# Vliv vybraných meteorologických jevů na počty a následky dopravních nehod na příkladu Brna a okolí

Publikováno: 11. 9. 2014
CDV

*Anotace: Počasí jako faktor vzniku dopravních nehod je zkoumáno již několik desetiletí, přičemž výsledky se často liší region od regionu. Stejné meteorologické jevy mohou mít v určitých oblastech značný vliv na dopravní bezpečnost, zatímco jinde může být jejich vliv zanedbatelný. V rámci studie jsou meteorologické údaje ze stanice Brno-Tuřany použity pro zkoumání vlivu vybraných jevů na počty dopravních nehod a jejich následky v Brně a blízkém okolí. Výsledky ukazují, že během dusných dnů jsou vyšší počty dopravních nehod, ve dny se sněžením je vyšší injury rate a ve dny s bouřkou nebo mlhou naopak nižší injury rate. Závažnost zranění je vyšší ve dny s deštěm nebo mlhou.*

*Klíčová slova: dopravní nehody, počasí, injury rate, závažnost zranění, Brno*

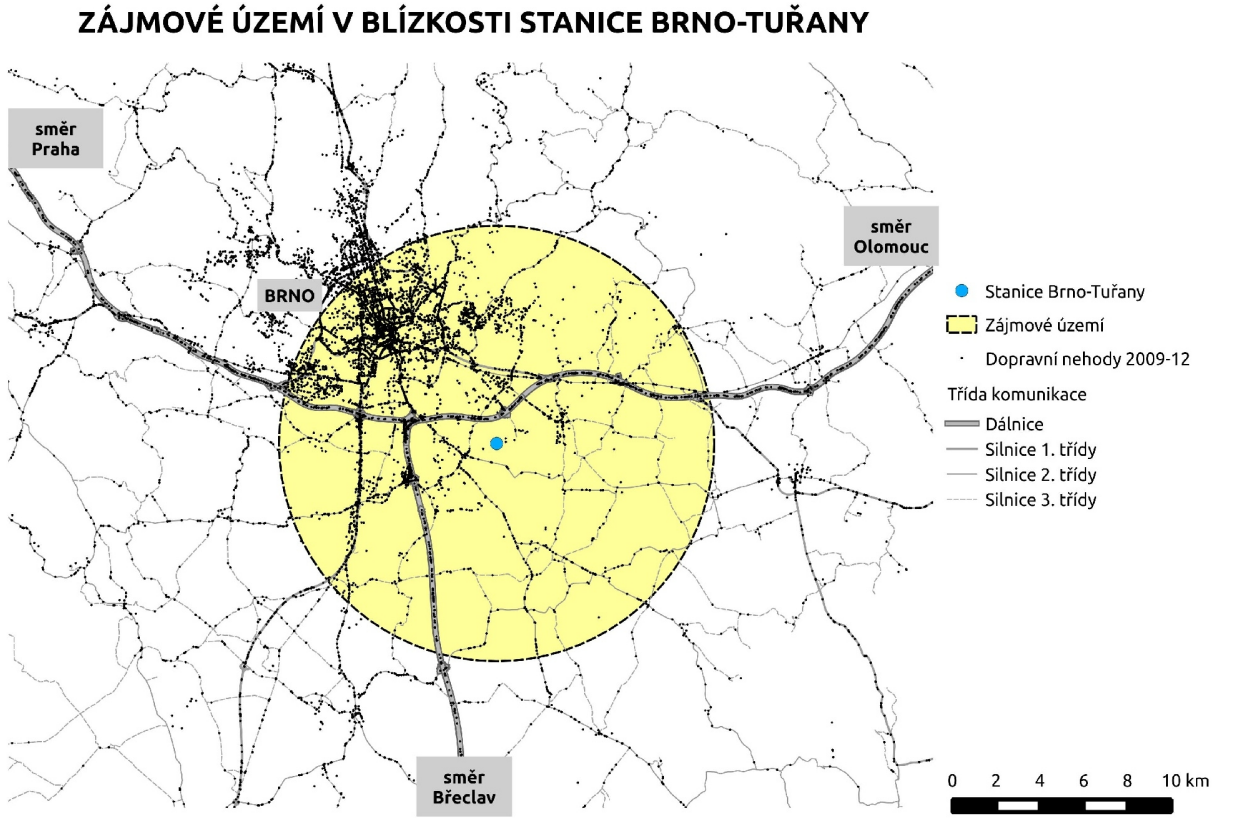
*Annotation: Weather and its influence on road safety had been subject of research for many decades, with results differing in various geographical regions. Same meteorological phenomena can be of great influence for road safety in certain areas, while insignificant in others. This study uses meteorological data from Brno-Tuřany meteorological station to explore the significance of selected meteorological phenomena on numbers of road accidents and their severity in Brno city and its vicinity. The results show, that on days with high barometric pressure, more road accidents occur. Injury rate is higher during snowy days and lower on days with thunderstorms or fog. Severity of accidents is higher on rainy or foggy days.*

*Keywords: traffic accidents, weather, injury rate, injury severity*

## 1. Úvod

Vliv nepříznivých povětrnostních podmínek na bezpečnost dopravy je zkoumán již mnoho desetiletí, nicméně výsledky nejsou jednoznačné. Například vliv nízkých teplot na počty dopravních nehod byl hodnocen jako statisticky nevýznamný (Rooney, 1967) i jako významný faktor zvyšující počet dopravních nehod (Orne a Yang, 1972) či tento počet snižující (Andreescu a Frost, 1998). V žádném z případů se ovšem nejedná o kauzalitu, nýbrž o korelaci. Ačkoli teplota může mít vliv například na protismykové vlastnosti vozovky, není primárním důvodem, proč k nehodě dojde. Sezónní vzory zvýšeného počtu dopravních nehod a nízké teploty se vyskytují v zimě a zvýšený počet nehod bude zřejmě důsledkem sněhu či deště, které jsou s teplotou korelovány.
Ve dny, kdy sněží, byla zaznamenána dvojnásobná míra zranění (Codling, 1974) a rovněž lze učinit závěr, že větší hloubka sněhu má za následek mírnější následky dopravních nehod (Palutikof, 1983). Při srovnání efektu sněhových a dešťových srážek bylo zjištěno, že je relativní riziko nehody vyšší během sněžení než během deště (Andrey, 2010). Je sporné, zda mezi intenzitou deště a počtem dopravních nehod existuje pozitivní relace (Sherretz a Fahrar, 1978) či nikoliv (Haghighi-Talab, 1973; Bertness, 1980). Navíc mezi úhrnem srážek a počty dopravních nehod v USA v letech 1975 až 2000 byl objeven i významný negativní vztah (Eisenberg, 2004).
Nesrovnalosti ve výsledcích analýz mohou být dány, mimo jiné, nerovnoměrným rozložením nehod v čase (Edwards, 1999; Nofal a Saeed, 1997) a prostoru (Khan et al., 2008). Obtížně zjistitelná je rovněž expozice v epizodách nepříznivého počasí (Brodsky a Hakkert, 1988), tedy celkový počet vozidel v provozu v daném okamžiku, což je ovšem obecný problém analýzy dopravních nehod. Dle některých zdrojů (SWOV, 2012) však nepříznivé počasí ovlivňuje zejména expozici cyklistů a chodců, a na objem automobilové dopravy velký vliv nemá. Téměř všechny výše zmíněné studie jsou limitovány na oblast Severní Ameriky. Studie z oblasti střední Evropy na toto téma nebyly

publikovány, a tedy je cílem této práce zjistit, jaké jsou vztahy mezi vybranými meteorologickými jevy a dopravními nehodami v České republice. Vzhledem k velkému objemu dat a dostupnosti údajů o počasí, jsme se zaměřili na region města Brna a nejbližšího okolí do 10 km od klimatické stanice Brno-Tuřany (viz obrázek 1). Pozornost nebyla zaměřena jen na teplotu, déšť a sníh, ale i na další meteorologické faktory (např. náledí, mlha a bouřky).




*Obr. 3: Shoda údajů o povětrnostních podmínkách mezi daty ČHMÚ a daty PČR.*

# 3. Výsledky

## 3.1 Počty dopravních nehod

Nejjednodušším způsobem ověření vlivu nějakého jevu na počet dopravních nehod je srovnání počtu nehod ve dny, kdy se tento jev vyskytuje, a počtu nehod ve dny, kdy se nevyskytuje. Toto srovnání lze provést pomocí statistických testů, například Mann-Whitneyova U testu (Lehman 1975), ovšem nebere v potaz expozici ani další ovlivňující faktory, kterými mohou být například dlouhodobé trendy, vzory v časovém rozložení nehod (např. během týdne). Mnohorozměrné statistické metody, například regresní analýza, jsou mnohem vhodnější, neboť dokáží tyto vlivy zakomponovat a jsou pro analýzu vlivu jednotlivých faktorů na počty dopravních nehod často používány.
Protože počty dopravních nehod jsou celočíselnou proměnnou, jejíž rozptyl je větší než její průměr, je vhodné modelovat tyto hodnoty za použití negativního binomického modelu (Lord a Mannering, 2010; Cameron a Trivedi, 1998).

| Jev | p-value | Vliv |
|---|---|---|
| Námrazové jevy | 0,28 | není |
| Déšť | 0,10 | není |
| Sníh | 0,08 | není |
| Dusno | 0,03 | pozitivní |
| Bouřky | 0,50 | není |

| | | |
|---|---|---|
| Mlha | 0,90 | není |

*Tab. 2: Vliv meteorologických jevů na počty dopravních nehod při použití negativní binomické regrese.*

Z výsledků negativní binomické regrese (viz tabulka 2) plyne, že jediný z vybraných meteorologických jevů, jenž má statisticky významný vliv na počty dopravních nehod, je přítomnost dusného dne. Přítomnost tohoto jevu zvyšuje počet dopravních nehod. U ostatních meteorologických jevů nebyl zjištěn žádný vliv na počty dopravních nehod.
V regresní analýze byly mimo meteorologické jevy zahrnuty i údaje o roku, měsíci a dni v týdnu. Byl zjištěn statistický významný negativní vztah mezi víkendem a počtem dopravních nehod na hladině významnosti 5%. To znamená, že o víkendech jsou nižší počty dopravních nehod než v pracovní dny.

## 3.2 Následky dopravních nehod

Pro hodnocení následků dopravních nehod není nutné znát expozici ani další proměnné, podstatný je poměr počtu nehod, které končí zraněním, a celkového počtu nehod. Klasickou metodou porovnávající riziko výskytu určitého jevu, v tomto případě následků na zdraví u dopravní nehody (též injury rate), je relativní riziko (Sheskin, 2004). Relativní riziko je odhad pravděpodobnosti nastání určitého jevu v exponované skupině v porovnání s pravděpodobností jevu ve skupině kontrolní.

| Jev | Relativní riziko | Konfidenční interval |
|---|---|---|
| Námrazové jevy | 0,92 | 0,76 - 1,13 |
| Déšť | 1,01 | 0,95 - 1,10 |
| Sníh | 1,39 | 1,20 - 1,60 |
| Dusno | 1,07 | 0,92 - 1,25 |
| Bouřky | 0,85 | 0,75 - 0,96 |
| Mlha | 0,80 | 0,70 - 0,91 |

*Tab. 3: Vliv meteorologických jevů na následky dopravních nehod.*

Přestože dusné dny mají vliv na celkové počty dopravních nehod, nebyl zjištěn vliv tohoto jevu na injury rate. Meteorologické jevy, které ovlivňují injury rate, jsou sněžení, bouřky a mlha (viz tabulka 3). Ve dny se sněžením je pravděpodobnost, že nehoda skončí s následky na zdraví vyšší, než ve dny bez sněžení, což odpovídá již dříve publikovaným výsledkům (Codling, 1974). Naproti tomu ve dny s bouřkami a dny s mlhou je pravděpodobnost, že nehoda skončí s následky na zdraví nižší, než ve dny, kdy se tyto jevy nevyskytují. To může být způsobenou větší opatrností řidičů, která se projevuje sníženou rychlostí.

## 3.3 Závažnost následků

Kromě podílu nehod, které končí s osobními následky, lze též zkoumat závažnost těchto následků. Pomocí relativního rizika je možné porovnávat podíl těžkých a smrtelných zranění ze všech zranění.

| Jev | Relativní riziko | Konfidenční interval |
|---|---|---|
| Námrazové jevy | 0,77 | 0,42 - 1,39 |
| Déšť | 1,47 | 1,07 - 2,02 |
| Sníh | 0,77 | 0,51 - 1,16 |
| Dusno | 0,96 | 0,59 - 1,54 |
| Bouřky | 1,09 | 0,77 - 1,54 |
| Mlha | 1,37 | 1,01 - 1,87 |

*Tab. 4: Vliv meteorologických jevů na závažnost následků dopravních nehod.*

Za deště a mlhy je vyšší pravděpodobnost, že zranění bude těžké, nebo smrtelné (viz tabulka 4). Toto

může souviset se zhoršenou viditelností. Je též možné, že horší protismykové vlastnosti mokré vozovky přispívají k závažnosti nehod, nicméně v tom případě by stejný vliv měl být pozorován i u nehod ve dny se sněžením či námrazovými jevy, což nebylo potvrzeno. Zhoršená viditelnost je tedy lepším vysvětlením pozorované závislosti. U ostatních meteorologických jevů se vliv na závažnost zranění neprokázal. V některých případech (námrazové jevy, sníh, bouřky) však byly počty nehod se zraněním na sledovaném území nízké, v důsledku čehož je obtížnější najít statistickou závislost. Zajímavý výsledek lze pozorovat u mlhy, která nemá významný vliv na počty dopravních nehod, nicméně ve dny s mlhou je nižší podíl nehod, které končí zraněním. Pokud však už nehoda má osobní následky, je více pravděpodobné, že budou závažné.

# 4. Diskuze a závěr

Prosté porovnávání počtu nehod není vhodným způsobem hodnocení bezpečnosti. Je známo, že skryté faktory, jako jsou například intenzita dopravy, ovlivňují nehodovost a predikční modely s nimi běžně počítají (Lord a Mannering, 2010), nicméně časové a prostorové proměnné a další faktory mohou mít na výsledky nezanedbatelný vliv. V českém prostředí se jako nejvýznamnější jeví změna legislativy upravující zaznamenávání dopravních nehod v roce 2009. Z tohoto důvodu byly použity jen nehody z let 2009 až 2012, ačkoli byla dostupná i starší data. Časové rozložení nehod, zejména opakující se týdenní cyklus je významnou proměnnou, mající vliv na počty dopravních nehod, stejně jako rok. Nebyl potvrzen vliv deště na počty dopravních nehod, stejně tak námrazové jevy nemají statisticky významný vliv ani na počty, ani na následky dopravních nehod. Vzhledem k neznámým intenzitám dopravy v jednotlivé dny je obtížné hodnotit vliv zkoumaných meteorologických jevů na počty dopravních nehod. Je možné, že například ve dny, kdy je náledí či námraza, jsou intenzity dopravy výrazně nižší než v jiné dny, a závěr, že tyto jevy nemají vliv na počty dopravních nehod, pak neplatí. Interpretace těchto závěrů musí být takováto: ve dnech, kdy se vyskytují námrazové jevy, nejsou statisticky rozdílné počty dopravních nehod v porovnání se dny, kdy se tyto jevy nevyskytují. Nelze tedy tvrdit, že tyto jevy nemají žádný vliv na počty dopravních nehod, ale při tom pouze porovnávat celkové počty nehod za den bez znalosti intenzity dopravy.
I když není známá expozice, tento závěr je užitečný, protože ukazuje, že buďto: a) námraza/déšť nemají rozhodující vliv na vznik dopravních nehod b) námraza/déšť mají vliv na vznik dopravních nehod, ale zvýšené/snížené počty nehod jsou kompenzovány sníženou/zvýšenou intenzitou dopravy. Sledovaná oblast jižní části Brněnské aglomerace má převážně městský charakter a většina nehod se stala v intravilánu, kde například zimní údržba silnic může redukovat vliv jevů, jako jsou námrazové jevy, nebo sněžení. Z tohoto důvodu nemělo smysl zkoumat vliv výšky sněhu na bezpečnost dopravy, neboť lze předpokládat, že zejména v intravilánu bude sníh z vozovky rychle odklízen. Je známé, že města tvoří takzvané tepelné ostrovy, během dusných dní může být vysoký tlak společně s vyššími teplotami a horší kvalitou vzduchu příčinou vyššího počtu dopravních nehod. Je možné, že v extravilánových oblastech by vliv dusných dní na počty dopravních nehod nebyl potvrzen.
Neznámá expozice nehraje roli při posuzování vlivu meteorologických jevů na následky dopravních nehod, neboť je důležitý poměr nehod s osobními následky/bez následků ve dny, kdy je daný jev přítomen/nepřítomen.
Jako nejvýraznější výsledek se jeví dopad mlhy na následky dopravních nehod.

### Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Technologické agentury České republiky. Registrační číslo projektu je TA010315981, Metoda identifikace kritických úseků pozemních komunikací v ČR pomocí GIS analýz dopravních nehod.

# Literatura

Andreescu M-A, Frost DB (1998): Weather and traffic accidents in Montreal, Canada. Climate Research 9, 225-230
Bertness J (1980): Rain-related impacts on selected transportation activities and utility services in the Chicago area. Journal of Applied Meteorology 19, 545-556
Brodsky H, Hakkert AS (1998): Risk of a road accident in rainy weather. Accident analysis and

Prevention 20(3), 191-176
Cameron AC, Trivedi PK (1998): Regression analysis of count data, Cambridge University Press
Codling PJ (1974): Weather and road accidents. In: Taylor JA (ed) Climatic resources and economic activity. David & Charles Holdings Newton Abbot, 205-222
Edwards JB (1999): The temporal distribution of road accidents in adverse weather. Meteorological Applications 6, 59-68
Eisenberg, D (2004): The mixed effects of precipotation on traffic crashes. Accident Analysis and Prevention 36(4), 637-647
Haghighi-Talab D (1973): An investigation into the relationship between rainfall and road accident frequencies in two cities. Accident Analysis and Prevention 5, 343-349
Khan G, Xiao Q, Noyce DA (2008): Spatial Analysis of weather Crash Patterns. Journal of Transportation Engineering 134(5), 191-202
Lehman EL (1975): Nonparametrics: Statistical Methods based on Ranks. Prentice-Hall
Lord D, Mannering F (2010): The statistical analysis of crash-frequency data: A review and assessment of methodological alternatives. Transportation Research A: Policy and Practice 44(5), 291-305
Nofal FH, Daeed AAW (1997): Seasonal variation and weather effects on road traffic accidents in Riyadh City. Public Health 111, 51-55
Orne DE, Yang AH (1972): And investigation of weather factor effects on traffic accidents. Traffic Engineering 43, 14-20
Palutikof JP (1991): Road accidents and the weather. In: Perry AH, Symons LJ (eds) Highway meteorology. E&FN SPON, Londýn
Rooney JF Jr (1967): The urban snow hazard in the United States. Geographical Review 57, 538-559
Sheskin DJ (2004): Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures. 3rd ed. Boca Raton: Chapman & Hall /CRC.
Sherretz LA, Fahrar BC (1978): An analysis of the relationship between rainfall and the occurence of traffic accidents. Journal of Applied Meteorology 17, 711-715
SWOV (2012): SWOV Fact Sheet: The influence of weather on road safety. Leidshendam, the Netherlands, dostupné z: http://www.swov.nl/rapport/Factsheets/UK/FS_Influence_of_weather.pdf
Tolasz R a kolektiv (2007): Atlas podnebí Česka. Vydavatelství Univerzity Palackého v Olomouci