) Praha-Ruzyně



(b) Všechny lokality



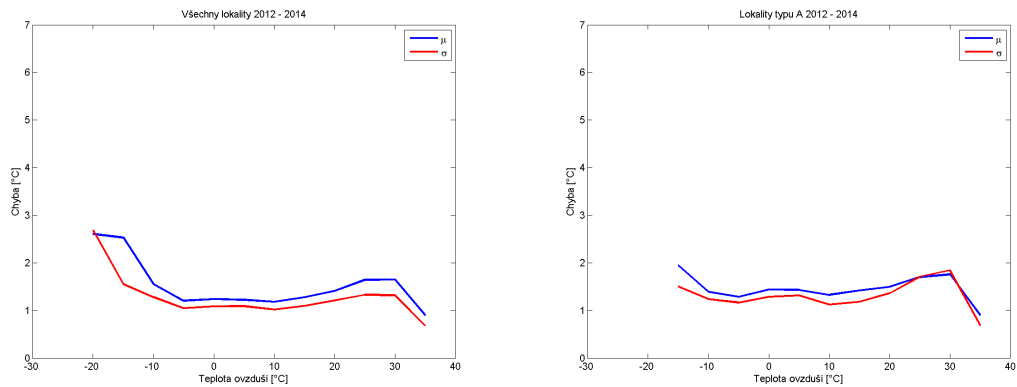
(c) Typ A



(d) Typ B

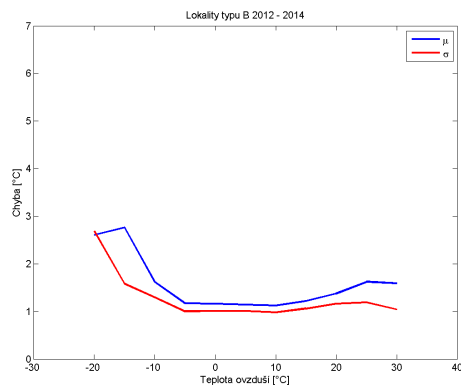
Obrázek 17: Chyba předpovědi teploty ovzduší v závislosti na hodnotě předpovědi teploty ovzduší

Pro identifikaci lokalit, které způsobují vysoké hodnoty chyb viditelné na obrázcích pro všechny lokality a lokality typu A a B, byly tyto grafy vykresleny pro každou lokalitu. Tyto grafy se nachází na příloženém CD (adresář *Diplomová práce/Chyby/chyba/tep*). Na základě těchto grafů byly vytipovány lokality Milešovka a Ústí nad Labem z lokalit typu A a zejména horské oblasti Sněžka, Polom, Šerák a Lysá hora z lokalit typu B. Vytipované lokality jsou vesměs stejné jako v případě rychlosti větru. V obou případech byly vybrány lokality Milešovka, Sněžka, Šerák a Lysá hora.



(a) Všechny lokality

(b) Typ A

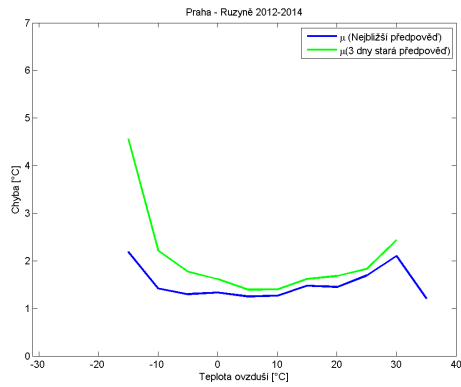


(c) Typ B

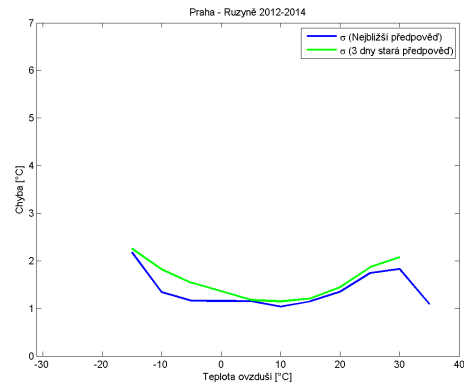
Obrázek 18: Chyba předpovědi teploty ovzduší v závislosti na hodnotě předpovědi teploty ovzduší (bez vybraných lokalit)

Grafy, kde s vybranými lokalitami pro teplotu ovzduší nebylo počítáno se nachází na obrázku 18. Pokles chyby oproti původním grafům, je z pohledu hodnot zejména při nízkých (záporných) teplotách zřejmý, ale trend je stejný. Nicméně hodnoty směrodatné odchylky i po vynechání vybraných lokalit zůstávají pro nízké teploty poměrně vysoké. Jinými slovy tedy lze tvrdit, že i v případě takto omezených dat dochází k vysokému kolísání chyb předpovědi při nízkých teplotách.

Na dalších grafech na obr. 19 můžeme vidět střední hodnotu a směrodatnou odchylku chyby 3 dny staré předpovědi v porovnání s hodnotami pro nejbližší možnou předpověď pro lokalitu Praha-Ruzyně. Při pohledu na graf střední hodnoty, je zřejmé, že chyba nejbližší předpovědi je výrazně lepší zejména z hlediska záporných hodnot. Lze tedy tvrdit, že předpověď stará 3 dny pro extrémně vysoké hodnoty je přesnější, než pro extrémně nízké (záporné). Pro teploty ovzduší 5 až 25 °C je i 3 dny stará předpověď poměrně přesná. Směrodatné odchylky chyb předpovědí na obr. 19b se liší pouze minimálně.



(a) Střední hodnota

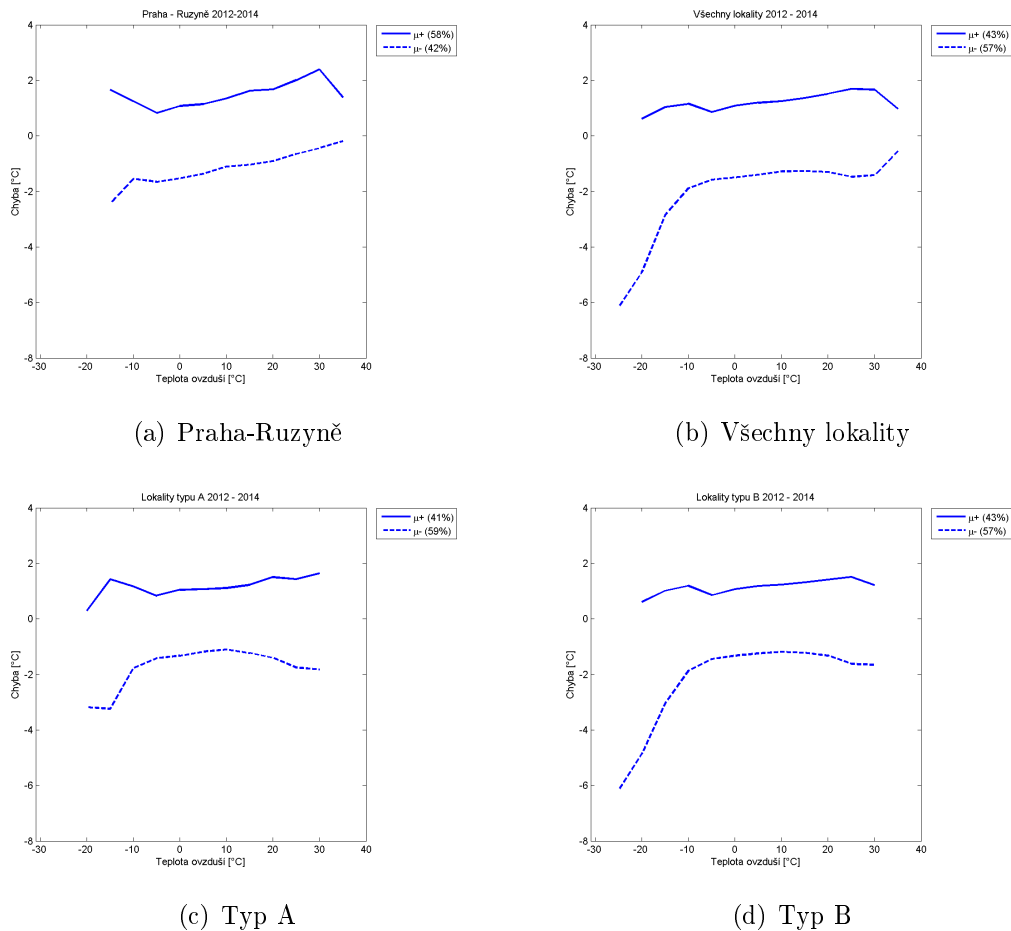


(b) Směrodatná odchylka

Obrázek 19: Chyba předpovědi teploty ovzduší staré tři dny v závislosti na hodnotě teploty ovzduší

Dále jsou již opět uvedeny grafy s rozdělením chyby předpovědi na kladné a záporné hodnoty, analogicky jako pro rychlost větru. Kladná střední hodnota chyby ( $\mu^+$ ) nám říká o kolik  $^{\circ}\text{C}$  bylo předpovězeno tepleji a naopak hodnota ( $\mu^-$ ) chladněji, než bylo následně naměřeno. Na prvním grafu na obrázku 20a pro lokalitu Praha-Ruzyně pozorujeme, že ve většině případů (58%) byla předpovězena vyšší teplota ovzduší, než byla posléze naměřena a dále je zřejmé, že v případě záporné chyby předpovědi dochází se zvyšující se teplotou ke snížení střední hodnoty chyby předpovědi.

Na ostatních grafech pro všechny lokality, lokality typu A a lokality typu B je možno vidět, že již převažuje záporná hodnota chyby, tedy byla předpovězena nižší hodnota teploty ovzduší, než byla skutečně naměřena. Dále na grafu pro všechny lokality pozorujeme znatelně vyšší zápornou chybu pro předpověď teplot menších jak  $-10^{\circ}\text{C}$ , což je způsobeno lokalitami typu B.



Obrázek 20: Chyba předpovědi teploty ovzduší v závislosti na hodnotě teploty pro typy lokalit (oddělen kladný a záporný rozdíl)

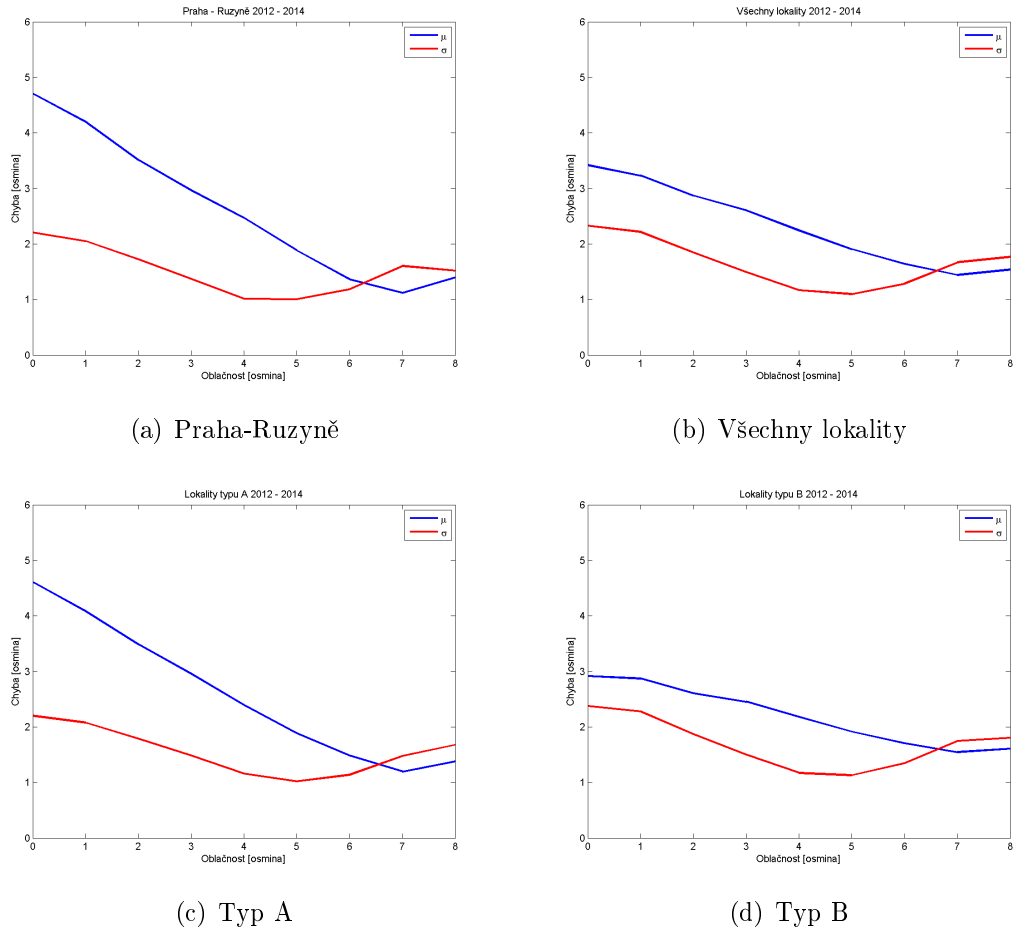
Rovněž byly vykresleny grafy z hlediska ročních období pro lokalitu Praha-Ruzyně, které jsou uvedeny na obr.48 v příloze. Stejně jako tomu bylo v případě rychlosti větru, tak i v ohledně teploty ovzduší lze tvrdit, že roční období nemají zásadní vliv na velikost chyby předpovědi.

### 4.5.3 Oblačnost

Jako třetí je zkoumána závislost chyby předpovědi oblačnosti na hodnotě předpovědi. V tomto bodě byla použita data celkové oblačnost, která byla pro možnost porovnání s měřením převedena pomocí lineárního převodu z vyjádření v procentech do reprezentace ve stupních pokrytí oblohy oblačností vyjádřené v osminách.

Z obr. 21, kde je vykreslena střední hodnota a směrodatná odchylka absolutní hodnoty chyby pro lokalitu Praha Ruzyně, lokality typu A a B a všechny lokality je zřejmé, že ve všech případech největší chyba předpovědi nastává v situaci, kdy byl předpovídán nízký stupeň pokrytí oblohy oblačností, resp. jasno. Tato chyba předpovědi je vzhledem k celkovému rozsahu hodnot velmi vysoká. Zajímavé je, že v tomto případě dochází k nižším chybám z hlediska lokalit typu B než typu A, jak již

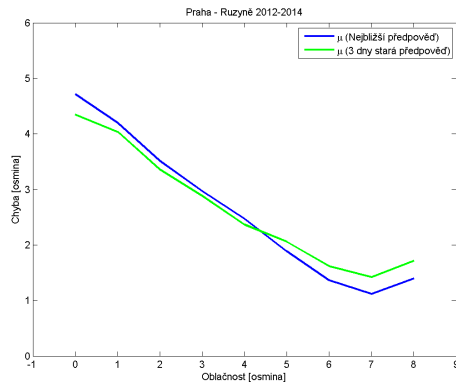
bylo zmíněno v kapitole o vývoji předpovědí. Tato skutečnost může být způsobena nedokonalým převodem reprezentace oblačnosti nebo celkovou nepřesností použitých dat předpovědi a měření. Která byla prokázána při snaze o vytvoření převodní křivky. Dále byly opět vykresleny grafy pro každou ze 39 lokalit zvlášť, ovšem v tomto případě nelze vybrat lokality, které by se výrazně vymykaly průměru.



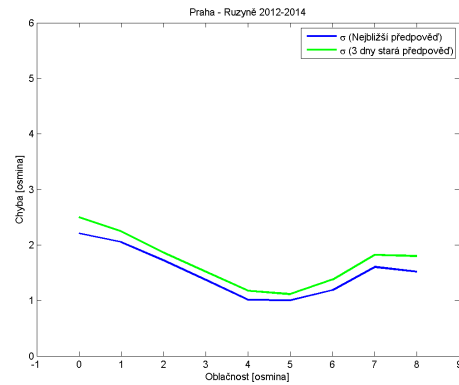
Obrázek 21: Chyba předpovědi oblačnosti v závislosti na hodnotě oblačnosti

Dále jsou uvedeny grafy zobrazující střední hodnotu a směrodatnou odchylku chyby 3 dny staré předpovědi a nejbližší možné předpovědi pro lokalitu Praha - Ruzyně na obr. 22. Zde pozorujeme velmi podobné průběhy z hlediska střední hodnoty chyby i směrodatné odchylky. Důvodem jsou patrně již zmíněné problémy popsané v kapitole ohledně převodní křivky.





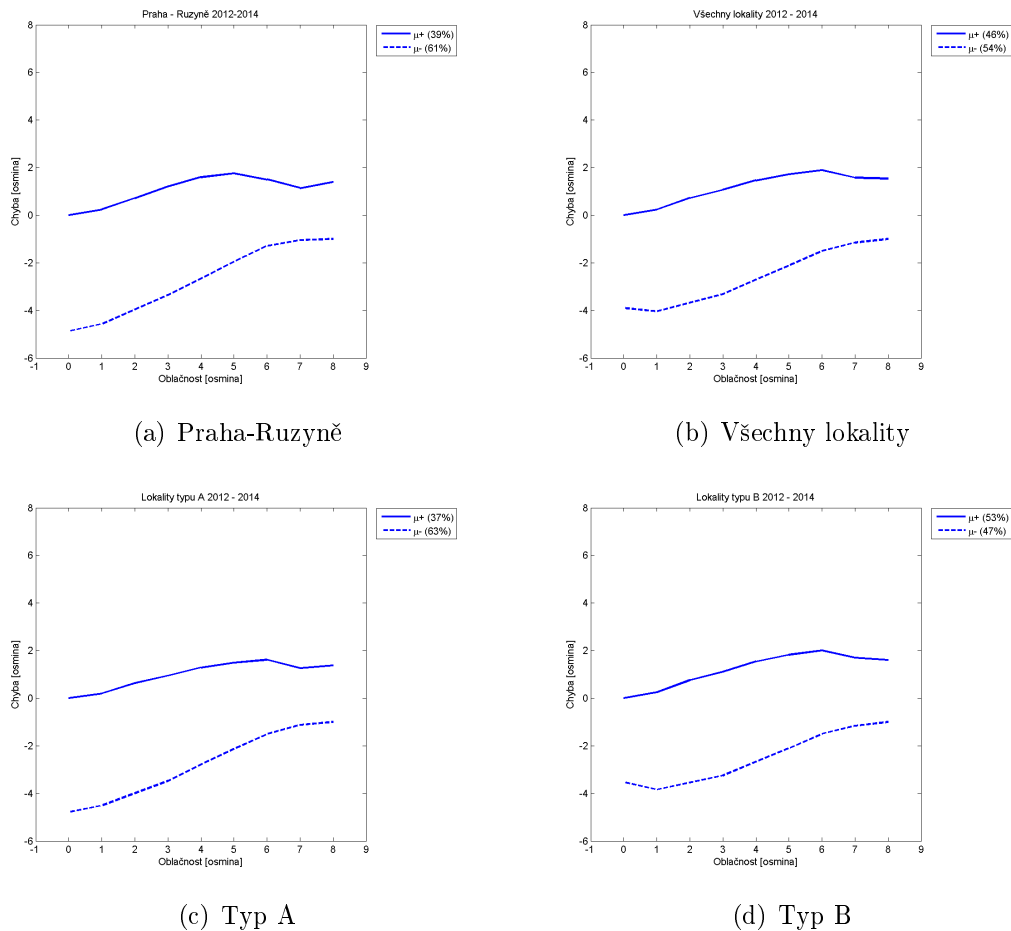
(a) Střední hodnota



(b) Směrodatná odchylka

Obrázek 22: Chyba předpovědi oblačnosti staré tři dny v závislosti na hodnotě oblačnosti

Následující obr. 23 zobrazuje již opět grafy, kde chyba předpovědi je rozdělena na kladnou a zápornou část. Záporná střední hodnota chyby ( $\mu^-$ ) nám říká, o kolik osmin (stupeň oblačnosti) byla předpovězena menší oblačnost a naopak hodnota ( $\mu^+$ ) vyšší oblačnost, než byla následně naměřeno. Při pohledu na grafy pozorujeme, že vyšší procentuální zastoupení má záporná chyba (83% z hlediska lokalit typu A). V případě lokalit typu B je nepatrně více zastoupena chyba kladná (53%). Rovněž je zřejmé, že výrazné chyby pro nízké hodnoty předpovědi, které jsme pozorovali na předchozích grafech s absolutní hodnotou chyby, jsou způsobeny zejména zápornou chybou, tedy jedná se o případ, kdy byla předpovězena nižší oblačnost, než byla posléze naměřena.



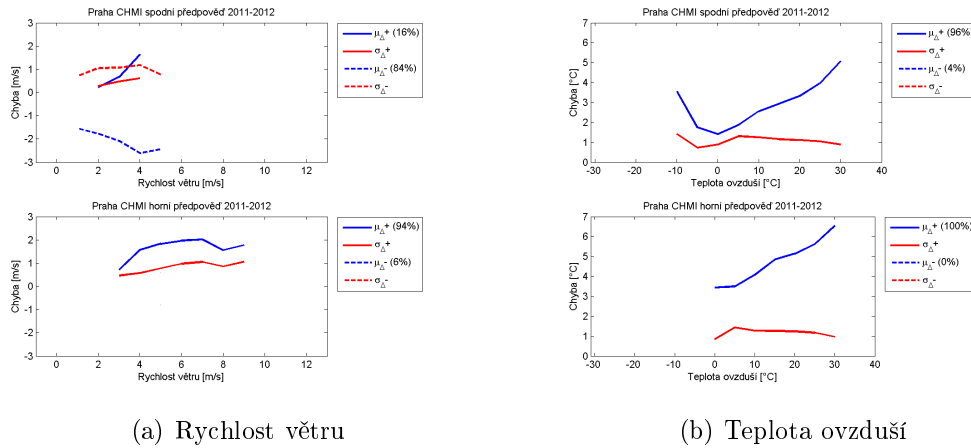
Obrázek 23: Chyba předpovědi oblačnosti v závislosti na hodnotě oblačnosti (oddělen kladný a záporný rozdíl)

Grafy z hlediska ročních období pro lokalitu Praha-Ruzyně se nacházejí v příloze na obr. 49. Stejně jako tomu bylo v případě rychlosti větru a teploty ovzduší, tak i v pro předpověď oblačnosti platí, že chyba předpovědi zásadně nezávisí na ročním období.

#### 4.5.4 Předpověď CHMI

V této části byla použita data měření předpovědi CHMI pro období let 2011 až 2012. Byla pozorována chyba předpovědi rychlosti větru, teploty ovzduší, a oblačnosti. Pro možnost porovnání byl nutný převod měření oblačnosti z vyjádření v osminách na stupeň pokrytí oblohy oblačností v šestinách podle tabulky 2. Z předpovědí byla vybrána data (D), tedy předpověď na den. Jak již je známo, v případě předpovědi CHMI se jedná o denní data, zatímco měření CHMI hodinová data. Vzhledem k řečenému, byly tedy z dat měření spočítány denní průměry z období 6:00 až 20:00 hodin. Výsledky je možno vidět na obr. 24. V porovnání s analýzou předpovědi YR, zde pozorujeme výrazně nižší počet hodnot chyb z hlediska rozsahu. To je způsobeno skutečností, že se jedná o časově kratší období tvořené denními daty. Navíc minimální počet hodnot v daném rozsahu rychlosti větru, resp. teploty ovzduší, ze

kterého je počítána střední hodnota chyby a směrodatná odchylka, je stanoven na 10 hodnot. Vykreslení střední hodnot a směrodatných odchylek chyb tedy v případech, kdy je procentuální zastoupení méně jak 10% v grafech zcela chybí.



Obrázek 24: Chyba předpovědi CHMI

V případě spodní hranice předpovědi rychlosti větru (obr. 24a) má předpověď z 84% nižší hodnotu než měření a chyba se pohybuje přibližně od 1,5 až 2,5 m/s. Co se týče horní meze předpovědi, tak v 94% případů má předpověď vyšší hodnotu než měření s menší chybou. Je tedy zřejmé že v případě lokality Praha-Ruzyně odpovídá měření spíše horní předpovědi, což je potvrzeno grafy v časové oblasti pro jednotlivé měsíce. Tyto grafy jsou součástí příloženého CD. V porovnání s chybou předpovědi YR pro rychlost větru na obr. 16, kde se chyba nacházela v rozmezí 0,5 až 1,5 m/s, je tedy chyba v tomto případě přibližně o 1 m/s vyšší.

Při pohledu na obrázek 24b pro teplotu ovzduší je zřejmé, že dokonce i v případě spodní meze předpovědi je daleko častěji předpověď vyšší než skutečná naměřená hodnota. V případě horní meze se navíc situace, kdy je předpověď nižší než měření alespoň v deseti výskytech v daném rozsahu, nevyskytuje vůbec. Pokud bychom opět porovnali tyto grafy s analogickým pro norskou předpověď na obrázku 20, kde chyba byla 1 až 2 °C, zjistíme, že předpověď YR pro lokalitu Praha je opět výrazně přesnější.

Grafy pro analýzu chyby předpovědi oblačnosti zde uvedeny nejsou, protože při podmínce existence alespoň 10 hodnot pro výpočet střední hodnoty a směrodatné odchylky v daném rozsahu data neobsahovala dostatečný počet hodnot.

## Zhodnocení

V této části práce bylo prokázáno, že k největším chybám předpovědi dochází zejména v případě lokalit v horských oblastech, chyba předpovědi nezávisí na ročním období a že ve většině případů převažuje chyba, kdy byla předpovězena nižší hodnota předpovědi daného typu, než byla posléze naměřena. Dále bylo zjištěno, že hlavně z

hlediska rychlosti větru a teploty ovzduší je i předpověď 3 dny dopředu poměrně přesná, resp. není výrazně horší než poslední možná předpověď.

## 4.6 Přechod atmosférických front přes Prahu

V této kapitole jsou analyzována data o přechodu atmosférických front přes Prahu z hlediska výskytu jednotlivých typů front, směrů odkud fronty přišly a jejich intenzitě. Dále jsou pozorovány souvislosti těchto dat s daty naměřené rychlosti větru, teploty ovzduší a oblačnosti.

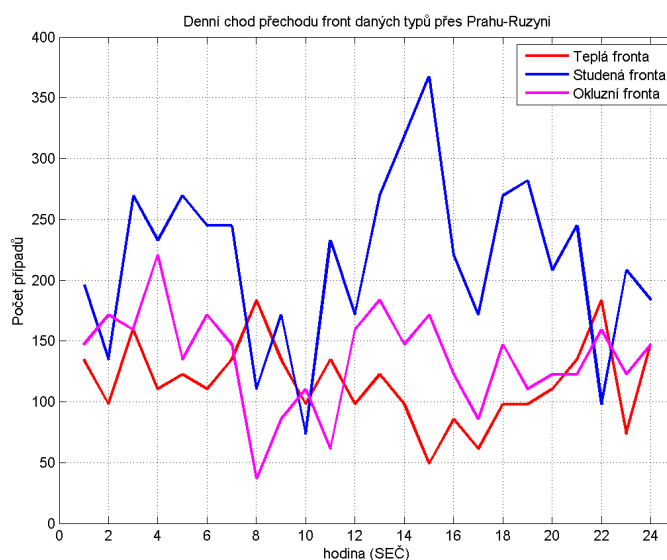
### 4.6.1 Denní chod přechodu front

V následující části se nachází grafy zobrazující počet výskytů přechodů front v závislosti na denní době. Pro možnost porovnání s grafy vytvořenými pracovníky CHMÚ za období let 1950 až 1999, byla zde použita data z let 2011 až 2014 znormována na stejný počet 49 let.

#### Denní chod přechodu front daných typů

Graf na obr. 25 zobrazuje denní chod přechodu jednotlivých typů front. Je zřejmé, že k nejčastějšímu přechodu docházelo v případě studené fronty, zejména v odpoledních hodinách. Naopak nejméně výskytů pozorujeme v dopoledních hodinách od 8 do 12 hodin. Z hlediska výskytu teplých a studených front nehraje denní doba významnou roli. Pouze v odpoledních hodinách pozorujeme častější výskyt okluzní fronty než teplé. Při porovnání s grafem vytvořeným pracovníky ČHMÚ, který je dostupný na adrese <http://synopinfo.wz.cz/fronaty/statist/pic4.htm>, lze pozorovat podobnost hlavně z hlediska již zmíněné studené fronty a tvaru vývoje. Ovšem celkové počty výskytů jsou zde menší než na znormovaném grafu.

#### Denní chod přechodu front daných typů

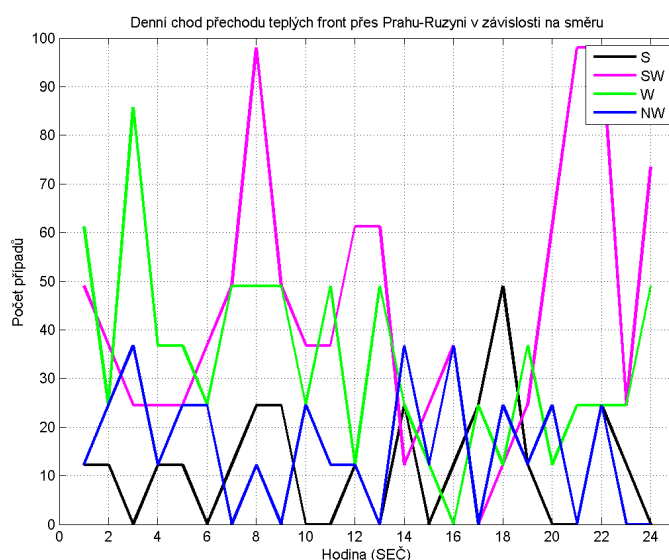


Obrázek 25: Denní chod přechodů front daných typů (znormováno na 49 let)

## Denní chod přechodu front v závislosti na směru

Zde jsou uvedeny denní vývoje výskytu typů front v závislosti na tom, z jakého směru fronty přišly. V grafech jsou pro zachování přehlednosti uvedeny pouze čtyři nejčastější směry pro daný typ fronty. Grafy pro porovnání vytvořené pracovníky ČHMÚ jsou dostupné na adrese <http://synopinfo.wz.cz/fronty/statist/pic5.htm>

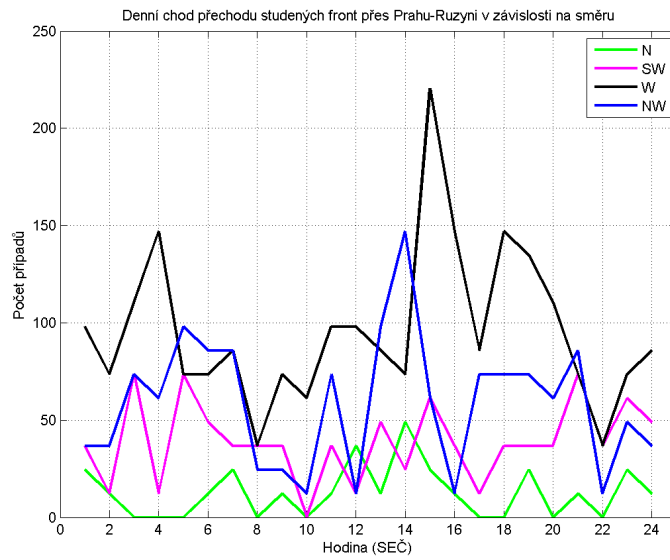
První graf na obrázku 26 zobrazuje vývoj výskytů teplé fronty z jihu, jihozápadu, západu a severozápadu. Z grafu je zřejmé, že teplá fronta nečastěji přichází z jihozápadu v 8 hodin ráno a mezi osmou a desátou hodinou večerní. Druhým nejčastějším směrem příchodu teplé fronty zejména během první poloviny dne je západní směr. Při porovnání s grafem ČHMÚ již nepozorujeme takovou analogii jako v předchozím grafu z hlediska tvaru vývoju. Počty výskytů zde opět dosahují celkově menších hodnot a výrazně nejvyšší četnost výskytu nastává v případě příchodu teplé fronty ze západu.



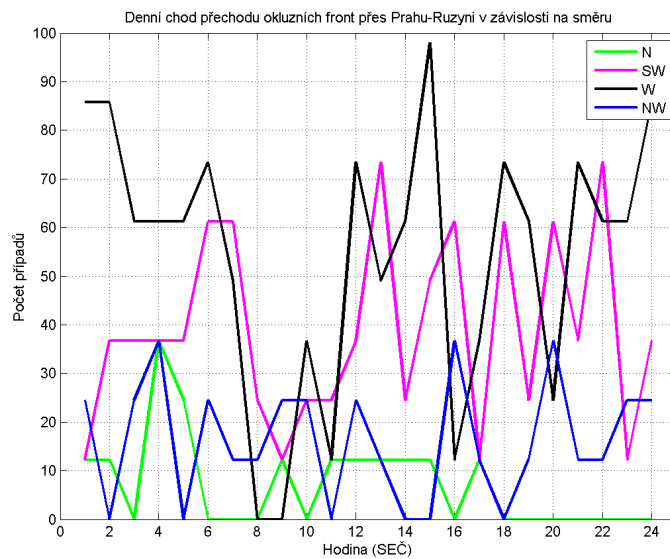
Obrázek 26: Denní chod teplé fronty v závislosti na směru (znormováno na 49 let)

Na dalším grafu na obr. 27 sledujeme vývoj výskytů příchodu studené fronty v různých denních dobách z jihu, severovýchodu, západu a jihozápadu. Na základě grafu lze tvrdit, že studená fronta nejčastěji přichází ve 4 hodiny ráno a v odpoledních hodinách, zejména v 15 hodin. V porovnání s grafem ČHMÚ je zřejmá podobnost ohledně poklesu výskytu příchodu front v období přibližně od 8 do 13 hodin a pořadí jednotlivých směrů z hlediska počtu výskytů.

Poslední graf v této části na obr. 28 zobrazuje počty výskytů příchodu okluzní fronty ze severu, jihozápadu, západu a severozápadu. V tomto případě pozorujeme poměrně výrazné kolísání počtu těchto výskytů během dne a opět i v případě okluzní fronty je zřejmý pokles vývoje v dopoledních hodinách mezi osmou a dvanáctou hodinou hlavně z hlediska západního a jihozápadního směru příchodu fronty. Při porovnání s grafem od ČHMÚ ovšem tento pokles tak výrazný není.



Obrázek 27: Denní chod studené fronty v závislosti na směru (znormováno na 49 let)



Obrázek 28: Denní chod okluzní fronty v závislosti na směru (znormováno na 49 let)

## Zhodnocení

Shrneme-li tuto část, lze tvrdit, že všechny typy front nejčastěji přicházejí ze západu a severozápadu zejména v ranních a odpoledních hodinách.

### 4.6.2 Pozorování četnosti jednotlivých jevů

V následující části jsou zobrazeny četnosti výskytů jednotlivých údajů z dat přechodu front přes Prahu. Nejprve za celkové období a dále z hlediska různých typů ročních období, které jsou zobrazeny v tabulce 4.

#### Celé období

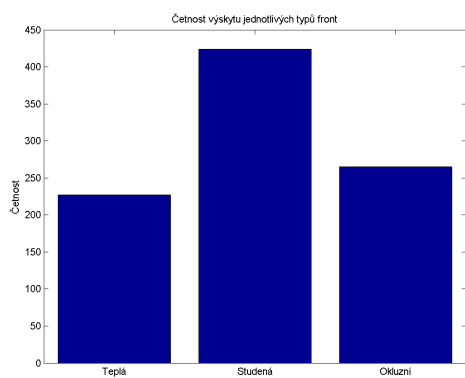
Nejprve tedy byly pozorovány celkové počty výskytů všech údajů o frontách z let 2012 a 2014. Histogramy zobrazující tyto informace jsou uvedeny na obr. 29.

Z grafu 29a je zřejmé, že nejčastěji dochází k přechodu studené fronty. Konkrétně se jedná o 46% všech případů. Ve 29% případů nastává přechod okluzní fronty a ve zbylých 25% přechází teplá fronta.

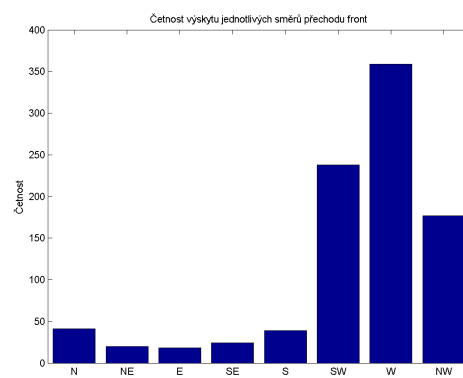
Graf 29b zobrazuje nejčastější směry přechodu atmosférických front. Směry od moře mají podle očekávání nejvyšší četnosti. Když opět procentuálně vyjádříme celkové četnosti výskytu jednotlivých směrů zjistíme, že v 39% případů přichází fronta ze západu, v 26% z jihozápadu, v 19% ze severozápadu a zbylých 16% patří ostatním směrům.

V pořadí třetí graf na obr. 29c obsahuje histogram četností výskytu intenzit front. Je zřejmé, že nejčastěji má příchozí fronta střední intenzitu (66% případů), druhá nejčetnější je slabá intenzita (30%) a třetí se zanedbatelnou hodnotou 4% intenzita silná. O frontě silné intenzity tedy lze tvrdit, že se vyskytuje jen velmi zřídka.

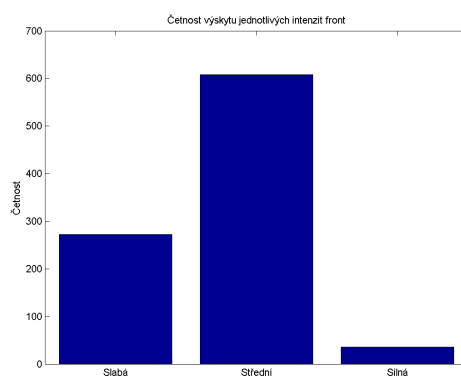




(a) Typ fronty



(b) Směr fronty



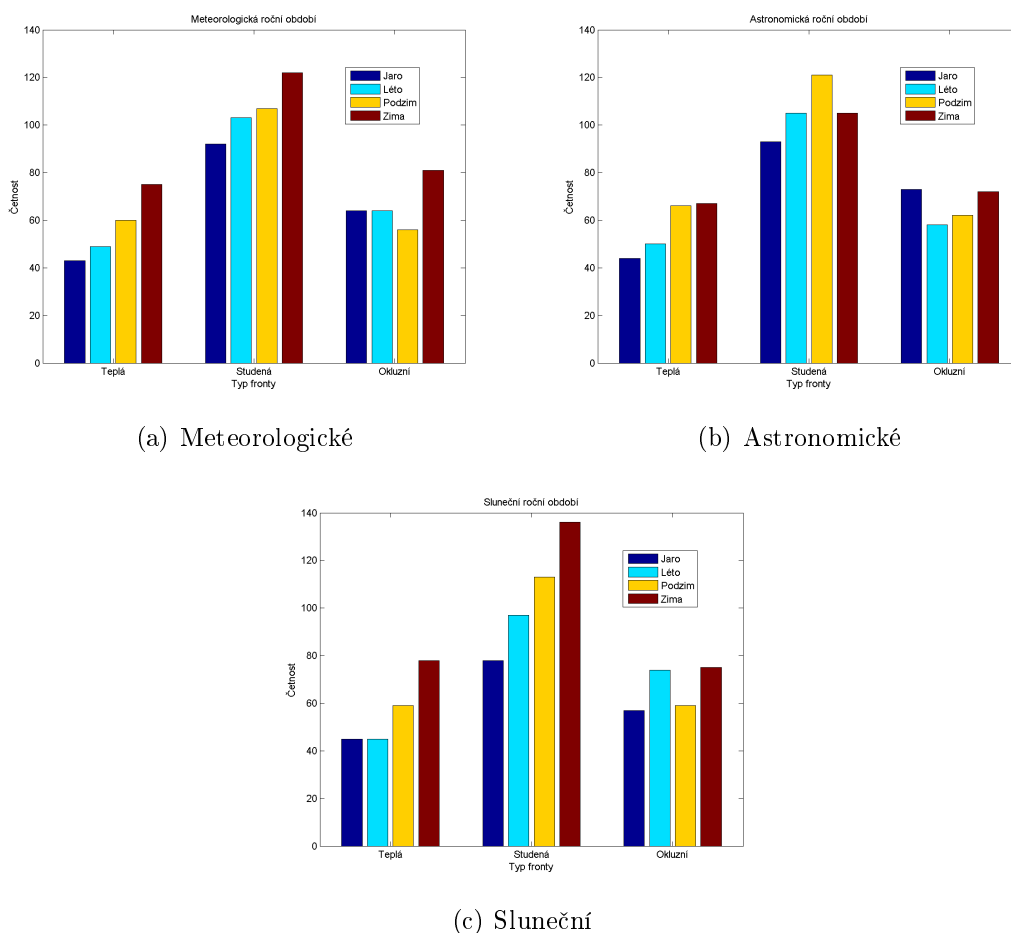
(c) Intenzita fronty

Obrázek 29: Celkový počet výskytů údajů o frontách

## Rozdělení na roční období

V této části jsou vstupní data rozdělena podle ročních období, která jsou vyjádřena z hlediska meteorologického (a), astronomického (b) a slunečního (c).

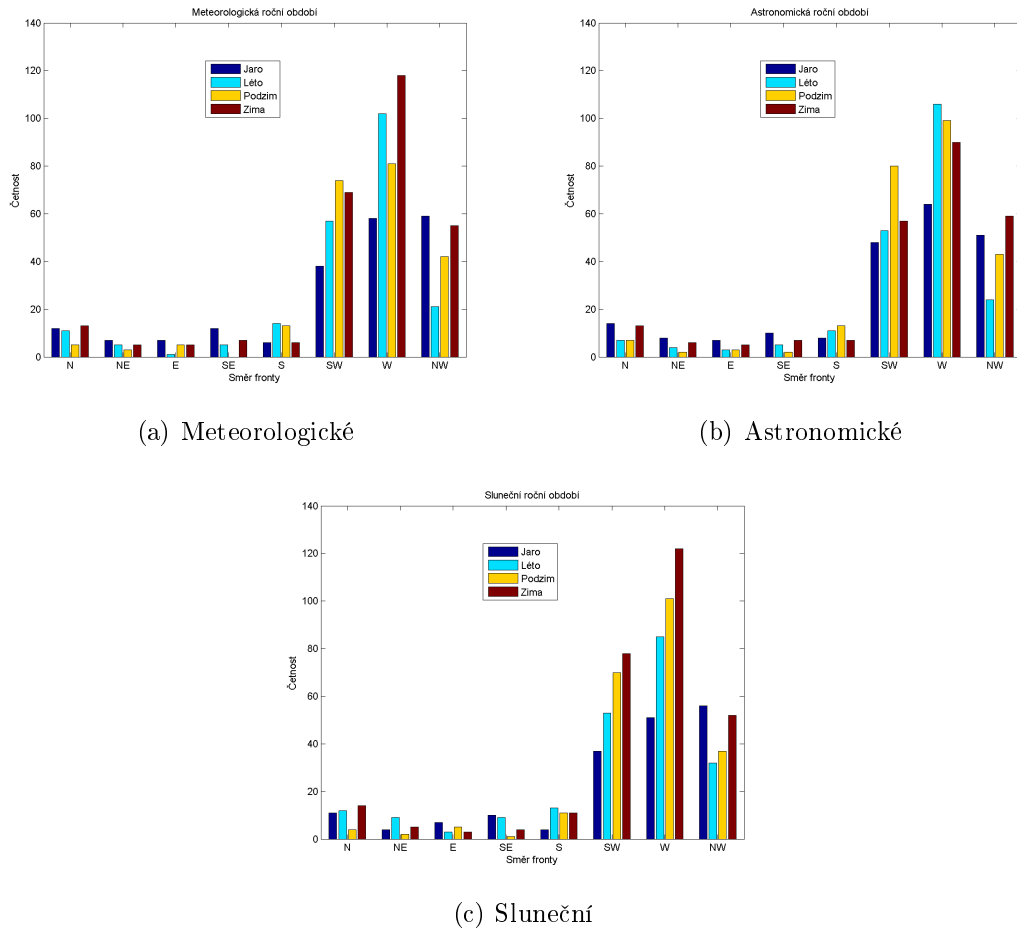
Histogramy na obr. 30 zobrazují četnost výskytů typu fronty teplá, studená a okluzní z hlediska ročních období. Při porovnání s celkovým histogramem na obr. 29a, nepozorujeme výrazné změny. Z pohledu všech typů rozdělení ročních období dominuje studená fronta. Výskyt teplé a okluzní fronty dosahuje přibližně stejné úrovně. Z hlediska ročních období dochází k nejčastějšímu výskytu příchodu všech typů front v zimním období, naopak nejméně častý je příchod front na jaře. Výjimku tvoří pouze astronomické rozdělení ročních období, kde studená fronta přechází nejčastěji v podzimním období a okluzní fronta má nejvyšší počet výskytů paradoxně na jaře.



Obrázek 30: Typ fronty

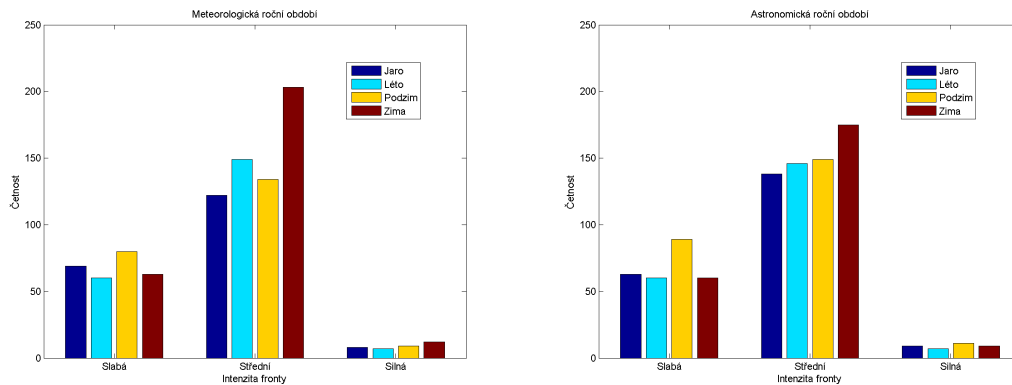
Na dalším obr. 31 se nachází histogramy zobrazující četnosti jednotlivých směrů příchodu front z hlediska různých ročních období. Podle očekávání zde opět nepozorujeme výrazné odlišnosti od histogramu z celého období na obr. 29(b) a největší četnosti nastávají pro západní směry. Z těchto histogramů je navíc zřejmé, že tomu tak je zejména v zimním období. K jistým odlišnostem opět dochází v případě astronomického rozdělení, kde má rovněž největší četnost přechod front ze západu, ovšem

v tomto případě zejména v letním a podzimním období. Pro jihozápadní směr pozorujeme největší počet výskytů na podzim.



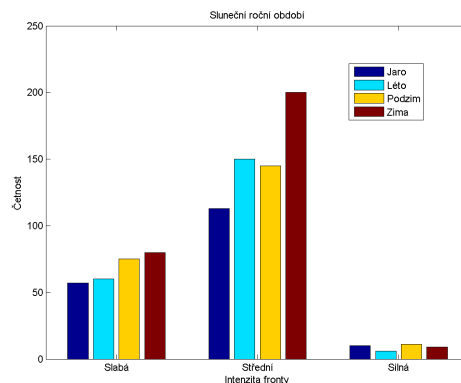
Obrázek 31: Směr fronty

Jako třetí v pořadí se zde na obr. 32 nachází histogramy zobrazující počty výskytů front daných intenzit z hlediska různých typů ročních období. Z grafů je zřejmé, že roční období nemá zásadní vliv na intenzitu front, pouze v případě zimního období z meteorologického a slunečního rozdělení pozorujeme výraznější zastoupení oproti ostatním obdobím.



(a) Meteorologické

(b) Astronomické



(c) Sluneční

Obrázek 32: Intenzita fronty

## Zhodnocení

Závěrem této kapitoly je, že atmosférická fronta přecházející přes Prahu je nejčastěji studená, má střední intenzitu a přichází ze západu. Dále lze tvrdit, že roční období nemá zásadní vliv na četnost přechodu front, pouze zimní období v tomto ohledu mírně převažuje, zejména z meteorologického a slunečního rozdělení ročních období.

### 4.6.3 Podmíněná četnost jevů

V této části byla pozorována četnost jevů, které nastaly současně. Jedná se tedy o tzv. podmíněnou četnost jevů. V tabulce 7 je možno vidět výsledky tohoto pozorování. Nachází se zde prvních pět současných jevů s největší četností. V datech z let 2011 - 2014 nejčastěji docházelo k přechodu studené fronty střední intenzity přicházející od západu.

Dále byly tyto podmíněné četnosti jevů pozorovány z hlediska denních dob. Tedy období 6:00 až 14:00 bylo označeno jako dopoledne, 14:00 až 22:00 jako odpoledne a 22:00 až 6:00 jako noc. Pro dopoledne a odpoledne vyšlo stejné pořadí současných jevů jako v uvedené tabulce 7, pouze pro noční dobu nastala změna v pořadí taková,

Tabulka 7: Podmíněná četnost jevů

Typ	Směr	Intenzita	Podmíněná četnost
Studená	W	Střední	144
Studená	NW	Střední	88
Okluzní	W	Střední	78
Teplá	SW	Slabá	57
Studená	SW	Střední	52

že jako druhá nejčastější kombinace byla situace přechodu střední okluzní fronty ze západu.

#### 4.6.4 Maximální a průměrný počet opakování zaznamenaných údajů

Dalším analyzovaným aspektem je počet stejného, po sobě opakujícího se údaje nezávisle na ostatních údajích. Například tedy bylo pozorováno kolikrát po sobě byl zaznamenán přechod teplé fronty nezávisle na směru nebo intenzitě. V tabulce 8 je zobrazen maximální a průměrný počet opakování daného údaje.

Tabulka 8: Maximální a průměrný počet opakování pozorovaných údajů

Pozorovaný údaj	Max. počet opakování	Prům. počet opakování
Teplá (typ)	3	1,05
Studená (typ)	7	1,48
Okluzní (typ)	6	1,82
Slabá (intenzita)	9	1,79
Střední (intenzita)	18	3,55
Silná (intenzita)	2	1,09
N (Směr)	2	1,08
NE (Směr)	3	1,33
E (Směr)	2	1,13
SE (Směr)	3	1,20
S (Směr)	2	1,11
SW (Směr)	9	1,94
W (Směr)	12	2,20
NW (Směr)	7	1,79

Z hlediska typu fronty již víme, že v použitých datech se nejčastěji vyskytoval přechod studené fronty. Z této tabulky vidíme, že přechod studené fronty byl zaznamenán až 7x po sobě, ovšem největší hodnota průměrného počtu opakování nastává pro okluzní typ fronty.

Při pohledu na prostřední část tabulky, která se týká intenzity fronty vidíme, že podle očekávání největší průměrný počet opakování nastává pro střední intenzitu fronty, která je nejčastěji vyskytující se intenzitou v datech. Střední intenzita nastala

dokonce až v 18 případech po sobě.

Poslední část tabulky je zaměřena na směr fronty, kde opět podle očekávání dominují západní směry. Směr příchodu fronty ze západu byl zaznamenán až 12x v řadě, ale průměrný počet opakování není v porovnání s ostatními směry až tak výrazný.

Dále je pozornost zaměřena z opačného pohledu. Tabulka 9 obsahuje maximální a průměrné doby bez záznamu o frontě daného typu a v poslední řádce pak jakéhokoliv typu. Je potřeba zmínit, že jelikož se jedná o hodinová data, byly maximální a průměrné doby počítány v hodinách a následně převedeny na dny.

Tabulka 9: Maximální a průměrná doba bez výskytu fronty daného typu

Typ fronty	Max. doba bez této fronty	Prům. doba bez této fronty
Teplá	39,7 dní	6,4 dní
Studená	23,6 dní	3,4 dní
Okluzní	32,7 dní	5,5 dní
Jakýkoliv	18,5 dní	1,56 dní

Z tabulky je zřejmé, že průměrná doba bez výskytu fronty daného typu odpovídá pořadí z hlediska četnosti výskytu typu fronty. Podle očekávání tedy nejmenší průměrná doba bez výskytu určitého typu fronty nastává pro studenou frontu. Zajímavé je, že průměrná doba bez pozorování přechodu fronty jakéhokoliv typu činí pouze 1,56 dne. Což znamená, že v podstatě každý druhý den je pozorován přechod nějaké fronty. Ovšem je potřeba zdůraznit, že se jedná o průměrnou hodnotu a z použitých dat je zřejmé, že během jednoho dne je možno pozorovat přechod více front.

#### 4.6.5 Pravděpodobnost přechodu typů front

V této části se nachází výsledky určení pravděpodobností přechodu z jednoho typu do druhého nebo do stejného. Získané pravděpodobnosti se nachází v tabulce 10, kde jednotlivé řádky v součtu mají hodnotu 100 %.

Tabulka 10: Pravděpodobnost přechodu front

	Teplá	Studená	Okluzní
Teplá	4,5%	91,4%	4,1%
Studená	35,4%	32,3%	32,3%
Okluzní	24,9%	30,2%	44,9%

První řádek tabulky nám říká, že nastane-li přechod teplé fronty, tak s pravděpodobností 4,5 % bude další přecházející fronta rovněž teplá, s pravděpodobností 91,4 % bude studená a s pravděpodobností 4,1 % okluzní. Po teplé frontě tedy s velmi vysokou pravděpodobností nastane přechod studené fronty. Při pohledu na druhý řádek sledujeme pro všechny typy front v podstatě stejnou hodnotu pravděpodobnosti. V situaci, kdy nastane přechod studené fronty, tedy není možné na základě této informace určit další vývoj. V případě okluzní fronty (3. řádek), lze tvrdit, že další příchozí fronta bude opět okluzní. Tato skutečnost odpovídá i informaci z tabulky 8, kde bylo zmíněno, že výskyt okluzní fronty má největší průměrný počet opakování v řadě za sebou.

## 4.7 Vzájemná závislost jednotlivých údajů front a jejich vztah k naměřenému počasí

Následující text je zaměřen na vzájemnou závislost jednotlivých údajů front a zejména na pozorování do jaké míry ovlivňuje přechod front budoucí vývoj počasí.

### 4.7.1 Korelace údajů front a dat oblačnosti

V této části je pozorována nejprve vzájemná závislost jednotlivých údajů front a následně závislost těchto údajů na předpovědi oblačnosti a na měření oblačnosti.

Tabulka 11 obsahuje korelační koeficienty udávající vzájemnou závislost údajů front z hlediska celého období let 2012 až 2014 a rovněž z pohledu ročních období. Z tabulky je zřejmé, že údaje typ fronty a směr fronty jsou nekorelované, protože hodnota korelačního koeficientu je příliš nízká. Jistou závislost pozorujeme v případě korelace typu a intenzity fronty, která je nejvýraznější v letním období. Můžeme tedy říci, že na základě znalosti typu resp. intenzity fronty, lze určit intenzitu resp. typ fronty. Hodnoty korelačního koeficientu pro směr fronty oproti její intenzitě je opět malá. Tyto údaje jsou tedy nekorelované.

Tabulka 11: Korelační koeficienty údajů front

Pozorované údaje	Celé období	Jaro	Léto	Podzim	Zima
Typ $\times$ Směr	-0,0264	-0,0475	0,0240	-0,0143	-0,0411
Typ $\times$ Intenzita	0,2004	0,1975	0,3303	0,0995	0,1987
Směr $\times$ Intenzita	0,0447	0,0337	0,0868	0,0402	0,0257

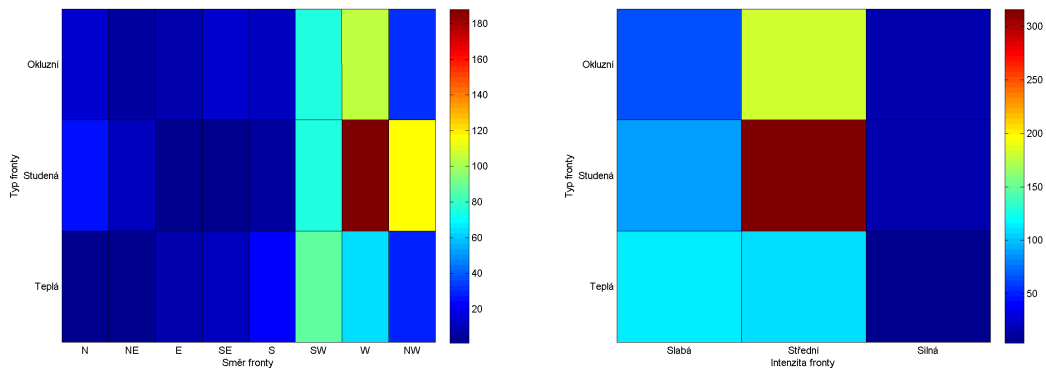
V návaznosti na tuto tabulku jsou dále na obr. 33 uvedeny grafy zobrazující četnost jevů, které nastaly současně.

Z předchozí tabulky vyplynulo, že z údajů front na sobě nejvíce závisí typ fronty a intenzita fronty. Tuto skutečnost potvrzuje i graf 33b, kde pozorujeme při celkovém pohledu daleko vyšší četnost daných jevů než v grafu 33a pro typ a směr fronty nebo 33c pro intenzitu a směr fronty. Na základě tohoto grafu lze tvrdit, že pokud přecházela studená nebo okluzní fronta byla nejčastěji střední intenzity. Pokud přecházela teplá fronta měla zpravidla slabou nebo střední intenzitu. Fronta o silné intenzitě nastávala jen velmi zřídka, o čemž vypovídaly i výše uvedené histogramy četností na obr. 29.

Graf 33a zobrazuje četnost současných výskytů daného směru a typu fronty. Podle očekávání zde pozorujeme nejvyšší četnost v rámci západních směrů. Studená fronta nejčastěji přicházela ze západu a severozápadu a okluzní resp. teplá fronta zejména ze západu a jihozápadu.

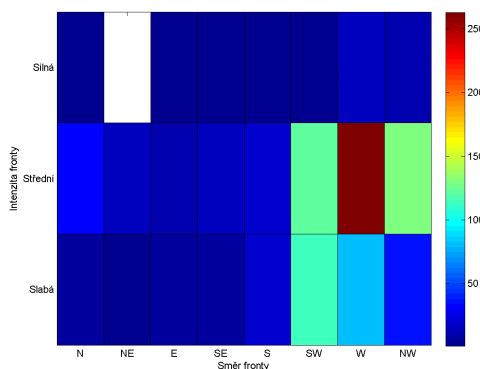
Na třetím grafu 33c lze vidět, že fronta střední intenzity nejčastěji přicházela ze západu. Méně častý byl přechod fronty slabé intenzity, který nastal buď z jihozápadu nebo ze západu.





(a) Typ  $\times$  Směr

(b) Typ  $\times$  Intenzita



(c) Intenzita  $\times$  Směr

Obrázek 33: Celé období

Stejné grafy z hlediska ročních období se nachází v příloze. V případě závislosti typu na směru fronty se od pohledu z hlediska celého období na obr. 50 výrazněji liší jarní a letní období. V jarním období pozorujeme jako nejčastější jev příchod studené fronty ze severozápadu. Ovšem jak již bylo dříve zmíněno, v tomto období dochází obecně k přechodu front nejméně často. Z hlediska letního období oproti ostatním obdobím velmi výrazně dominuje přechod studené fronty ze západu.

Co se týče závislosti typu fronty na intenzitě fronty na obr. 51, lze tvrdit, že roční období nemají na tuto závislost vliv a největší četnost jevů, které nastaly současně, je ve všech obdobích stejná jako z hlediska celého období. To samé platí i o vztahu intenzity fronty a směru fronty na obr. 52.

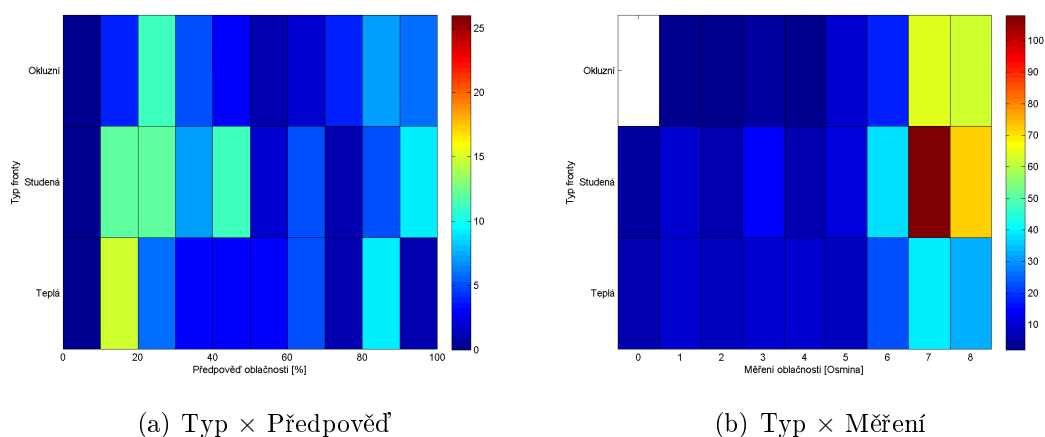
Dále již je uvedena tabulka 12 obsahující hodnoty korelačních koeficientů, které udávají závislost předpovědi a měření oblačnosti na typu, směru a intenzitě fronty. Nutno dodat, že v případě předpovědí jsou dostupná data pouze z období let 2012 až 2014. Pochopitelně tedy nejsou využita všechna data přechodů front, ale jen ta, která se v daném období překrývají. Pro korelaci měření oblačnosti a údajů front již je použito celé období 2011 až 2014.

Tabulka 12: Korelační koeficienty údajů front a oblačnosti

	Typ	Směr	Intenzita
Předpověď [%]	0,0866	-0,0647	0.2323
Měření [osmina]	0,2209	0,0636	0.3868

První řádek tabulky nám říká, že předpověď oblačnosti je nekorelovaná s typem i směrem fronty, ale je korelovaná s intenzitou fronty. Jelikož měření je přesnější informace než předpověď, tak podle očekávání pozorujeme vyšší hodnoty korelačních koeficientů. Lze tedy tvrdit, že měření oblačnosti a typ fronty resp. intenzita fronty jsou korelované.

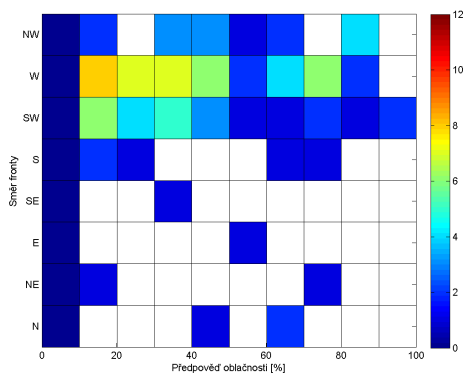
V návaznosti na tuto tabulku byly vytvořeny grafy zobrazující počet výskytů jednotlivých údajů front v závislosti na předpovědi, resp měření oblačnosti v čase příchodu fronty.



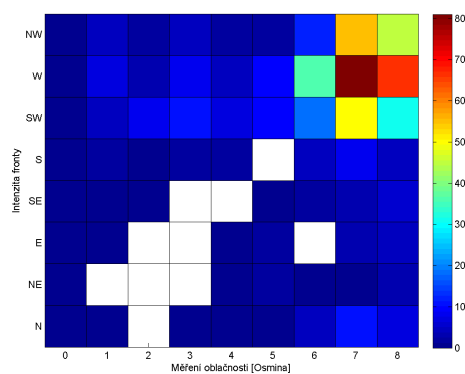
Obrázek 34: Typ fronty × předpověď resp. měření oblačnosti

Na obr. 34a můžeme vidět, že počet výskytů typů fronty je v závislosti na předpovědi oblačnosti poměrně rozložený, čemuž odpovídá nízká hodnota korelačního koeficientu. Nicméně větší výskyt pozorujeme v oblasti nižších hodnot předpovědi. Naproti tomu na graf na obr. 34a vidíme největší četnost v oblasti vysokých hodnot měření oblačnosti, z nichž dominuje studená fronta při stupni oblačnosti 7/8. Tato situace nastala v 19% všech pozorování. Lze tedy říci, že původně byla předpovězena malá oblačnost, ovšem přišla fronta a naměřena byla vysoká oblačnost.

Grafy na dalším obrázku 35 jsou analogické s předchozími, pouze s tím rozdílem, že zde je pozorována závislost na směru příchodu fronty. Při pohledu na grafy je zřejmé, že v počtu výskytů opět výrazně převažují západní směry příchodu fronty. Grafy pouze potvrzují, co již bylo zmíněno v předchozím odstavci. Z hlediska měření na obr. 35b opět převažují vyšší hodnoty oblačnosti. Nevíme sice, co je příčina a co důsledek (přechod fronty a stupeň oblačnosti), ale z měření můžeme říci, že v případě oblačnosti 7/8 (skoro zataženo) přecházela fronta ze západu v 14% výskytů.



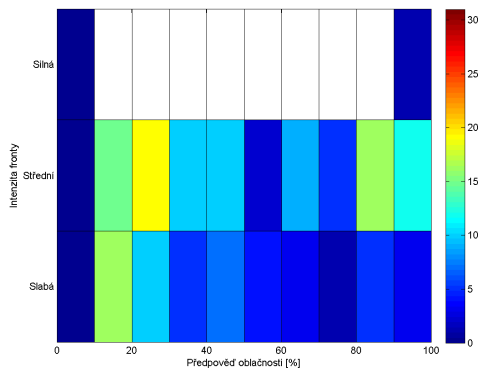
(a) Směr × Předpověď



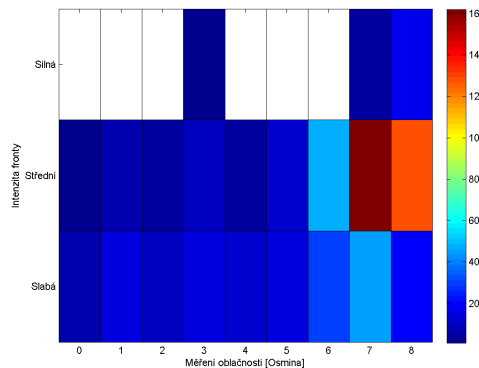
(b) Směr × Měření

Obrázek 35: Směr fronty × předpověď resp. měření oblačnosti

Dále jsou na obr. 36 ještě uvedeny grafy z hlediska intenzity fronty. Pro tento údaj byly v tabulce 12 pozorovány poměrně vysoké hodnoty korelačního koeficientu. Tuto skutečnost potvrzují i uvedené grafy, kde v obou případech vidíme, že k největší četnosti výskytu dochází zejména z hlediska střední intenzity. Zatímco v případě předpovědi na obr. 36a je počet výskytů rozložen z hlediska rozsahu předpovědi celkem rovnoměrně, tak v případě měření na obr. 36b sledujeme dominantní zastoupení oblačnosti 7/8 (29%) a 8/8 (23%).



(a) Intenzita × Předpověď



(b) Intenzita × Měření

Obrázek 36: Intenzita fronty × předpověď resp. měření oblačnosti

## Zhodnocení

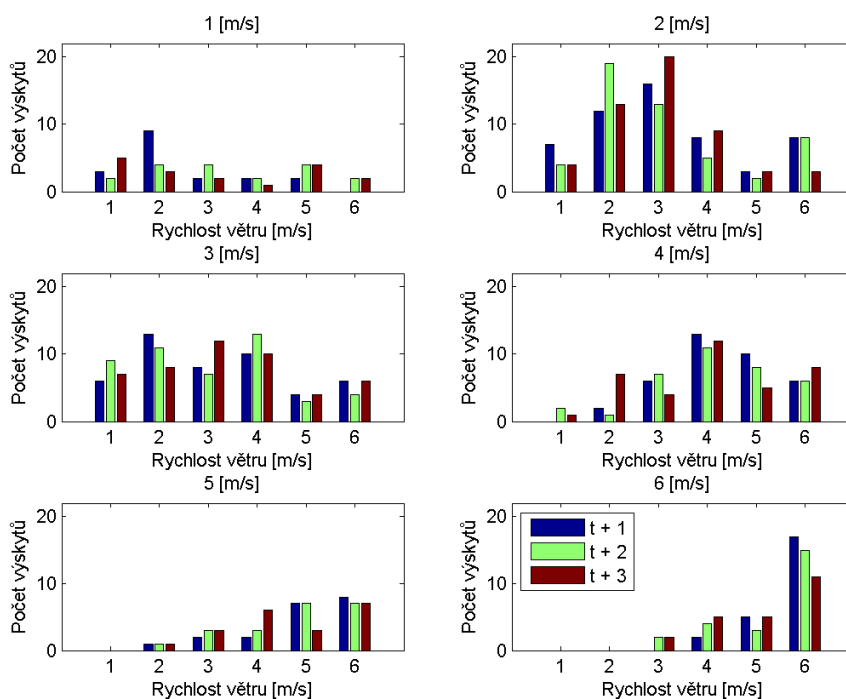
Závěrem této části lze říci, že výskyt typu fronty závisí na její intenzitě a naopak. Dále můžeme tvrdit, že stupeň pokrytí oblohy oblačností závisí zejména na intenzitě přecházející fronty. Z uvedených grafů je zřejmé, že v čase přechodu jakékoliv fronty byla naměřena především oblačnost vyšších hodnot.

## 4.7.2 Vývoj počasí v závislosti na přechodu fronty

V této části je pozorováno, jak se mění hodnota naměřené rychlosti větru resp. oblačnosti při přechodu fronty přes Prahu. Byly vytvořeny tabulky a grafy pro všechny typy front (teplá, studená, okluzní) a pro tři nejčastější podmíněné četnosti jevů (viz tabulka 7). Grafy a tabulky jsou zde uvedeny pouze pro zástupce s největší četností výskytu. Z typů front se tedy jedná o studenou frontu a z podmíněných četností jevů o studenou frontu střední intenzity ze západu. Ostatní jsou popsány pouze slovně. V uvedených grafech a tabulkách je použito značení  $(t + x)$ , kde  $t$  symbolizuje čas přechodu fronty a  $x$  počet hodin po přechodu fronty.

### Rychlost větru

Nejprve se zaměříme na změnu rychlosti větru v čase zaznamenání přechodu studené fronty. Grafy pro toto pozorování vidíme na obr. 37. Nad každým histogramem je uvedena rychlost větru, která byla naměřena v čase přechodu fronty. Pro přehlednost jsou zde uvedeny grafy a tabulky pouze pro rychlosti větru 1 m/s až 6 m/s, které mají z hlediska měření největší četnost. Histogramy uvádějí počty výskytů (osa Y) jednotlivých rychlostí (osa X), které byly naměřeny jednu hodinu, dvě hodiny, resp. tři hodiny po přechodu fronty.



Obrázek 37: Studená fronta

V návaznosti na tyto grafy byla vytvořena tabulka 13, kde je informace pro situaci  $t + 1$  (1 hodina po přechodu fronty) vyjádřena procentuálně. Pro lepší čitelnost tabulky znak % není za hodnotami uveden. Poslední sloupec tabulky obsahuje

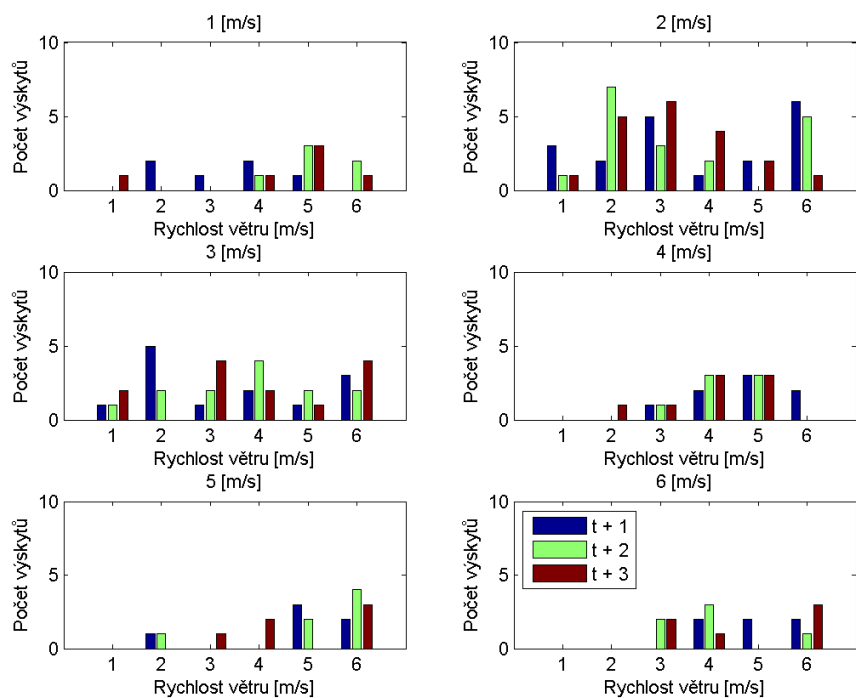
celkový počet výskytů daných jevů, aby nedocházelo ke zkreslení informace při malém počtu výskytů. Například první řádek čteme následujícím způsobem. V čase příchodu studené fronty byla rychlost větru 1 m/s zaznamenána v 18 případech (sloupec "Počet výskytů"). Z toho v 17% těchto výskytů (3 případy) hodinu poté zůstala rychlost větru na stejné hodnotě (1 m/s), v 50% (9) případech se zvýšila na hodnotu 2 m/s, v 11% (2) případech se zvýšila na hodnotu 3 m/s, atd.

Tabulka 13: Studená fronta

		t+1						Počet výskytů
		1 [m/s]	2 [m/s]	3 [m/s]	4 [m/s]	5 [m/s]	6 [m/s]	
t	1 [m/s]	17	50	11	11	11	0	18
	2 [m/s]	13	22	30	15	6	15	54
	3 [m/s]	13	28	17	21	9	13	47
	4 [m/s]	0	5	16	35	27	16	37
	5 [m/s]	0	5	10	10	35	40	20
	6 [m/s]	0	0	0	8	21	71	24

Z grafů na obr. 37 a tabulky je zřejmé, že v době, kdy byl zaznamenán přechod studené fronty, tak rychlost větru nejčastěji dosahovala rychlostí 2 m/s a 3 m/s. Dále lze pozorovat, že v hodinách následujících po přechodu fronty se rychlost větru výrazně nemění. Ve většině případů zůstane stejná nebo se zvýší, resp. sníží o hodnotu 1 m/s. V případě přechodu teplé a okluzní fronty, lze tvrdit v podstatě to samé, co platí pro studenou frontu, pouze s rozdílem celkově menšího počtu výskytů. Příslušné grafy se nachází v příloze na obrázcích 53 a 54.

V další části je pozornost věnována nejčastější kombinaci tří údajů front, čili studenou frontu střední intenzity přecházející ze západu. Jedná se o jistou podmnožinu dat z předchozí části, kde šlo pouze o jakoukoliv studenou frontu. Je tedy zřejmé, že množství použitých dat bude ještě menší. Analogický graf je možno vidět na obr. 38 a vytvořena byla rovněž příslušná tabulka 14.



Obrázek 38: Studená fronta střední intenzity ze západu

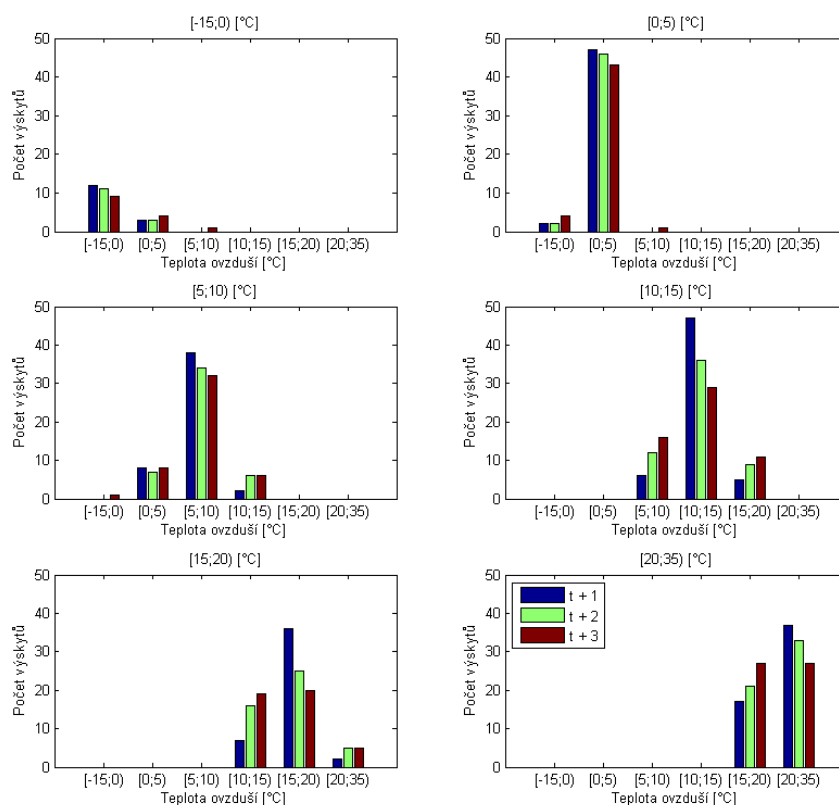
Tabulka 14: Studená fronta střední intenzity ze západu

		t+1						Počet výskytů
		1 [m/s]	2 [m/s]	3 [m/s]	4 [m/s]	5 [m/s]	6 [m/s]	
t	1 [m/s]	0	33	17	33	17	0	6
	2 [m/s]	16	11	26	5	11	32	19
	3 [m/s]	8	38	8	15	8	23	13
	4 [m/s]	0	0	13	25	38	25	8
	5 [m/s]	0	17	0	0	50	33	6
	6 [m/s]	0	0	0	33	33	33	6

Při pohledu na grafy a tabulku lze tvrdit, že platí to samé jako při pozorování pouze z hlediska studené fronty. Při přechodu studené střední fronty ze západu nejčastěji vane vítr rychlostí 2 m/s nebo 3 m/s a po výskytu fronty se rychlost větru zásadně nemění, kromě "bezvětří" při rychlosti větru do 1 m/s, kdy rychlost vzroste.

## Teplota ovzduší

V další části jsou stejným způsobem vytvořeny grafy a tabulky pro pozorování změny teploty ovzduší po přechodu fronty daného typu. Hodnoty měření teploty ovzduší byly pro možnost snadnějšího a přehlednějšího vykreslení rozděleny na intervaly s krokem 5 °C. Pouze krajní intervaly mají rozsah 15 °C, jelikož četnost dat pro tyto extrémní hodnoty byla nízká. Nad každým histogramem je uveden interval v jakém se nacházela hodnota teploty v čase příchodu fronty.



Obrázek 39: Změny teploty ovzduší v závislosti na přechodu studené fronty

Na obr. 39 můžeme pozorovat změny teploty v závislosti na přechodu studené fronty. Z histogramů je zřejmé, že k přechodu studené fronty dochází zejména při teplotách větších než 0 °C. Dále můžeme tvrdit, že teplota v následujících třech hodinách zůstane zpravidla ve stejném intervalu jako v čase příchodu fronty. Ovšem v případě, kdy byla teplota v čase přechodu fronty větší než 15 °C pozorujeme rovněž výrazné zastoupení výskytu nižších hodnot teploty, čili došlo ke snížení teploty. Toto snížení je ještě výraznější 2 a 3 hodiny po přechodu fronty.

Tabulka 15: Studená fronta

		t+1						Počet výskytů
		[-15;0)	[0;5)	[5;10)	[10;15)	[15;20)	[20;35)	
t	[-15;0)	80	20	0	0	0	0	15
	[0;5)	4	96	0	0	0	0	49
	[5;10)	0	17	79	4	0	0	48
	[10;15)	0	0	10	81	9	0	58
	[15;20)	0	0	0	16	80	4	45
	[20;35)	0	0	0	0	31	69	54

Procentuálně jsou tyto změny vyjádřeny v tabulce 15. Jednotlivé intervaly teplot pochopitelně vyjádřeny ve °C. Přestože byly zvoleny poměrně velké intervaly, pozorujeme nezanedbatelné hodnoty přechodů, a to zejména do nižších teplot. Jak již bylo zmíněno, nejvýraznější z nich je situace, kdy v čase přechodu fronty se teplota nacházela v intervalu [20; 35) °C a hodinu poté z 31% klesla do intervalu [15; 20) °C.

Stejně grafy byly vytvořeny i z hlediska teplé a okluzní fronty a jsou uvedeny příloze. V případě přechodu teplé fronty na obr. 55 dochází v následujících hodinách opět převážně k setrvání teploty ve stejném intervalu nebo dojde k jejímu zvýšení, a to zejména 3 hodiny po přechodu dané fronty. Co se týče změny teploty ovzduší na po přechodu okluzní fronty obr. 56, tak nejčastěji znovu zůstane ve stejném intervalu. Pouze při teplotě v čase přechodu větší než 20 °C pozorujeme poměrně významné snížení teploty podobně jako v případě studené fronty.

Dále je pozornost věnována situaci přechodu studené fronty střední intenzity ze západu. Příslušné histogramy jsou uvedeny v příloze na obr. 57, zde je uvedena pouze tabulka 16. obsahující procentuální vyjádření jednotlivých četností výskytu.

Tabulka 16: Studená fronta střední intenzity ze západu

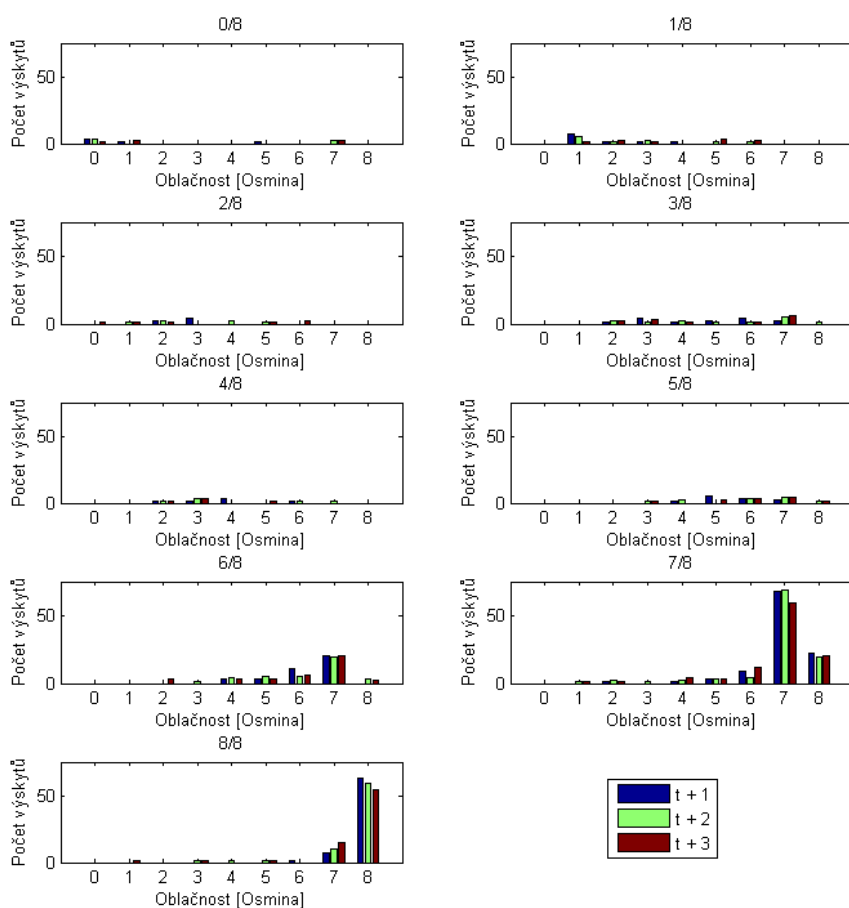
		t+1						Počet výskytů
		[-15;0)	[0;5)	[5;10)	[10;15)	[15;20)	[20;35)	
t	[-15;0)	100	0	0	0	0	0	2
	[0;5)	0	100	0	0	0	0	9
	[5;10)	0	13	88	0	0	0	16
	[10;15)	0	0	12	76	12	0	17
	[15;20)	0	0	0	7	93	0	14
	[20;35)	0	0	0	0	23	77	26

Při pohledu na tabulku a zmíněné grafy je zřejmé, že i přes menší počet výskytů platí to samé jako v případě přechodu studené fronty. Hodnoty teplot zpravidla zůstávají ve stejném intervalu. Pouze když v čase přechodu tohoto typu fronty byla teplota v intervalu [20;35) došlo k jejímu výraznějšímu snížení v následujících hodinách. Hodinu po přechodu fronty tomu tak bylo ve 31%, ve zbylých 77% výskytů teplota zůstala ve stejném intervalu.



## Oblačnost

Podobně jako v předchozí části je zde pozorována změna oblačnosti v čase zaznamenání přechodu studené fronty přes Prahu. Příslušné grafy je možno vidět na obr. 40. Nad každým histogramem je uveden stupeň pokrytí oblohy oblačností reprezentovaný ve formě osmin, který byl naměřen v čase přechodu fronty.



Obrázek 40: Výskyt oblačnosti v závislosti na přechodu studené fronty

Z histogramů je zřejmé, že v čase přechodu fronty, je podle očekávání zpravidla buď skoro zataženo (7/8) nebo zataženo (8/8). Malé hodnoty oblačnosti jsou zastoupeny pouze minimálně. V tabulce 17, která je analogická k tabulkám z hlediska rychlosti větru a teploty ovzduší, jsou tedy uvedeny hodnoty oblačnosti pouze 5/8 a více.

Tabulka 17: Výskyt oblačnosti v závislosti na přechodu studené fronty

		t+1				Počet výskytů
		5/8	6/8	7/8	8/8	
t	5/8	45	27	18	0	11
	6/8	8	30	54	0	37
	7/8	3	9	65	21	104
	8/8	0	1	10	89	71

Z tabulky a grafů lze usoudit, po přechodu studené fronty se ve většině případů stupeň oblačnosti nezmění. Z histogramů je zřejmé, že změna oblačnosti není pozorovatelná ani 3 hodiny po přechodu fronty. Grafy a tabulky byly vytvořeny i pro teplou a okluzní frontu. Grafy se nachází v příloze na obrázcích 58 a 59. Na jejich základě lze tvrdit, že uvedená analýza platí obecně pro všechny typy front.

Dále je zde ještě uvedena tabulka 18 obsahující výřez pouze nejčastějších případů pro přechod studené střední fronty ze západu. Rovněž byly pro tuto situaci vykresleny grafy, které se nachází v příloze na obr. 60.

Tabulka 18: Výskyt oblačnosti v závislosti na přechodu studené fronty střední intenzity ze západu

		t+1				Počet výskytů
		5/8	6/8	7/8	8/8	
t	5/8	50	50	0	0	4
	6/8	6	6	75	0	16
	7/8	9	0	63	26	35
	8/8	0	0	17	83	23

Při pohledu na grafy a tabulku lze tvrdit, že při přechodu studené fronty střední intenzity ze západu panuje nejčastěji velký stupeň oblačnosti, který se v následujících třech hodinách v podstatě nemění.

## Zhodnocení

Závěrem této kapitoly lze říci, že v následujících třech hodinách po přechodu fronty se počasí výrazně nemění a hodnota rychlosti větru, teploty ovzduší a oblačnosti zůstává ve většině případů na stejné hodnotě, resp. ve stejném intervalu hodnot. Na základě této informace tedy lze tvrdit, že v případě přechodu atmosférické fronty přes Prahu, není potřeba korigovat již stanovenou předpověď počasí z hlediska predikce výroby elektrické energie.

## 5 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo provést datovou analýzu dostupných meteorologických dat norské předpovědi počasí (YR), předpovědi počasí CHMI a měření počasí CHMI. V kapitole 4.2 jsou popsány různé pokusy o získání převodní křivky mezi reprezentací oblačnosti v osminách a předpovědí oblačnosti v procentech. Jelikož z dostupných dat nebylo možné převodní křivku vypočítat, byl pro možnost porovnání předpovědi a měření oblačnosti použit lineární převod z procent na osminy.

Kapitola 4.3 se týkala pozorováním vývoje chyby předpovědi s různým časovým odstupem vytvoření předpovědi od času, na který byla stanovena. Bylo zjištěno, že chyba předpovědi s časovým odstupem do 60 hodin (2,5 dne), je poměrně nízká, poté dojde k jejímu zvýšení. Dále lze tvrdit, že pro rychlost větru k nižším hodnotám chyb dochází z hlediska lokalit typu A, ovšem pro teplotu ovzduší a oblačnost z hlediska lokalit typu B.

V kapitole 4.5 bylo prokázáno, že k největším chybám předpovědi dochází především v horských oblastech jako je Milešovka, Sněžka, Šerák nebo Lysá hora. Dále bylo zjištěno, že chyba předpovědi nezávisí na ročním období a že ve většině případů převažuje chyba, kdy byla předpovězena nižší hodnota předpovědi daného typu, než byla posléze naměřena. Rovněž bylo vypočítáno, že i 3 dny stará předpověď není výrazně horší, než poslední možná předpověď.

Další kapitola 4.6 pojednává o přechodu atmosférických front přes Prahu a bylo zjištěno, že všechny typy front nejčastěji přicházejí ze západu a severozápadu zejména v ranních a odpoledních hodinách. Přecházející fronta je nejčastěji studená a má střední intenzitu. Dále lze tvrdit, že roční období nemá zásadní vliv na četnost přechodu front, pouze zimní období mírně převažuje. Po přechodu teplé fronty z 91,4% nastává přechod studené fronty. Po přechodu okluzní fronty z 44,9% nastává opět okluzní.

Poslední kapitola 4.7 se týkala vzájemné závislosti jednotlivých údajů front a jejich vztahu k předpovědi a naměřenému počasí. Lze tvrdit, že intenzita fronty závisí na typu fronty a naopak a stupeň pokrytí oblohy oblačností závisí rovněž na intenzitě přecházející fronty. Dále bylo prokázáno, že v následujících třech hodinách po přechodu fronty se stav počasí výrazně nemění a hodnota rychlosti větru, teploty ovzduší a oblačnosti zůstává ve většině případů na stejné úrovni. Lze tedy tvrdit, že v případě přechodu atmosférické fronty přes Prahu, není potřeba korigovat již stanovenou předpověď, kdy predikce výroby elektrické energie je založena na předpovědi počasí.

V rámci této práce bylo dosaženo několika poměrně ne zcela očekávaných zjištění. Prvním z nich byla nemožnost nalezení převodní křivky mezi reprezentací předpovědi oblačnosti v procentech a reprezentací měření oblačnosti v osminách. Dále zjištění, že i předpověď počasí YR s časovým odstupem 60 hodin byla srovnatelně přesná s nejbližší možnou předpovědí. Poměrně překvapivé bylo rovněž zjištění, že v případě teploty ovzduší a oblačnosti nastaly menší hodnoty chyb předpovědi pro lokality

typu B, než pro lokality typu A. Neočekávaná skutečnost z hlediska přechodu front byl fakt, že v hodinách následujících po zaznamenání přechodu fronty se hodnoty počasí výrazně nemění.

## 6 Literatura

### Reference

- [1] J. Reif, Z. Kobeda, *Úvod do pravděpodobnosti a spolehlivosti*, FAV ZČU, Plzeň, 2006
- [2] L. Cyhelský, E. Souček, *Základy statistiky*, VŠFS, Plzeň, 2009
- [3] J. Anděl, *Základy matematické statistiky*, MATFYZPRESS UK, Praha, 2005
- [4] J. Kopáček, J. Bednář, *Jak vzniká počasí*, UK v Praze, Nakladatelství Karolinum, 2005
- [5] Internetové stránky společnosti ČHMÚ, Dostupných z WWW:  
<http://portal.chmi.cz>
- [6] Internetové stránky společnosti Meteocentrum, Dostupných z WWW:  
<http://www.meteocentrum.cz/encyklopedie/atmosfericke-fronty.php>

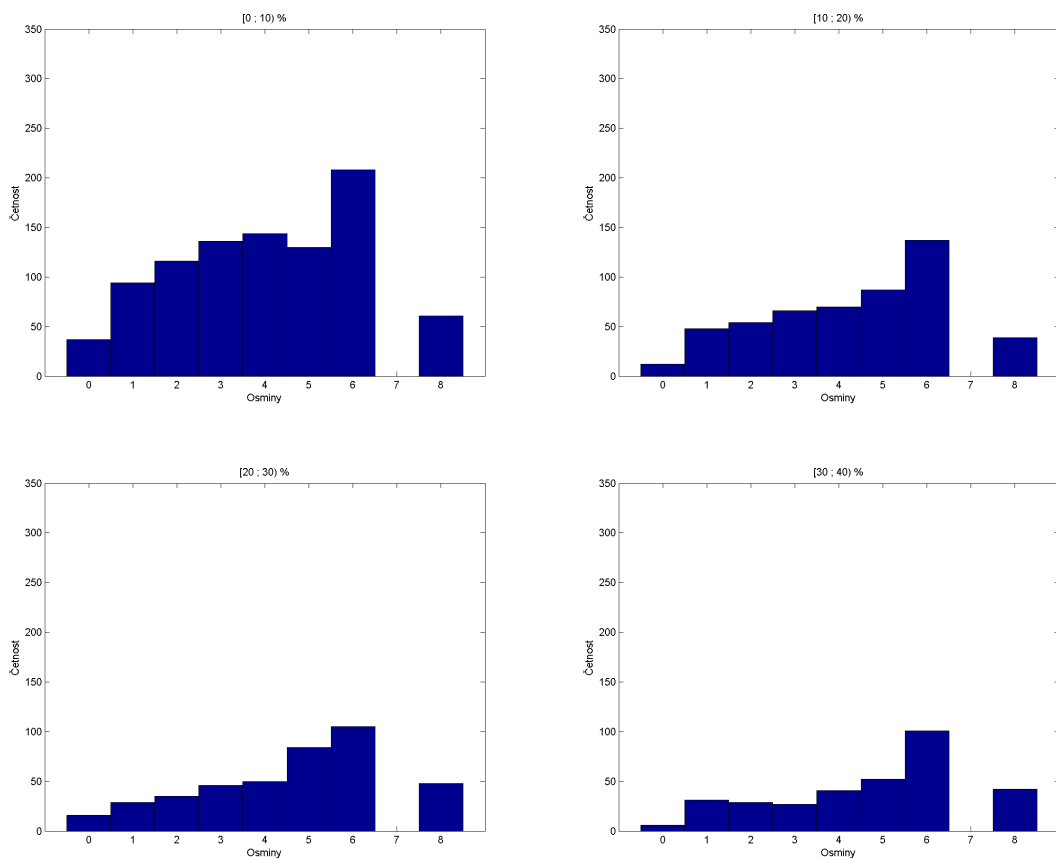
## 7 Příloha

### 7.1 Seznam lokalit s příslušným krajem

1. Cheb - Karlovarský
2. Karlovy Vary - Karlovarský
3. Přimda - Plzeňský
4. Tušimice - Ústecký
5. Plzeň-Mikula - Plzeňský
6. Churáňov - Jihočeský
7. Milešovka - Ústecký
8. Kocelovice - Jihočeský
9. Ústí nad Labem - Ústecký
10. Doksany - Ústecký
11. Kopisty - Ústecký
12. Praha-Ruzyně - Praha
13. Praha-Karlov - Praha
14. Praha-Libuš - Praha
15. Praha-Kbely - Praha
16. Temelín - Jihočeský
17. České Budějovice - Jihočeský
18. Liberec - Liberecký
19. Čáslav - Středočeský
20. Košetice - Vysočina
21. Kostelní Myslová - Vysočina
22. Pec pod Sněžkou - Královehradecký
23. Pardubice - Pardubický
24. Sněžka - Královehradecký
25. Přibyslav - Vysočina
26. Polom - Královehradecký
27. Ústí nad Orlicí - Pardubický
28. Svratouch - Pardubický
29. Náměšť nad oslavou - Vysočina
30. Dukovany - Vysočina
31. Kuchařovice - Jihomoravský
32. Luká - Olomoucký
33. Brno-Tuřany - Jihomoravský
34. Šerák - Olomoucký
35. Přerov - Olomoucký
36. Červená u Libavé - Olomoucký
37. Holešov - Zlínský
38. Ostrava-Mošnov - Moravskoslezský
39. Lysá hora - Moravskoslezský

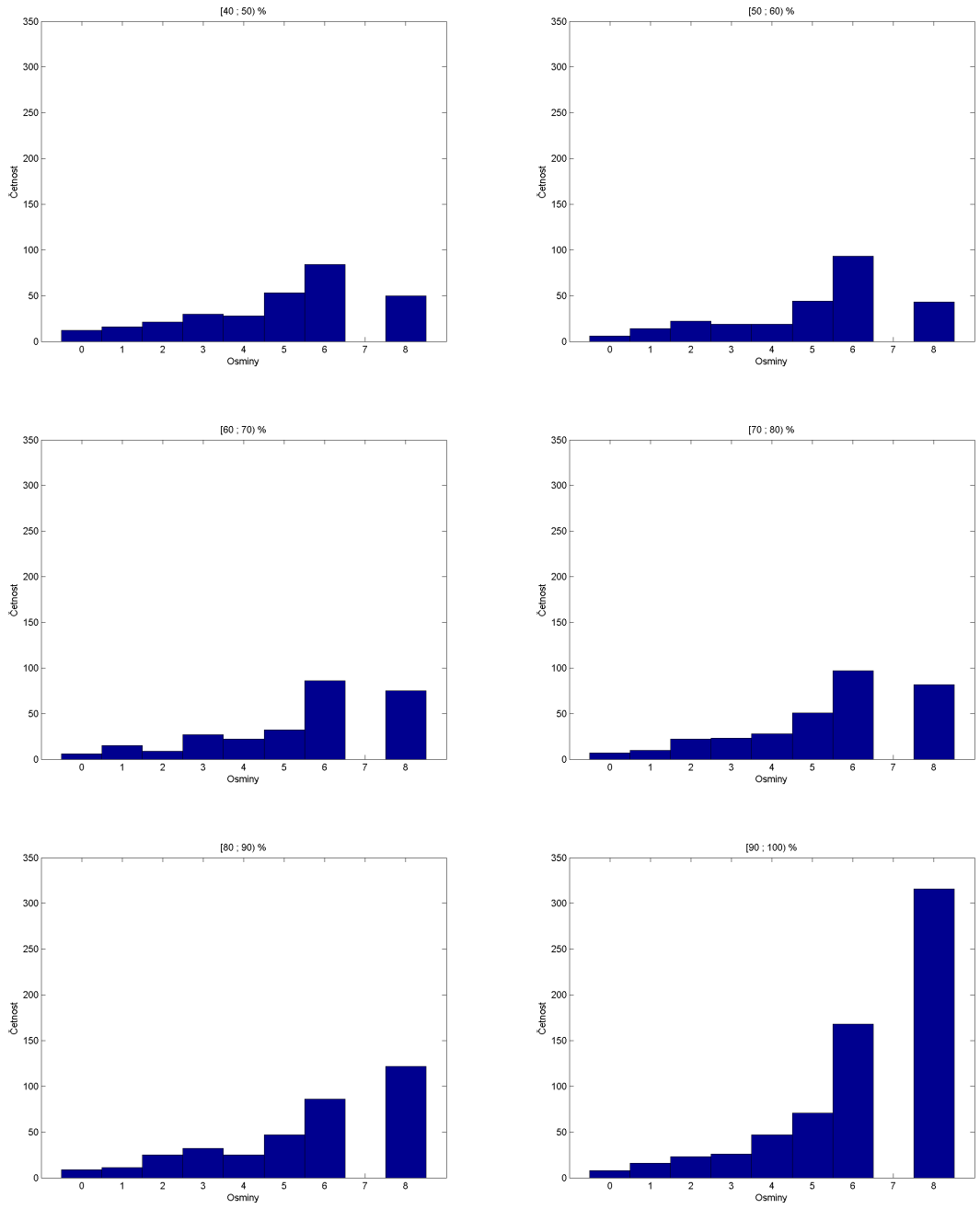


## 7.2 Převodní křivka

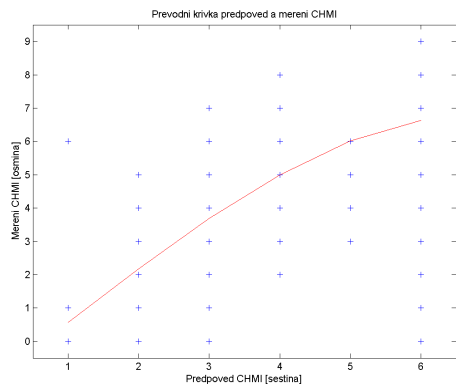


Obrázek 42: Četnost výskytu hodnot měření oblačnosti pro daný rozsah předpovědi oblačnosti (1)

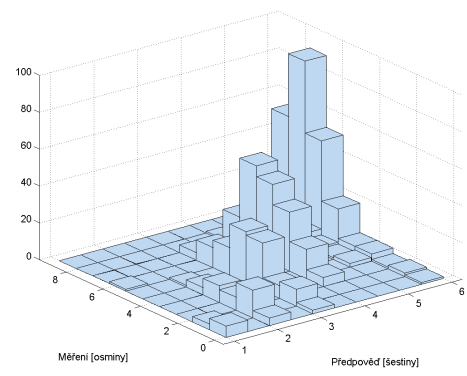




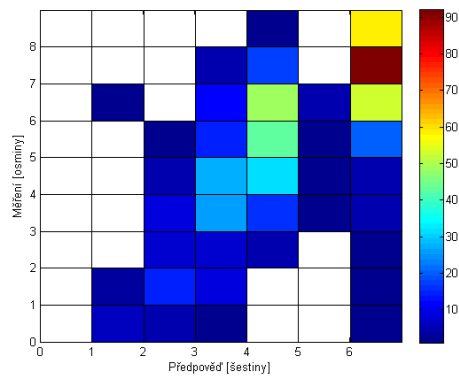
Obrázek 43: Četnost výskytu hodnot měření oblačnosti pro daný rozsah předpovědi oblačnosti (2)



(a)

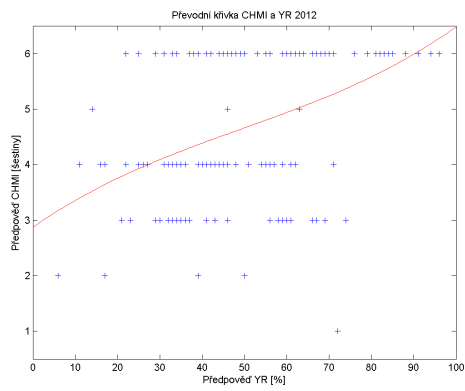


(b)

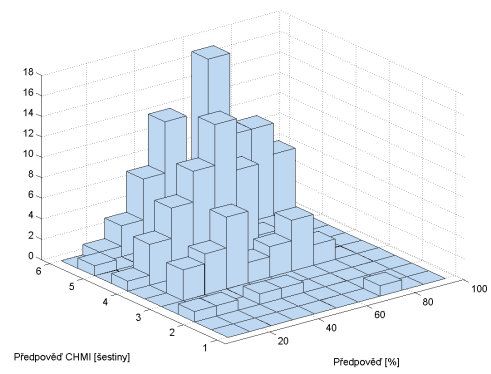


(c)

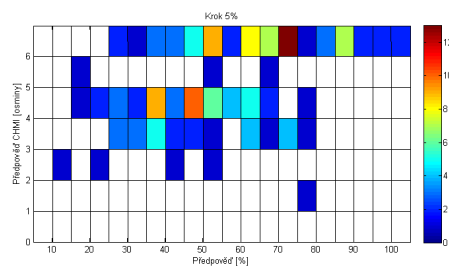
Obrázek 44: Převodní křivka měření CHMI - horní mez předpovědi CHMI



(a)



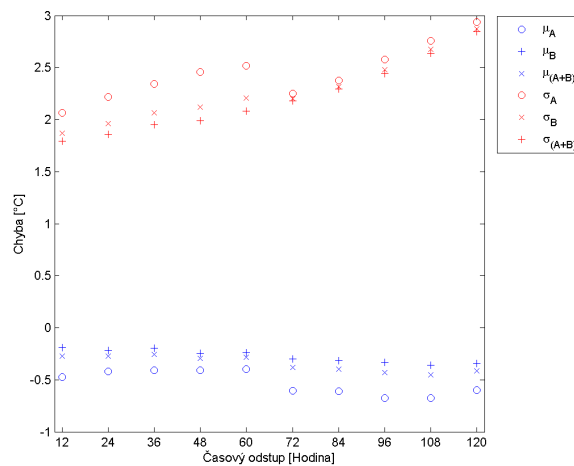
(b)



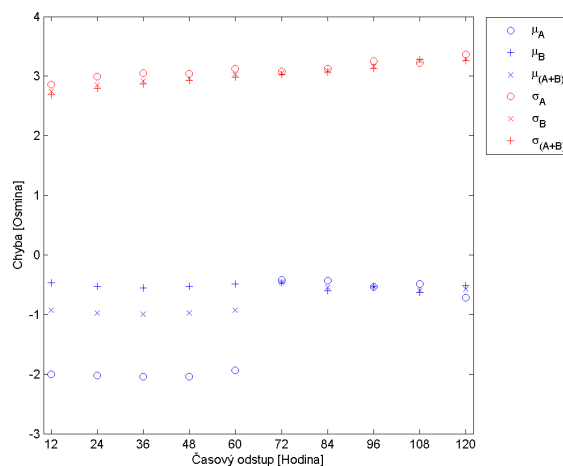
(c)

Obrázek 45: Převodní křivka pro horní mez předpovědi CHMI

### 7.3 Vývoj chyby předpovědí

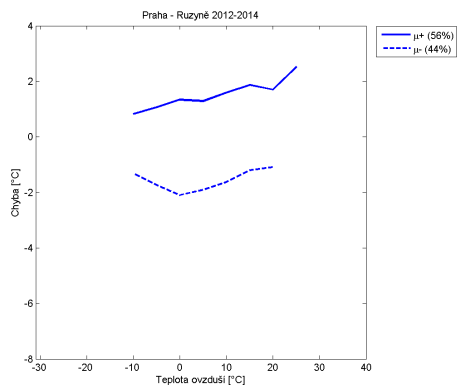


Obrázek 46: Přesnost posledních předpovědí na hodiny 1:00 a 13:00 z hlediska teploty ovzduší

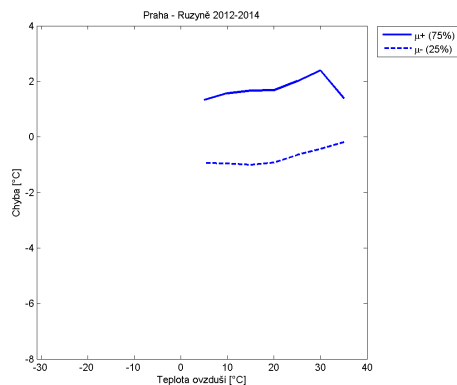


Obrázek 47: Přesnost posledních předpovědí na hodiny 1:00 a 13:00 z hlediska oblačnosti

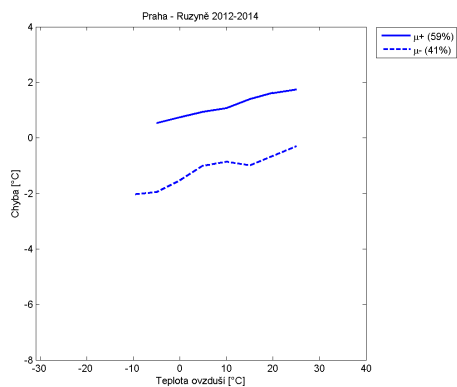
## 7.4 Závislost chyby předpovědi na hodnotě předpovědi



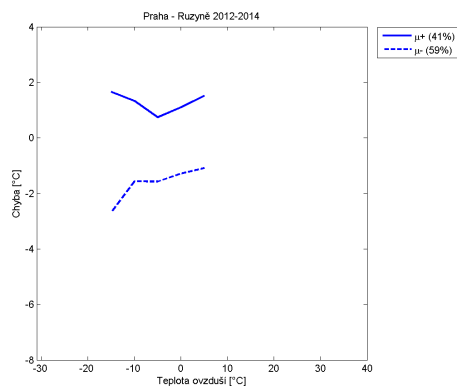
(a) Jaro



(b) Léto

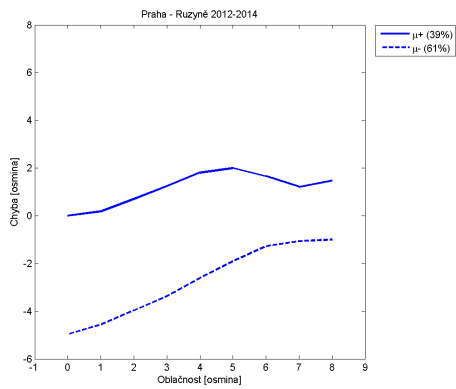


(c) Podzim

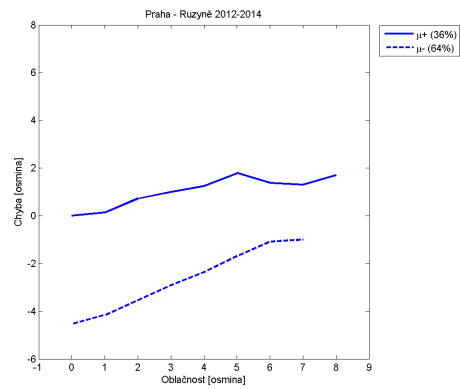


(d) Zima

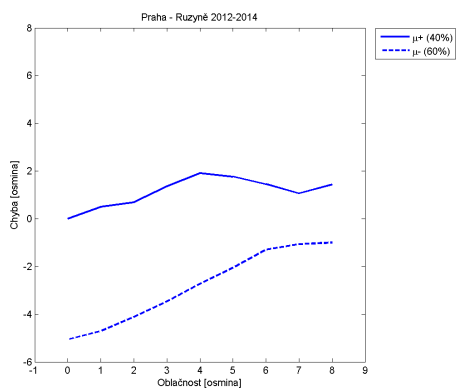
Obrázek 48: Chyba předpovědi teploty ovzduší v závislosti na hodnotě předpovědi pro roční období (oddělen kladný a záporný rozdíl)



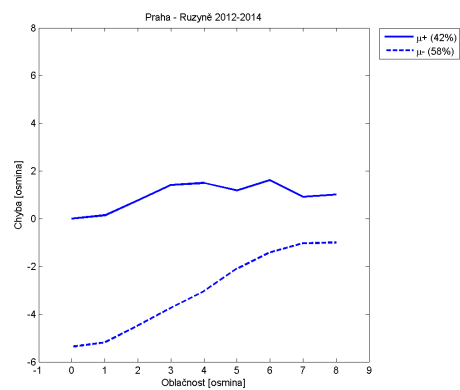
(a) Jaro



(b) Léto



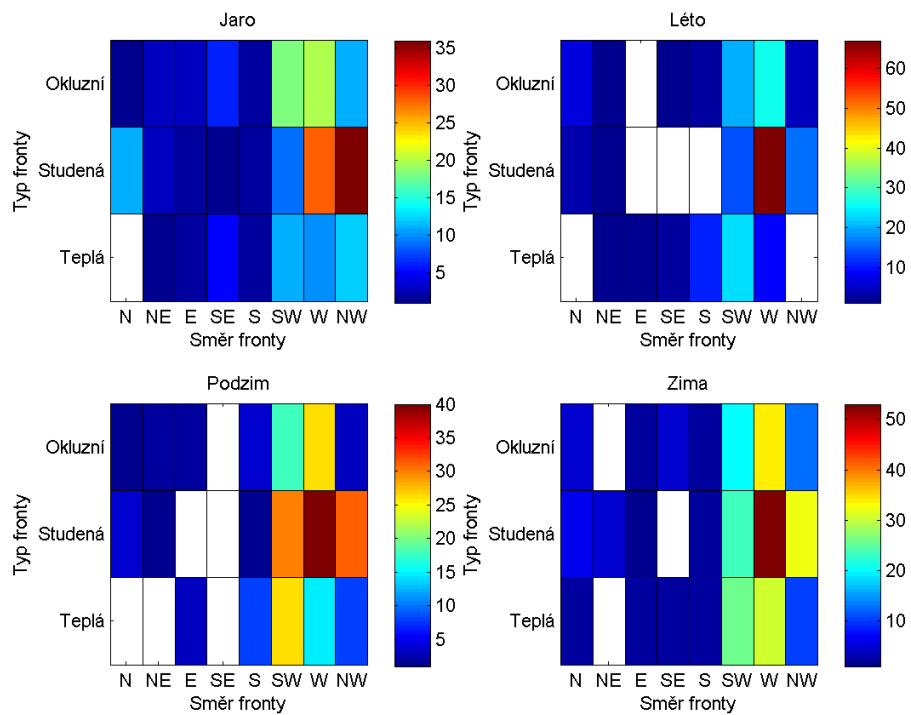
(c) Podzim



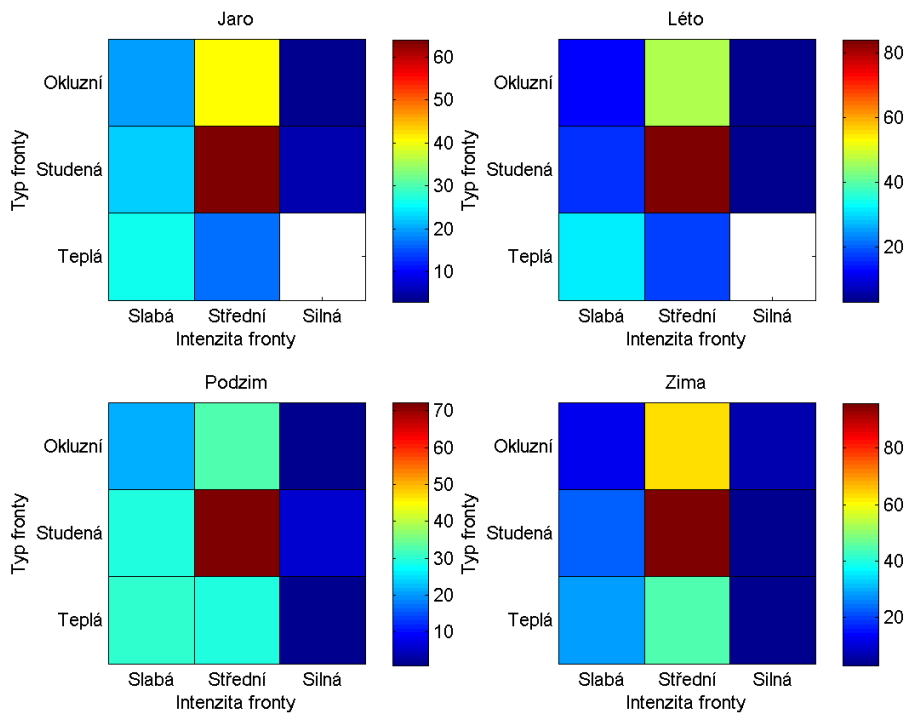
(d) Zima

Obrázek 49: Chyba předpovědi oblačnosti v závislosti na hodnotě oblačnosti pro roční období (oddělen kladný a záporný rozdíl)

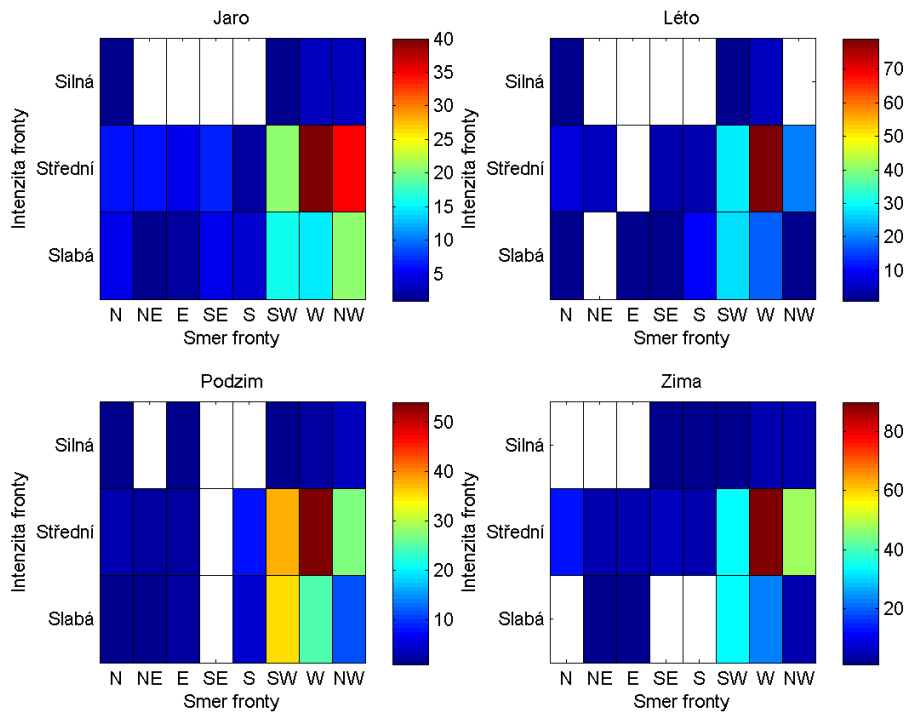
## 7.5 Přechod atmosférických front



Obrázek 50: Směr - Typ



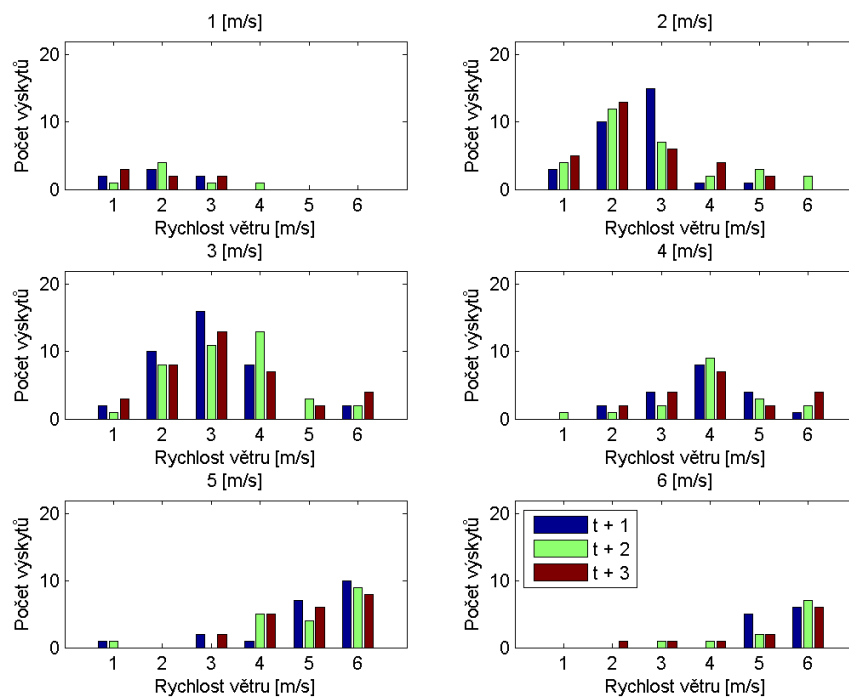
Obrázek 51: Intenzita - Typ



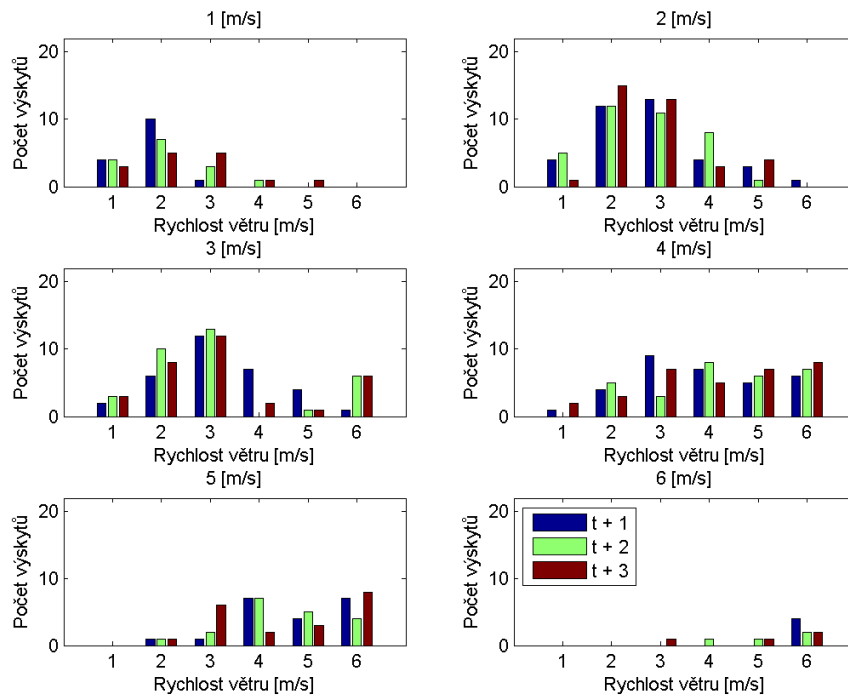
Obrázek 52: Intenzita - Směr



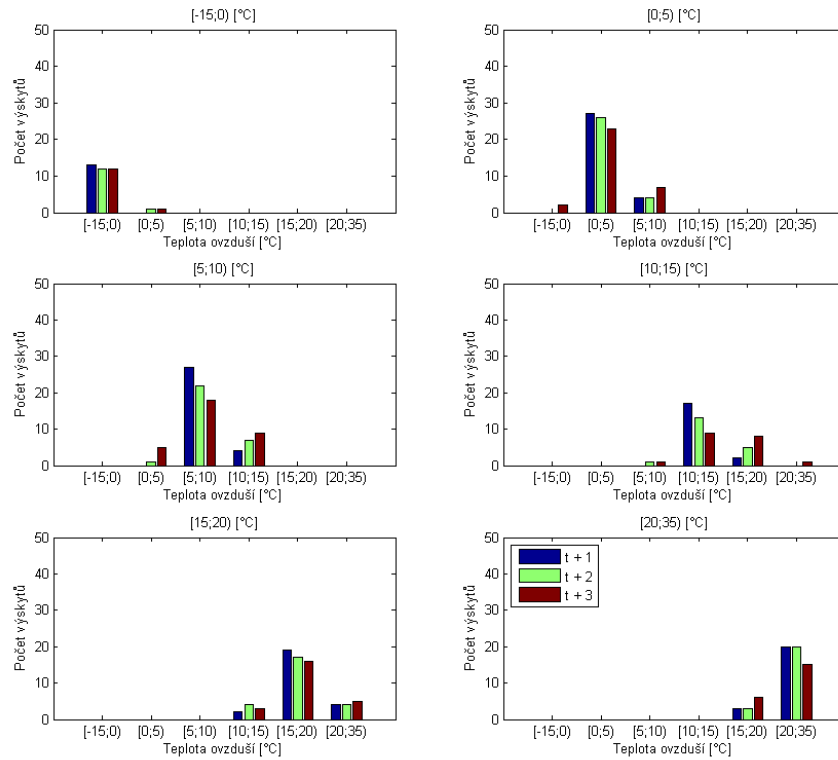
## 7.6 Vzájemná závislost jednotlivých údajů front a jejich vztah k naměřenému počasí



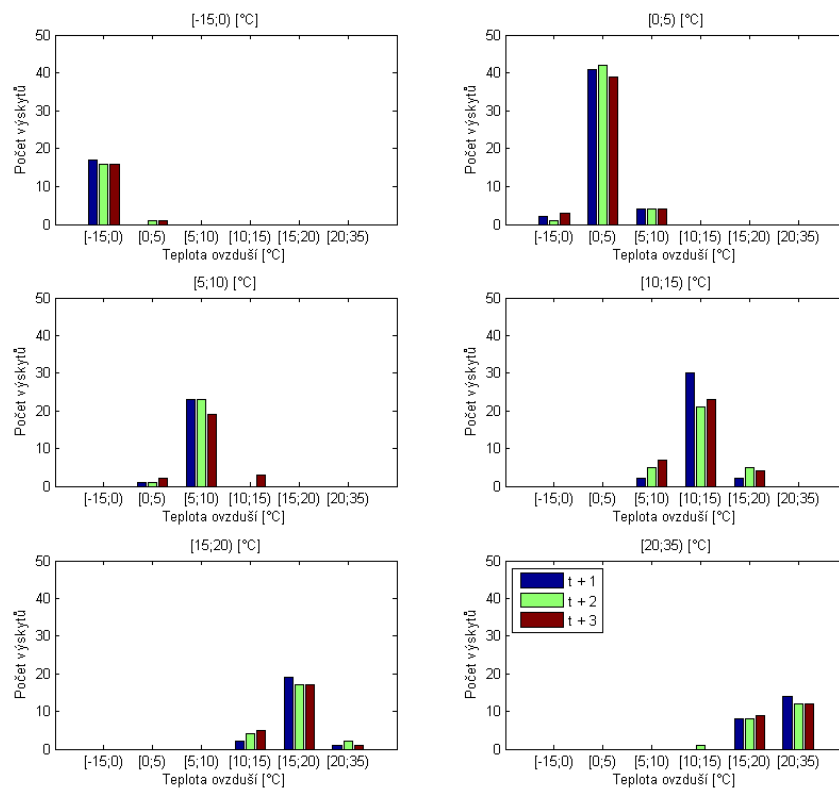
Obrázek 53: Změna rychlosti větru v závislosti na přechodu teplé fronty



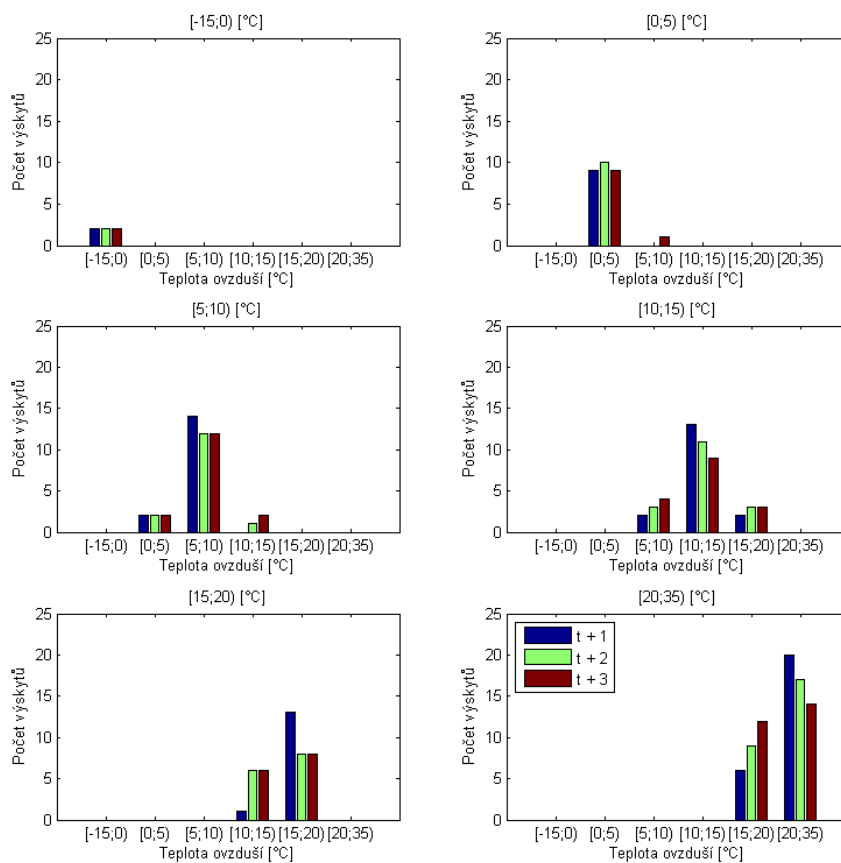
Obrázek 54: Změna rychlosti větru v závislosti na přechodu okluzní fronty



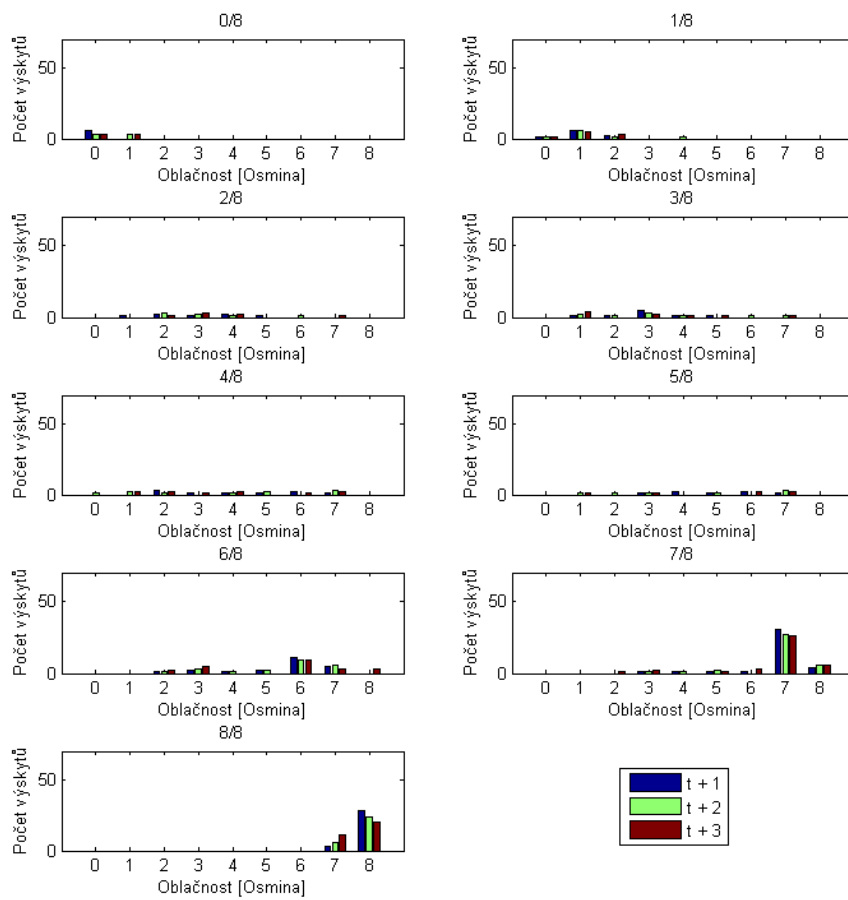
Obrázek 55: Změny teploty ovzduší v závislosti na přechodu teplé fronty



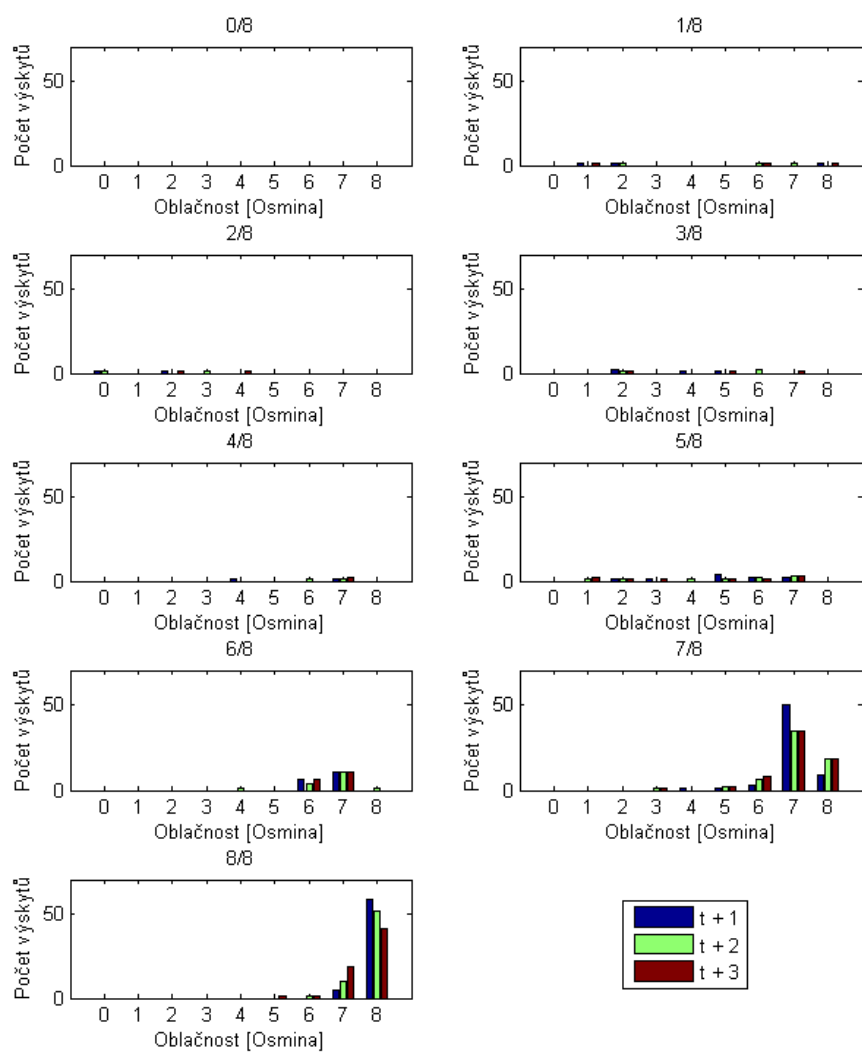
Obrázek 56: Změny teploty ovzduší v závislosti na přechodu okluzní fronty



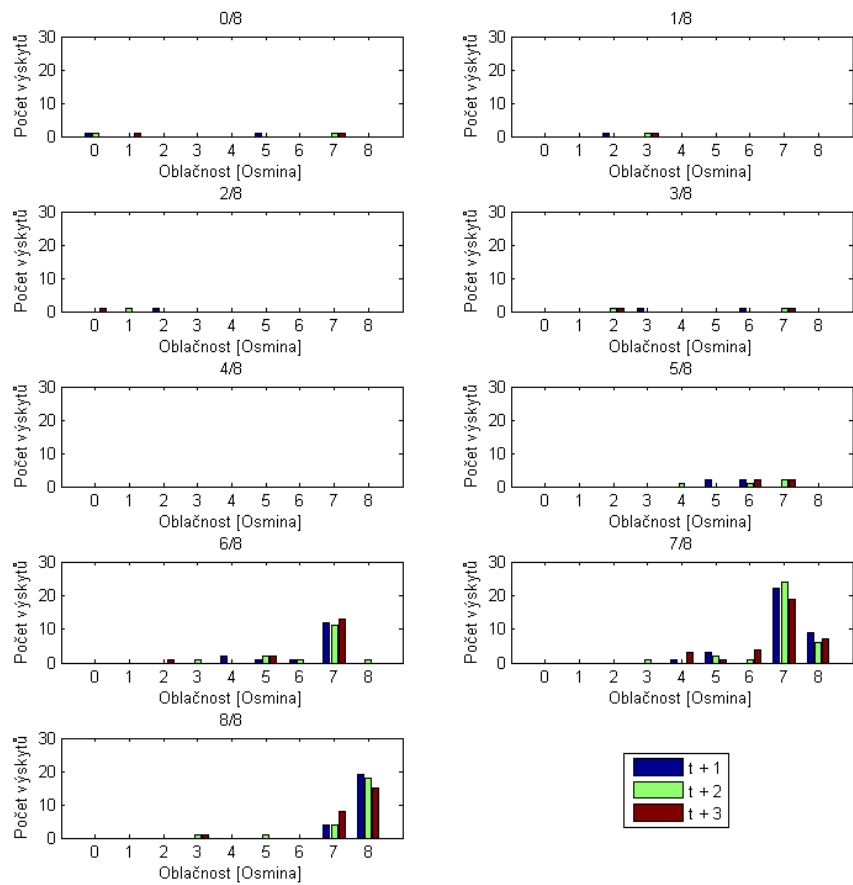
Obrázek 57: Změny teploty ovzduší v závislosti na přechodu studené fronty střední intenzity ze západu



Obrázek 58: Změny oblačnosti v závislosti na přechodu teplé fronty



Obrázek 59: Změny oblačnosti v závislosti na přechodu okluzní fronty



Obrázek 60: Změny oblačnosti v závislosti na přechodu studené fronty střední intenzity ze západu