

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY KARLOVY  
katedra fyzické geografie a geoekologie



**VLIV POČASÍ NA DOPRAVNÍ NEHODY NA  
SILNICÍCH ČR**  
(Diplomová práce)

**THE INFLUENCE OF WEATHER ON ROAD  
ACCIDENTS IN CZECH REPUBLIC**  
(Diploma thesis)

Bc. Jan Slezák

Vedoucí práce: RNDr. Ivan Sládek, CSc.

PRAHA 2012

## Zadání diplomové práce

### **Téma: VLIV POČASÍ NA DOPRAVNÍ NEHODY NA SILNICÍCH ČR**

**Cíle:** Zjistit, které meteorologické faktory mají významný vliv na závažné nehody v silniční dopravě na území ČR. Pokud možno navrhnout opatření ke snížení počtu nehod ovlivněných počasím.

**Metody, území, vstupní data:** Práce bude vycházet z dat o nehodách, poskytnutých útvarem dopravních nehod prezidia Policie ČR. Vedoucím útvaru je Ing. plk. Josef Tesařík, který o tuto diplomovou práci projevil zájem a vyjádřil ochotu ke spolupráci s námi. Kromě toho budou využita data ze staniční sítě ČHMÚ. Území – pravděpodobně ČR. Pokud by s ohledem na rozsah vstupních údajů bylo zpracování dat z celé ČR neuvěřitelné, lze zpracovat jen data z části ČR. Bude rozumné omezit se na nehody, které byly příčinou úmrtí – mj. proto, že u nich lze očekávat pečlivou dokumentaci. V úvahu připadá také omezení na nehody profesionálních řidičů, protože u těch lze předpokládat relativně malý vliv chyb řidiče a tím výraznější vliv vnějších faktorů – včetně počasí.

První krok: Analýza časového režimu nehod (roční, týdenní, eventuálně i denní chod) – pokud možno ve vztahu k časovému režimu intenzity silniční dopravy.

Dále bude statistickými metodami studován zejména vztah mezi výskytem nehod a povětrnostními faktory ovlivňujícími vlastnosti vozovky, případně ovlivňujícími reakční schopnost řidiče.

Podarí-li se dostatečně přesně definovat „nebezpečné“ povětrnostní podmínky, mohla by práce vyústit ve vymezení části roku, kdy se tyto podmínky nejčastěji vyskytují – a to v typech území, kde je převážná část silniční sítě.

Jde o výzkumnou práci, pro niž nejsou hotové vzory. Práce vyžaduje tvůrčí přístup. Její výsledky mohou přispět k bezpečnosti silničního provozu. Práce může vyvolat zájem zainteresovaných odborníků i široké veřejnosti.

Datum zadání: 11. 11. 2009

Podpis studenta:  
(Bc. Jan Slezák)

Podpis vedoucího práce:  
(RNDr. Ivan Sládek, CSc.)

Podpis vedoucího katedry:  
(doc. RNDr. Vít Vilímek, CSc.)

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně a že jsem všechny použité prameny řádně citoval.

Jsem si vědom toho, že případné použití výsledků, získaných v této práci, mimo Univerzitu Karlovu v Praze je možné pouze po písemném souhlasu této univerzity.

Svoluji k zapůjčení této práce pro studijní účely a souhlasím s tím, aby byla řádně vedena v evidenci vypůjčovatelů.

Ve Zlíně dne 3. 6. 2012

.....  
podpis

## **Poděkování**

Rád bych upřímně poděkoval svému vedoucímu diplomové práce panu RNDr. Ivanu Sládkovi, CSc., za odborné vedení, rady a připomínky, trpělivost a vstřícný přístup při konzultacích. Zvláštní poděkování patří pplk. Petru Sobotkovi za poskytnutí cenných informací a dat ze statistiky dopravních nehod. V neposlední řadě tímto děkuji rodině za podporu v průběhu celého studia.



# Abstrakt

Diplomová práce se zabývá vlivem počasí na dopravní nehody na silnicích České republiky v období let 2007–2009. Po úvodu je čtenář obeznámen s původem získaných dat a metodou jejich zpracování. Nedílnou součástí rešeršní části je přehledný vývoj nehodovosti na pozemních komunikacích v ČR od roku 1993 do současnosti. Následující kapitola se věnuje tématu vlivu počasí na bezpečnost silničního provozu, zpracovaného převážně z odborných zahraničních studií. Seznamuje čtenáře s meteorologickými faktory, mírou vlivu počasí a opatřeními zvyšujícími bezpečnost na pozemních komunikacích.

Hlavní část práce pojednává o vlivu počasí na dopravní nehody na silnicích ČR. Část kapitoly se zabývá vyjádřením poměru počtu dopravních nehod k intenzitě dopravy v měsíčním a denním chodu. Druhá část je hloubkovou analýzou se zaměřením na dny se 4 a více smrtelnými dopravními nehodami, které se staly důležitým předmětem zájmu pro následující podkapitoly. Podkapitoly se zabývají vyhodnocením stavu povrchu vozovky a povětrnostních podmínek podle dat Policie ČR a vztahem mezi meteorologickými prvky (zdrojem dat ČHMÚ) a četností dopravních nehod. Poslední částí je zavedení nového termínu „nehodový den“ a podrobná analýza jeho výskytu. Závěrečná kapitola se zabývá návrhem opatření ke snížení nehodovosti ovlivněné počasím, spočívající ve včasné předpovědi a varování na výskyt nehodového dne.

*Klíčová slova: vliv počasí – silniční meteorologie – dopravní nehoda – pozemní komunikace*

# Abstract

Diploma thesis deals with influence of weather on traffic accidents on the roads in the Czech Republic in 2007–2009. After an introduction the reader is familiar with the origin of the acquired data and their processing methodology. An integral part of the search is a clear development of accidents on roads in the Czech Republic from 1993 to present. The following chapter is devoted to the topic of weather influence on road safety, prepared mainly from scientific foreign studies. It acquaints readers with the meteorological factors, the level of the weather influence and measures that increase road safety.

The main part deals with the influence of weather on road accidents in Czech Republic. Part of the chapter deals with the expression of the number ratio of accidents to traffic volume in the monthly and daily operation. The second part is an in-depth analysis focused on days 4 and more deadly traffic accidents that have become a key concern for the following subsections. Subsections deal with evaluating the status of the road surface and weather conditions, according to Police Czech Republic data and the relationship between meteorological elements (data source CHMI) and frequency of traffic accidents. The last part is the introduction of a new term "Accident Day" and a detailed analysis of its occurrence. The final chapter deals with measures to reduce accidents influenced by weather, consisting of timely forecasts and warnings on the occurrence nehodového day.

*Key words: weather influence – road meteorology – accident – road*

# Obsah

<b>Přehled použitých zkratk</b> .....	<b>8</b>
<b>Seznam tabulek a grafů</b> .....	<b>10</b>
<b>1. Úvod</b> .....	<b>13</b>
<b>2. Použité údaje</b> .....	<b>14</b>
2.1 Evidence dopravních nehod Policie ČR.....	14
2.2 Meteorologická data a měřené prvky .....	14
<b>3. Vývoj nehodovosti na pozemních komunikacích v ČR</b> .....	<b>16</b>
<b>4. Vliv počasí na bezpečnost silničního provozu</b> .....	<b>21</b>
4.1 Meteorologické faktory ovlivňující bezpečnost silničního provozu .....	21
4.2 Míra vlivu počasí na bezpečnost silničního provozu .....	24
4.3 Opatření zvyšující bezpečnost silničního provozu.....	25
<b>5. Vliv počasí na dopravní nehody na silnicích ČR</b> .....	<b>27</b>
5.1 Vyjádření počtu dopravních nehod v poměru k intenzitě dopravy podle měsíčních údajů .....	27
5.2 Vyjádření počtu dopravních nehod v poměru k intenzitě dopravy podle denních údajů .....	32
5.3 Analýza dnů se 4 a více smrtelnými dopravními nehodami osobních vozidel na pozemních komunikacích ČR .....	36
5.3.1 Stav povrchu vozovky a povětrnostní podmínky se zaměřením na dny se 4 a více smrtelnými dopravními nehodami .....	39
5.3.2 Vztah mezi meteorologickými prvky a dny se zaměřením na 4 a více smrtelné dopravní nehody .....	42
<b>6. Nehodový den</b> .....	<b>60</b>
<b>7. Diskuze</b> .....	<b>66</b>
<b>8. Závěr</b> .....	<b>68</b>
<b>Seznam zdrojů informací</b> .....	<b>69</b>
<b>Seznam příloh</b> .....	<b>73</b>

## Přehled použitých zkratk

AMS	automatizovaná klimatologická stanice s profesionální obsluhou
AKS	automatizovaná klimatologická stanice s dobrovolnou obsluhou
BS	bodový systém
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČR	Česká republika
DP	diplomová práce
MKS	manuální klimatologická stanice
MSD	střední kvadratická odchylka
O	okluzní fronta
S	studená fronta
T	teplá fronta
TP 189	technické podmínky 189 „Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích“
UTC	koordinovaný světový čas ( <i>Coordinated Universal Time</i> )
$I_d$	průměrná denní intenzita dopravy na silnicích I. tříd
$I_m$	průměrná měsíční intenzita dopravy na silnicích I. tříd
$I_p$	průměrná intenzita dopravy na silnicích I. tříd
$k_{d,t}$	přepočtový koeficient podle denních údajů
$k_{m,p}$	přepočtový koeficient podle měsíčních údajů
$s$	směrodatná odchylka
$s^2$	rozptyl
$s_p^2$	sdružený výběrový rozptyl
$T_d$	průměrná denní teplota vzduchu
$T_{MAX}$	nejvyšší denní teplota vzduchu
$T_{MIN}$	nejnižší denní teplota vzduchu
$T_{pMIN}$	přízemní denní minimální teplota vzduchu
$T_{ros}$	teplota rosného bodu určená teplotním a vlhkostním čidlem
$T_{voz}$	teplota povrchu změřená silničním senzorem zapuštěným do tělesa vozovky
$v_m$	roční variace intenzit dopravy pro osobní vozidla na silnicích I. tříd

$v_{tE}$	týdenní variace intenzit dopravy pro osobní vozidla na silnicích I. tříd se statutem mezinárodní silnice
$v_{tI}$	týdenní variace intenzit dopravy pro osobní vozidla na silnicích I. tříd bez statutu mezinárodní silnice
$\mu_i$	střední hodnota
$\overline{X}_i$	průměr hodnot
$\overline{X}_D$	průměrný denní počet dopravních nehod na pozemních komunikacích ČR v letech 2007–2009 (zaokrouhлено na celé číslo)
$\overline{X}_R$	průměrný počet smrtelných dopravních nehod za období 2007–2009

# Seznam tabulek a grafů

Graf 1: Vývoj počtu registrovaných osobních vozidel v ČR v letech 1988–2011.....	17
Graf 2: Vývoj počtů usmrcených na pozemních komunikacích v ČR (1993–2011) .....	19
Graf 3: Měsíční porovnání počtu smrtelných dopravních nehod na všech pozemních komunikacích ČR v letech 2007–2009 .....	20
Graf 4: Grafické znázornění poměru počtu dopravních nehod k průměrné měsíční intenzitě dopravy na silnicích I. tříd v roce 2007.....	28
Graf 5: Grafické znázornění poměru počtu dopravních nehod k průměrné měsíční intenzitě dopravy na silnicích I. tříd v roce 2008.....	29
Graf 6: Grafické znázornění poměru počtu dopravních nehod k průměrné měsíční intenzitě dopravy na silnicích I. tříd v roce 2009.....	29
Graf 7: Grafické znázornění poměru měsíční průměrné hodnoty dopravních nehod k průměrné intenzitě dopravy na silnicích I. tříd ve sledovaném období let 2007–2009.....	31
Graf 8: Grafické znázornění poměru denního počtu dopravních nehod k průměrné denní intenzitě dopravy na silnicích I. tříd v letech 2007–2009 .....	34
Graf 9: Porovnání dvojice hodnot poměru denního počtu dopravních nehod k průměrné denní intenzitě dopravy na silnicích I. tříd v letech 2007–2009 .....	34
Graf 10: Kumulované odchylky poměru denního počtu smrtelných dopravních nehod od průměru na silnicích I. tříd se statutem mezinárodní silnice pro průměrný rok.....	35
Graf 11: Četnost dnů s 0, 1, 2 a více smrtelnými dopravními nehodami osobních vozidel na pozemních komunikacích ČR v letech 2007–2009.....	36
Graf 12: Přehled dnů s četností 4 a více smrtelných dopravních nehod v období 2007–2009 .	38
Graf 13: Roční variace intenzit dopravy pro osobní vozidla a motocykly, dle TP 189 (100 % = intenzita dopravy v průměrném měsíci).....	39
Graf 14: Vyjádření závislosti relativní četnosti dnů podle počtu nehod na teplotních intervalech na území ČR v letech 2007–2009.....	44
Graf 15: Závislost počtu dopravních nehod [%] a průměrného denního počtu nehod na teplotních intervalech na území ČR v letech 2007, 2008 a 2009.....	44
Graf 16: Vyjádření závislosti relativní četnosti dnů podle počtu nehod na srážkových intervalech na území ČR v letech 2007–2009.....	46
Graf 17: Závislost počtu dopravních nehod [%] a průměrného denního počtu nehod na srážkových intervalech na území ČR v letech 2007, 2008 a 2009.....	47

Graf 18: Počet dopravních nehod připadajících na 1 den dané kategorie výskytu bouřek v letech 2007, 2008 a 2009.....	51
Graf 19: Počet dopravních nehod připadajících na 1 den dané kategorie výskytu mlh v letech 2007, 2008 a 2009.....	52
Graf 20: Rozložení dnů se 4 a více smrtelnými dopravními nehodami a počtu stanic s naměřenými srážkami na pozemních komunikacích ČR v letech 2007–2009.....	63
Tab. 1: Základní fakta ze statistiky dopravních nehod za dobu existence samostatné České republiky (1993–2011).....	18
Tab. 2: Přehled průměrných měsíčních intenzit dopravy a počtu dopravních nehod na silnicích I. tříd v letech 2007–2009.....	28
Tab. 3: Hodnoty přepočtového koeficientu ( $k_{d,t}$ ) a týdenních variací intenzit dopravy pro osobní vozidla na silnicích I. tříd se statutem ( $v_{t,E}$ ) a bez statutu ( $v_{t,I}$ ) mezinárodní silnice .....	32
Tab. 4: Smrtelné dopravní nehody šetřené na pozemních komunikacích ve dnech s výskytem 4 a více nehod .....	37
Tab. 5: Stav povrchu vozovky a povětrnostní podmínky v době dopravní nehody ve dnech s četností 4 a více nehod.....	40
Tab. 6: Stav povrchu vozovky a povětrnostní podmínky v době nehody evidované Policií ČR .....	41
Tab. 7: Relativní četnosti dnů se smrtelnými dopravními nehodami podle teplotních intervalů na území ČR v letech 2007–2009 .....	43
Tab. 8: Relativní četnosti dnů se smrtelnými dopravními nehodami podle srážkových intervalů na území ČR v letech 2007–2009 .....	45
Tab. 9: Srážkové periody ve srovnání se všemi srážkami a srážkovými dny v České republice roku 2007–2009.....	48
Tab. 10: Analýza dvou nezávislých výběrů .....	48
Tab. 11: Členění kategorií bouřek/mlh podle plošného výskytu .....	50
Tab. 12: Relativní četnost dnů se smrtelnými dopravními nehodami podle kategorií bouřek na území ČR v letech 2007–2009 .....	50
Tab. 13: Relativní četnost dopravních nehod a absolutní četnost dnů s výskytem bouřek v ČR na základě počtu stanic s bouřkou za příslušné 24 hodinové období v měsíci (IV–IX) v letech 2007, 2008 a 2009 .....	51

Tab. 14: Počet dopravních nehod a plošný výskyt mlh v ČR na základě počtu stanic s mlhou za příslušné 24 hodinové období v měsíci (X–III) v letech 2007–2009.....	52
Tab. 15: Vliv četnosti atmosférických front na počet dopravních nehod při průchodu přes stanici Praha-Ruzyně v letech 2007–2009 .....	54
Tab. 16: Vliv četnosti atmosférických front na počet dopravních nehod při průchodu přes stanici Brno-Tuřany v letech 2007–2009 .....	54
Tab. 17: Vliv druhu atmosférické fronty na počet dopravních nehod při průchodu jedné fronty přes stanici Praha-Ruzyně v letech 2007–2009.....	54
Tab. 18: Vliv druhu atmosférické fronty na počet dopravních nehod při průchodu jedné fronty přes stanici Brno-Tuřany v letech 2007–2009.....	55
Tab. 19: Četnost dnů s průchodem atmosférických front přes území ČR ve dnech se 4 a více smrtelnými dopravními nehodami na pozemních komunikacích v letech 2007–2009.....	55
Tab. 20: Výpočet a porovnání směrodatné odchylky počtu dopravních nehod ve dnech s průchody atmosférických front přes stanici Praha-Ruzyně a Brno-Tuřany na základě rozdělení relativních četností ( $\bar{X}_R = 875$ , $n = 1096$ ) .....	55
Tab. 21: Zjištěné četnosti průchodů atmosférických front a dopravních nehod .....	57
Tab. 22: Odhadnuté četnosti průchodů atmosférických front a dopravních nehod .....	58
Tab. 23: Zjištěné četnosti typů povětrnostních situací a dopravních nehod .....	58
Tab. 24: Odhadnuté četnosti typů povětrnostních situací a dopravních nehod.....	59
Tab. 25: Měsíční přehled nehodových dnů zpracovaný podle dat Policie ČR a ČHMÚ v letech 2007–2009 .....	61
Tab. 26: Podíl hlavních příčin dopravních nehod na celkovém počtu evidovaných nehod šetřených během nehodových dnů v letech 2007–2009.....	62
Diagram 1–3: Vztahy dnů s četností 4 a více dopravních nehod dle původu zdroje dat za účelem vyjádření nehodových dnů 2007–2009.....	64



# 1. Úvod

Informace o aktuálním stavu počasí je jednou z důležitých zpráv pro řidiče. Zejména období podzimu a zimy je z hlediska bezpečnosti provozu velmi náročné. Projevy počasí v daném období vyžadují od řidiče zvýšenou pozornost, přičemž vozidla musí být na zimní sezónu připravená. Na nebezpečné projevy počasí by si však řidiči měli dávat pozor v průběhu celého roku. Ne náhodou jsou atmosférické srážky jedním z hlavních projevů počasí, které mají značný vliv na dopravní nehodovost.

Na bezpečnost a plynulost silničního provozu má velký vliv stav povrchu vozovky. Pro zajištění plynulé a bezpečné jízdy silničních vozidel se neustále zvyšují požadavky na kvalitní stav pozemních komunikací. Vyskytují se však i povrchy vozovky, kde delší brzdná dráha nemusí být zapříčiněna pouze nevyhovujícími pneumatikami a vysokou rychlostí, ale na vině jsou technologické problémy vzniklé při výstavbě komunikace.

Míra nehodovosti vztažená k počtu usmrčených osob na pozemních komunikacích ČR se za poslední desetiletí významně snížila. Dopravní nehodovost v silničním provozu je stále diskutované téma. Opatření vedoucí ke snížení počtu či závažnosti následků dopravních nehod je přijímáno pozitivně. Smrtné dopravní nehody a přehledy počasí vybízí k podrobné analýze, sledující četnost smrtelných nehod při různých meteorologických podmínkách.

Pracovní hypotéza považuje počasí za obecně důležitý faktor ovlivňující četnost dopravních nehod na silnicích ČR. Na pracovní hypotézu se váže kvantitativní výzkum proveditelný mezi proměnnými (nejčastěji dopravní nehoda – meteorologický prvek), vyjádřenými v rámci statistických hypotéz. Za statistickou jednotku je brán jeden den. Pro ověření pracovní hypotézy byly využity metody matematické statistiky.

Cílem diplomové práce bylo nalézt meteorologické prvky a jevy, které mají významný vliv na smrtné dopravní nehody na pozemních komunikacích ČR. Vyjádřit vztah počtu dopravních nehod k intenzitě silniční dopravy podle měsíčních a denních údajů. Pomocí metod matematické statistiky určit vztah mezi četností nehod a meteorologickými prvky, ovlivňující stav povrchu vozovky a povětrnostní podmínky. Stanovením nehodového dne poukázat na nepříznivé povětrnostní podmínky a stavy povrchu vozovky, které při zvýšené četnosti nehod mohou pro řidiče znamenat zvýšené nebezpečí. Varování na výskyt nehodového dne, slouží jako návrh opatření ke snížení počtu nehod ovlivněných počasím.

## 2. Použité údaje

Pro zpracování detailního rozboru vlivu počasí na smrtelné dopravní nehody byla získána data od odborných institucí (viz dále) za období let 2007, 2008 a 2009.

Práce čerpá ze dvou odborných zdrojů dat. Prvním je statistická evidence Policie ČR, která obsahuje ucelený a rozsáhlý soubor smrtelných dopravních nehod na pozemních komunikacích ČR. Druhým zdrojem jsou Denní a Měsíční přehledy počasí (viz. Příloha 1 a 2) vydávané Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ), které poskytují údaje o základních meteorologických prvcích a jevech, sledovaných sítí meteorologických stanic.

### 2.1 Evidence dopravních nehod Policie ČR

Policejním prezídiem České republiky vedená evidence nehod v silničním provozu, představuje rozsáhlý soubor statistických dat, z něhož byly pro účely zpracování diplomové práce poskytnuty údaje o nehodách s následkem usmrcení osob. Za usmrcenou osobu se pro účely statistické ročenky považuje osoba, která zemře na místě nehody, při převozu do nemocnice nebo nejpozději do 24 hodin po nehodě. Kromě nejčastějšího zavinění dopravní nehody řidičem motorového vozidla obsahuje zpracovávaná evidence nehod i případy, kdy nehodu zaviní řidič nemotorového vozidla, chodec nebo technická závada na vozidle. Důvod zpracování smrtelných dopravních nehod, spočívá ve zvládnutelném objemu dat v rámci diplomové práce, ale také v důkladně vedené evidenci a šetření dopravních nehod Policií ČR.

Nedílnou součástí podrobné evidence jsou informace např. o místě, charakteru či hlavní příčině dopravní nehody, stavu řidiče, následcích ve vozidle a druhu pozemní komunikace v místě dopravní nehody. Současně jsou v místě dopravní nehody zaznamenány údaje o povětrnostních podmínkách a stavu povrchu vozovky, které posloužily k podrobnějšímu zpracování a analýze dopravních nehod s předpokladem vlivu počasí na nehodovost. Data o nehodovosti bude dále nutné podrobit detailnější analýze s meteorologickými údaji získanými ze staniční sítě ČHMÚ.

### 2.2 Meteorologická data a měřené prvky

Český hydrometeorologický ústav vydává již od roku 1949 ke každému dni informativní meteorologický bulletin Denní přehled počasí (viz. Příloha 1). Tento deník o obsahu 4 listů A4 obsahuje soubor podrobných dat z aerologického měření na observatoři Praha-Libuš a ostatních meteorologických stanic. Mapové listy tvoří přehledová

mapa počasí na území ČR, mapy Evropy a části Atlantského oceánu s grafickou i číselnou charakteristikou počasí, s absolutní topografií v hladinách 500 a 850 hPa a údaje o max. a min. teplotě vzduchu. Významnou hodnotu pro účely diplomové práce má tabulkový přehled počasí, čítající seznam až 116 klimatologických stanic rozmístěných v ČR. Vybraná staniční síť ČHMÚ zapisuje do Denního přehledu počasí spolu s úplným názvem stanice jejich nadmořskou výšku [m], indikativ, teplotu vzduchu [°C], sumu srážek [mm], sluneční svit [hod] a sněhovou pokrývku [cm].

Teplota vzduchu je základním meteorologickým prvkem udávající tepelný stav ovzduší, tj. schopnost vzduchu přijímat, nebo předávat tepelnou energii. Měří se přesným teploměrem, který je dokonale chráněn před přímým slunečním zářením v meteorologické budce ve výšce 2 m nad zemským povrchem a udává se v °C (Čermák, 2007).

Přízemní minimální teplotou vzduchu ( $T_{pMIN}$ ) je nejnižší hodnota teploty vzduchu zaznamenaná ve výšce 5 cm nad zemí, maximální a minimální denní teplota vzduchu ( $T_{MAX}$ ,  $T_{MIN}$ ) – nejvyšší a nejnižší hodnota teploty vzduchu zaznamenaná na meteorologické stanici za den. Hodnotou teplotní odchylky od normálu se rozumí rozdíl  $T_d$  a tzv. klimatologického teplotního normálu, charakteristiky získané z pozorování v letech 1961–1990 (Sobíšek, 2003).

Měřený prvek suma srážek udává součet veškerých atmosférických srážek v kapalném, nebo tuhém skupenství, vypadávající z různých druhů oblaků, mlhy, nebo usazující se na zemském povrchu či na předmětech v atmosféře. Výšce srážek 1 mm odpovídá množství vody 1 litr na 1 m<sup>2</sup> vodorovné plochy (Židek – Lipina, 2003).

Pod pojmem sněhová pokrývka rozumíme vrstvu sněhu nebo ledu, která přímo nebo nepřímo vznikla v důsledku tuhých srážek (sníh, kroupy, sněhové krupky, sněhová zrna, zmrzlý déšť, námrazové krupky, náledí, zmrazky; nikoliv však ledovka na zemi, protože ta vzniká při mrznoucích srážkách), naměřenou v termínu 07 hodin pomocí sněhoměrné tyče (Židek – Lipina, 2003).

Posledním měřeným prvkem v Denním přehledu počasí na vybraných meteorologických stanicích ČHMÚ je sluneční svit. Udává počet hodin za den, po které přímé sluneční záření dosahovalo zemského povrchu, tj. po které terénní předměty vrhaly zřetelné stíny. Trvání slunečního svitu závisí jak na délce dne, tak na výskytu oblačnosti a mlh (Čermák, 2007).

### 3. Vývoj nehodovosti na pozemních komunikacích v ČR

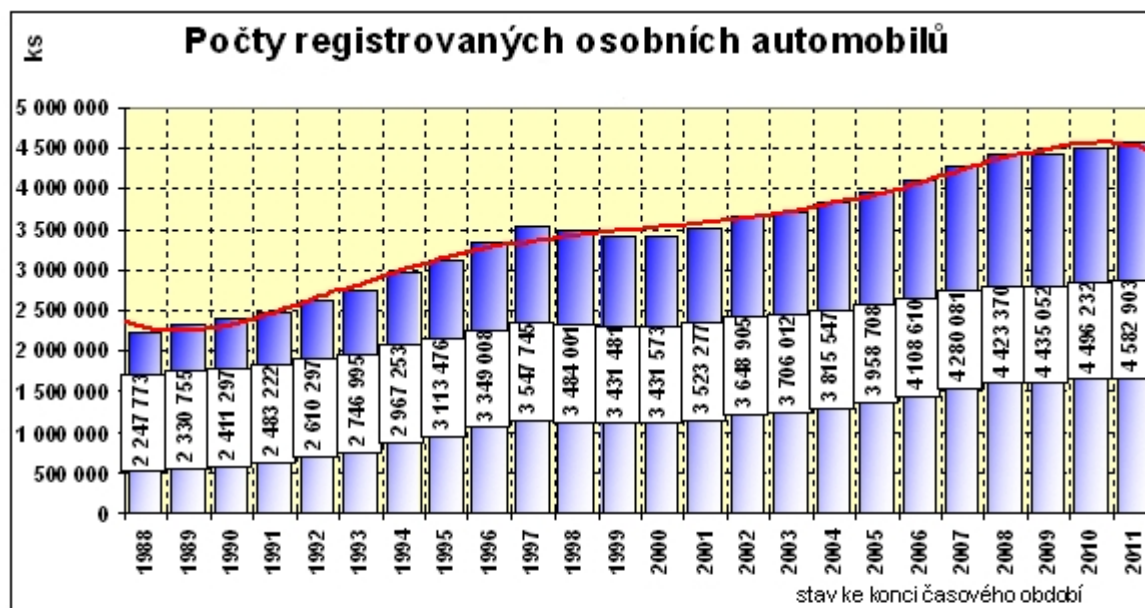
Dopravní nehodovost na pozemních komunikacích je v ČR (tehdy jako součást Československa) sledována už od 50. let. V počátečním období nízké úrovně motorizace nebyla považována za vážný problém. Od počátku 60. let spolu s postupným nárůstem úrovně motorizace počet usmrcených prudce narůstal. Historické maximum 1 758 usmrcených, do 1 dne po nehodě (24 hod.), bylo dosaženo v roce 1969. Poté, s postupem tzv. politické normalizace, následovalo dlouhodobé zlepšování situace až do roku 1987 (766 usmrcených do 1 dne po nehodě resp. roku 1986 (896 usmrcených do 30 dnů po nehodě). Ještě v letech předcházejících změně politických poměrů (zřejmě vzhledem ke zrychlení růstu motorizace a prvním příznakům reformy) se však vývoj bezpečnosti obrátil opět negativním směrem (Tecl, 2009).

Prudké zvyšování nehodovosti, vyvolané rychlým nárůstem úrovně motorizace (viz. graf 1), nových ekonomických a jiných společenských aktivit, pokračovalo až do poloviny 90. let, kdy dosáhlo maximálních hodnot (v r. 1994 bylo zaznamenáno 1 473 usmrcených při převozu do nemocnice nebo nejpozději do 1 dne po nehodě, resp. 1 637 do 30 dnů po nehodě). V té době se ČR, která byla dříve (v 80. letech) v úrovni bezpečnosti (počet usmrcených na 1 obyvatele) srovnatelná s vyspělými západoevropskými státy, propadla na mezi státy v tomto ohledu nejslabší v Evropě. Teprve poté byly iniciovány snahy podporované i z nejvyšších vládních míst o zlepšení této nežádoucí situace. V dalších letech se vývoj částečně stabilizoval a postupně začala nehodovost, i když s určitými výkyvy, opět klesat na dřívější úroveň, odpovídající počátku 90. let (Tecl, 2009).

Na počátku vzniku samostatné České republiky byl počet usmrcených v silničním provozu alarmující (viz. tab. 1). Bylo to způsobeno mnoha různými faktory, jako např. poklesem policejního dohledu a restrikcí, dovozem ojetých rychlých vozidel, nárůstem dopravy, zhoršením kázně řidičů, nekvalitní výchovou mladých řidičů v autoškolách atd. Především nedostatek policejního dohledu měl vliv na velké množství nehod způsobených nepřiměřenou rychlostí, kde následky jsou obvykle tragické (Skácal, 2007).

V roce 1994 se počty usmrcených vyšplhaly až na neuvěřitelných 1 637 usmrcených osob do 30 dnů po nehodě (viz. graf 2). Neuspokojivý stav bylo nutné začít řešit několika postupně uvedenými opatřeními, vedoucí ke snížení nehodovosti na pozemních komunikacích.

Graf 1: Vývoj počtu registrovaných osobních vozidel v ČR v letech 1988–2011



**Poznámky:**

- 1) Údaje do roku 1997 z dat SDP \*, od roku 1998 se již jedná o údaje z CRV \*.
- 2) Pokles registrací v roce 1998 dán "překlopením" na data z CRV, v roce 1999 byl pokles způsoben masovým vyřazováním starších vozidel ve vazbě na povinně smluvní pojištění.
- 3) **Vozový park se zarok 2011 zvýšil** oproti konci roku 2010 o ..... **86 671** vozidel
- 4) Podchycené "**první registrace**" za rok 2011 (nová + ojetá z dovozu) ..... **304 989** vozidel  
Rozdíl "první registrace" - přírůstek registrací: 218 318 vozidel
- 5) Za rok 2011 bylo dle SDA **vyřazeno** celkem **172 724 ks** vozidel (152 684 zrušeno, 20 040 exportováno).

\* / SDP = Služba Dopravní Policie    CRV = Centrální Registr Vozidel    SDA = Svaz Dovozců Automobilů

Zdroj: <http://www.autosap.cz/sfiles/a1-9.htm>, staženo 3. 4. 2012

Tab. 1: Základní fakta ze statistiky dopravních nehod za dobu existence samostatné České republiky (1993–2011)

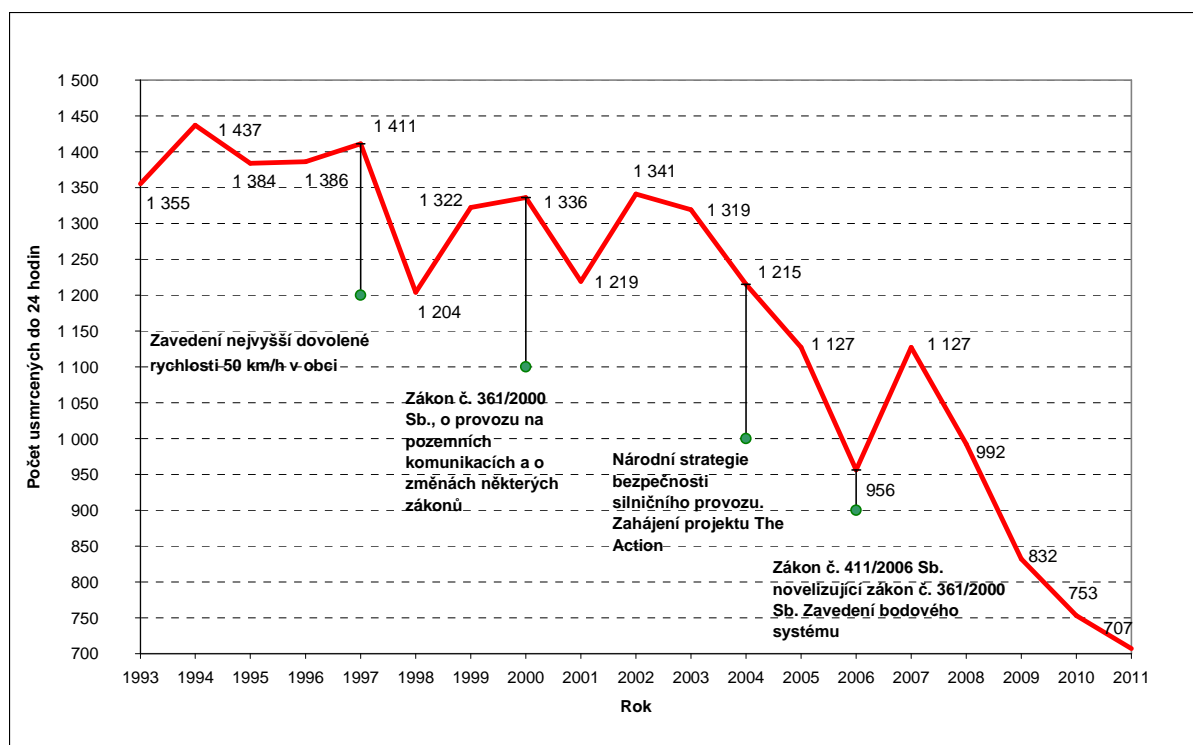
Rok	Počet usmrcených do 24 hodin	Počet dopravních nehod	Hlavní opatření
1993	1 355	152 157	
1994	1 437	156 242	
1995	1 384	175 520	
1996	1 386	201 697	Zákon č. 12/1997 Sb., o bezpečnosti a plynulosti provozu na pozemních komunikacích – „Překlenovací zákon“
1997	1 411	198 431	Zavedení nejvyšší dovolené rychlosti 50 km/h v obci (A)
1998	1 204	210 138	
1999	1 322	225 690	
2000	1 336	211 516	Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (B)
2001	1 219	185 664	
2002	1 341	190 718	
2003	1 319	195 851	
2004	1 215	196 470	Národní strategie bezpečnosti silničního provozu, Zahájení projektu The Action (C)
2005	1 127	199 262	
2006	956	187 965	Zákon č. 411/2006 Sb. novelizující zákon č. 361/2000 Sb. Zavedení bodového systému (D)
2007	1 127	182 736	Kampaň „Domluvme se!“ The Action
2008	992	160 376	Kampaň „Nemyslíš. Zaplatíš!“ The Action „Domluvme se!“
2009	832	74 815	Zvýšení „hranice“ pro hlášení nehody policii na 100 000 Kč
2010	753	75 522	
2011	707	75 137	

Zdroj: BESIP, 2009; Policie ČR, 2012; zpracováno 26. 9. 2011

#### Hlavní opatření ke snížení dopravní nehodovosti

- A 1. 10. 1997 snížení rychlosti v obcích na 50 km/hod.
- B 1. 1. 2001 Zákon 361/2000 Sb.
- C 28. 4. 2004 Národní strategie bezpečnosti silničního provozu
- D 1. 7. 2006 platnost bodového systému (dále BS)

Graf 2: Vývoj počtů usmrcených na pozemních komunikacích v ČR (1993–2011)



Zdroj: BESIP, 2009; Policie ČR, 2012; zpracováno 26. 4. 2012

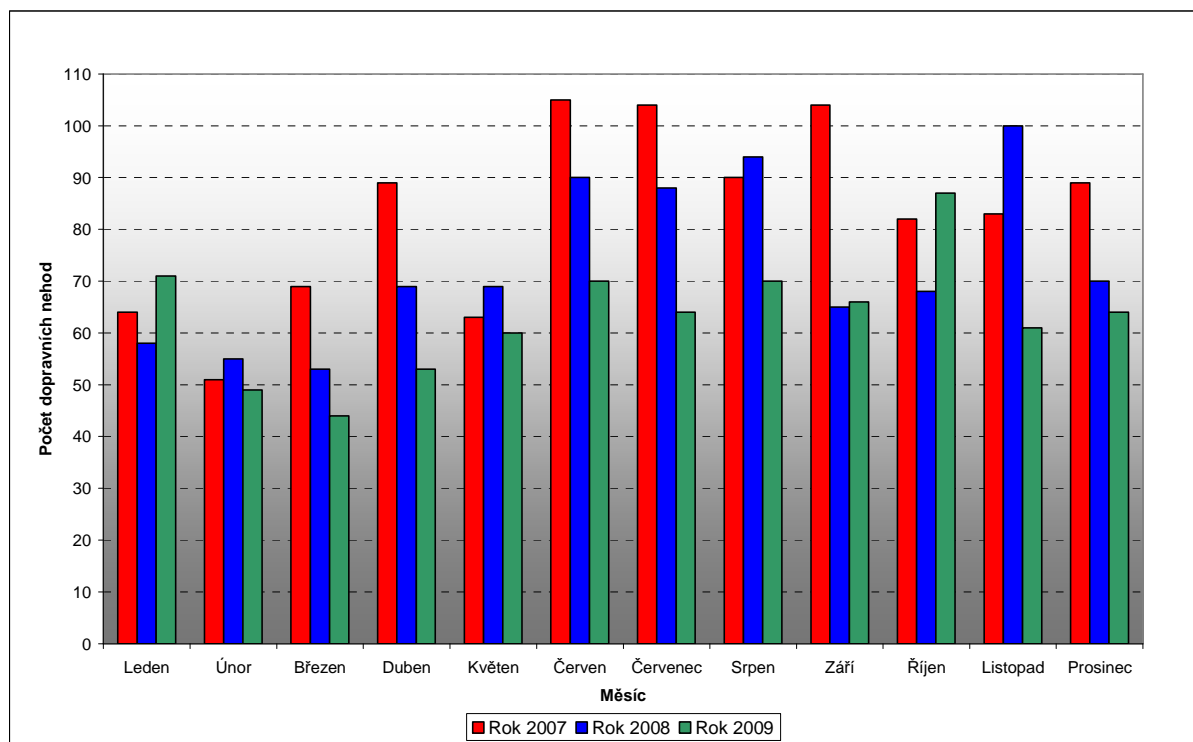
Je zřejmé, že každé zavedené opatření má za následek pokles počtu usmrcených, který však není trvalý a celkem brzy se účinnost opatření vyčerpá. Po přijetí Národní strategie bezpečnosti silničního provozu pokračoval příznivý vývoj po několik následujících let. V případě zavedení bodového systému byl však tento pozitivní efekt poměrně krátkodobý. Bodový systém jako komplexní opatření přineslo výrazné, i když krátkodobé zlepšení parametrů nehodovosti, po nichž následovalo opět určité zhoršení (Skácal, 2007).

Vývoj následků nehod na pozemních komunikacích v roce 2007 byl velmi nepříznivý, neboť meziroční zvýšení následků nehod, především pak počtu usmrcených osob dosahuje nebývale vysokých hodnot a jedná se o třetí nejvyšší údaj od roku 1990. Přispěly k tomu i extrémně dobré povětrnostní podmínky v průběhu zimy a jara, které vedly ke zvýšení provozu, což potvrzuje i zvýšení spotřeby pohonných hmot o 3,3 % v I. čtvrtletí 2007 (Skácal, 2007).

Vývoj následků nehod v letech 2008 a 2009 byl velmi příznivý, neboť zaznamenáváme významný pokles počtu usmrcených a zraněných osob a vysoký je i pokles počtu nehod, který lze především přisoudit legislativní změně, která od 1. ledna 2009 změnila „hranici“ povinnou pro hlášení nehody policii z původních 50 000 Kč na 100 000 Kč (Tesařík, 2009).

Po neúspěšném roce 2007 nastalo významně zlepšení a podobně jako v roce 2008 i v roce 2009 registrujeme významný pokles počtu smrtelných dopravních nehod (viz. graf 3), který je za posledních 20 let třetí největší (Tesařík, 2009).

*Graf 3: Měsíční porovnání počtu smrtelných dopravních nehod na všech pozemních komunikacích ČR v letech 2007–2009*



Pro loňský rok 2011 pplk. Sobotka uvedl, že policisté v loňském roce šetřili 75 137 dopravních nehod, při kterých zahynulo o 46 osob méně (707) než v roce 2010 a zároveň nejméně od roku 1955. V meziročním srovnání se ale zvýšil počet těžce a lehce zraněných. Zmínil ale také to, že nejtragičtějším dnem v týdnu uplynulého roku byly středy, při kterých zahynulo 109 osob. Nejtragičtějším dnem roku 2011 byl 9. únor, kdy zemřelo v jednom dni při nehodách 9 lidí. Naopak policie za loňský rok eviduje 65 dní, kdy nezahynul nikdo (Hodačová, 2012).



## 4. Vliv počasí na bezpečnost silničního provozu

Povětrnostní podmínky částečně určují stav pozemních komunikací a chování účastníků silničního provozu. Mnoho studií popisuje vztah mezi počasím a bezpečností silničního provozu zejména při výskytu atmosférických srážek. Jako atmosférické srážky označují KOPÁČEK – BEDNÁŘ (2005) částice vzniklé následkem kondenzace vodní páry v ovzduší a vyskytující se v kapalně nebo pevné fázi v atmosféře, na povrchu země nebo předmětech v atmosféře.

Nicméně je nutné sledovat mnohé další povětrnostní podmínky jako např. mlhu, náledí, Slunce nízko nad obzorem, silný vítr a vysoké teploty vzduchu. Zejména zahraniční studie přinesly data o vlivu těchto povětrnostních podmínek na četnost dopravních nehod. Byla přijata opatření ke zvýšení bezpečnosti silničního provozu např. povinná zadní mlhová světla, porézní asfalt a specializovaná varovná opatření.

### 4.1 Meteorologické faktory ovlivňující bezpečnost silničního provozu

#### Atmosférické srážky

Průzkumy naznačují, že motoristé přizpůsobují své chování na silnici během silných dešťů. Méně předjíždějí, přizpůsobí rychlost jízdy stavu vozovky a udržují delší vzdálenost za vozidlem jedoucím ve stejném směru jízdy (Hogema, 1996). Nicméně riziko dopravní nehody během srážek je stále větší než za suchého počasí. Změny v chování řidičů vozidel jsou zřejmě nedostačující k vyvarování se značného riskování za špatného počasí. Účastníci silničního provozu mohou mít problémy s omezenou dohledností během výskytu srážek. Při silných přívalových srážkách, sněžení nebo mlze se může dohlednost snížit až na 10 m. Zvláště ostříkávající proudy vody od nákladních vozidel významně komplikují viditelnost dalším řidičům motorových vozidel. Nepříjemné bývá zamžení čelního skla vozidla, z důvodu zvýšené vlhkosti vzduchu při dešti vedoucí rovněž ke snížení dohlednosti. V nočních hodinách dochází od protijedoucích vozidel k osleповání řidiče září předních světlometů, odrážejících se za deště od povrchu vozovky.

Více deště, sněhu nebo krupobití způsobuje snížení tření na povrchu vozovky. Děšť může dokonce vést až k aquaplaningu. Vrstva vody na povrchu vozovky způsobí, že vlivem špatného odvodu vody od dezénu pneumatiky, rychle jedoucí vozidlo ztratí přilnavost s povrchem vozovky, stává se neovladatelným a může způsobit dopravní nehodu. Nastane-li

po delším období sucha mrholení, zbytky olejů a nečistost společně s vodou vytvoří na povrchu vozovky tenkou kluzkou vrstvu vedoucí rovněž k aquaplaningu. Pakliže déšť zesílí, předpoklady vzniku aquaplaningu se sníží, protože povrch vozovky se vyčistí (Bijleveld – Churchill, 2009).

## Mlha

Vzniká tehdy, poklesne-li teplota vzduchu pod teplotu rosného bodu (Matějček, 2007). Kapky vody a drobné ledové krystalky jsou natolik malé a lehké, že zůstávají rozptýlené ve vzduchu bezprostředně nad zemí. Dochází tak ke snížení dohlednosti, vlivem rozptylu světla. Vyskytuje-li se mlha, řidiči obvykle snižují rychlost vozidel, ale současně si udržují kratší vzdálenost od vozidla jedoucí před nimi. V kombinaci se snižující se dohledností narůstá riziko dopravních nehod (Bijleveld – Churchill, 2009).

## Slunce nízko nad obzorem

Slunce nejvíce oslepuje, je-li nízko nad horizontem a způsobuje tím řidičům zhoršení viditelnosti. Děje se tak zpravidla hodinu po východu a hodinu před západem Slunce, kdy motoristé jedoucí proti záři slunečních paprsků, uvádějí snížení přehledu o situaci na pozemní komunikaci. Nemálo problematické bývá i nepřímé sluneční záření odrážené od skleněných budov, hlukových bariér nebo ostatních vozidel. Viditelnost je ovlivněna o to více, je-li povrch vozovky mokrá a sluneční paprsky se od povrchu odráží (Bijleveld – Churchill, 2009).

## Vítr

Poryvy větru mohou působit na relativně velké dopravní prostředky, jako jsou karavany, autobusy, nákladní vozidla a samozřejmě kamióny, což za extrémních povětrnostních podmínek může vést až k převrácení vozidla. Nejčastěji se tomu stává na mostech a viaduktech. Větremseně spadlé stromy a polámané větve často způsobí narušení silničního provozu (Bijleveld – Churchill, 2009).

## Náledí

Jestliže má povrch vozovky otevřenou strukturu, např. porézní asfalt, mokré části povrchu vozovky budou mrznout rychleji než na cementobetonovém krytu vozovky s uzavřenou strukturou. Pokrývá-li porézní asfalt rychle se tvořící tenká ledová vrstva, dochází vlivem sníženého tření ke ztrátě přilnavosti k vozovce. Pozemní komunikace, které

byly stavěny ve 20. století, rovněž trpí zvýšeným rizikem kluzkosti, vlivem používání vrstvy černého bitumenu (Bijleveld – Churchill, 2009).

## Jíní

Hydrometeor jíní, nazývaný lidově též „mráz šedý“, „šedivák“, „šedivec“, představuje druh usazených tuhých srážek, vznikající při záporných teplotách aktivního povrchu bezprostředním vylučováním vodní páry v pevné formě. Aktivním povrchem se rozumí přechodná plocha mezi litosférou a atmosférou, na níž dochází k odrazu záření i jeho transformaci v jiné druhy energie (Meteorologický slovník, 2003).

Podmínky pro vznik jíní lze stanovit použitím dvou vztahů, které musí být splněny současně:

$$T_{\text{voz}} < T_{\text{ros}} \quad T_{\text{voz}} < 0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

kde  $T_{\text{voz}}$  je teplota povrchu změřená silničním senzorem zapuštěným do tělesa vozovky a  $T_{\text{ros}}$  teplota rosného bodu určená teplotním a vlhkostním čidlem.

Rozlišují se dva typy situací, při kterých se na vozovce jíní tvoří:

1. Prudký noční pokles teploty vzduchu za jasných nocí za předpokladu, že tok tepla odspodu nekompenzuje radiační ochlazení povrchu.
2. Advekce teplého vzduchu s vysokým obsahem vlhkosti nad prochlazený povrch.

Bylo zjištěno, že tření klesá s rostoucím rozdílem mezi  $T_{\text{ros}}$  a  $T_{\text{voz}}$  a s délkou trvání relace  $T_{\text{voz}} < T_{\text{ros}}$ . Jisté je, že na hladkém povrchu může přítomnost jíní zvýšit kluzkost vozovky natolik, že dojde ke smyku (Sulan, 2006).

## Teplota vzduchu

Vysoké teploty vzduchu mají především psychologický a fyziologický dopad na řidiče. Podle německé studie, emoce vzrůstají s teplotou vzduchu, lidé jsou více podráždění vůči ostatním, cítí se unaveni, ztrácí koncentraci a roste jejich reakční čas. Francouzské průzkumy poukazují na závislost zvyšujícího se počtu dopravních nehod během tropických dní. Vysvětlují tím, že motoristé odkládají nutná řízení vozidla ke konci dne, čímž si zkracují dobu vymezenou pro spánek, který vlivem vysoké teploty vzduchu i během noci není zdaleka tak klidný a motoristé se pak cítí unaveni (Bijleveld – Churchill, 2009; Bogren et al., 2000).

## 4.2 Míra vlivu počasí na bezpečnost silničního provozu

Od počátku 21. století byly sepsány různé studie, zabývající se vlivem povětrnostních podmínek na bezpečnost silničního provozu. Kromě dat ze státních meteorologických ústavů jsou policejními útvary registrována důležitá data o dopravní nehodovosti. K tomu, abychom byli schopni stanovit správný odhad vlivu počasí na dopravní nehodovost, musíme dobře znát meteorologické podmínky daného území. Právě výskyt extrémních povětrnostních vlivů nebo rychlé změny počasí vedou ke kolísání počtu dopravních nehod (Bos, 2001).

### Zahraniční studie četnosti dopravních nehod

V Nizozemsku zpracovávaná data za období 2002–2004 odkazují na výskyt 84 smrtelných dopravních nehod při výskytu deště, 5 během sněžení a 12 během mlhy. Ke zjištění, zda jsou tyto údaje relativně velké, se musí hodnoty nehodovosti uvést do souvislosti s počtem hodin, při nichž docházelo ke srážkám a mlze. BOS (2001) ve své studii došel k závěru, že v období teplotně nadnormálních lét 1997–2000 se na pozemních komunikacích událo více dopravních nehod, než bylo v té době obvyklé. Teplotně podnormální zimní období vedlo k menšímu počtu dopravních nehod, než tomu bylo při studeném a vlhkém zimním období.

Ve skotském Glasgow se podle místní studie vlivu počasí na dopravní nehodovost zaznamenává 20% nárůst nehodovosti během dnů se srážkami. Největší vliv deště bývá zjištěn v letních a podzimních měsících. Zajímavá studie skandinávských zemí odkazuje na zimní období s četnými přívaly nového sněhu, kdy počet dopravních nehod každým dnem klesá o 1,2 % ode dne výskytu sněhových srážek. Dopravní průzkumy však nenaznačují, že by se snížila hustota dopravy. Podle autorů bylo snížení počtu dopravních nehod docíleno přizpůsobením chování řidičů stavu vozovky, zvýšením dohlednosti v nočních hodinách, kdy jsou pozemní komunikace pokryté vrstvou sněhu, nižším výskytem začínajících řidičů a konečně obavami před možným sklouznutím z kraje vozovky (Bijleveld – Churchill, 2009).

Na základě různých zdrojů se můžeme domnívat, že četnost dopravních nehod se během deště přibližně zdvojnásobí. Četnost dopravní nehodovosti závisí mimo jiné na rychlostním limitu pozemní komunikace, dnu v týdnu a denní době. Zdá se, že výskyt sněhové vrstvy na vozovce vede ke snížení četnosti dopravních nehod, jelikož řidiči věnují řízení větší pozornost a na silnici vyjíždí méně zkušených řidičů. Jelikož je výskyt náledí

méně častý než déšť, má také menší vliv na celkový počet dopravních nehod. Pro ukázkou několik příkladů:

- Australské průzkumy zabývající se vlivem deště při zvýšené hustotě dopravy v Melbourne a okolí zjistily, že průměrná četnost dopravní nehodovosti stoupne o 2,4 %. Během deštivé noci se četnost dopravních nehod zvýší o 5,2 %.
- Kanadské studie v letech 1979–1983 zaznamenaly 75% zvýšení četnosti dopravních nehod během srážek. Nárůst byl zřejmý v první hodině jejich výskytu.
- Švýcarské vědecké práce sledovaly rychlosti vozidel a četnost dopravní nehodovosti během deštivých denních hodin a navzdory snížení rychlosti jízdy došlo ke 2,5 krát vyšší četnosti dopravních nehod na silnicích, místních a účelových komunikacích. V nočních hodinách se tyto záznamy více než zdvojnásobily.
- Německé průzkumy v 70. letech 20. století prokazují dvojnásobné zvýšení četnosti dopravních nehod během nocí se srážkami oproti denním hodinám se srážkami (Bijleveld – Churchill, 2009).

### 4.3 Opatření zvyšující bezpečnost silničního provozu

Záporné tendence bezpečnosti silničního provozu mohou být snižovány opatřeními, zaměřenými na lidské chování a stav vozidla včetně pozemní komunikace.

#### Behaviorální opatření

V Nizozemských autoškolách se klade velký důraz na negativní účinky špatných povětrnostních podmínek převládajících v době řízení vozidla. Pro řidiče zde probíhá hned několik kampaní varujících před určitými povětrnostními podmínkami. Jsou-li povětrnostní podmínky velmi špatné, dánský meteorologický ústav neprodleně vydává meteorologická a dopravní varování. Ihned poté média varují řidiče, aby nevyjížděli, není-li to zcela nutné.

Technologický vývoj má během několika posledních let za cíl vyvolat v řidičích zvýšenou pozornost za nepříznivého stavu počasí. Detektory mlhy a systém její předpovědi byl instalován na mnoha místech, kde hrozí při výskytu mlh snížení dohlednosti. Digitální informační tabule umístěné ve výši nad vozovkou pak informují řidiče, přibližují-li se na silniční úsek se zhoršenou dohledností. Informačních tabulí bývá rovněž používáno k upozornění řidičů o doporučené vzdálenosti mezi vozidly.

Kromě systému předpovídající výskyt mlh, existují také systémy varující před kluzkostí vozovky, které průběžně měří teplotu povrchu vozovky, relativní vlhkost, množství srážek a množství nemrznoucích chemikálií na povrchu vozovky. Zajímavého opatření se drží řidiči ve Francii. Během deště jsou na dálnici povinni snížit rychlost o 20 km/h z maximálně povolených 130 km/h. Přizpůsobení rychlosti pak působí jako signál pro účastníky silničního provozu (Bijleveld – Churchill, 2009).

### Opatření týkající se stavu vozidel

Automobily určené k prodeji na trhu po 1. lednu 1998 musí být povinně vybaveny třetím zadním mlhovým světlem. Světlo je umístěno pouze na jedné straně vozidla tak, aby nebylo možné ho zaměnit se světlem brzdovým. Od 1. ledna 2006 je zadní mlhové světlo povinné i pro všechna nákladní vozidla. Dále bývá v mnoha státech doporučeno zadní červené světlo rozsvěčující se s krátkým předstihem při prudkém zabrzdění. V celé řadě zemí je nutné používat správnou sadu letních či zimních kol. V České republice jsou zimní pneumatiky novelou silničního zákona č. 202/2008 Sb. vyhlášky 30/2001 Sb. povinnou výbavou automobilů od 1. listopadu do 31. března (Beran, 2012).

### Infrastrukturní opatření

Od počátku 21. století se v Nizozemsku stává čím dále vyšším standardem použití porézního asfaltu na pozemních komunikacích. Ten způsobuje rychlejší odtok spadlých srážek z povrchu vozovky, menší riziko aquaplaningu a tím lepší viditelnost silničních pruhů. Při výskytu dešťových srážek dochází k nižšímu množství odstříkávané vody než v porovnání s jinými typy povrchů vozovky. Tyto pozitivní vlivy mohou být potlačeny riskováním řidičů v domnění, že mohou na mokřém porézním asfaltu jet rychleji než na asfaltu běžném.

Díky varovnému systému o kluzkosti vozovky jsou jednotlivá oddělení správ a údržby silnic včas upozorněna. Instalací senzorů do povrchu vozovky se sledují příslušné meteorologické parametry, které jsou v řídicím středisku zpracovány. Vyhodnotí-li senzor nebezpečí zvýšené kluzkosti vozovky daného území, vydá varování. Kvalitní kontrola a údržba materiálu povrchu vozovky přispívá ke snížení nebezpečí vzniku aquaplaningu (Bijleveld – Churchill, 2009).

## 5. Vliv počasí na dopravní nehody na silnicích ČR

### 5.1 Vyjádření počtu dopravních nehod v poměru k intenzitě dopravy podle měsíčních údajů

Na samém počátku zpracování diplomové práce a zamýšlením se nad vlivem počasí u dopravních nehod stála představa, že v zimních měsících převládají méně bezpečné podmínky pro silniční dopravu a tudíž bude v tomto období více dopravních nehod než v teplejších částech roku. Teď už víme, že podle zpracovaného grafu 2 v kapitole 3, tomu tak úplně není. Důvodem je skutečnost, že počet dopravních nehod souvisí s proměnlivou intenzitou dopravy v průběhu roku, která na silnicích I. tříd dosahuje nejvyšších průměrných hodnot v letním období (viz. tab. 2). Silnice I. třídy byly vybrány díky své vysoké četnosti smrtelných dopravních nehod a vysoké intenzitě silniční dopravy. Aby bylo možné poukázat na vliv počasí, je nutné eliminovat vliv intenzity dopravy, čehož lze nejjednodušeji dosáhnout vyjádřením počtu dopravních nehod v poměru k intenzitě dopravy. Přehledná mapa silnic I. třídy spolu s pozemními komunikacemi vyššího řádu ke shlednutí v příloze 3.

$I_m$      průměrná měsíční intenzita dopravy na silnicích I. tříd (voz/24h)

$I_p$      průměrná intenzita na silnicích I. tříd (dle celostátního sčítání dopravy 2010 zadaného ŘSD ČR 7 565 voz/24h)

$k_{m,p}$      přepočtový koeficient (–)

$v_m$      roční variace intenzity dopravy pro osobní vozidla (–)

Hodnoty průměrné měsíční intenzity dopravy na silnicích I. tříd ( $I_m$ ) byly vypočteny jako podíl průměrné intenzity na silnicích I. tříd a přepočtového koeficientu ( $k_{m,p}$ ), určeného podle vztahu viz. níže. Přepočtový koeficient ( $k_{m,p}$ ) je výsledkem podílu hodnoty 100 a roční variace intenzity dopravy pro osobní vozidla ( $v_m$ ), dle Technické podmínky 189 „Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích“ (dále jen TP 189).

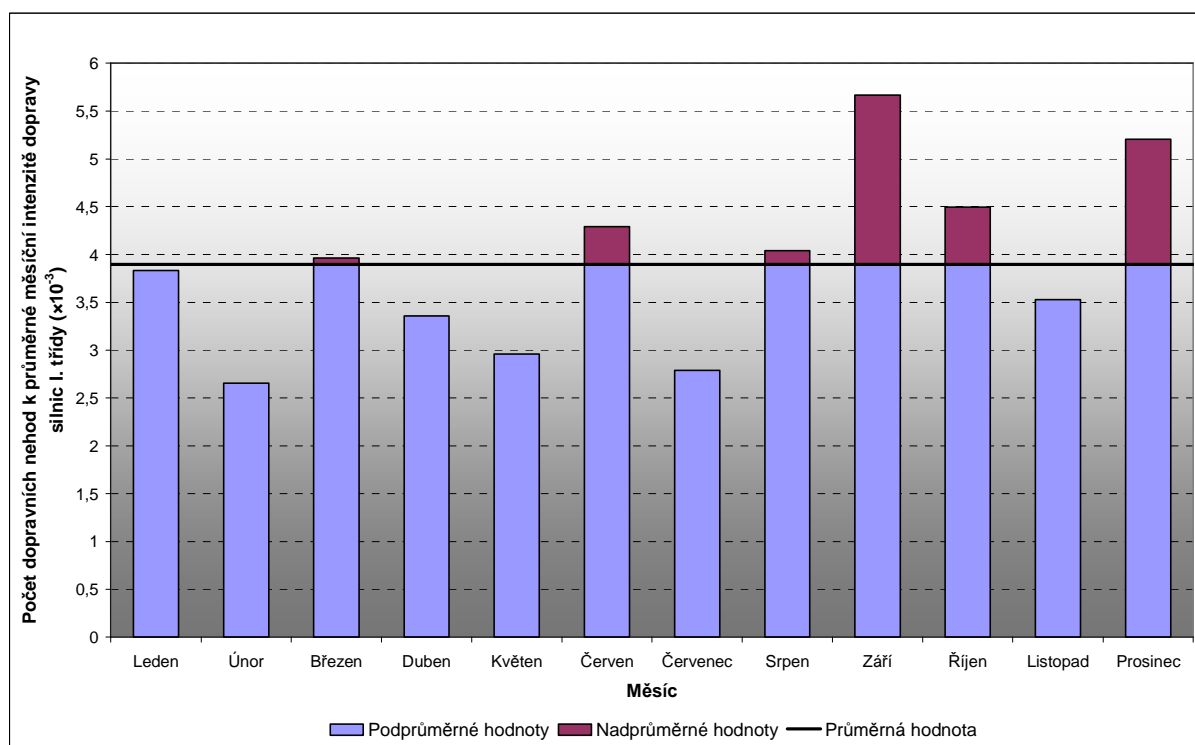
$$k_{m,p} = \frac{100}{v_m} [-] \quad I_m = \frac{I_p}{k_{m,p}} [\text{voz} / 24\text{h}]$$

Tab. 2: Přehled průměrných měsíčních intenzit dopravy a počtu dopravních nehod na silnicích I. tříd v letech 2007–2009

Měsíc	Roční variace intenzit dopravy pro osobní vozidla dle TP 189 ( $v_m$ )	Přepočtový koeficient ( $k_{m,p}$ )	Průměrná intenzita dopravy silnic I. tříd ( $I_m$ )	Průměrný počet smrtelných dopravních nehod na silnicích I. tříd v letech 2007–2009
Leden	82,8	1,21	6264	26
Únor	94,6	1,06	7156	20
Březen	96,7	1,03	7315	23
Duben	106,3	0,94	8042	22
Květen	107,2	0,93	8110	25
Červen	107,8	0,93	8155	32
Červenec	113,8	0,88	8609	25
Srpen	114,5	0,87	8662	29
Září	102,6	0,97	7762	31
Říjen	100	1,00	7565	32
Listopad	89,9	1,11	6801	27
Prosinec	83,8	1,19	6339	28

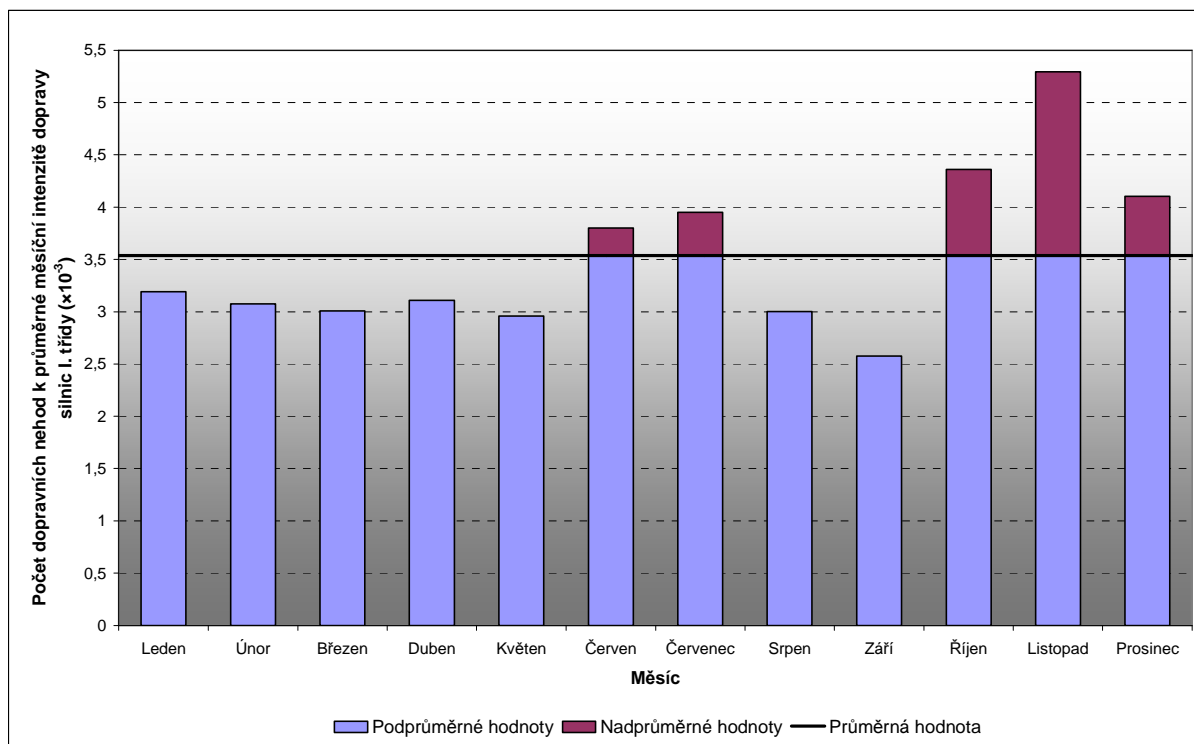
Výsledkem jsou grafy 4–6 znázorňující poměr počtu dopravních nehod k průměrné měsíční intenzitě dopravy na silnicích I. tříd v letech 2007, 2008 a 2009.

Graf 4: Grafické znázornění poměru počtu dopravních nehod k průměrné měsíční intenzitě dopravy na silnicích I. tříd v roce 2007

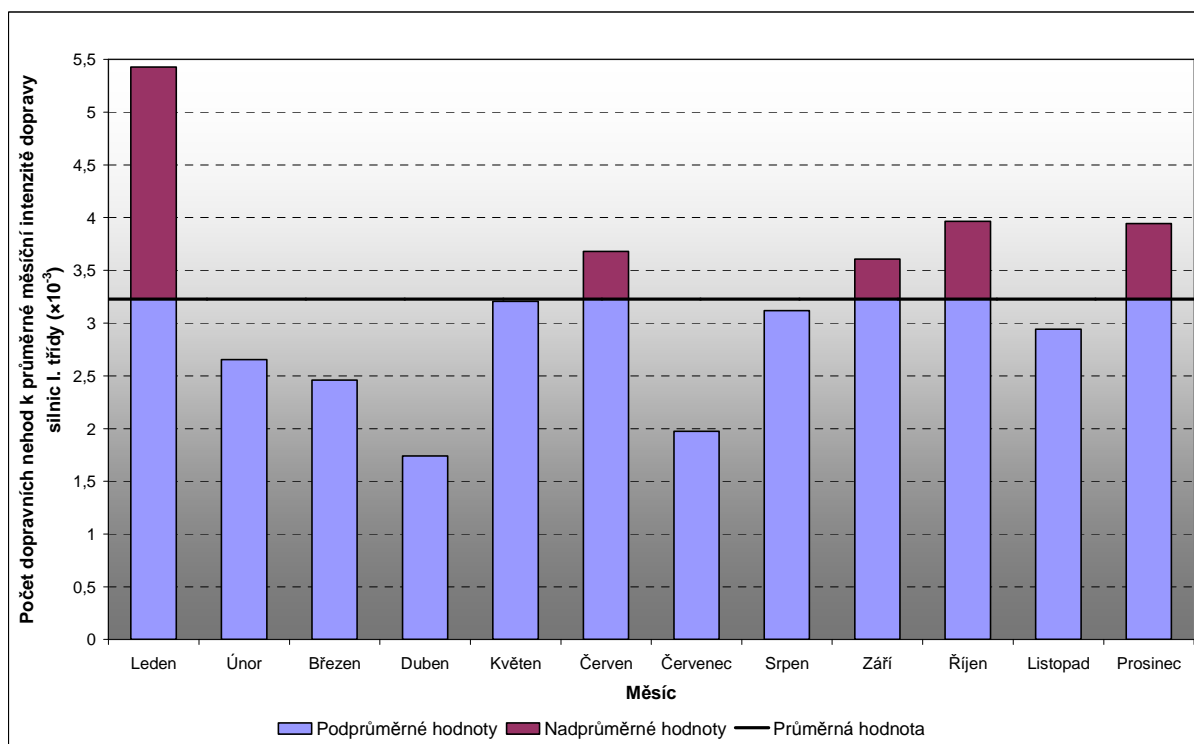




Graf 5: Grafické znázornění poměru počtu dopravních nehod k průměrné měsíční intenzitě dopravy na silnicích I. tříd v roce 2008



Graf 6: Grafické znázornění poměru počtu dopravních nehod k průměrné měsíční intenzitě dopravy na silnicích I. tříd v roce 2009

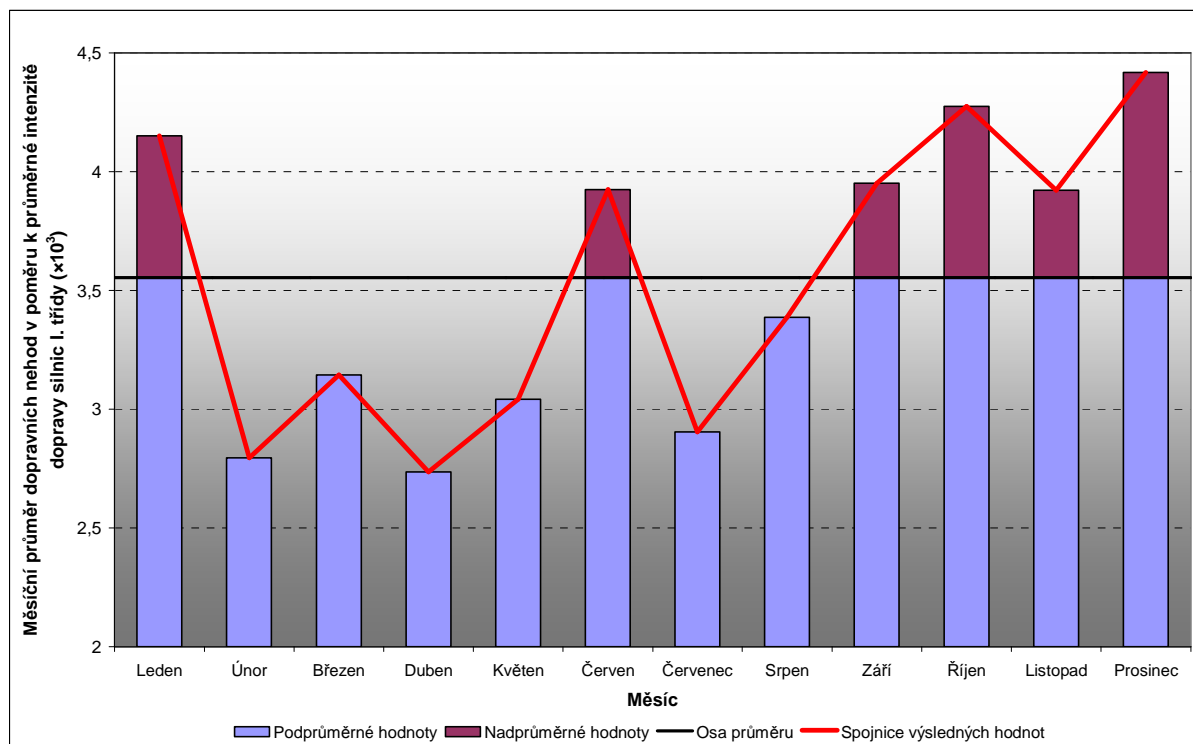


Ve sledovaném roce 2007 se nejvýrazněji projevilo 44 dopravních nehod v září. Srážkově se totiž měsíc září překonával, uvádí TOLASZ (2008), kdy napršelo v průměru 117 mm a stal se tak nejdeštivějším měsícem roku. Např. v Moravskoslezském kraji došlo ke zkomplikování dopravy tím, že se na mnoha silnicích dlouhodobě vyskytovala vrstva vody. Spíše nižší počet 24 dopravních nehod v průběhu srážkově nadnormálního listopadu byl způsoben z počátku měsíce brzkými sněhovými přeháňkami a tvorbou sněhové pokrývky, před kterou jsou řidiči více obezřetní. Druhou polovinu prosince 2007 TOLASZ (2008) charakterizuje stabilním inverzním počasím se zataženou oblohou, mlhavými dny a zápornými teplotami vzduchu v celé republice v polohách pod 800 m n. m. Uvedený charakter počasí tak do značné míry stojí za zvýšeným počtem 33 dopravních nehod, jelikož právě tyto ztížené povětrnostní podmínky znamenají pro řidiče zvýšené nebezpečí.

Září 2008 nebylo zdaleka tak srážkově vydatné jako v předešlém roce. Velmi nízký počet dopravních nehod se projevil v nejnižší dosažené hodnotě výsledného poměru. Převládající povětrnostní podmínky od počátku 3. říjnové dekády do poloviny listopadu, byly na našem území velmi rozdílné. Za zatažené počasí v Čechách a za polojasné na Moravě, mohl měnit se anticyklonální charakter na cyklonální. Pro řidiče se situace komplikuje tím, že předpověď počasí nabývá na rozsahu a je nepřehledná. V druhé polovině listopadu již mrzne, sněží a souvislá sněhová vrstva pokrývá téměř celé území ČR. To s sebou přineslo i velkou řadu komplikací, především v dopravě. Kvůli častým dopravním nehodám byl omezen provoz nejen na dálnici D1, ale i na ostatních komunikacích (Tolasz, 2009). Tuto skutečnost dokazuje i vysoký údaj 36 dopravních nehod na silnicích I. tříd s následkem usmrcení osob.

Již první lednové dny roku 2009 ukázaly pravou a řidiči obávanou podobu zimního období. Průměrné denní teploty vzduchu dosahovaly v lednu na všech meteorologických stanicích hodnot pod bodem mrazu. Sníh se po dlouhou dobu držel i v nížinách. Po příchodu oblevy, vydalo ČHMÚ ve 3. lednové dekádě výstrahu na náledí (Tolasz, 2010). Na leden alarmující počet 34 dopravních nehod s následkem usmrcení a nejnižší průměrná intenzita dopravy na silnicích I. tříd způsobila nejvyšší hodnotu poměru dvou sledovaných veličin.

Graf 7: Grafické znázornění poměru měsíční průměrné hodnoty dopravních nehod k průměrné intenzitě dopravy na silnicích I. tříd ve sledovaném období let 2007–2009



Od července do ledna má poměr měsíčních průměrných hodnot dopravních nehod k průměrné intenzitě dopravy na silnicích I. tříd převážně stoupající tendenci, přičemž měsíce září–leden a červen patří hodnotou výsledného poměru k nadprůměrným a lze u nich potvrdit vliv počasí na zvýšenou nehodovost (viz. graf 7). TOLASZ (2008) uvádí, že červen bývá velmi často nejdeštivějším měsícem v roce. Když není přímo nejdeštivějším, zpravidla se vyznačuje výskytem mnoha extrémních situací, např. přívalových srážek, intenzivní bouřkové činnosti a silných nárazů větru.

## 5.2 Vyjádření počtu dopravních nehod v poměru k intenzitě dopravy podle denních údajů

- $I_d$  průměrná denní intenzita dopravy na silnicích I. tříd (voz/24h)  
 $I_m$  průměrná měsíční intenzita dopravy na silnicích I. tříd (voz/24h)  
 $k_{d,t}$  přepočtový koeficient  
 $v_{t,E}$  týdenní variace intenzity dopravy pro osobní vozidla na silnicích I. tříd se statutem mezinárodní silnice  
 $v_{t,I}$  týdenní variace intenzity dopravy pro osobní vozidla na silnicích I. tříd bez statutu mezinárodní silnice

Pro podrobnější vyjádření vztahu počtu dopravních nehod v poměru k intenzitě dopravy byly pomocí týdenních variací intenzit dopravy pro osobní vozidla ( $v_{t,E,I}$ ) vypočteny přepočtové koeficienty ( $k_{d,t}$ ) a průměrné denní intenzity dopravy na silnicích I. tříd ( $I_d$ ). Týdenní variace intenzit dopravy představuje průběh intenzity dopravy v týdnu a vyjadřuje změnu denních intenzit. Charakter provozu dle TP 189 dělí týdenní variace intenzit dopravy zvlášť pro silnice I. tříd se statutem a bez statutu mezinárodní silnice (viz tab. 3). Seznam silnic I. třídy začleněných mezi komunikace mezinárodního významu je uveden na webových stránkách ŘSD ČR ([www.rsd.cz](http://www.rsd.cz)). Silnice I. třídy se statutem mezinárodní silnice tvoří síť vedoucí přes území více států s cílem sjednocení číslování hlavních tahů na kontinentě.

Tab. 3: Hodnoty přepočtového koeficientu ( $k_{d,t}$ ) a týdenních variací intenzit dopravy pro osobní vozidla na silnicích I. tříd se statutem ( $v_{t,E}$ ) a bez statutu ( $v_{t,I}$ ) mezinárodní silnice

Den	Silnice I. třídy se statutem mezinárodní silnice (E)		Silnice I. třídy bez statutu mezinárodní silnice (I)	
	koeficient ( $k_{d,t}$ )	Týdenní variace intenzit dopravy pro osobní vozidla ( $v_{t,E}$ )	koeficient ( $k_{d,t}$ )	Týdenní variace intenzit dopravy pro osobní vozidla ( $v_{t,I}$ )
pondělí	1,07	93,7	0,99	101,0
úterý	1,06	94,0	1,00	99,8
středa	1,01	99,5	0,96	103,7
čtvrtek	0,98	102,3	0,96	103,8
pátek	0,84	119,7	0,87	114,5
sobota	1,04	95,7	1,08	92,9
neděle	1,05	95,1	1,19	84,3

$$k_{d,t} = \frac{100}{v_{t,E,I}} [-]$$

$$I_d = \frac{I_m}{k_{d,t}} [\text{voz}/24h]$$

Z vypočtených dat bylo z důvodu velké rozkolísanosti poměru dvou denních parametrů nutné přistoupit ke shlazení obou datových řad, pomocí metody klouzavých průměrů.

NOSEK (1972) uvádí, že výsledný průběh je velmi závislý na počtu za sebou jdoucích hodnot, které bereme v úvahu pro tvoření klouzavých průměrů. V literatuře bývá často užívané shlazování třemi až třiceti za sebou jdoucími hodnotami. Vzhledem k lichému počtu hodnot, tak bylo pro shlazení průběhu hodnot poměru denního počtu dopravních nehod k průměrné denní intenzitě dopravy, použito jednadvacet za sebou jdoucích hodnot při postupu podle vzorce

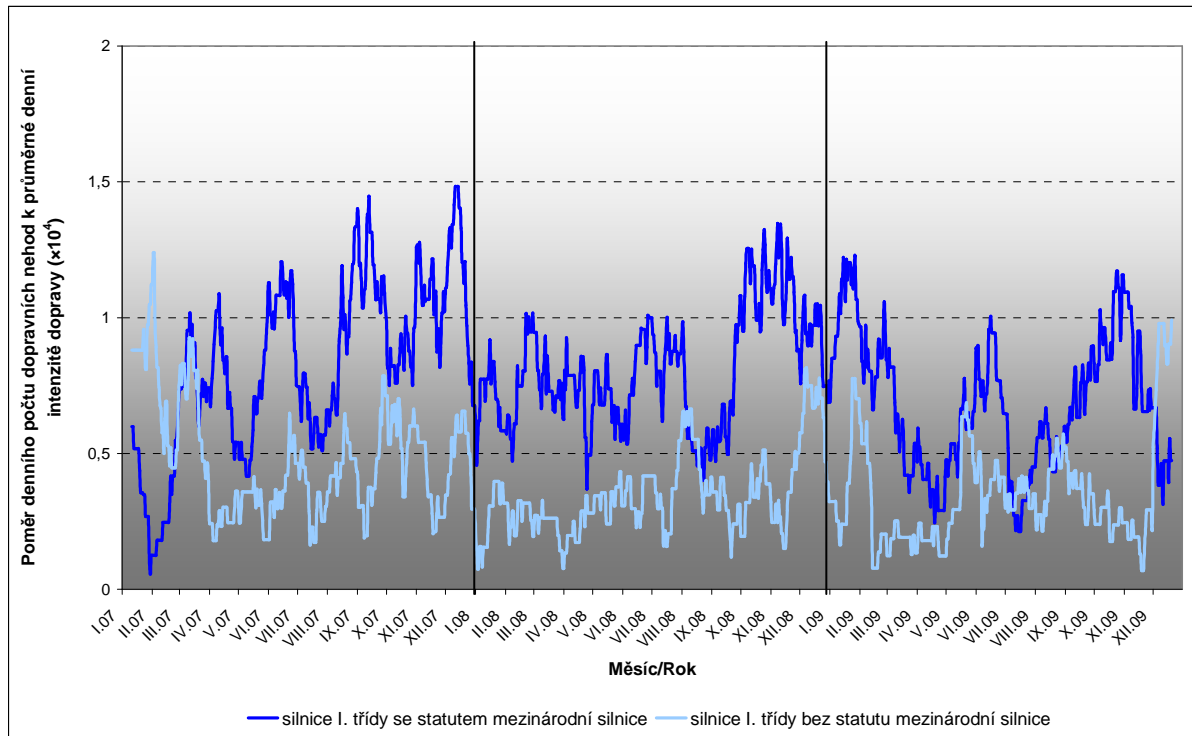
$$\bar{x}_i = (x_{i-10} + \dots + x_{i-1} + x_i + x_{i+1} + \dots + x_{i+10}) / 21$$

Výsledkem je vyhotovený graf 8 znázorňující dva spojnicové průběhy, shlazené pomocí jednadvaceti denního klouzavého průměru, vyjadřující poměr denního počtu dopravních nehod k průměrné denní intenzitě dopravy na dvou kategoriích silnic I. třídy v letech 2007–2009. Ze zmíněných průběhů lze v každém roce vypočítat nárůst hodnoty poměru od IX. měsíce, trvající vždy minimálně do konce kalendářního roku. Vzhledem k vyšší četnosti dopravních nehod na silnicích I. tříd se statutem mezinárodní silnice jsou vyšší i hodnoty příslušného poměru. K nárůstu hodnoty poměru v období IX–XII dochází vlivem výrazného navýšení nehodovosti vůči ostatním měsícům v roce a to nejen na silnicích I. tříd. Lze tedy prokázat, že ve zmíněném období představují vlivy počasí příčinu zvýšené nehodovosti na pozemních komunikacích v ČR.

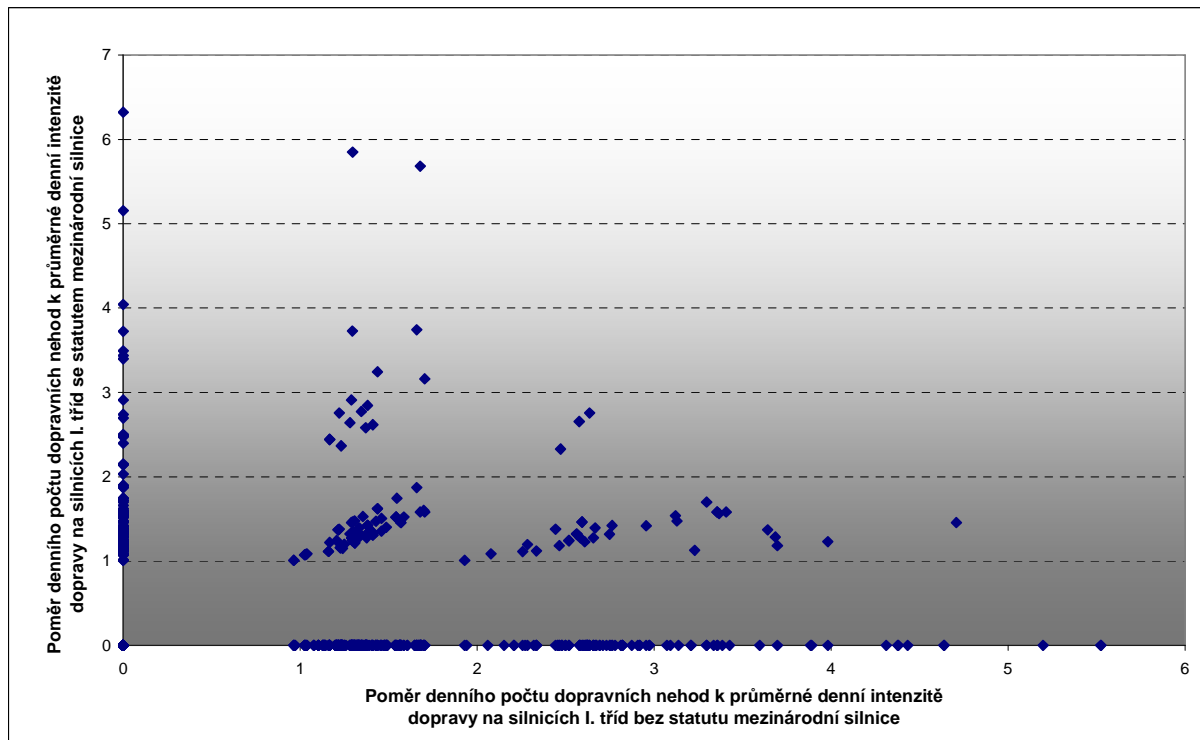
Dle grafu 9 porovnávací dvojice hodnot poměru denního počtu dopravních nehod k průměrné denní intenzitě dopravy na silnicích I. tříd v letech 2007–2009, je vztah mezi dopravními nehodami na sledovaných silnicích I. tříd nevýznamný. Skutečnost potvrzuje hodnota korelačního koeficientu mezi oběma hodnotami výsledného poměru, která se blíží 0 a nelze tak závislost prokázat.

Korelační koeficient  $\rho_{x,y} = 0,002092669$

Graf 8: Grafické znázornění poměru denního počtu dopravních nehod k průměrné denní intenzitě dopravy na silnicích I. tříd v letech 2007–2009

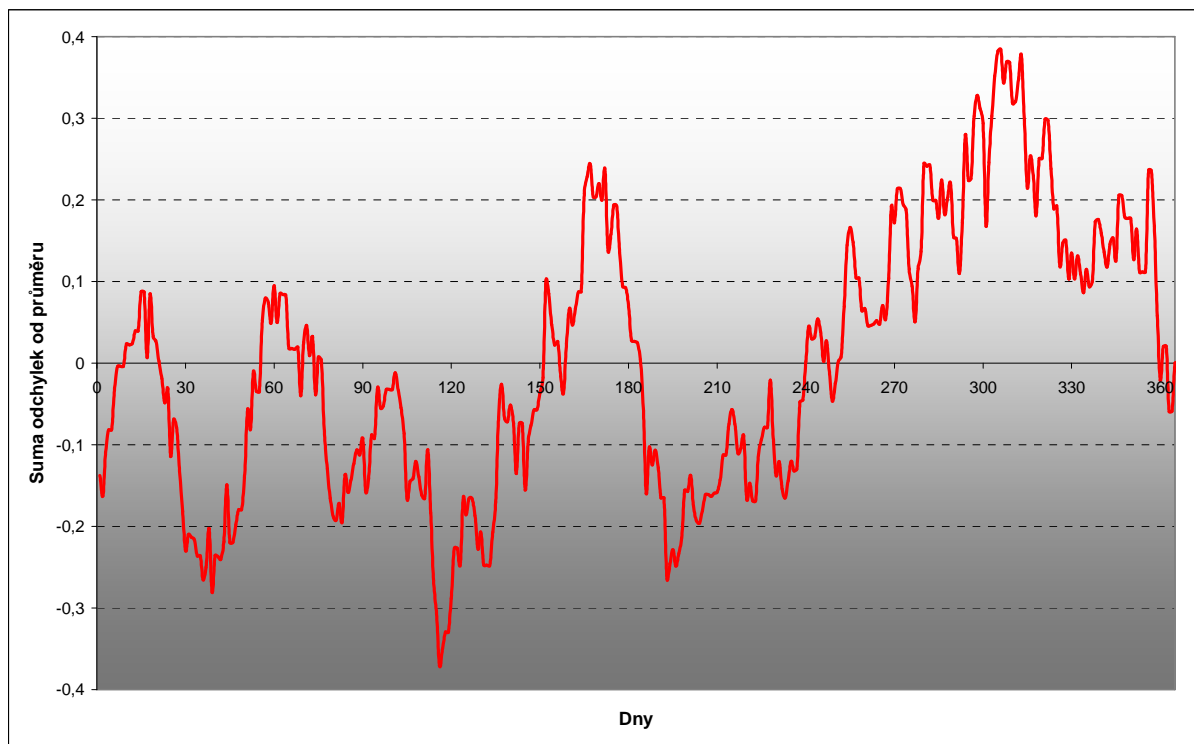


Graf 9: Porovnání dvojice hodnot poměru denního počtu dopravních nehod k průměrné denní intenzitě dopravy na silnicích I. tříd v letech 2007–2009



Denní hodnoty shlazených (21-denní klouzavý průměr) poměrů smrtelných dopravních nehod z let 2007, 2008 a 2009 byly dále použity pro určení průměrného poměru za období tří let pro tzv. „průměrný rok“. Z průměrných hodnot denního poměru byl následně aritmetickým průměrem stanoven roční průměr. Pro každý den v roce bylo nutné vypočítat tzv. odchylky od průměru, následně je kumulovat a nechat vykreslit do grafu 10. Křivka sumy odchylek od průměru klesá v době převahy podprůměrných hodnot poměru a stoupá v době převahy hodnot poměru nadprůměrných. V době klesajícího trendu křivky nastává období s nízkou nehodovostí a naopak při stoupajícím trendu křivky hovoříme o období s vysokou nehodovostí.

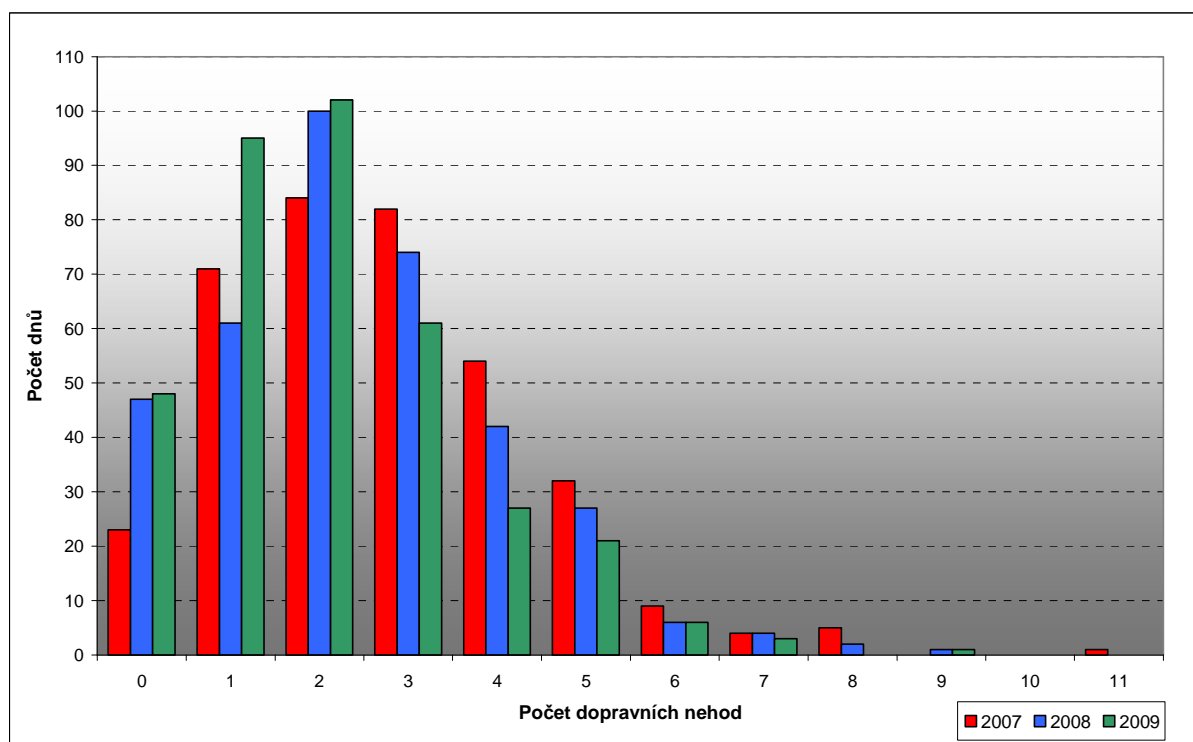
*Graf 10: Kumulované odchylky poměru denního počtu smrtelných dopravních nehod od průměru na silnicích I. tříd se statutem mezinárodní silnice pro průměrný rok*



### 5.3 Analýza dnů se 4 a více smrtelnými dopravními nehodami osobních vozidel na pozemních komunikacích ČR

Na základě uvedených četností výskytu dopravních nehod na pozemních komunikacích v letech 2007–2009 (viz. graf. 11) byly vybrány dny, při kterých došlo k minimálně 4 a více smrtelným dopravním nehodám osobních vozidel na všech pozemních komunikacích ČR. Důvodem zaměření se na dny se zvýšeným počtem dopravních nehod je předpoklad, že v těchto dnech lze očekávat výraznější vlivy počasí v podobě nepříznivých povětrnostních podmínek, navyšující nebezpečí výskytu smrtelných dopravních nehod. Podle zpracovaných údajů nehodovosti bylo, ve sledovaném období let 2007–2009, evidováno 245 dnů s četností 4 a více nehod, při nichž bylo v součtu šetřeno celkem 1 178 dopravních nehod. Počet dopravních nehod šetřených na pozemních komunikacích ČR ve dnech s výskytem 4 a více nehod je uveden v tab. 4. Na základě identifikačního čísla nehody, vedeného v získané evidenci nehod Policie ČR, bylo pro doplnění možné vyhledat další informace k nehodě např. mapové výstupy. Informativní přehledy k nehodám jsou dostupné v online aplikaci „Dopravní nehody“ umístěné na webové adrese <http://www.jdvm.cz/pcr>. Bohužel není možné z této aplikace data dále exportovat pro další zpracování.

*Graf 11: Četnost dnů s 0, 1, 2 a více smrtelnými dopravními nehodami osobních vozidel na pozemních komunikacích ČR v letech 2007–2009*





Ve sledovaném souboru dat lze na grafu 11 pozorovat meziroční nárůst dnů s žádnou, jednou a dvěma dopravními nehodami, zatímco dnů se třemi a více nehodami pozvolna ubývá. Téměř 50 dnů bez nehod v letech 2008 a 2009 reprezentují důležitý údaj, vypovídající o již uvedeném každoročním poklesu dopravních nehod s následkem usmrcení osob.

Smyslem výběru dnů s výskytem 4 a více dopravních nehod je zpracování užšího souboru dat. Využít dostupné informace o záznamu povětrnostních podmínek a stavu povrchu vozovky v době nehody a pomocí meteorologických dat, z Denního a Měsíčního přehledu počasí vydávaného ČHMÚ, nalézt vztah k počasí. Zjistit, zda souvisí zvýšený počet dopravních nehod šetřených během jednoho dne s nepříznivými povětrnostními podmínkami.

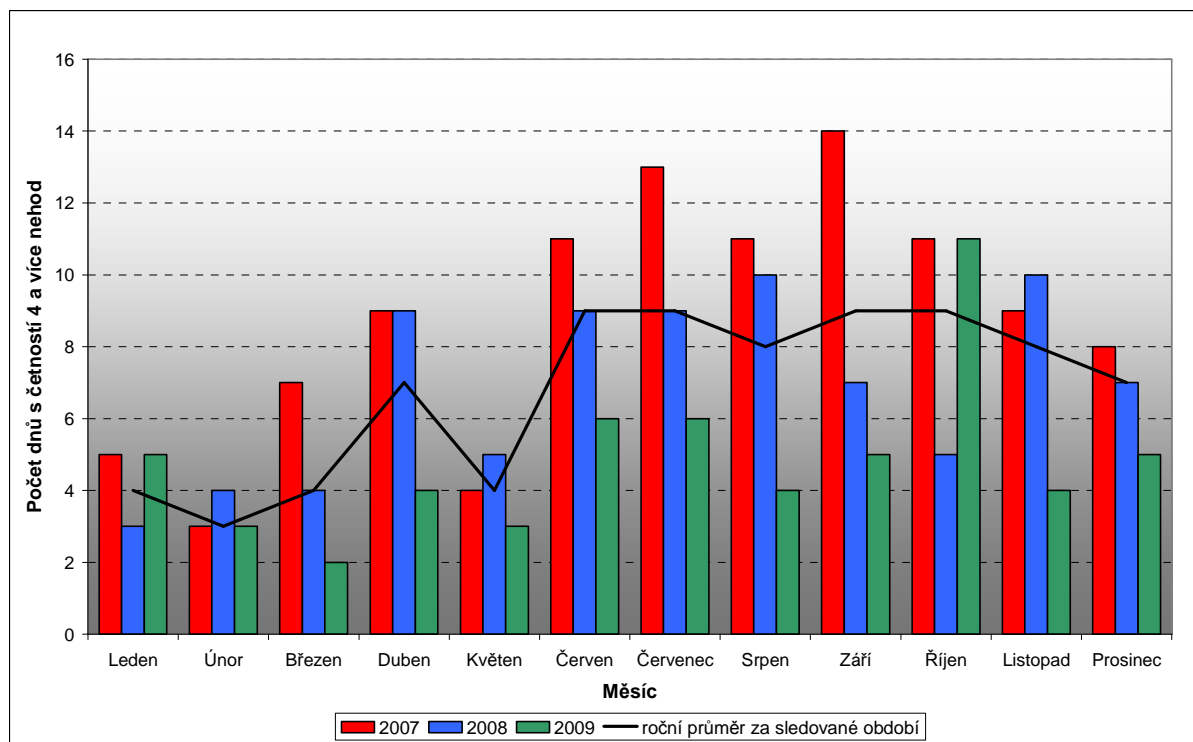
*Tab. 4: Smrtelné dopravní nehody šetřené na pozemních komunikacích ve dnech s výskytem 4 a více nehod*

Pozemní komunikace	Počet dopravních nehod		
	2007	2008	2009
Dálnice	11	19	8
Silnice I. třídy	183	138	111
Silnice II. třídy	130	95	69
Silnice III. třídy	93	77	48
Křižovatka sledovaná (vybraná města)	7	5	5
Komunikace sledovaná (vybraná města)	33	26	12
Komunikace místní	48	29	17
Komunikace účelová	2	1	2
Ostatní součásti komunikací	2	3	4
<b>Celkem</b>	<b>509</b>	<b>393</b>	<b>276</b>

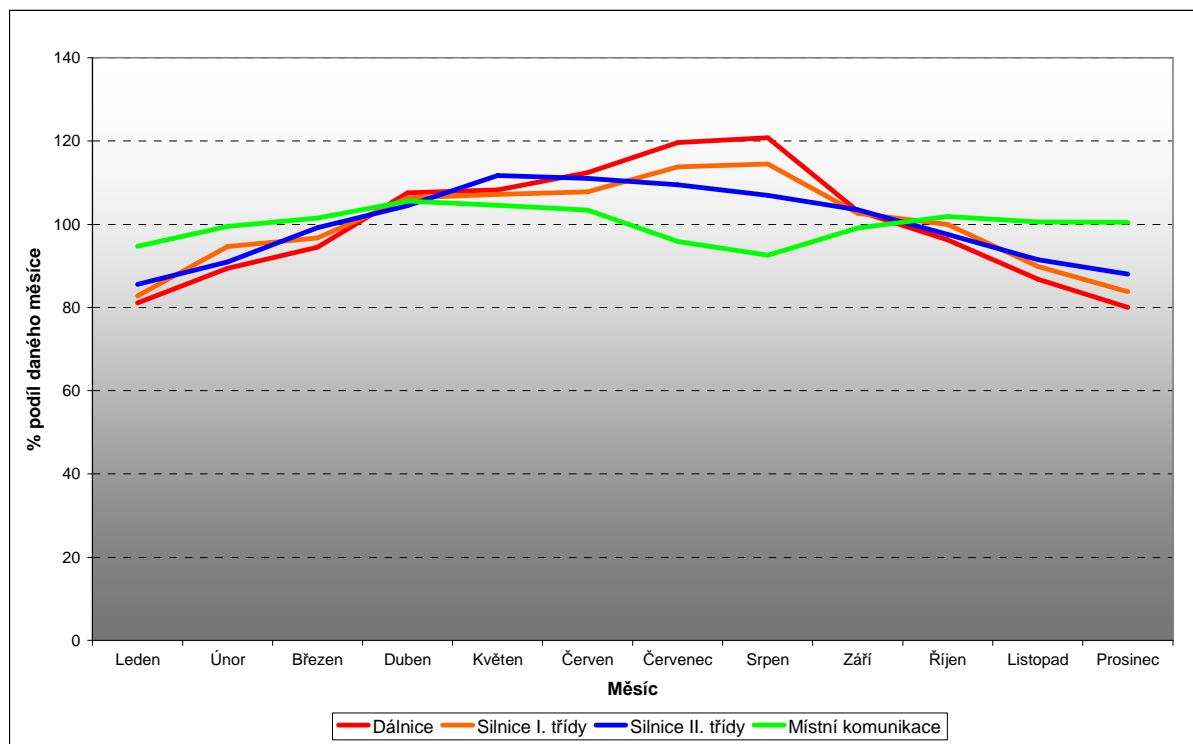
Pro znázornění počtu dnů s četností 4 a více nehod jednotlivých měsíců ve sledovaném období 2007–2009 je uveden graf 12. Zpravidla období leden–březen zaznamenává nejnižší počet sledovaných dnů s patrnou rozkolísaností v průběhu let. Skutečnost nízkého počtu sledovaných dnů, souvisí se změnou intenzity dopravy pozorované u osobních vozidel, která se v zimních měsících pohybuje mezi 80–90 % průměrného měsíce. Graf 13 uvádí roční variaci intenzit dopravy pro osobní vozidla a motocykly. Ve třetím čtvrtletí, v období letních prázdnin, intenzita dopravy výrazně narůstá zejména na dálnicích a silnicích I. třídy, které v těchto měsících využívá více řidičů k cestě za dovolenou. Zvýšená intenzita silničního provozu se v prázdninovém období odráží v nárůstu počtu dnů se 4 a více nehodami v roce. V období září–listopad dochází k výraznějšímu poklesu ročních variací intenzit dopravy na dálnicích a silnicích I. i II. třídy, přesto vyšší počet dnů s četností 4 a více smrtelných nehod nadále přetrvává. Důvodem může být podzimní období „babí léto“, definované podle meteorologického slovníku jako období suchého, málo větrného, slunného

a přes den velmi teplého počasí, které se vyskytuje v Evropě obvykle v září nebo v říjnu. Příčinou babího léta bývá rozsáhlá tlaková výše nad střední a jihovýchodní Evropou. Babí léto končí změnou proudění ve studený vzduch od západu až severozápadu, s častým výskytem ranních mlh, nízkými přízemními teplotami vzduchu a přeháňkami, jenž se určitou mírou podílí na zvýšené nehodovosti na pozemních komunikacích ČR.

Graf 12: Přehled dnů s četností 4 a více smrtelných dopravních nehod v období 2007–2009



Graf 13: Roční variace intenzit dopravy pro osobní vozidla a motocykly, dle TP 189 (100 % = intenzita dopravy v průměrném měsíci)



Zdroj: TP 189

### 5.3.1 Stav povrchu vozovky a povětrnostní podmínky se zaměřením na dny se 4 a více smrtelnými dopravními nehodami

Projevy počasí, způsobující změny v chování řidiče na pozemních komunikacích, lze shrnout do tzv. nepříznivých stavů vozovky (stav, kdy je povrch mokrá, pokrytý náledím, ujetým či rozbředlým sněhem nebo souvislou sněhovou pokrývkou) a tzv. nepříznivých povětrnostních podmínek (podmínek, při nichž byla v době nehody zaznamenána mlha, dešťové či sněhové srážky, námraza nebo náledí, nárazový vítr nebo jiné ztížené podmínky). Výskyt nepříznivých stavů vozovky a nepříznivých povětrnostních podmínek může vést k chvilkové nepozornosti a přispět až k ztrátě kontroly nad vozidlem, která nežádá stojí řidiče i jeho vlastní život.

Přehledné údaje o záznamech stavu povrchu vozovky a povětrnostních podmínkách v době dopravní nehody na pozemních komunikacích ve dnech s četností 4 a více nehod jsou uvedeny v tab. 5. Záznamy o stavu povrchu vozovky a povětrnostních podmínkách jsou použity z poskytnuté evidence dopravních nehod vedené Policií ČR.

Tab. 5: Stav povrchu vozovky a povětrnostní podmínky v době dopravní nehody ve dnech s četností 4 a více nehod

STAV POVRCHU VOZOVKY V DOBĚ NEHODY	Podíl dopravních nehod [%]			Roční průměr za sledované období [%]
	2007	2008	2009	
Povrch suchý, neznečištěný	72,7	69,5	67,8	70,0
Povrch suchý, znečištěný (písek, prach, listí, šterk)	0,8	1,3	0,7	0,9
<b>Povrch mokrý</b>	<b>23,4</b>	<b>25,4</b>	<b>28,6</b>	<b>25,8</b>
Na vozovce je bláto	0,2	0,0	0,4	0,2
Na vozovce je náledí, ujetý sníh - posypané	0,0	0,0	0,7	0,2
Na vozovce je náledí, ujetý sníh - neposypané	1,8	2,8	0,7	1,8
Na vozovce je rozlitý olej, nafta apod.	0,4	0,3	0,0	0,2
Souvislá sněhová vrstva, rozbředlý sníh	0,4	0,3	0,4	0,3
Náhlá změna stavu vozovky (námraza na mostu aj.)	0,0	0,0	0,0	0,0
Jiný stav povrchu vozovky v době nehody	0,4	0,5	0,7	0,5
Celkem	100	100	100	100

POVĚTRNOSTNÍ PODMÍNKY V DOBĚ NEHODY	Podíl dopravních nehod [%]			Roční průměr za sledované období [%]
	2007	2008	2009	
Neztížené	83,7	84,7	83,3	83,9
<b>Mlha</b>	<b>1,6</b>	<b>2,0</b>	<b>0,4</b>	<b>1,3</b>
<b>Na počátku deště</b>	<b>5,9</b>	<b>3,3</b>	<b>5,1</b>	<b>4,8</b>
<b>Děšť</b>	<b>5,5</b>	<b>7,1</b>	<b>8,0</b>	<b>6,9</b>
<b>Sněžení</b>	<b>1,2</b>	<b>1,3</b>	<b>1,1</b>	<b>1,2</b>
<b>Námraza, náledí</b>	<b>1,4</b>	<b>1,0</b>	<b>0,7</b>	<b>1,0</b>
Nárazový vítr (boční, vichřice apod.)	0,6	0,0	0,4	0,3
Jiné ztížené	0,2	0,5	1,1	0,6
Celkem	100	100	100	100

Sledované dopravní nehody na suchém a neznečištěném povrchu tvoří přibližně 2/3 podíl šetřených nehod, které pozvolna klesají. Druhý nejpočetněji zaznamenaný soubor nehod představují narůstající dopravní situace za stavu mokrého povrchu vozovky, které tvoří více než 25% podíl. Ve dnech s četností 4 a více dopravních nehod je tak z pohledu ročního průměru každá čtvrtá nehoda šetřena za mokrého stavu povrchu vozovky.

Zvýšená pozornost je v České republice věnována pozemním komunikacím především v zimním období. V horských oblastech ČR na silnicích II. třídy, lze definovat negativní vztah mezi množstvím sněhu na vozovce a dopravní nehodou. Platí, je-li vrstva sněhu na vozovce větší, řidiči více dbají zvýšené pozornosti, přizpůsobí rychlost vozidla stavu vozovky a méně se tak vystavují riziku dopravní nehody. Ze záznamů stavu povrchu vozovky se ujetý či rozbředlý sníh, nebo souvislá sněhová pokrývka, vyskytne v průměru u 30 smrtelných dopravních nehod ročně, kdy je zaznamenána až 1/3 nehod při trvalém sněžení, popřípadě tvorbě náledí. Důvodem nižšího podílu dopravních nehod, s následkem usmrcení osob na povrchu vozovky pokryté vrstvou sněhu, je přizpůsobení rychlosti vozidla stavu povrchu vozovky a dbání zvýšené pozornosti ze strany řidičů.

Dešťové srážky představují v České republice nejčastější celoroční riziko, které ovlivňují jízdní vlastnosti v mnohem větší míře než mlha nebo sníh. Sledované povětrnostní podmínky v době nehody tvoří roční průměr dopravních nehod, při nichž byly zaznamenány horizontální a vertikální srážky na silnicích ČR, 15% podíl. Pro mnoho řidičů bývá největším nebezpečím výskyt mlh. Na druhou stranu, nemalá četnost dopravních nehod při výskytu mlh nutí řidiče motorových vozidel k získání potřebných zkušeností a opatrnosti. Ve sledovaném období 2007–2009 došlo na našem území ročně v průměru k 17 dopravním nehodám s následkem usmrcení osob, kdy byl v místě nehody zaznamenán výskyt mlh. Nejnižší riziko představuje nárazový vítr, jehož vliv však není dobré podceňovat, zejména v zimním období na otevřených planinách Krušných hor a Šumavy.

Dopravní nehody se zaznamenanými nepříznivými stavy povrchu vozovky a povětrnostními podmínkami v době nehody evidovaných Policií ČR (tučné zvýraznění viz tab. 6) ve dnech se 4 a více smrtelnými dopravními nehodami, tvoří dopravní nehody ovlivněné počasím. Těmto nehodám bude v diplomové práci věnována kapitola 6.

*Tab. 6: Stav povrchu vozovky a povětrnostní podmínky v době nehody evidované Policií ČR*

STAV POVRCHU VOZOVKY V DOBĚ NEHODY

- povrch suchý, neznečištěný
- **povrch suchý, znečištěný (písek, prach, listí, šterk)**
- **povrch mokrý**
- **na vozovce je bláto**
- **na vozovce je náledí, ujetý sníh - posypané**
- **na vozovce je náledí, ujetý sníh - neposypané**
- na vozovce je rozlitý olej, nafta apod.
- **souvislá sněhová vrstva, rozbředlý sníh**
- **náhlá změna stavu vozovky (námraza na mostu aj.)**
- jiný stav povrchu vozovky v době nehody

POVĚTRNOSTNÍ PODMÍNKY V DOBĚ NEHODY

- neztížené
- **mlha**
- **na počátku deště**
- **děšť**
- **sněžení**
- **tvoří se námraza, náledí**
- **nárazový vítr (boční, vichřice apod.)**
- **jiné ztížené**

### 5.3.2 Vztah mezi meteorologickými prvky a dny se zaměřením na 4 a více smrtelné dopravní nehody

Dny s různou četností smrtelných dopravních nehod se zaměřením na dny o 4 a více nehodách budou dále zpracovány ve vztahu s meteorologickými prvky dostupnými v Denním a Měsíčním přehledu počasí vydávaným ČHMÚ. Denní přehled počasí posloužil jako zdroj dat následujících meteorologických prvků a jevů: průměrná denní teplota vzduchu, průměrné srážky na stanici, počet stanic s naměřenými srážkami, údaj o kategorii a plošném výskytu mlh a bouřek, a počtu stanic s výskytem mlh a bouřek. Záznamy o průchodech atmosférických front přes stanice Praha-Ruzyně a Brno-Tuřany byly získány z Měsíčního přehledu počasí (viz. Příloha 2). Není-li uvedeno jinak, inspirací pro metody matematické statistiky se stala kniha bratrů Wonnacotových vydaná v roce 1998 (viz Seznam zdrojů informací).

Z naměřených dat ČHMÚ vyplývá, že rok 2007 byl teplotně výrazně nadprůměrný a srážkově pouze mírně nadprůměrný. Průměrná teplota vzduchu pro ČR dosáhla hodnoty 9,1 °C, což je o 1,6 °C nad dlouhodobým průměrem. Dlouhodobý průměrný úhrn srážek pro ČR ve výši 674 mm byl v roce 2007 překonán pouze o 77 mm a rok tak lze považovat s odchylkou 11 % za mírně nadprůměrný (Tolasz, 2008).

Z hlediska teplotních poměrů byl rok 2008 pro všechny měsíce, až na září, nadnormální (leden o 4,1 °C a únor o 3,4 °C). Rok jako celek dosáhl kladné odchylky teploty vzduchu od normálu ve výši 1,4 °C. Srážkově byl rok mírně podnormální (92 % normálu), přičemž nejméně srážek spadlo v únoru a nejvíce v červenci (Tolasz, 2009).

Průběh počasí v roce 2009 lze charakterizovat výskytem různých extrémních situací a značnou rozkolísaností teplotních a srážkových charakteristik v jednotlivých měsících. Předběžné výsledky ukazují, že průměrná roční teplota vzduchu byla o 0,9 °C vyšší, než je dlouhodobý průměr pro Českou republiku za období 1961–1990. Srážkově byl rok rovněž nadprůměrný – napršelo 111 % dlouhodobého průměru za stejné období (Tolasz, 2010).

#### Průměrná denní teplota vzduchu

Hodnoty průměrné denní teploty vzduchu získané z Denního přehledu počasí (viz. Příloha 1) byly rozvrženy do tzv. teplotních intervalů o rozsahu 10 °C. Relativní četnost dnů vyjadřuje procentuální údaj o výskytu dnů bez nehod, s jednou nehodou, dvěma nehodami

atd. Hodnoty průměrného počtu dopravních nehod a dnů v jednotlivých teplotních intervalech, doplňují s průměrným denním počtem nehod analýzu vybraných dat (viz. tab. 7).

Nepříznivý pro dopravu se jeví interval průměrných denních teplot vzduchu v rozsahu <-5; 4,9> (červený řádek). V oboru silniční meteorologie patří teploty vzduchu a povrchu vozovky od -3 do 0 °C mezi nejvíce nebezpečné a náchylné k tvorbě námrazových jevů. Teplotní interval <-5; 4,9 °C> dosahuje obdobných výsledků jako interval průměrných denních teplot vzduchu <15; 25 °C>. Vyšší průměrný počet dnů představuje nižší průměrný počet nehod na den v teplotním intervalu <- 5; 4,9 °C> než v intervalu <15; 25 °C>.

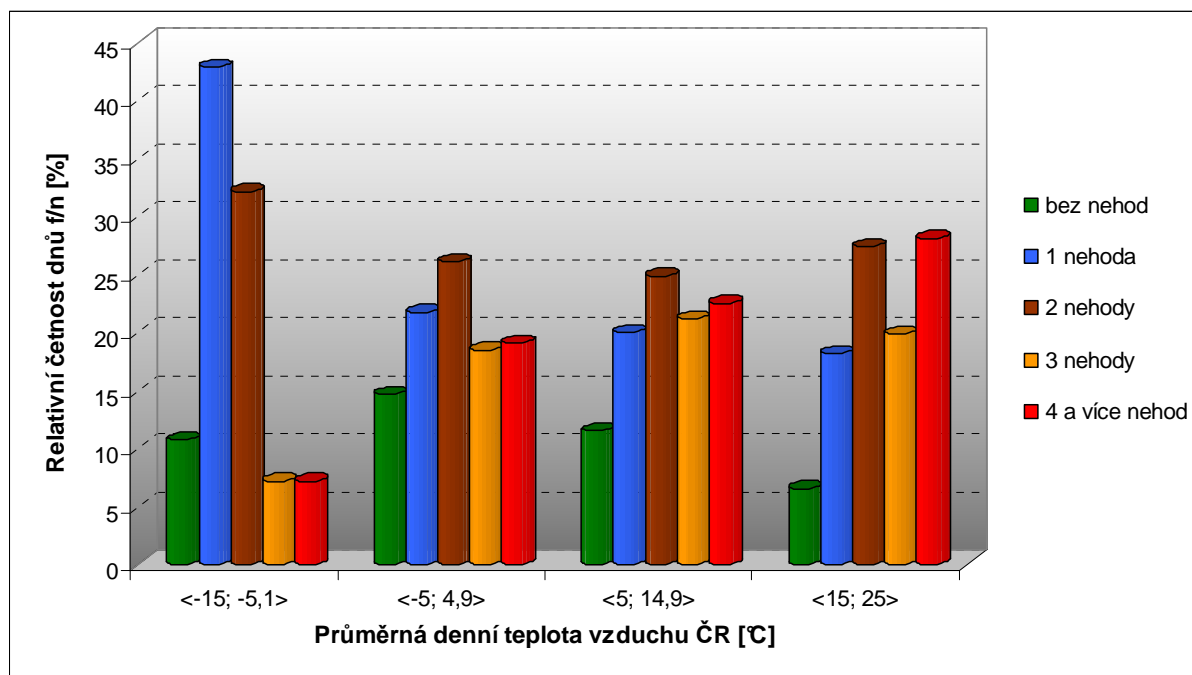
Tab. 7: Relativní četnosti dnů se smrtelnými dopravními nehodami podle teplotních intervalů na území ČR v letech 2007–2009

Průměrná denní teplota vzduchu ČR [°C]	Relativní četnost dnů f/n [%]					Σ [%]	Počet dopravních nehod [%]	Počet dnů celkem n	Průměrný počet nehod na den
	bez nehod	1 nehoda	2 nehody	3 nehody	4 a více nehod				
<-15; -5,1>	10,7	42,9	32,1	7,1	7,1	100,0	1,7	9	1,6
<-5; 4,9>	14,7	21,7	26,1	18,5	19,1	100,0	28,5	114	2,2
<5; 14,9>	11,5	20,0	24,8	21,1	22,5	100,0	39,5	145	2,4
<15; 25>	6,5	18,2	27,4	19,9	28,1	100,0	30,2	97	2,7

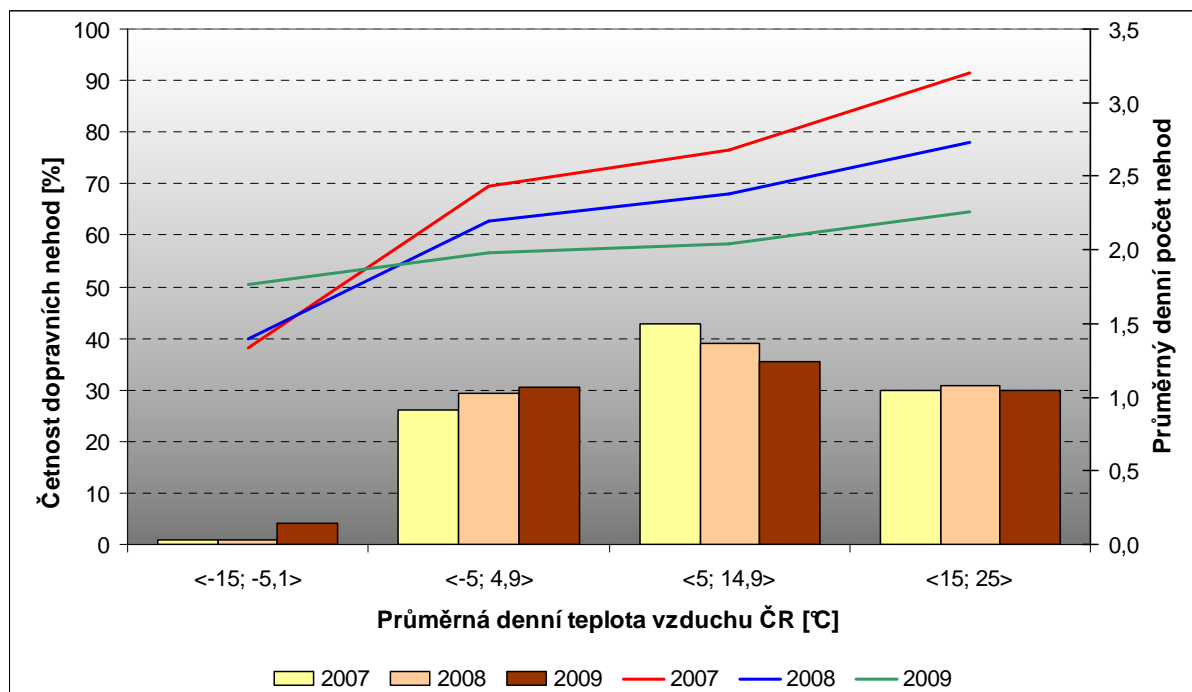
Přehledně vystihuje vztah relativní četnosti dnů podle počtu nehod na teplotních intervalech graf 14. Patrný je klesající podíl dnů s jednou dopravní nehodou a naopak vzrůstající podíl dnů se 4 a více nehodami od teplotního intervalu <-15; -5,1> po interval <15; 25 °C>. Podíl dnů se dvěma nehodami je podle očekávání spíše stabilní napříč všemi teplotními intervaly.

Změny počtu dopravních nehod (hlavní osa Y) lépe vystihuje graf 15, jednotlivě za sledované období tří let. Zatímco relativní počet dopravních nehod v intervalu <-15; -5,1 °C> se blíží nule, v následujícím teplotním intervalu <-5; 4,9 °C> je zřejmý meziroční nárůst podílu dopravních nehod. Naopak k meziročnímu poklesu podílu dopravních nehod dochází v teplotním intervalu <5; 14,9 °C>. Na vedlejší ose Y grafu 15 lze sledovat změnu průměrného denního počtu nehod podle teplotních intervalů. Příčinou vyššího průměrného denního počtu nehod v intervalu <-15; -5,1 °C> bylo několik týdnů trvající období průměrných denních teplot vzduchu pod bodem mrazu v lednu 2009.

Graf 14: Vyjádření závislosti relativní četnosti dnů podle počtu nehod na teplotních intervalech na území ČR v letech 2007–2009



Graf 15: Závislost počtu dopravních nehod [%] a průměrného denního počtu nehod na teplotních intervalech na území ČR v letech 2007, 2008 a 2009





## Průměrný denní úhrn srážek na stanici

Hodnoty průměrných denních úhrnů srážek na stanici byly zpracovány z Denních přehledů počasí 2007–2009 (viz. Příloha 1). Hodnota vyjadřuje součet denních úhrnů srážek ze všech až 116 meteorologických stanic vztažených na jednu stanici v milimetrech. Data průměrného denního úhrnu srážek na stanici se dále prezentují v podobě tzv. srážkových intervalů o rozsahu cca 3 mm srážek. Relativní četnost dnů bez nehod, s jednou nehodou, se dvěma nehodami atd., tentokrát zachycuje vztah k průměrnému dennímu úhrnu srážek na stanici.

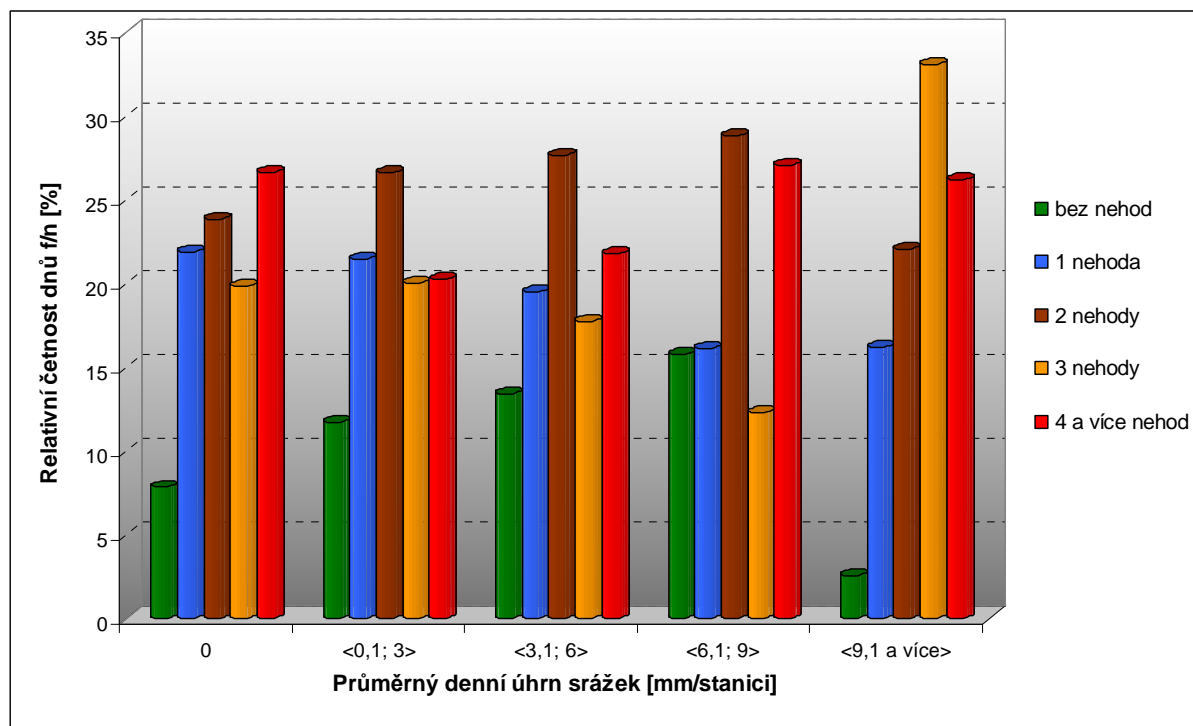
Rovných 90 dnů bez úhrnu srážek, tzn. každý čtvrtý den, dosahuje denní počet nehod v průměru druhé nejvyšší hodnoty 2,6 (viz tab. 8). Největší četnost dnů (197) a průměrná relativní četnost dopravních nehod (52,2 %) připadá na srážkový interval <0,1; 3 mm>. Průměrný denní počet smrtelných dopravních nehod představuje hodnotu spíše nižší (2,3), nikoliv však zanedbatelnou v porovnání s ostatními intervaly. Nejvyšší průměrný denní počet nehod (2,8) potvrzuje, že při zvlášť vysokém průměrném denním úhrnu přes více než 9 mm srážek na stanici, dochází k velmi nebezpečnému stavu povrchu vozovky, který se může stát pro řidiče nebezpečným.

Tab. 8: Relativní četnosti dnů se smrtelnými dopravními nehodami podle srážkových intervalů na území ČR v letech 2007–2009

Průměrné srážky na stanici v ČR [mm]	Relativní četnost dnů f/n [%]					Σ [%]	Počet dopravních nehod %	Počet dnů celkem n	Průměrný počet nehod na den
	bez nehod	1 nehoda	2 nehody	3 nehody	4 a více nehod				
0	7,8	21,9	23,8	19,8	26,6	100,0	26,3	90	2,6
<0,1; 3>	11,7	21,5	26,6	20,0	20,2	100,0	52,2	197	2,3
<3,1; 6>	13,4	19,5	27,6	17,7	21,8	100,0	12,2	47	2,3
<6,1; 9>	15,7	16,1	28,8	12,3	27,1	100,0	5,5	19	2,5
<9,1 a více>	2,6	16,2	22,1	33,1	26,2	100,0	3,8	12	2,8

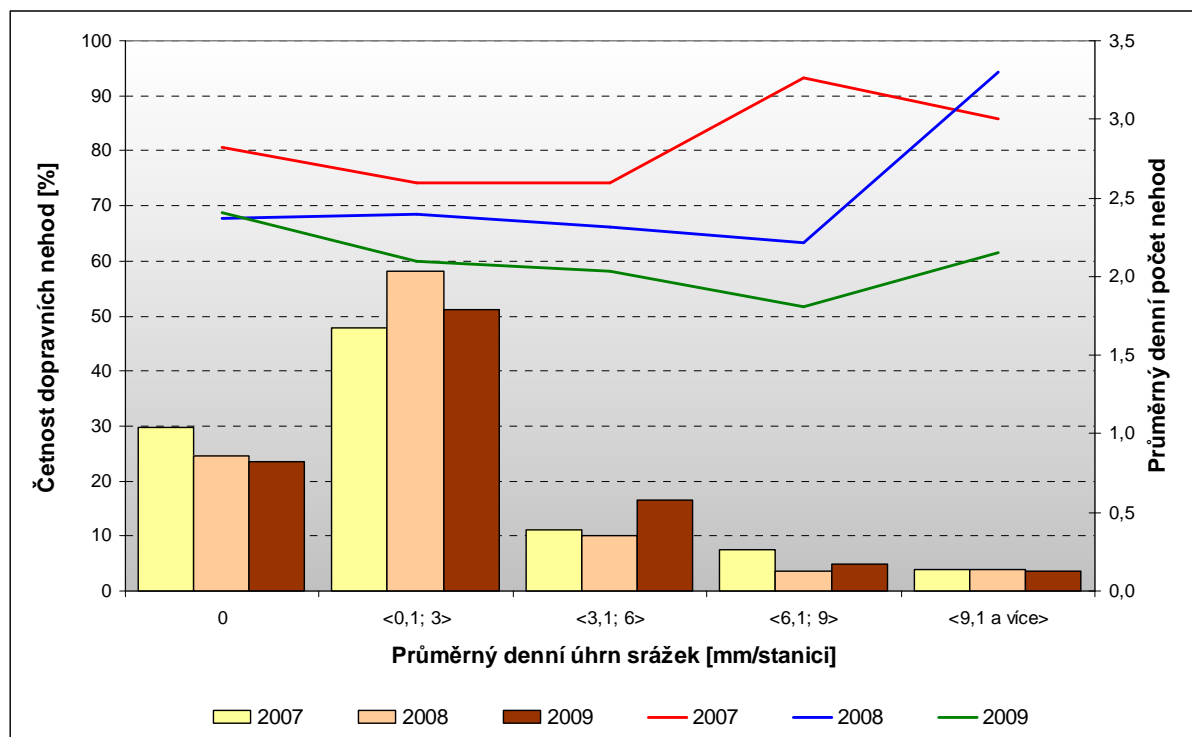
Grafické znázornění vztahu relativní četnosti dnů podle počtu nehod ve srážkových intervalech vystihuje graf 16. Dnů bez nehod s přibývajícím průměrným denním úhrnem srážek na stanici paradoxně přibývá, avšak při úhrnu větším než 9 mm srážek na stanici se dny bez nehod prakticky nevyskytují. Dnů s jednou nehodou se zvyšujícím se průměrným denním úhrnem srážek na stanici naopak ubývá, stejně jako dnů se třemi nehodami. Podíl dnů se třemi nehodami však skokově narůstá při úhrnu větším než 9 mm srážek na stanici. Napříč srážkovými intervaly dosahují relativní počty dnů se dvěma a čtyřmi nehodami spíše stabilních hodnot.

Graf 16: Vyjádření závislosti relativní četnosti dnů podle počtu nehod na srážkových intervalech na území ČR v letech 2007–2009



Hlavní osa Y grafu 17 vystihuje chod četnosti dopravních nehod (%) podle srážkových intervalů. V grafické podobě je však prostor pro průběh jednotlivých let 2007, 2008 a 2009 vyjádřen odděleně. Vedlejší osa Y zachycuje průběhy průměrných denních počtů nehod opět podle srážkových intervalů. Při průměrném denním úhrnu srážek větším než 9 mm na stanici byl zaznamenán vysoký průměrný denní počet nehod ve sledovaných letech, z důvodu vysoké četnosti dnů se 3 a více smrtelnými nehodami v daném srážkovém intervalu <9,1 a více> dle grafu 16.

Graf 17: Závislost počtu dopravních nehod [%] a průměrného denního počtu nehod na srážkových intervalech na území ČR v letech 2007, 2008 a 2009



Studiem srážkových poměrů, již bez souvislosti s dopravními nehodami, se zabývá i tab. 9, kde jsou sledovány srážkové periody ve srovnání se všemi srážkami a srážkovými dny v České republice v letech 2007–2009. Za spodní hranici srážkové periody je bráno 5 za sebou jdoucích dnů a srážkový den je považován s min. průměrným úhrnem 0,5 mm srážek na stanici (podíl sumy úhrnu srážek a až 116 hodnocených stanic). Veškeré datové podklady opět pochází ze zpracování hodnot průměrného denního úhrnu srážek na stanici z Denního přehledu počasí. Výsledné hodnoty v červenci odpovídají měsíci s průměrným nejvyšším úhrnem srážek v roce. S vyšším úhrnem srážek a počtem dnů srážkových period nezaostává ani měsíc květen. Naopak nejnižších srážkových úhrnů a dnů srážkových period vykazuje měsíc duben, díky dvěma rokům s nulovým podílem srážkových period na všech srážkách a nulovým podílem srážkových period na všech dnech.

Tab. 9: Srážkové periody ve srovnání se všemi srážkami a srážkovými dny v České republice roku 2007–2009

Měsíc	Srážky srážkových period	Celkový srážkový úhrn na stanici v mm	Podíl srážkových period na všech srážkách v %	Počet dnů srážkových period	Počet všech srážkových dnů	Podíl srážkových period na všech dnech v %
Leden	81,4	167,5	48,6	31	54	57,4
Únor	73,5	132,4	55,5	29	46	63,0
Březen	110,7	185,4	59,7	33	55	60,0
Duben	14,3	81,9	17,5	6	33	18,2
Květen	165,8	219,4	75,6	44	58	75,9
Červen	149,0	251,2	59,3	38	65	58,5
Červenec	220,0	292,6	75,2	54	69	78,3
Srpen	57,5	188,6	30,5	12	46	26,1
Září	98,5	188,2	52,3	22	44	50,0
Říjen	67,4	145,6	46,3	21	53	39,6
Listopad	83,5	160,1	52,2	21	47	44,7
Prosinec	56,8	124,3	45,7	25	46	54,3
Rok	1178,4	2137,2	51,5	336	616	52,2

Poznámka: spodní hranice srážkové periody je 5 za sebou jdoucích dní, srážkový den je považován s min. úhmem 0,5 mm srážek na stanici

## Rozdíl dvou středních hodnot u nezávislých výběrů

Pro analýzu dvou nezávislých výběrů byly vybrány hodnoty průměrného počtu dnů, jejichž výsledky v teplotních intervalech byly: 2, 23, 29 a 19 a ve srážkových intervalech: 18, 39, 9, 4 a 2. Spočítané výběrové průměry a kvadratické odchylky obsahuje tab. 10. Cílem je vypočítat 95% interval spolehlivosti pro rozdíl mezi dvěma středními hodnotami  $\mu_1$  a  $\mu_2$ .

Tab. 10: Analýza dvou nezávislých výběrů

Teplotní intervaly			Srážkové intervaly		
$X_1$	$(X_1 - \bar{X}_1)$	$(X_1 - \bar{X}_1)^2$	$X_2$	$(X_2 - \bar{X}_2)$	$(X_2 - \bar{X}_2)^2$
2	-16	256	18	3	9
23	5	25	39	24	576
29	11	121	9	-6	36
19	1	1	4	-11	121
			2	-13	169
$\bar{X}_1 = 18$	-1	403	$\bar{X}_2 = 15$	-3	911

$$\bar{X}_1 = \frac{\sum X_1}{n}$$

$$\bar{X}_2 = \frac{\sum X_2}{n}$$

Sečteme kvadratické odchylky obou výběrů a pak je vydělíme celkovým počtem stupňů volnosti. Jelikož rozptyl neznáme, musí být nahrazen odhadem  $s_p$ . Pro tyto účely použijeme odhad, který se nazývá sdružený výběrový rozptyl  $s_p^2$ .

počet stupňů volnosti =  $(n_1 - 1) + (n_2 - 1)$

$$s_p^2 = \frac{\sum (X_1 - \bar{X}_1)^2 + \sum (X_2 - \bar{X}_2)^2}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1)}$$

$$s_p^2 = \frac{403 + 911}{4 + 3} = \frac{1314}{7} = 188$$

V děliteli vidíme, že počet stupňů volnosti je 7. Z tabulky kritických hodnot  $t$  rozdělení (Wonnacot, 1998) je  $t_{0,025} = 2,36$ .

$$(\mu_1 - \mu_2) = (\bar{X}_1 - \bar{X}_2) \pm t_{0,0025} s_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}$$

$$(\mu_1 - \mu_2) = (18 - 15) \pm 2,36 \sqrt{188} \sqrt{\frac{1}{5} + \frac{1}{4}}$$

$$= 3 \pm 22$$

$$= (-19, 25)$$

S pravděpodobností 95 % tedy můžeme říci, že průměr průměrného počtu dnů v teplotních intervalech ( $\mu_1$ ) v letech 2007–2009 může být maximálně o 19 dnů nižší a maximálně o 25 dnů vyšší než průměr průměrného počtu dnů ve srážkových intervalech ( $\mu_2$ ). Je zde velké rozpětí, protože oba výběry byly velmi malé.

## Bouřky a mlhy

Kategorie bouřek představují plošný výskyt bouřek v ČR na základě počtu stanic s bouřkou za příslušné 24 hodinové období podle následující tab. 11., společné i pro výskyt mlh. Ke zpracování plošného výskytu bouřek je využito všech meteorologických stanic, jenž jsou zahrnuty do Denního přehledu počasí (viz. Příloha 1), bez ohledu na jejich nadmořskou výšku. Kategorie bouřek jsou zaznamenávána pouze v období měsíců IV–IX. Intenzita bouřek není uvažována ani není v Denním přehledu počasí uváděna. Kategorie (ojediněle, místy, atd.) korespondují s uváděním ve slovních předpovědích pro média a veřejnost (ráno místy mlhy apod.).

Tab. 11: Členění kategorií bouřek/mlh podle plošného výskytu

Kód	Kategorie	Výskyt bouřek/mlh
1	bez bouřek/mlh	0 až 4 % stanic s jevem
2	ojediněle	5 až 29 % stanic s jevem
3	místy	30 až 69 % stanic s jevem
4	na většině území	70 až 100 % stanic s jevem

Zdroj: ČHMÚ, 2012

Relativní četnosti dnů a průměrné počty dopravních nehod při výskytu jedné ze čtyř kategorií bouřek vystihuje tab. 12. Podle tabulky je za stavu bez bouřek necelých 25 % dnů s četností 4 a více smrtelných dopravních nehod. Na druhou stranu podobně vysoké relativní četnosti dnů lze sledovat i v kategoriích bouřek místy a ojediněle, a to i při nižší četnosti 2 a 3 dopravních nehod. Souhrnně lze uvést, že více než jedna třetina smrtelných dopravních nehod je v období IV–IX měsíce šetřena při výskytu bouřek.

Tab. 12: Relativní četnost dnů se smrtelnými dopravními nehodami podle kategorií bouřek na území ČR v letech 2007–2009

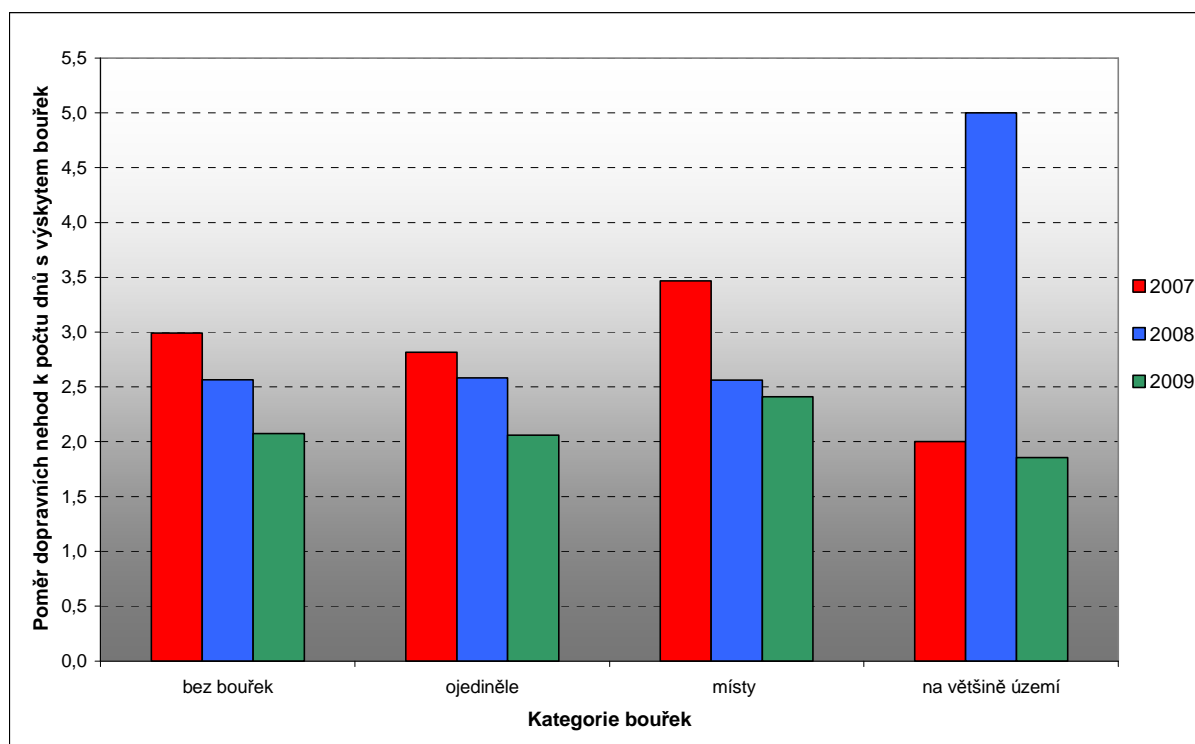
Kategorie bouřek	Relativní četnost dnů f/n [%]					Σ [%]	Průměrný počet dopravních nehod [%]
	bez nehod	1 nehoda	2 nehody	3 nehody	4 a více nehod		
bez bouřek	8,4	20,3	24,1	22,3	24,9	100,0	62,3
ojediněle	12,6	19,3	26,1	17,6	24,4	100,0	20,5
místy	5,4	16,2	23,0	24,3	31,1	100,0	15,2
na většině území	0,0	18,2	54,5	18,2	9,1	100,0	1,9

Stav bez bouřek se zdá být v průběhu sledovaných let podle relativní četnosti dopravních nehod stabilní (tab. 13). Jinak už je tomu, budeme-li hodnotit rostoucí meziroční podíl dopravních nehod při ojedinělém výskytu bouřek a klesající podíl nehod při výskytu bouřek místy. Podíl dopravních nehod za bouřek na většině území v letech 2007–2009 každoročně roste. K vyjádření vztahu mezi počtem dopravních nehod a dny s výskytem bouřek pomohl graf 18, který zmíněné údaje zobrazuje vůči sobě v poměru pro jednotlivé kategorie bouřek.

Tab. 13: Relativní četnost dopravních nehod a absolutní četnost dnů s výskytem bouřek v ČR na základě počtu stanic s bouřkou za příslušné 24 hodinové období v měsíci (IV–IX) v letech 2007, 2008 a 2009

Kategorie bouřek	Relativní četnost dopravních nehod [%]	Absolutní četnost dnů s výskytem bouřek	Relativní četnost dopravních nehod [%]	Absolutní četnost dnů s výskytem bouřek	Relativní četnost dopravních nehod [%]	Absolutní četnost dnů s výskytem bouřek
	2007		2008		2009	
bez bouřek	62,5	116	64,8	120	59,0	109
ojetiněle	16,8	33	19,6	36	26,9	50
místy	20,0	32	13,5	25	10,7	17
na většině území	0,7	2	2,1	2	3,4	7
$\Sigma$	100	183	100	183	100	183

Graf 18: Počet dopravních nehod připadajících na 1 den dané kategorie výskytu bouřek v letech 2007, 2008 a 2009



Mlhu tvoří atmosférický aerosol, sestávající z velmi malých vodních kapiček, popř. drobných ledových krystalků rozptýlených ve vzduchu, který zmenšuje vodorovnou dohlednost při zemi třeba jen v jednom směru pod 1 km (Sobíšek, 1993).

Kategorie mlh v Denním přehledu počasí (viz. Příloha 1) znamenají plošný výskyt mlh v ČR (dohlednost pod 1000 m) na základě počtu stanic s mlhou za příslušné 24 hodinové období podle následující tab. 14. Plošný výskyt mlh v ČR je navíc zjišťován pouze na

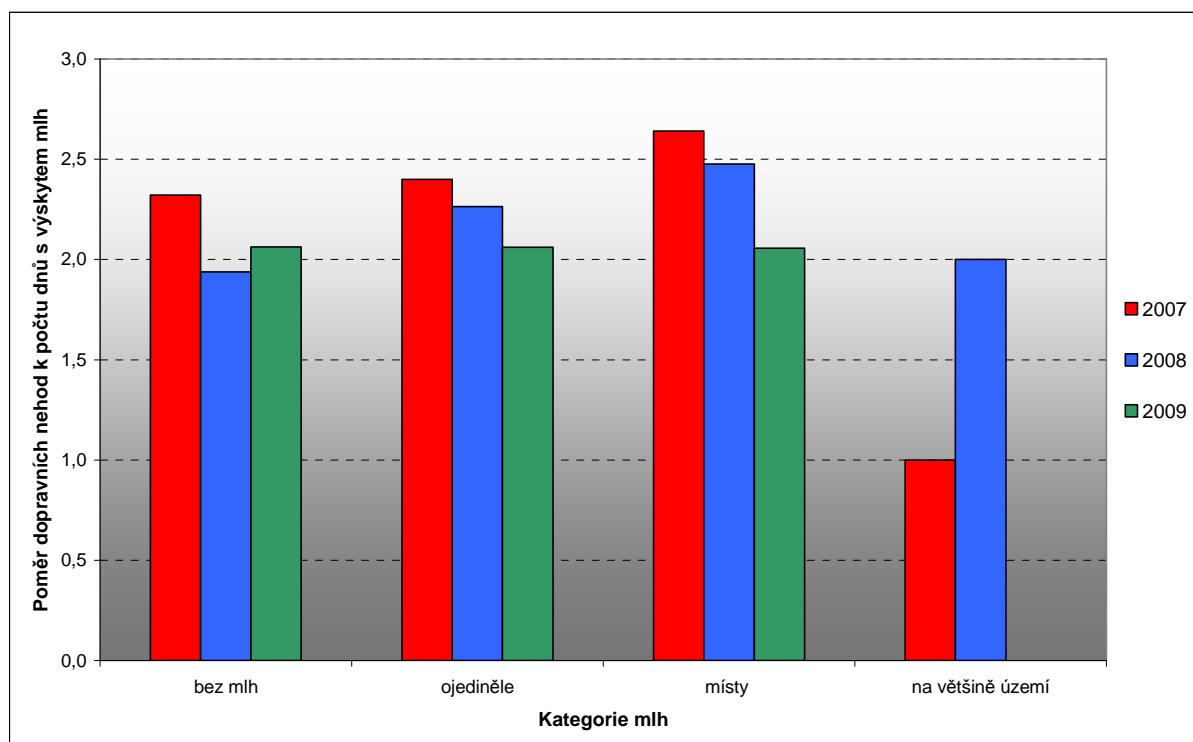
meteorologických stanicích s nadmořskou výškou pod cca 600 m n. m. a to v období měsíců X–III. Parametr intenzity mlh není uvažována, ani není v Denním přehledu počasí uváděn. Relativní četnost dopravních nehod s výskytem mlh na max. 4 % stanic (kategorie bez mlh) meziročně narůstá. Zbylé kategorie mlh představují spíše proměnlivý meziroční průběh relativní četnosti dopravních nehod.

Vztah poměru počtu dopravních nehod k počtu dnů s výskytem mlh je vyjádřen na grafu 19. Nejvyšší hodnoty výsledného poměru jsou dosahovány při výskytu mlh místy. Meziročně hodnoty poměru klesají dle evidovaného každoročního poklesu smrtelných nehod.

Tab. 14: Počet dopravních nehod a plošný výskyt mlh v ČR na základě počtu stanic s mlhou za příslušné 24 hodinové období v měsíci (X–III) v letech 2007–2009

Kategorie mlh	Relativní četnost dopravních nehod [%]	Absolutní četnost dnů s výskytem mlh	Relativní četnost dopravních nehod [%]	Absolutní četnost dnů s výskytem mlh	Relativní četnost dopravních nehod [%]	Absolutní četnost dnů s výskytem mlh
	2007		2008		2009	
bez mlh	29,7	56	31,2	64	34,9	63
ojedinele	54,9	100	40,3	72	45,3	82
místy	15,1	25	27,0	44	19,8	37
na většině území	0,2	1	1,5	3	0,0	0
$\Sigma$	100	182	100	183	100	182

Graf 19: Počet dopravních nehod připadajících na 1 den dané kategorie výskytu mlh v letech 2007, 2008 a 2009





## Průchody atmosférických front přes stanici Praha-Ruzyně a Brno-Tuřany

Atmosférická fronta je pásmo styku různých vzduchových hmot v atmosféře. Pro zjednodušení představy a někdy i pro teoretické úvahy nahrazujeme toto pásmo plochou diskontinuity (rozhraním). Atmosférická fronta se vyskytuje převážně v troposféře. Šířka pásma v horizontálním směru bývá několik desítek kilometrů, tloušťka ve vertikálním směru několik set metrů, popř. jednotky km. Průměrný sklon fronty vzhledem k zemskému povrchu je nejčastěji kolem  $0,5^\circ$  (Sobíšek, 1993).

Průchody atmosférických front přes stanici Praha-Ruzyně (letišťe) se v Českém hydrometeorologickém ústavu sledují od r. 1950. Průchody se určují subjektivní metodou a do Měsíčního přehledu počasí (viz. Příloha 2) se zapisují:

- čas průchodu fronty ve světovém čase (UTC) s přesností na 1 hodinu
- datum průchodu fronty
- typ fronty: teplá (T), studená (S), okluzní (O)

Předpověď průchodů atmosférických front se provádí na základě synoptických předpovědí, které jsou sestaveny pomocí porovnávání za sebou jdoucích analyzovaných synoptických map, kdy se s časovým předstihem sleduje vývoj tlakových útvarů a atmosférických front (ČHMÚ, 2012).

Jaký vliv na nehodovost má průchod atmosférické fronty přes stanici v Čechách a na Moravě? Lze očekávat zvýšení počtu dopravních nehod při průchodu více front přes stanici? Na základě tabulek 15 a 16 můžeme sledovat vyšší četnost dnů s průchodem jedné a více front přes stanice Praha-Ruzyně a Brno-Tuřany. Důvodem je nejčastější postup atmosférických front od západu přes Českou republiku, za nimiž postupuje na naše území vlhký oceánský vzduch. Tento směr postupu front souvisí s převládající dráhou tlakových níží, které vznikají nad Atlantským oceánem a postupují do Evropy. S tím souvisí i vyšší počet dopravních nehod. Podle rozdělení průchodů atmosférických front vychází na stanicích Praha-Ruzyně a Brno-Tuřany nejnižší průměrný denní počet nehod při průchodu jedné fronty přes stanici. Naopak největší nebezpečí vzniku dopravní nehody představují dny s průchodem 2 a více front. Průměrný denní počet nehod pak dosahuje na obou stanicích nejvyšších hodnot.

Podrobnějším sledováním dnů s průchodem pouze jedné fronty za den přes stanice Praha-Ruzyně a Brno-Tuřany byl zjištěn výrazný rozdíl v četnosti okluzních a studených front

(tab. 17 a 18). Zatímco dny s průchodem okluzní fronty přes stanici Brno-Tuřany patří mezi ty s nejnižším průměrným počtem nehod, průchod okluzní fronty přes stanici Praha-Ruzyně vykazuje nejvyšší průměrný denní počet nehod. Nejvíce rizikové podmínky pro vznik dopravní nehody představují dny s průchodem studené fronty přes stanici Brno-Tuřany.

Pro potřeby následující kapitoly byl ve dnech se 4 a více smrtelnými nehodami dále sledován i výskyt dnů s průchodem atmosférických front přes území České republiky. Tím je myšlen den s průchodem front alespoň přes stanici Praha-Ruzyně, Brno-Tuřany nebo obě zároveň (tab. 19).

Tab. 15: Vliv četnosti atmosférických front na počet dopravních nehod při průchodu přes stanici Praha-Ruzyně v letech 2007–2009

Průchod atmosférických front	Četnost dnů	Počet dopravních nehod	Průměrný denní počet nehod
0	558	1353	2,42
1	363	831	2,29
≥2	175	442	2,53
Σ	1096	2626	

Tab. 16: Vliv četnosti atmosférických front na počet dopravních nehod při průchodu přes stanici Brno-Tuřany v letech 2007–2009

Průchod atmosférických front	Četnost dnů	Počet dopravních nehod	Průměrný denní počet nehod
0	805	1958	2,43
1	261	594	2,28
≥2	30	74	2,47
Σ	1096	2626	

Tab. 17: Vliv druhu atmosférické fronty na počet dopravních nehod při průchodu jedné fronty přes stanici Praha-Ruzyně v letech 2007–2009

Druh atmosférické fronty	Relativní četnosti [%]		Průměrný denní počet nehod
	Dnů s průchodem jedné fronty	Dopravních nehod	
O	38,8	40,0	2,35
S	41,9	40,3	2,20
T	19,3	19,7	2,34
Σ	100	100	

Tab. 18: Vliv druhu atmosférické fronty na počet dopravních nehod při průchodu jedné fronty přes stanici Brno-Tuřany v letech 2007–2009

Druh atmosférické fronty	Relativní četnosti [%]		Průměrný denní počet nehod
	Dnů s průchodem jedné fronty	Dopravních nehod	
O	21,8	18,2	1,89
S	63,6	68,0	2,43
T	14,6	13,8	2,16
$\Sigma$	100	100	

Tab. 19: Četnost dnů s průchodem atmosférických front přes území ČR ve dnech se 4 a více smrtelnými dopravními nehodami na pozemních komunikacích v letech 2007–2009

Den	2007	2008	2009
s průchodem atmosférické fronty přes území ČR	53	47	37
bez průchodu atmosférické fronty přes území ČR	52	37	21

Výpočty směrodatné odchylky počtu dopravních nehod ve dnech s průchody atmosférických front s použitím relativních četností

Tab. 20: Výpočet a porovnání směrodatné odchylky počtu dopravních nehod ve dnech s průchody atmosférických front přes stanici Praha-Ruzyně a Brno-Tuřany na základě rozdělení relativních četností ( $\bar{X}_R = 875$ ,  $n = 1096$ )

Průchod atmosférických front přes stanici Praha-Ruzyně	Relativní četnosti $f_1/n$	Odchylka $(x_1 - \bar{X}_R)$	Kvadratická odchylka $(x_1 - \bar{X}_R)^2$	Vážená kvadratická odchylka $(x_1 - \bar{X}_R)^2 \left(\frac{f_1}{n}\right)$
0	0,51	478	228 484	116 326,7
1	0,33	-44	1 936	641,2
$\geq 2$	0,16	-433	187 489	29 936,6

Průchod atmosférických front přes stanici Brno-Tuřany	Relativní četnosti $f_2/n$	Odchylka $(x_2 - \bar{X}_R)$	Kvadratická odchylka $(x_2 - \bar{X}_R)^2$	Vážená kvadratická odchylka $(x_2 - \bar{X}_R)^2 \left(\frac{f_2}{n}\right)$
0	0,72	1083	1 172 889	861 474,1
1	0,24	-281	78 961	18 803,7
$\geq 2$	0,03	-801	641 601	17 562,1

$\bar{X}_R$  ... průměrný počet smrtelných dopravních nehod v letech 2007–2009

$n$  ... celkový počet dnů tří let 2007–2009

Vzorec pro výpočet střední kvadratické odchylky (MSD):

$$MSD \cong \sum (x_i - \bar{X}_R)^2 \left( \frac{f_i}{n} \right)$$

$$MSD_{PRAHA} = 146\,905 \quad MSD_{BRNO} = 897\,839,9$$

Konečně lze snadno vypočítat rozptyl na základě střední kvadratické odchylky:

$$s^2 = \left( \frac{n}{n-1} \right) MSD$$

$$s^2 = \left( \frac{1096}{1096-1} \right) MSD$$

$$s^2_{PRAHA} = 147\,039 \quad s^2_{BRNO} = 898\,659,8$$

Pro výběry s velkým rozsahem je  $n/(n-1)$  rovno prakticky 1. Pro velké výběry lze tedy přijmout vztah:

$$s^2 = MSD$$

Abychom kompenzovali umocnění odchylek, nakonec výsledek odmocníme. Tím získáme standardní měřítko odchylky od průměru – tzv. směrodatnou odchylku  $s$  počtu dopravních nehod ve dnech s průchody atmosférických front:

$$s_{PRAHA} = \sqrt{MSD} = 383,5 \quad s_{BRNO} = 948$$

Vypočtená hodnoty  $s_{PRAHA} = 383,5$  a  $s_{BRNO} = 948$  jsou skutečně typickými odchylkami ležícími mezi nejmenší a největší odchylkou (44, 478) a (281, 1083).

## Kontingenční tabulky a test nezávislosti

Tetrachorická tabulka je speciálním případem kontingenční tabulky, kdy měřená data mohou nabývat právě jedné ze dvou kategorií. Kontingenční tabulky jsou přímou aplikací vlastností  $\chi^2$  (čti „chí kvadrát“) rozdělení, které popisuje chování nezávislých veličin s normalizovaným normálním rozdělením (Anděl, 2007).

Výpočet odhadu hodnoty v  $i$ -tém sloupci a  $j$ -tém řádku lze spočítat tak, že se vynásobí součet hodnot v  $i$ -tém sloupci se součtem hodnot v  $j$ -tém řádku a podělí se počtem všech prvků v tabulce. Zjištěné četnosti výskytu se obvykle označují  $n_{ij}$ , kde  $i$  je příslušný řádek a  $j$  příslušný sloupec kontingenční tabulky. Četnosti odhadnuté za předpokladu nezávislosti znaků se obvykle označují  $m_{ij}$  (Anděl, 2007). Pro statistiku  $\chi^2$  platí:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \frac{(n_{ij} - m_{ij})^2}{m_{ij}}$$

Výslednou hodnotu  $\chi^2$  je třeba porovnat s kritickou hodnotou  $\chi_v^2(\alpha)$ . Parametr  $v$  (někdy též df) označuje počet stupňů volnosti a má hlubší matematický význam. V případě kontingenční tabulky se počet stupňů volnosti určí jako součin počtu řádků zmenšeného o jedna s počtem sloupců zmenšeným o jedna. Počet stupňů volnosti tetrachorické tabulky je tedy roven jedné. Parametr  $\alpha$  je požadovanou nejistotou prvního druhu, v biomedicínské statistice se značí jako hladina významnosti  $p$  (Anděl, 2007).

## Rozložení výskytu průchodů atmosférických front a smrtelných dopravních nehod

Pro rozšířené zpracování dat průchodů atmosférických front a dopravních nehod v letech 2007–2009 bylo použito sestavení polychorické tabulky. Dny s průchodem atmosférické fronty jsou rozděleny do tří kategorií: den bez průchodu atmosférické fronty (0), den o průchodu jedné atmosférické fronty (1) a den o průchodu jedné a více atmosférických front ( $>1$ ). Údaje o průchodu atmosférické fronty přes území ČR byly získány z Měsíčních přehledů počasí, vydávaného ČHMÚ. Dále byly sledovány dny bez dopravní nehody (0), dny s nadprůměrným ( $\geq \bar{X}_D$ ) a podprůměrným ( $< \bar{X}_D$ ) počtem dopravních nehod. Symbol  $\bar{X}_D$  představuje hodnotu tří dopravních nehod denně, která dle zpracované četnosti výskytu dopravních nehod na pozemních komunikacích ČR v letech 2007–2009 (viz graf 11), charakterizuje nadprůměrný denní počet nehod. Šetření méně než 3 dopravních nehod denně je bráno za podprůměr. Hodnoty zjištěných a odhadnutých četností jsou zapsány v polychorických tabulkách (tab. 21 a 22).

Tab. 21: Zjištěné četnosti průchodů atmosférických front a dopravních nehod

Den	0	1	$>1$	$\Sigma$
0	42	46	34	122
$\geq \bar{X}_D$	201	142	119	462
$< \bar{X}_D$	211	166	135	512
$\Sigma$	454	354	288	n

Tab. 22: Odhadnuté četnosti průchodů atmosférických front a dopravních nehod

Den	0	1	>1	$\Sigma$
0	50,53	39,41	32,06	122
$\geq \bar{X}_D$	191,38	149,22	121,40	462
$< \bar{X}_D$	212,09	165,37	134,54	512
$\Sigma$	454	354	288	m

Výpočet:

$$\chi^2 = \frac{(42 - 50,53)^2}{50,53} + \frac{(46 - 39,41)^2}{39,41} + \frac{(34 - 32,06)^2}{32,06} + \frac{(201 - 191,38)^2}{191,38} + \frac{(142 - 149,22)^2}{149,22} + \frac{(119 - 121,40)^2}{121,40} + \frac{(211 - 212,09)^2}{212,09} + \frac{(166 - 165,37)^2}{165,37} + \frac{(135 - 134,54)^2}{134,54} = 3,5523$$

Stanovením parametru  $\nu$  0,05 (hladina významnosti je 5 %) a počet stupňů volnosti bude 2, vyjde:

$$\chi_2^2(0,05) = 5,99$$

Statistika chí kvadrátu  $\chi^2$  i tentokrát vyšla nižší než kritická hodnota  $\chi_2^2(0,05)$ , proto přijímáme nulovou hypotézu, že přechody atmosférických front přes území ČR nejsou závislé na dnech s nadprůměrným či podprůměrným počtem šetřených dopravních nehod. Přechody atmosférických front tak neovlivňují počet dopravních nehod.

## Rozložení výskytu typů povětrnostních situací a smrtelných dopravních nehod

Ke studiu rozložení cyklonálních (C) a anticyklonálních (A) povětrnostních situací a dní s nadprůměrným ( $\geq \bar{X}_D$ ) a podprůměrným ( $< \bar{X}_D$ ) počtem dopravních nehod v letech 2007–2009 byl použit test nezávislosti. Informace o aktuálním synoptickém typu byly čerpány z kalendáře povětrnostních situací pro území České republiky, vydávaného ČHMÚ. Výsledky jsou přehledně zapsány do tabulky zjištěných četností (tab. 23).

Tab. 23: Zjištěné četnosti typů povětrnostních situací a dopravních nehod

Den	C	A	$\Sigma$
$\geq \bar{X}_D$	338	162	500
$< \bar{X}_D$	385	211	596
$\Sigma$	723	373	n

Za předpokladu nezávislosti znaků by mělo platit, že podíl dní s nadprůměrným a podprůměrným počtem dopravních nehod bude stejný jak v celkovém souboru, tak i v souboru dní s cyklonální a anticyklonální povětrnostní situací. Analogicky i podíl dní s cyklonální a anticyklonální povětrnostní situací v souboru dní s nadprůměrným a podprůměrným počtem dopravních nehod by měl být stejný jako v celém souboru. Pak lze sestavit tabulku odhadnutých četností (tab. 24).

Tab. 24: Odhadnuté četnosti typů povětrnostních situací a dopravních nehod

Den	C	A	$\Sigma$
$\geq \bar{X}_D$	329,84	170,16	500
$< \bar{X}_D$	393,16	202,84	596
$\Sigma$	723	373	m

Výpočet:

$$\chi^2 = \frac{(338 - 329,84)^2}{329,84} + \frac{(162 - 170,16)^2}{170,16} + \frac{(385 - 393,16)^2}{393,16} + \frac{(211 - 202,84)^2}{202,84} = 1,0908$$

Stanovením parametru  $\nu$  0,05 (hladina významnosti je 5 %) a počet stupňů volnosti bude 1, vyjde:

$$\chi_1^2(0,05) = 3,84$$

Jelikož statistika chí kvadrátu  $\chi^2$  vyšla nižší než kritická hodnota  $\chi_1^2(0,05)$ , přijímáme nulovou hypotézu, tedy hypotézu, že nadprůměrný či podprůměrný den z hlediska počtu šetřených dopravních nehod není závislý na výskytu cyklonální či anticyklonální povětrnostní situace.

## 6. Nehodový den

Jedním z cílů zpracování dat smrtelných dopravních nehod na pozemních komunikacích České republiky bylo pokusit se definovat den, který by charakterizoval nepříznivé povětrnostní podmínky a vysokou četnost nehod. Den, prezentující dopravní nehodu, u níž sehrálo značnou roli počasí. Mluvíme pak o tzv. nehodovém dnu.

Nehodový den – den s výskytem zvýšeného počtu (4 a více) smrtelných dopravních nehod, vyhodnoceného na základě platnosti vybraných podmínek o nepříznivém stavu povrchu vozovky a nepříznivých povětrnostních podmínkách z evidence Policie ČR. Současně je dnem se záznamem 58 a více stanic s naměřenými srážkami a průchodem atmosférické fronty přes území ČR z archivu Denního a Měsíčního přehledu počasí ČHMÚ.

V době vyspělých informačních technologií se v oborech meteorologie a silniční dopravy nabízí otázka, je-li možné zvýšit včasnou informovanost řidičů před nepříznivými jevy počasí, které mají prokazatelný vliv na plošný nárůst smrtelných dopravních nehod. Smysl zavést nový termín do praxe, tkví na základě včasné předpovědi nehodových dnů pro řidiče motorových vozidel prostřednictvím např. dopravních rozhlasových zpráv (Zelená vlna Českého Rozhlasu 1 Radiožurnál). Termín nehodový den, tak v sobě zahrnuje informaci o změně povětrnostních podmínek, které souvisí se stavem povrchu vozovky. Varování na výskyt nehodových dnů má za cíl přimět řidiče k dbání zvýšené pozornosti při silničním provozu, snažit se více vnímat změnu počasí a přispět tak ke snížení počtu dopravních nehod ovlivněných počasím.

Nehodové dny jsou výsledkem zpracovaných dnů s četností 4 a více dopravních nehod a vybraných kritérií z poskytnutých dat Policie ČR a ČHMÚ. Kritériem dat Policie ČR jsou dopravní nehody obsahující vybraný záznam (tučně zvýrazněné) o nepříznivém stavu povrchu vozovky a nepříznivé povětrnostní podmínce (viz. tab. 6). V případě dat ČHMÚ byl kritériem výběr dnů s nadpolovičním počtem 58 stanic s naměřenými srážkami a průchodem atmosférických front alespoň přes stanici Praha-Ruzyně, Brno-Tuřany nebo obě zároveň.



Tab. 25: Měsíční přehled nehodových dnů zpracovaný podle dat Policie ČR a ČHMÚ v letech 2007–2009

Měsíc	Průměrný roční počet nehodových dnů podle Policie ČR	Průměrný roční počet nehodových dnů podle ČHMÚ
Leden	3	2
Únor	2	1
Březen	1	3
Duben	1	1
Květen	2	2
Červen	4	4
Červenec	3	4
Srpen	2	3
Září	3	3
Říjen	3	2
Listopad	5	3
Prosinec	5	3
Celkem	34	31

Období únor–duben patří k měsícům s nejnižším počtem nehodových dnů v letech 2007–2009 (viz tab. 25), které je spojováno s převážně nižší intenzitou dopravy. Roční chod srážek v České republice lze charakterizovat jako kontinentální s minimem v zimě a na počátku jara. Červen a červenec jsou podle Měsíčních přehledů počasí obdobím s nejvyšší dosahovanou frekvencí průchodů atmosférických front a výrazné proměnlivosti počasí, nebezpečnými měsíci pro výskyt nehodových dnů. V listopadu a prosinci byl zaznamenán nejvyšší průměrný roční počet nehodových dnů podle dat Policie ČR. Vyšší počet nehodových dnů souvisí s výskytem proměnlivého počasí s často s vysokým úhrnem srážek a tvorbou nebezpečných jevů na povrchu vozovky. Příčina nižší četnosti nehodových dnů podle dat ČHMÚ tkví v nižší frekvenci průchodů atmosférických front v zimním období.

Tab. 26: Podíl hlavních příčin dopravních nehod na celkovém počtu evidovaných nehod šetřených během nehodových dnů v letech 2007–2009

Hlavní příčina nehody	Počet dopravních nehod [%]			Roční průměr za sledované období [%]
	2007	2008	2009	
Nezaviněná řidičem	4,0	1,8	7,0	4,3
<b>Nepřízpůsobení rychlosti - celkem</b>	<b>56,0</b>	<b>48,2</b>	<b>55,8</b>	<b>53,3</b>
hustotě provozu	2,7	0	0	0,9
z viditelnosti	9,3	7,1	2,3	6,3
toho vlastnostem vozidla a nákladu	1,3	1,8	0,0	1,0
stavu vozovky	34,7	32,1	48,8	38,5
dopravně technickému stavu vozovky	8,0	7,1	4,7	6,6
Překročení předepsané rychlosti stanovené pravidly	1,3	0	0	0,4
Při předjíždění došlo k ohrožení protijedoucího řidiče	2,7	3,6	4,7	3,6
<b>Nedání přednosti - celkem</b>	<b>5,3</b>	<b>16,1</b>	<b>11,6</b>	<b>11,0</b>
proti příkazu dop. značky STŮJ DEJ PŘEDNOST	2,7	3,6	0,0	2,1
z proti příkazu dop. značky DEJ PŘEDNOST	0	8,9	7,0	5,3
toho při vjíždění na silnici	1,3	0,0	0	0,4
chodci na vyznačeném přechodu	0	3,6	2,3	2,0
jiné	1,3	0,0	2,3	1,2
Jízda po nesprávné straně vozovky, vjetí do protisměru	6,7	12,5	9,3	9,5
Nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem	1,3	0	0,0	0,4
Bezohledná, agresivní, neohleduplná jízda	0	0	2,3	0,8
Řidič se plně nevěnoval řízení vozidla	9,3	16,1	4,7	10,0
Nezvládnutí řízení vozidla	9,3	1,8	0	3,7
Jiný druh nesprávného způsobu jízdy	4,0	0,0	4,7	2,9
Celkem	100	100	100	100

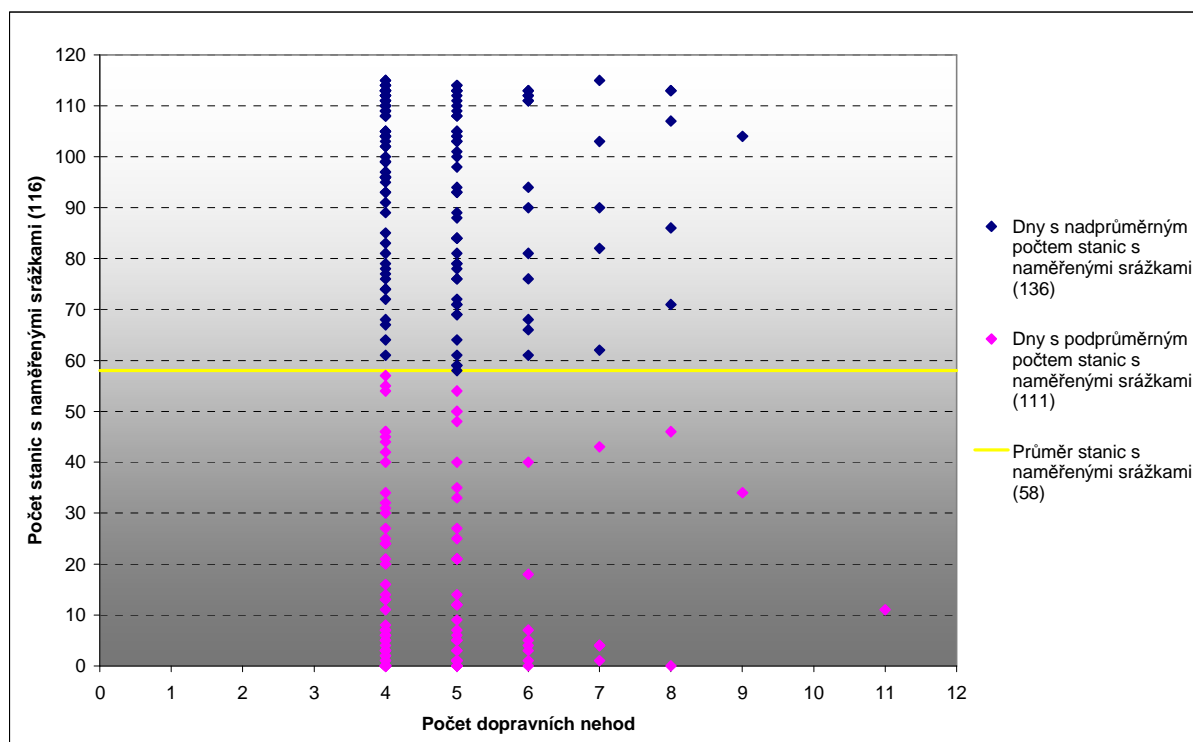
Nejčtenější příčinou dopravní nehody řidičů motorových vozidel během nehodových dnů v období 2007–2009 (viz tab. 26) bylo nepřízpůsobení rychlosti stavu vozovky (38,5 %) a nehody zaviněné nevěnováním potřebné pozornosti řízení vozidla (10 %). Pouze tyto dvě hlavní příčiny nehod představují téměř 50 % z celkového počtu dopravních nehod řidičů motorových vozidel (červeně zvýrazněné).

Meziroční kolísání počtu dopravních nehod v kategoriích nedání přednosti (11 %) a jízda po nesprávné straně vozovky, vjetí do protisměru (9,5 %) charakterizuje agresivitu chování některých účastníků silničního provozu na pozemních komunikacích (modře zvýrazněné). Společně pak s nepřízpůsobením rychlosti dopravně technickému stavu vozovky (6,6 %) tvoří dalších 27,1 % z celkového počtu dopravních nehod řidičů motorových vozidel během nehodových dnů.

Jak již bylo v úvodu této kapitoly zmíněno, pro výběr dnů s předpokladem plošného výskytu srážek nad Českou republikou, byly vybrány dny s naměřenými srážkami u nadprůměrného počtu ze 116 meteorologických stanic, uvedených v Denním přehledu

počasí. Graficky lze rozložení dnů s četností 4 a více dopravních nehod spolu s přehledem počtu dnů o nadprůměrném a podprůměrném počtu stanic s naměřenými srážkami vidět na grafu 20. V průběhu sledovaných let 2007–2009 se každoročně vyskytl větší počet dnů s nadprůměrným počtem stanic s naměřenými srážkami.

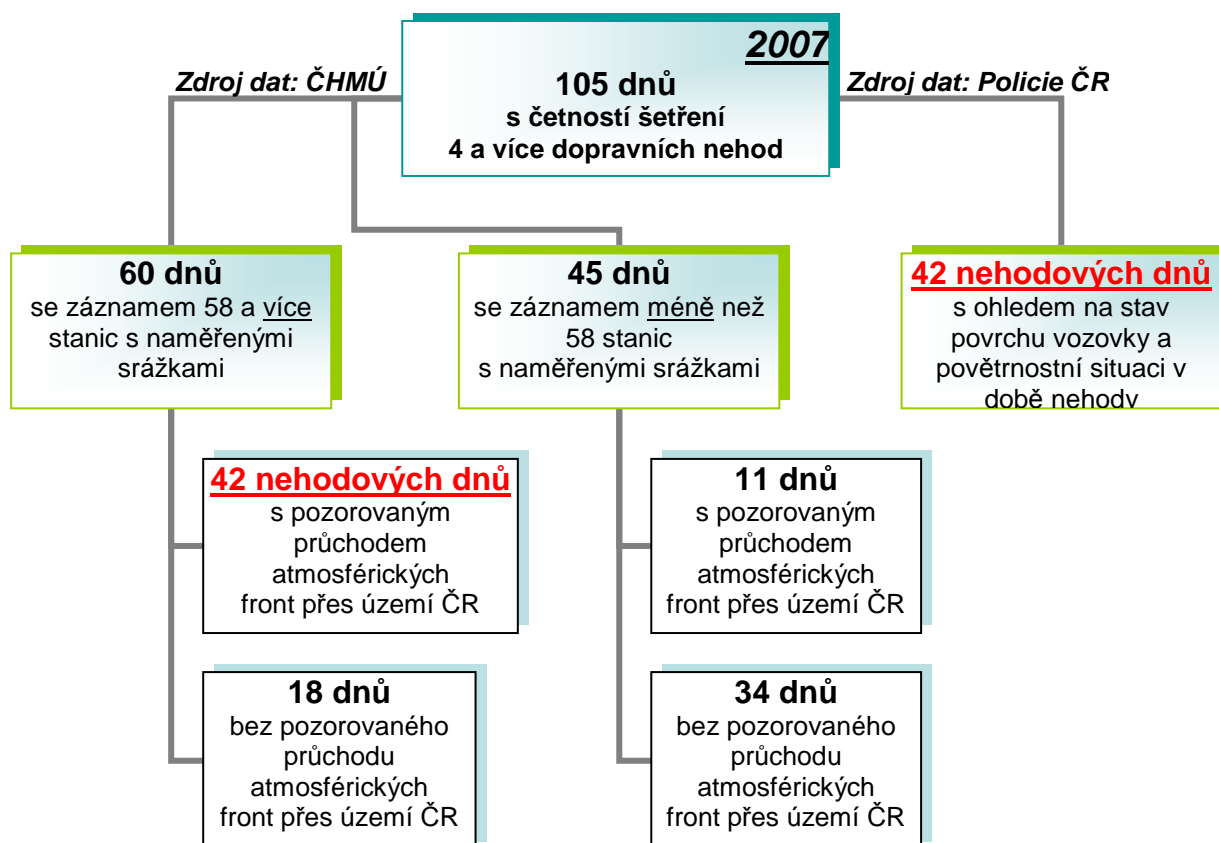
Graf 20: Rozložení dnů se 4 a více smrtelnými dopravními nehodami a počtu stanic s naměřenými srážkami na pozemních komunikacích ČR v letech 2007–2009

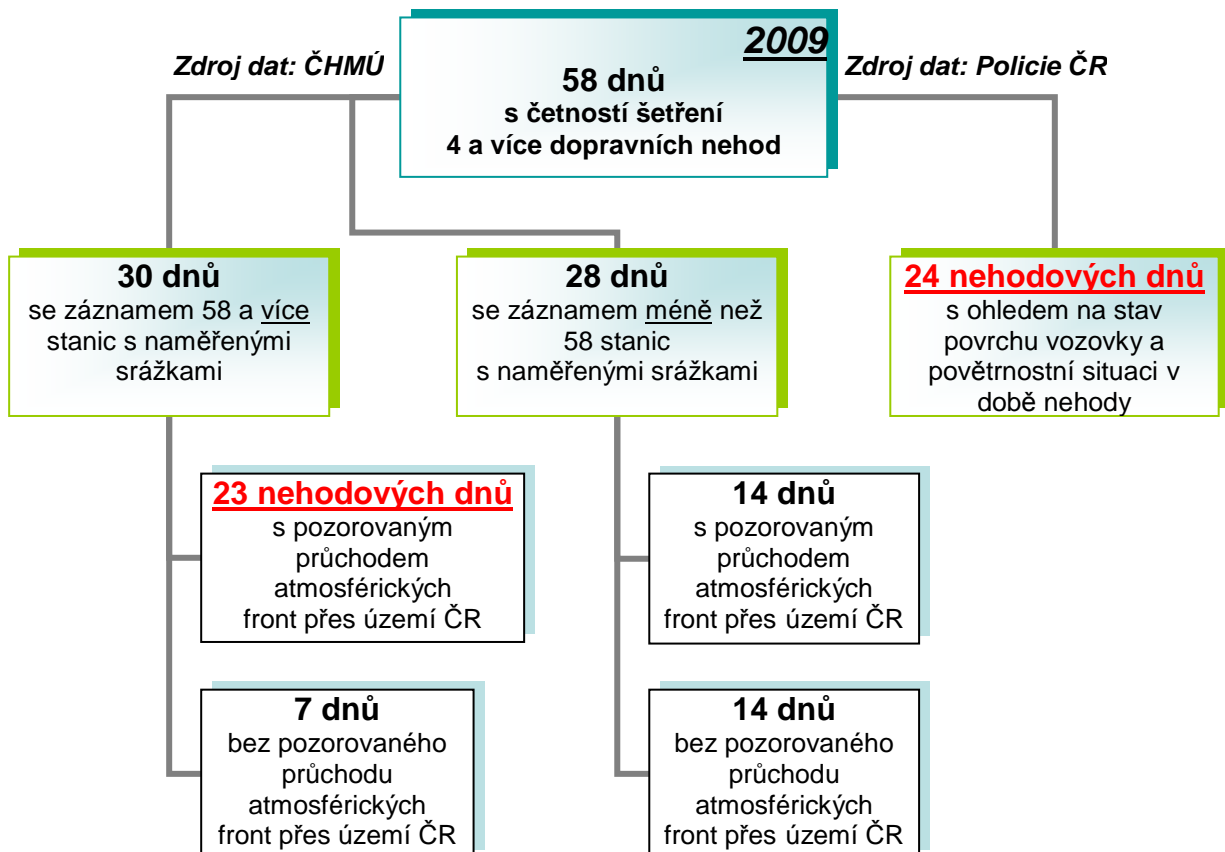
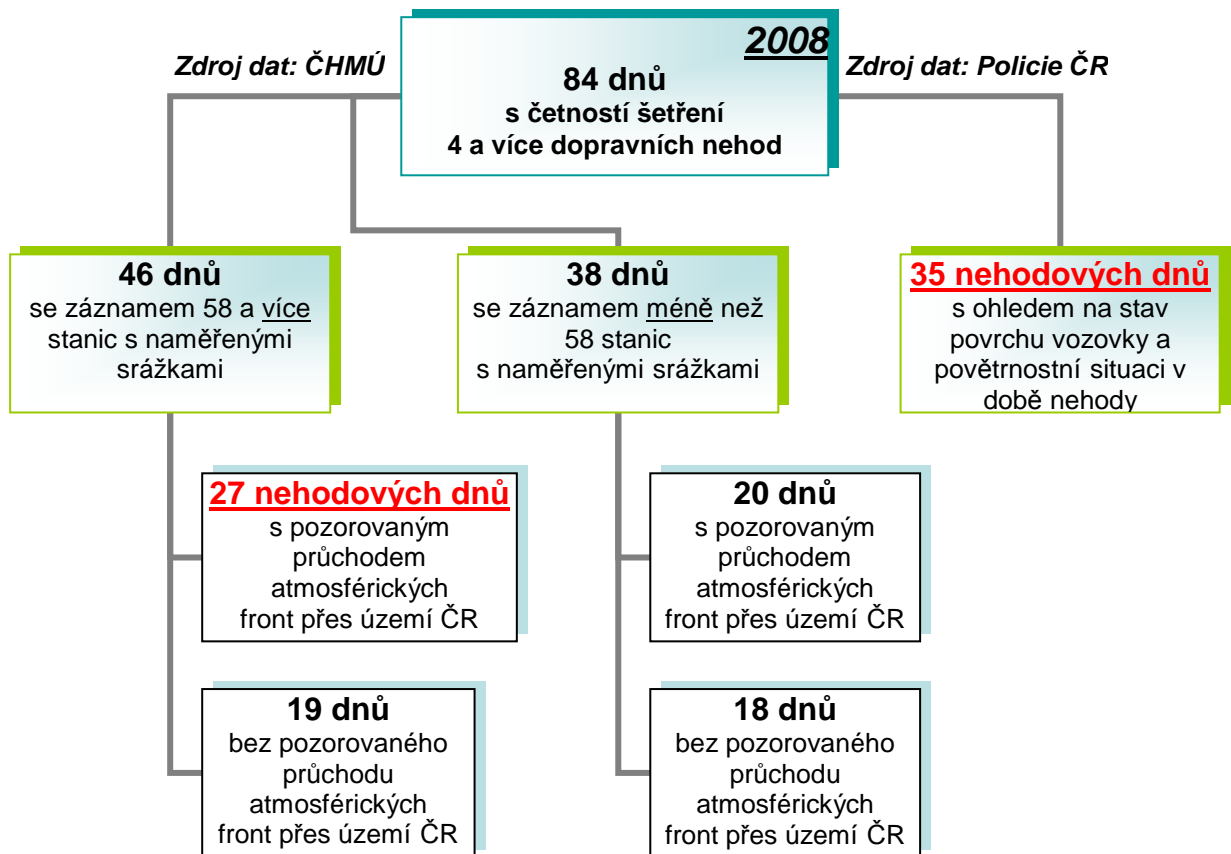


Pro závěrečné shrnutí poznatků vyplývajících z analýzy nehodových dnů byly vytvořeny diagramy 1–3, zabývající se vztahy dnů s četností 4 a více dopravních nehod dle původu zdroje dat za účelem vyjádření nehodových dnů. Ze záznamů dopravních nehod Policie ČR jsou za nejvíce rizikové a nebezpečné dny určeny nehodové dny, při nichž došlo k šetření 4 a více dopravních nehod a k zaznamenání nepříznivého stavu povrchu vozovky spolu s nepříznivými povětrnostními podmínkami v době nehody. Z dat přehledů počasí ČHMÚ se na stejném počtu dnů s četností 4 a více dopravních nehod aplikoval postup se zaměřením na dny, kdy byl zjištěn nadpoloviční počet stanic s naměřenými srážkami spolu s průchodem atmosférických front přes území ČR.

Diagramy 1–3 znázorňují meziroční snížení počtu dnů s četností 4 a více smrtelných dopravních nehod, což dokládá pokles nehodovosti na pozemních komunikacích v letech 2007–2009. Paralelně klesá i rozdíl mezi dny se záznamem 58 a více stanic s naměřenými srážkami a dny s méně než 58 stanic s naměřenými srážkami. V každém z diagramů jsou hlavním předmětem zájmu údaje o počtu nehodových dnů (červeně) zpracovaných ze zdrojů dat Policie ČR a ČHMÚ. S výjimkou roku 2008, kdy se počet nehodových dnů liší o 8 dnů, dosahují počty nehodových dnů velmi blízkých hodnot. Výsledkem je soubor nehodových dnů v rozsahu 20–40 dnů za rok. Na základě poznatků o četnosti nehodových dnů v jednotlivých měsících a zpracovaných meteorologických prvcích, lze spolu s předpovědí počasí ČHMÚ vydávat pro řidiče motorových vozidel informaci, upozorňující na výskyt nehodového dne.

Diagram 1–3: Vztahy dnů s četností 4 a více dopravních nehod dle původu zdroje dat za účelem vyjádření nehodových dnů 2007–2009





## 7. Diskuze

Cílem diplomové práce bylo zjistit, které meteorologické faktory mají významný vliv na závažné nehody v silniční dopravě na území ČR a pokusit se navrhnout opatření ke snížení nehodovosti ovlivněné počasím.

Vyjádřením počtu smrtelných dopravních nehod v poměru k intenzitě dopravy bylo poukázáno na vliv počasí v průběhu roku. Byl prokázán nárůst počtu dopravních nehod počátkem měsíce září s poklesem v průběhu ledna. Výrazně se projevil i nárůst v červnu, jelikož se jedná zpravidla o nejdeštivější měsíc v roce s výskytem mnoha extrémních povětrnostních situací. Nepodařilo se potvrdit vztah výskytu dopravních nehod na sledovaných silnicích I. tříd se statutem a bez statutu mezinárodní silnice, přestože je náznak souběžnosti průběhu křivek pozorovatelný.

Zpracované údaje o stavu povrchu vozovky a povětrnostních podmínkách v době nehody ukázaly, že ve dnech se zvýšenou četností dopravních nehod se za nepříznivého stavu povrchu vozovky stane v ročním průměru až 30 % šetřených nehod v období 2007–2009. Nepříznivé povětrnostní podmínky se podílí na více než 15 % šetřených nehod.

Analýza dopravních nehod a meteorologických prvků naznačila, že vyjádření vztahu mezi nepříznivým počasím a dopravními nehodami není zdaleka jednoduché. Výsledky i přes to potvrdily, že vyšší úhrny atmosférických srážek a více průchodů atmosférických front v průběhu jednoho dne, znamená spíše nárůst průměrného denního počtu nehod. Úhrny srážek lze spolehlivě sledovat kombinací radarových odhadů se srážkoměrnými měřeními, poskytující nejpřesnější dostupný plošný odhad srážek. Průchody atmosférických front jsou s časovým předstihem předpověditelné ze synoptických map. Zmíněným meteorologickým jevům by proto měla být věnována zvýšená pozornost při analýze nehodového dne.

Při plošném výskytu mlh nebyl zaznamenán významný vztah k četnosti smrtelných dopravních nehod, avšak vliv teploty vzduchu se ukázal jako opodstatněný. Potvrzuje to zvýšená četnost smrtelných dopravních nehod ve dnech s průměrnou denní teplotou vzduchu vyšší než 15 °C.

Stanovení nehodových dnů upozorňuje na výskyt dnů se 4 a více smrtelnými nehodami zvláště při nepříznivých povětrnostních podmínkách. Předpověď nehodového dne lze uplatnit jako opatření ke snížení nehodovosti ovlivněné počasím, které je nutné nadále testovat a doplňovat o aktuální data.

V období jednání s policejním prezídiem ČR o poskytnutí dat dopravních nehod bylo zvoleno únosné období tří aktuálně dostupných let 2007, 2008 a 2009. Dnes, v roce 2012, se nabízí diskuze nad doplněním dat o aktuální roky 2010 a 2011, které by přispěly k rozšíření vstupních dat a ke zpřesnění výstupních údajů za delší časové období.

Vzhledem k rozdílným intenzitám dopravy v průběhu týdne přichází v úvahu i zpracování (za předpokladu rozšíření o aktuální data), které by zohlednilo šetření nehod v pracovní dny a o víkendu. Pracovní dny vykazují oproti víkendu větší procento zkušených profesionálních řidičů a řidičů služebních vozidel. Víkendy patří na silnicích řidičům, kteří svou cestu uskutečňují spíše za účelem strávení osobního volna. Ti tak mají možnost volby, zda za nepříznivých povětrnostních podmínek cestu uskuteční či nikoliv.

Vystihnout vztahy vlivu počasí na smrtelné dopravní nehody se ukázalo jako nelehký úkol. Nepotvrdilo se, že období zimních měsíců je více náchylné k četnosti smrtelných nehod, vzhledem k převládajícím nepříznivým povětrnostním podmínkám v silniční dopravě, oproti teplejším částem roku.

Příležitost jak zpřesnit a rozšířit záznamy o povětrnostních podmínkách a stavu povrchu vozovky, může být ukryta např. ve spolupráci Policie ČR a Ředitelství silnic a dálnic ČR. Změna by se dotkla dopravních nehod šetřených na pozemních komunikacích ve správě ŘSD ČR (dálnice, rychlostní komunikace a silnice I. třídy). Nabízí se tím příležitost nahradit policejní záznamy dopravních nehod o data z nejbližší silniční meteorologické stanice, prostřednictvím přístupu do silničního meteorologického informačního systému. Silniční meteorologické stanice poskytují data z atmosférických a vozovkových senzorů v cca 10-ti minutovém intervalu. Data ze silničních meteorologických stanic by posloužila k rozšířenému statistickému zpracování a prohloubení tématu o nové poznatky.

Věřím, že práce přispěje k dalšímu studiu počasí ve vztahu k nehodovosti a bude zdrojem informací pro Policii ČR a ČHMÚ, se kterými jsem spolupracoval.

## 8. Závěr

Podstatou zpracované analýzy nehodových dnů z let 2007–2009 je poskytnout řidičům motorových vozidel včasnou informaci o změně povětrnostních podmínek, spolu s varováním na výskyt nehodového dne. Nehodový den tak v sobě ukrývá situace, kdy přes území České republiky obvykle přechází jedna nebo více atmosférických front a u nadpolovičního počtu stanic evidovaných v přehledu počasí se vyskytují přeháňky nebo trvalý déšť. V průběhu zimy mohou za předpovědi nehodového dne stát vlivy výrazných frontálních systémů od severozápadu až severu, které na naše území přináší vydatné sněhové přeháňky.

Hlavním předmětem zájmu pro další výzkum by mělo být, navázání užší spolupráce s operačním oddělením Policejního prezidia ČR a domluvit pravidelné každoroční poskytnutí vybraných parametrů z evidence dopravních nehod. Nadále sledovat dopravní nehody se záznamy o stavu povrchu vozovky a povětrnostních podmínkách v době nehody a zpracovávat měsíční přehledy dnů se 4 a více smrtelnými dopravními nehodami. Pakliže by na pozemních komunikacích ČR došlo k trvalejšímu snížení pod 700 smrtelných dopravních nehod ročně, bude důležité se zaměřit i na dny s četností 3 a více dopravních nehod.

Na základě zpracovaných dat, získá meteorolog informace o přehledu nehodových dnů v letech minulých. Pro samotnou předpověď nehodového dne je dále potřeba, aby meteorolog průběžně sledoval krátkodobou, střednědobou a dlouhodobou předpověď počasí. Nejvyšší důraz by měl být směřován na dny s předpokladem zvýšeného výskytu plošného úhrnu srážek u nadpolovičního počtu stanic evidovaných v přehledu počasí ČHMÚ. Z dalších meteorologických jevů je vhodné sledovat předpovědní synoptickou mapu Evropy pro předpovědi průchodů atmosférických front přes území ČR.

Kvalifikovaný meteorolog následně určí, zda území ČR čeká v nadcházejících dnech sled nepříznivých povětrnostních podmínek, které jsou pro silniční dopravu hodné varování. Vydané varování na výskyt nehodového dne, upozorní řidiče na nepříznivé povětrnostní podmínky a změny ve stavu povrchu vozovky, které ve dnech s vyšší četností dopravních nehod mají vliv na nezanedbatelné procento nehod. Nalezení vhodného způsobu varování pro řidiče, může být předmětem dalšího výzkumu. Cílem varování na výskyt nehodového dne je navýšit povědomí řidičů o nebezpečí vyplývající z dopravních statistik a přispět tak k snížení dopravních nehod ovlivněných počasím.



## Seznam zdrojů informací

- ANDĚL, J., 2007.** *Základy matematické statistiky*. 2. vydání. Praha: MATFYZPRESS, 2007. ISBN 80-7378-001-1.
- BERAN, T., 2012.** *Zákon a tzv. povinné zimní pneumatiky*. [online]. 2012. [cit. 2012-02-03]. Dostupné z www: <<http://www.autoweb.cz/zakon-a-tzv-povinne-zimni-pneumatiky>>
- BESIP, 2009.** *Dopravní nehodovost od počátku samostatné ČR*. [online]. 2009. [cit. 2012-09-27]. Dostupné z www: <[http://www.ibesip.cz/592\\_Zakladni-vrcholova-fakta-ze-statistiky-dopravnich-nehod-za-dobu-existence-samostatne-Ceske-republiky-1993-2008](http://www.ibesip.cz/592_Zakladni-vrcholova-fakta-ze-statistiky-dopravnich-nehod-za-dobu-existence-samostatne-Ceske-republiky-1993-2008)>
- BIJLEVELD, F. – CHURCHILL, T., 2009.** *The influence of weather conditions on road safety*. R-2009-9. SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam, the Netherlands. s. 1–47.
- BOGREN, J. – GUSTAVSSON, T. – POSTGARD, U., 2000.** *Local temperature differences in relation to weather parameters*. International Journal of Climatology, Vol. 20, s. 151–170.
- BOS, J. M. J. 2001.** *In all kinds of weather; Road safety effects of periods of extreme weather*. R-2001-23. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.
- ČERMÁK, M., 2007.** *Meteorologická stanice Maruška, Hostýnské vrchy. Vsetín*. [online]. 2007. [cit. 2011-09-03]. Dostupné z www: <<http://maruska.ordoz.com>>
- ČHMÚ, 2007–2009.** *Denní a měsíční přehled počasí*. Vydává Český hydrometeorologický ústav, oddělení meteorologických předpovědí. Vedoucí redakce RNDr. František Šopko. 6s
- ČHMÚ, 2012.** *Historická data: Počasí: Přechody front přes Prahu*. [online]. 2012. [cit. 2012-04-01]. Dostupné z www: <[http://www.chmi.cz/portal/dt?menu=JSPTabContainer/P4\\_Historicka\\_data/P4\\_1\\_Pocasi/P4\\_1\\_11\\_Fronty\\_pres\\_Prahu](http://www.chmi.cz/portal/dt?menu=JSPTabContainer/P4_Historicka_data/P4_1_Pocasi/P4_1_11_Fronty_pres_Prahu)>

- DORDA, M., 2010.** *Dopravní průzkumy – část I.* [online]. 2010. [cit. 2011-12-05]. Dostupné z www: <<http://homel.vsb.cz/~dor028/Pruzkumy.pdf>>
- EDIP, 2008.** *TP č. 189 - Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích.* Plzeň: EDIP s.r.o. 49s.
- EuroRAP, 2012.** Riziková mapa ČR 2008–2010. [online]. European Road Assessment Programme. 2012. [cit. 2012-01-15]. Dostupné z <[http://www.eurorap.org/risk\\_maps](http://www.eurorap.org/risk_maps)>
- HODAČOVÁ, V., 2012.** Rok 2011: *Zemřelo o 46 lidí méně.* [online]. Policie ČR, Praha. [cit. 2012-03-06]. Dostupné z <<http://www.policie.cz/clanek/rok-2011-zemrelo-o-46-lidi-mene.aspx>>
- HOGEMA, J. H. 1996.** *Effects of rain on daily traffic volume and on driving behaviour.* A study as part of the Project Road and Weather Conditions. Rapport TNO-TM 1996-B019. TNO Human Factors Research Institute TM, Soesterberg.
- KOČIČKA, P. – BLAŽEK, F., 2007.** *Praktická typografie.* 2. vydání. Brno: Computer Press, 2007. 288s. ISBN 80-7226-385-4.
- KOPÁČEK, J. – BEDNÁŘ, J. 2005.** *Jak vzniká počasí.* 1. vydání. Univerzita Karlova v Praze, Nakladatelství Karolinum, 2005. 226s. ISBN 978-80-246-1002-3.
- NĚMEC, J., 2010.** Smrtečných nehod na silnicích ubývá. [online]. Profit. [cit. 2012-04-05]. Dostupné z <<http://profit.tyden.cz/clanek/smrtelnych-nehod-na-silnicich-ubyva>>
- NOSEK, M. 1972.** *Metody v klimatologii.* 1. vydání. Praha: Academia, 1972. 434s.
- NORRMAN, J., 2000.** *Slipperiness on roads – an expert system classification.* Meteorological. Applications, Vol. 7, s. 27–36.
- POLICIE ČR, 2012.** Statistika nehodovosti. [online]. 2012. [cit. 2012-09-27]. Dostupné z www: <<http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-263873.aspx>>
- ŘSD ČR, 2011.** *Celostátní sčítání dopravy 2010.* [online]. Ředitelství silnic a dálnic, Praha. [cit. 2011-12-11]. Dostupné z <<http://scitani2010.rsd.cz/pages/informations/default.aspx>>

- SAP, 2011.** *Složení vozového parku v ČR.* [online]. Sdružení automobilového průmyslu, Praha. [cit. 2011-04-04]. Dostupné z <<http://www.autosap.cz/sfiles/a1-9.htm>>
- SOBÍŠEK, B. a kol. 1993.** *Meteorologický slovník výkladový a terminologický.* 1. vydání. Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR, 1993. 594 s. ISBN 80-85368-45-5.
- SKÁCAL, L., 2007.** *Hlubková analýza mezinárodního srovnání dopravní nehodovosti v ČR.* [online]. Centrum dopravního výzkumu, Brno. [cit. 2011-09-26]. Dostupné z <<http://www.czrso.cz/index.php?id=402>>
- SULAN, J., 2006.** *Jíní – jev nebezpečný pro silniční dopravu.* Meteorologické zprávy, roč. 59, s. 37–42.
- SULAN, J. – ŠKUTHAN, M., 2005.** *Silniční meteorologie v provozu Českého hydrometeorologického ústavu.* Meteorologické zprávy, roč. 58, s. 33–40.
- TECL, J., 2009.** *Všeobecný vývoj nehodovosti na pozemních komunikacích.* [online]. Centrum dopravního výzkumu, Brno. [cit. 2011-09-26]. Dostupné z <<http://www.czrso.cz/index.php?id=90>>
- TOLASZ, R. (ed.), 2007.** *Atlas podnebí Česka* [kartografický dokument]. 1. vyd. Praha: ČHMÚ; Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007 256 s, il., tab., mapy. ISBN 978-80-86690-26-1.
- TOLASZ, R., 2008.** *Průběh počasí v Česku v roce 2007.* Meteorologické zprávy, roč. 61, č. 1, s. 1–4.
- TOLASZ, R., 2009.** *Rok 2008 v Česku – počasí a aktuální podnebí.* Meteorologické zprávy, roč. 62, č. 1, s. 1–3.
- TOLASZ, R., 2010.** *Rozmary počasí v Česku v průběhu roku 2009.* Meteorologické zprávy, roč. 63, č. 1, s. 1–4.
- WHITE, S. – THORNES, J. E. – CHAPMAN, L., 2006.** *A Guide to Road Weather Systems.* [online]. 1985-2010 SIRWEC - Standing International Road Weather Commission. [cit. 2011-09-15]. Dostupné z www: <<http://sirwec.org>>

**WONNACOT, T. – WONNACOT, R., 1998.** *Úvod do statistiky pro ekonomiku a podnikání.* 1. vydání. Praha: Victoria Publishing a.s. 1998. 960s.

**ŽIDEK, D. – LIPINA, P., 2003.** *Návod pro pozorovatele automatizovaných meteorologických stanic.* Metodický předpis č. 13a. Revize 2008. ČHMÚ. Ostrava 2003. 64 s.

## **Seznam příloh**

Příloha č. 1: Denní přehled počasí (vzor), ČHMÚ

Příloha č. 2: Měsíční přehled počasí (vzor), ČHMÚ

Příloha č. 3: EuroRAP – Riziková mapa ČR