

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA APLIKOVANÉ GEOINFORMATIKY A ÚZEMNÍHO PLÁNOVÁNÍ

VLIV PROSTŘEDÍ NA DOPRAVNÍ NEHODOVOST - PŘÍPADOVÁ STUDIE LIBERECKÉHO KRAJE

Diplomová práce



Vedoucí práce: Ing. Kateřina Gdulová
Autor: Bc. Jan Lang

2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jan Lang

Krajinné a pozemkové úpravy

Název práce

Vliv prostředí na dopravní nehodovost – případová studie Libereckého kraje

Název anglicky

The impact of environmental factors on traffic accidents – case study from Liberec Region

Cíle práce

Cílem práce je na základě teoretických východisek a dat dopravní nehodovosti vyhodnotit v prostředí GIS vztah mezi dopravní nehodovostí a okolním prostředím.

Dílní cíle práce jsou:

- Určit teoretická východiska pro analýzu dopravní nehodovosti;
- Na základě dlouhodobých trendů nehodovosti vyhodnotit faktory vzniku DN;
- V prostředí GIS určit nehodová místa a úseky v Libereckém kraji;
- V rámci multikriteriální analýzy identifikovat potencionální místa vzniku dopravních nehod;
- Interpretovat výsledky závislosti vztahu prostředí a DN.

Metodika

Práce spočívá ve vyhodnocení objektivních faktorů silničních tras a jejich okolí, a to na celém území Libereckého kraje, mimo katastrální území měst s počtem obyvatel vyšším než 3 000.

Literární rešerše podrobně představí problematiku dopravní nehodovosti v legislativě ČR a strategických dokumentech. Představí specifika jevu dopravní nehody, dále popíše vztah okolního prostředí k dopravě a na základě stanovení významu a aplikace statistik dopravní nehodovosti vyvodí východiska pro analýzu v prostředí GIS. Rešerše bude vycházet z legislativních norem ČR, strategických dokumentů a vědeckých publikací.

Analýza bude provedena v prostředí GIS, zejména pak v programovém prostředí ArcGIS. Analýza bude vycházet z představené teorie a bude důsledně popisovat postup jednotlivých kroků. Výsledky analýz budou interpretovány a jejich validita bude posouzena v diskuzi.

Doporučený rozsah práce

60 – 80 normostran

Klíčová slova

dopravní nehodovost, GIS, multikriteriální analýza, Liberecký kraj

Doporučené zdroje informací

- ANDRES, Josef a kol. Metodika identifikace a řešení míst častých dopravních nehod [online]. Brno, 2001 [cit. 2016-03-29]. Centrum dopravního výzkumu.
- HRUBEŠ, Pavel. Analýza statistických dat silniční nehodovosti [online]. Praha, 2010 [cit. 2016-03-29]. Habilitační práce. České vysoké učení technické v Praze.
- PORADA, Viktor a kol. Silniční dopravní nehoda v teorii a praxi. Praha: Linde Praha, 2000
- ŠTIKAR, Jiří, HOŠKOVEC, Jiří, ŠMOLÍKOVÁ, Jana. Psychologická prevence nehod. Praha: Nakladatelství Karolinum, 2006

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Kateřina Gdulová

Garantující pracoviště

Katedra aplikované geoinformatiky a územního plánování

Elektronicky schváleno dne 7. 4. 2016

doc. Ing. Petra Šimová, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 7. 4. 2016

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 19. 04. 2016

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a všechny citace a prameny řádně vyznačil v textu.

V Praze, dne 19. 4. 2016

.....

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing. Kateřině Gdulové za odborné vedení práce a za čas věnovaný konzultacím práce. Dále děkuji oddělení DI PČR Semily, jmenovitě por. Ing. Janu Otmarovi, za propůjčená data dopravní nehodovosti.

ABSTRAKT

Diplomová práce se na základě teoretických východisek a dat dopravní nehodovosti s využitím nástrojů GIS zabývá posouzením vlivu okolního prostředí na výši dopravní nehodovosti, na případové studii Libereckého kraje.

Nejprve je představena problematika dopravní nehodovosti v legislativě, následně jsou určena specifika dopravní nehody, teorie vlivu okolního prostředí na dopravní nehodovost a stanovení významu aplikace statistiky dopravní nehodovosti, čímž jsou vyvozeny základy pro praktickou část práce.

Praktická část práce se v programovém prostředí ArcGIS věnuje určení nehodových míst a úseků v Libereckém kraji. V rámci multikriteriální analýzy pak určuje vztah dopravní nehodovosti s prostředím a následně identifikuje potencionální místa vzniku dopravních nehod. Na základě výsledků interpretuje vztah mezi okolním prostředím a mírou dopravní nehodovosti.

KLÍČOVÁ SLOVA

dopravní nehodovost, GIS, multikriteriální analýza, Liberecký kraj

ABSTRACT

The thesis is based on theoretical foundations and data from the traffics accident rate. The data was processed by Geographical Information System (GIS) which evaluates the influence of the environment on the amount of the traffic accidents rate on a case study of the Liberec region.

Theoretical part include the issue of traffic accidents in the czech legislation, specific traffic accidents, the theory of environmental influences on traffic accidents and assesses the importance of statistics with regard to traffic accidents, which forms the foundation for practical work.

Practical part performed in the program ArcGIS deals with the determination of accident sites and sections in the district. Within the multi-criteria analysis determines the relationship of traffic accidents with the environment and thus identifies potential sites of traffic accidents.

KEY WORDS

traffic accidents, GIS, multi-criteria analysis, Liberec Region

OBSAH

1. Úvod.....	9
2. Cíle práce	10
3. Teoretická východiska pro analýzu nehodovosti silniční dopravy	11
3.1 Dopravní systém	11
3.1.1 Definice a vize dopravy	11
3.1.2 Selhání systému.....	12
3.1.3 Dopravní nehoda v legislativě ČR	12
3.1.4 Závazné strategické dokumenty a bezpečnost provozu	16
3.2 Specifika silničních dopravních nehod	20
3.2.1 Člověk, vozidlo, prostředí	21
3.2.2 Komplexní pojetí dopravní nehody.....	24
3.2.4 Časoprostorové aspekty nehody.....	25
3.3 Vztah prostředí k dopravě	26
3.3.1 Přímé a okolní prostředí	26
3.3.2 Vliv parametrů pozemní komunikace	27
3.3.3 Dlouhodobé trendy dopravní nehodovosti	29
3.3.4 Vnímání krajiny z vozidla a vliv na pozornost	32
3.4 Způsoby a význam statistik dopravní nehodovosti	34
3.4.1 Principy sledování nehodovosti	34
3.4.2 Hodnocení bezpečnosti silniční sítě a jeho aplikace	35
3.4.3 Typologie nehod a sledovaná kritéria nehodových úseků	38
3.4.4 Problematika sběru dat o nehodovosti	39
3.4.5 Data pro analýzy dopravní nehodovosti.....	40
3.4.6 GIS a dopravní nehodovost.....	40
3.4.7 Metody analýzy dopravní nehodovosti v prostředí GIS (MFA).....	41
4. Metodika	43
4.1 Představení zájmového území z hlediska dopravy.....	43
4.1.1 Délka silnic a dálnic	44
4.1.2 Intenzita dopravy.....	45
4.1.3 Vývoj nehodovosti	45
4.2 Vstupní data	47
4.2.1 Data o dopravní nehodovosti	47
4.2.2 Data o silniční dopravě	47
4.2.3 Data o okolním prostředí.....	48
4.3 Metodika analýzy vlivu prostředí na dopravní nehodovost	49
4.3.1 Výpočet relativní nehodovosti	49
4.3.2 Koncentrace dopravních nehod dle závažnosti následků.....	51
4.3.3 Dopravní nehodovost v krajinném pokryvu.....	53
4.3.4 Multifaktorová analýza pravděpodobnosti vzniku dopravní nehody.....	55

5. Výsledky	66
5.1 Lokalizace nehodových úseků	66
5.1.1 Lokalizace úseků se zvýšenou relativní nehodovostí	66
5.1.2 Lokalizace úseků s potencionálním rizikem vážného zranění	68
5.1.3 Porovnání analýz lokace nehodových úseků.....	69
5.2 Vztah mezi nehodovostí A krajinným pokryvem	70
5.2.1 Počet nehod v jednotlivém krajinném pokryvu	70
5.2.2 Relativní počet nehod v jednotlivém krajinném pokryvu.....	70
5.2.3 Vztah přechodů krajinných pokryvů a nehodovost.....	72
5.2.4 Vyhodnocení vztahu mezi krajinným pokryvem a nehodovostí.....	72
5.3 Vymezení potencionálních nebezpečných míst	73
5.3.1 Lokalizace potencionálních rizikových úseků	73
5.3.2 Korelace potencionálních rizikových míst s nehodovými úseky.....	75
5.3.3 Korelace jednotlivých faktorů s nehodovými úseky.....	75
6. Diskuze	80
6.1 Diskuze metodiky práce	80
6.1.1 Data	80
6.1.2 Měřítko	80
6.1.3 Vyjádření faktorů	81
6.2 Vyhodnocení výsledků.....	83
6.2.1 Vyhodnocení lokalizace nehodových úseků	83
6.2.2 Vyhodnocení vztahu mezi nehodovostí a krajinných pokryvem	83
6.2.3. Vyhodnocení vymezení potencionálních nebezpečných míst.....	84
7. Závěr.....	87
8. Přehled literatury a zdrojů.....	88
8.3 Legislativa a ostatní písemné zdroje	90
8.4 Internetové zdroje.....	91
9. Seznam příloh	91

1. ÚVOD

Za první tři měsíce roku 2016 bylo v České republice v souvislosti s dopravními nehodami usmrceno 108 osob, což je nejnižší počet usmrcených v prvních třech měsících od roku 1980. Číslo 108 lze brát za úspěch pouze však, jedná-li se o statistiku, a nepředstavujeme si pod číslem ony ztracené lidské životy. Česká republika se aplikací stanov Evropské unie zavázala k postupnému naplnění Vize Nula, která určuje, že každá ztráta života v souvislosti s mobilitou, či dopravou je zbytečná a není možné s ní počítat jako s nutnou součástí dopravy.

Následky dopravní nehodovosti mají celospolečenské dopady, a to nejen v rovině sociální, ale i ekonomické. Z ekonomického hlediska důsledky spojené s dopravní nehodovostí stojí stát ročně řádově 50 miliard korun, čímž se pohybuje okolo jednoho procenta HDP.

Z analýz dopravních statistik je patrné, že velká část nehod se koncentruje do určitých úseků, které je dnes možné identifikovat, rovněž lze potvrdit, že existují jednoduchá, levná a zároveň účinná opatření, která mohou dopravním nehodám zabránit. Průkaznost teze potvrzuje i velice zdařilá snaha o naplnění ambice dopravní politiky ČR snížit počet usmrcených v dopravních nehodách do roku 2010 o 50 % oproti roku 2002. V oblasti problematiky bezpečnosti dopravy je zapotřebí vyvinout určité úsilí, které však má zdárné výsledky.

Ideou práce je posouzení souvislostí vztahu prostředí a dopravní nehodovosti. S nalezením souvislostí je možné uvažovat o faktorech nehodovosti, pomocí kterých by dále bylo možné vysledovat místa dopravních nehod nejen reakčně, ale najít potenciální místa nehod predikčně, tedy předtím, než se v místě jakákoliv nehoda stane. Na tyto vytipovaná místa by se pak aplikovala lokální předběžná opatření, jež by redukovala vlivy daných nehodových faktorů.

Práce se zabývá nevidovanými okolnostmi dopravních nehod v prostředí, které teoreticky mohou mít vliv na dopravní nehodovost. Ověřuje, zdali vnější faktory výrazně ovlivňují nehodovost, či zda se jedná o komplexnější jev. Ověřuje rovněž možnost aplikace prostředí GIS v problematice hledání potenciálních nehodových míst. V diskuzi jsou interpretovány výsledky a souhrnně je popsán vliv prostředí na dopravní nehodovost.

2. CÍLE PRÁCE

Cílem práce je na základě teoretických východisek a dat dopravní nehodovosti vyhodnotit, v prostředí GIS, vztah mezi dopravní nehodovostí a okolním prostředím, na případové studii Libereckého kraje.

Z primárního cíle práce pak vyplývají dílčí cíle, přibližující se jeho dosažení. Nejprve je nutné určit teoretické základy pro analýzu dopravní nehodovosti, a to na základě představení pojmů a vytyčení vztahu okolního prostředí k dopravě. Následným dílčím cílem je vyhodnocení faktorů vzniku dopravních nehod ve spojitosti s dlouhodobými trendy nehodovosti. Stanovením významu aplikace statistik dopravní nehodovosti jsou určena východiska pro analýzu v prostředí GIS.

V prostředí GIS je cílem určit nehodová místa a úseky v Libereckém kraji a v rámci multikriteriální analýzy identifikovat potencionální místa vzniku dopravních nehod. Výsledek práce spočívá ve vyhodnocení závislosti objektivních faktorů silničních tras a jejich okolí na dopravní nehodovost, na celém území Libereckého kraje, mimo katastrální území měst s počtem obyvatel vyšším než 3 000.

Interpretací výsledků a následnou diskuzí je vymezen vztah mezi dopravní nehodovostí a vnějším prostředím v Libereckém kraji. Přínosem práce je analýza a vyhodnocení vztahu dopravní nehodovosti s neevidovanými okolnostmi nehod.

3. TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRO ANALÝZU NEHODOVOSTI SILNIČNÍ DOPRAVY

Cílem teoretické části je vytyčení rámce v oblasti nehodovosti silniční dopravy pro analýzu vlivu prostředí na dopravní nehodovost. První část teoretické rešerše se věnuje představení dopravního systému jako komplexu, přičemž je mu dána pozornost v legislativním rámci a strategických dokumentech. Dále se rešerše zabývá specifiky dopravních nehod, jakožto časoprostorových jevů s určitými vlastnostmi, které tyto jevy ovlivňují. Třetí dílčí kapitola teoretických východisek se blíže věnuje faktoru okolního prostředí komunikace, zdali může mít vliv na nehodovost, popřípadě jak velký. Následuje kapitola určující aplikaci analýz dopravní nehodovosti v rámci bezpečnosti silničního provozu, čímž připravuje prostor pro praktickou část práce.

3.1 DOPRAVNÍ SYSTÉM

Kapitola se zabývá základní legislativou, strategiemi, zásadami a základními pojmy dopravního systému pro uchopení v rámci nehodovosti a bezpečnosti silničního provozu. V první řadě je představena vize dopravy a následně jsou představeny nástroje, jimiž se vize dopravy dosahují, a to od primárních východisek, až po důsledné uplatnění v akčních plánech.

3.1.1 Definice a vize dopravy

Dle Brinkeho (1999) je doprava záměrné a organizované přemísťování věcí a osob, uskutečňované dopravními prostředky po dopravních cestách. Z této primární definice lze následně odvodit systém dopravy ve smyslu bezpečnosti silniční dopravy, jenž je dán nutnou kooperací v rámci zmíněných složek dopravy, tedy mezi dopravním prostředkem, ve smyslu práce *vozidlem* dle § 2 zákona 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích, dále *účastníky silničního provozu* rovněž dle § 2 zákona a dopravní cestou, kterou je možné definovat jako *pozemní komunikaci*. Vizí dopravního systému je velké množství na řadě úrovní, spojuje je však vize dostupné, bezpečné a plynulé dopravy bez zátěže na životní prostředí. Z hlediska bezpečnosti dopravy se vyjímá vize podpořená Bílou knihou dopravy (viz kap. 3.1.4 *Závazné strategické dokumenty a bezpečnost provozu*), tzv. *Vize Nula*¹, která je založena na stanovisku - „není přípustné, aby byl někdo usmrcen či vážně zraněn v souvislosti se silniční dopravou. Jedinou akceptovatelnou číslicí charakterizující počet usmrcených či vážně zraněných je NULA.“ (BESIP 2016).

¹ Vision Zero – Evropským společenstvím uznávaná vize z roku 1995; hlavní tezí dokumentu je, že za dopravní nehodu je zodpovědný celý systém, nikoliv jednotlivec.

3.1.2 Selhání systému

Současný dopravní systém neodpovídá bezpečnostním vizím, a to kvůli vysokému přeskočení míry ztrát na lidských životech, která je proti tezi Bílé knihy, kdy je za každý ztracený lidský život zodpovědný celý systém. Mezi hlavní důvody selhání systému, je široká dostupnost silniční dopravy, která je spojovaná s výraznou odpovědností lidského faktoru, vztahu *člověk-stroj*, tedy *HMI*² (Štikar 2006).

Vztah člověka s jakýmkoliv řízeným systémem samozřejmě vyjadřuje určitou míru chybovosti, problém je zde v široké dostupnosti a možných fatálních následcích oné chybné situace. Chyba pak nemá následek jen majetkové či ekonomické ztráty, ale bohužel i ztráty co se zdraví a lidského života týká.

Nedílnou součástí každého systému jsou i jeho selhání. V důsledku závažnosti je však nutné tato selhání identifikovat, zjistit a popsat jejich příčiny a naučit se upravit systém samotný, nebo jeho chování tak, aby bylo možné těmto selháním předcházet. V ohledu bezpečnosti systému dopravy se stav dlouhodobě vyvíjí a zlepšuje, nicméně doposud není stále možné nastat nulovým vizím (Hrubeš 2010).

Za účelem naplnění nulové vize, jsou nadále aplikovány řady technologií, které do určité míry přesunují část zodpovědnosti ze vztahu *HMI*, na vozidlo v rámci inteligentních bezpečnostních systémů, které lze do budoucna považovat za klíčové ve vztahu ke snížení lidské chybovosti a vážných následků. Automatizace dopravy se však v současnosti setkává s řadou problémů, a není jí tedy možné účinně aplikovat a lidský faktor úplně redukovat. V důsledku je stále nutné zaměřit se na člověka jako na primární faktor bezpečnosti silničního provozu (Hrubeš 2010).

3.1.3 Dopravní nehoda v legislativě ČR

Systém silniční dopravy v ČR s veškerými konkrétními právními normami v otázkách vztahujících se na celý systém dopravy, upravují zákony 361/2000 Sb. o silničním provozu, 30/2001 Sb. o pravidlech provozu na pozemních komunikacích, 56/2001 Sb. o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a zákon č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích.

Zásadním legislativním dokumentem v ohledu správy pozemních komunikací je zákon 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích, jehož předmětem je kategorizace pozemních komunikací, podmínky užívání, definice práv a povinností vlastníků a výkon státní správy ve věcech pozemních komunikací příslušnými správními úřady.

Kategorizace, potažmo vlastnictví je primární faktor pro správu dopravních komunikací. Vlastnictví pozemních komunikací je § 9 rozděleno mezi stát, kraje,

² HMI je zkratkou *pro human machine interface* – rozhraní člověk-stroj.

obce a další právní subjekty. Komunikace jsou rozděleny na dálnice, silnice, místní a účelové komunikace, s tím, že dálnice a silnice I. třídy jsou vlastněny, spravovány a udržovány státem, respektive odpovědným orgánem Ministerstva dopravy ČR, tj. Ředitelstvím silnic a dálnic ČR (dále ŘSD). Silnice II. a III. třídy jsou dle § 9 vlastněny krajem, na jehož území se nacházejí. Místní komunikace vlastní obec, na jejímž území se místní komunikace nacházejí. Vlastníkem účelových komunikací je pak fyzická či právnická osoba.

Zákon dále definuje povinnosti vlastníka vůči majetku, a to zejména v ohledu údržby, opravy, evidence či modernizace³. Vlastník ručí i za vnější bezpečnost komunikace, tj. zejména vhodně umístěné dopravní značení, údržba povrchu a údržba nejbližšího okolí (např. vegetace). Tyto aspekty činnosti vlastníka mohou mít vliv na dopravní nehodovost. Lze předpokládat, že lépe udržovaná komunikace s prvky vhodně reagujícími na stav bezpečnosti provozu, může zamezit případné dopravní nehodě, naopak zmatečné dopravní značení, či nepřehledné okolí komunikace může v tomto ohledu působit negativně.

Bezpečnost na pozemních komunikacích a aspekty dopravních nehod jsou v legislativě definovány zákonem 361/2000, Sb. o provozu na pozemních komunikacích. Tento zákon zapracovává předpisy EU a zejména upravuje práva a povinnosti účastníků provozu na pozemních komunikacích, upravuje pravidla provozu na pozemních komunikacích, úpravu a řízení provozu na pozemních komunikacích, a dále upravuje řidičská oprávnění a řidičské průkazy, působnost a pravomoc orgánů státní správy a Policie České republiky ve věcech provozu na pozemních komunikacích, mj. vymezuje základní pojmy v oblasti silniční dopravy⁴.

V rámci práce vybrané základní pojmy silniční dopravy definovány § 2 zákona 361/2000, Sb. o provozu na pozemních komunikacích jsou:

účastník provozu na pozemních komunikacích je každý, kdo se přímým způsobem účastní provozu na pozemních komunikacích,

řidič je účastník provozu na pozemních komunikacích, který řídí motorové nebo nemotorové vozidlo anebo tramvaj; řidičem je i jezdec na zvířeti,

- **vozidlo** je motorové vozidlo, nemotorové vozidlo nebo tramvaj,
- **dopravní nehoda** je událost v provozu na pozemních komunikacích, například havárie nebo srážka, která se stala nebo byla započata na pozemní komunikaci a při níž dojde k usmrcení nebo zranění osoby nebo ke škodě na majetku v přímé souvislosti s provozem vozidla v pohybu,

³ Zákon 13/1997, Sb. o pozemních komunikacích

⁴ Zákon 361/2000, Sb. o provozu na pozemních komunikacích

- **nesmět omezit** znamená povinnost počínat si tak, aby jinému účastníku provozu na pozemních komunikacích nebylo nijak překáženo,
- **nesmět ohrozit** znamená povinnost počínat si tak, aby jinému účastníku provozu na pozemních komunikacích nevzniklo žádné nebezpečí,
- **jízdní pruh** je část vozovky dovolující jízdu vozidel jiných než dvoukolových (motocyklu) v jednom jízdním proudu za sebou,
- **křižovatka** je místo, v němž se pozemní komunikace protínají nebo spojují; za křižovatkou se nepovažuje vyústění polní nebo lesní cesty nebo jiné účelové pozemní komunikace na jinou pozemní komunikaci,
- **obec** je zastavené území, jehož začátek a konec je na pozemní komunikaci označen příslušnými dopravními značkami; na účelových komunikacích se značky neosazují,
- **snížená viditelnost** je situace, kdy účastníci provozu na pozemních komunikacích dostatečně zřetelně nerozeznají jiná vozidla, osoby, zvířata nebo předměty na pozemní komunikaci, například od soumraku do svítání, za mlhy, sněžení, hustého deště nebo v tunelu.

Další pojmy definované pro účel práce dle Metodiky identifikace a řešení míst častých dopravních nehod (Andres 2001):

- **nehodové místo** je takové, kde dochází k dopravním nehodám,
- **nehodový úsek** je takový, kde na vzdálenost větší než 250 m dochází ke kumulaci nehodových míst,
- **nehodová lokalita** je plocha, či území s více nehodovými místy,
- **místo častých dopravních nehod (MČDN)** je takové, na kterém došlo k většímu počtu dopravních nehod, než je stanoveno ve výběrovém kritériu,
- **úsek častých dopravních nehod** je takový, kde na vzdálenost větší než 250 m dochází ke kumulaci míst častých dopravních nehod,
- **nebezpečné místo** je takové, jehož nehodovost sice leží pod stanovenými hraničními hodnotami výběrového kritéria, ale přesto vykazují potenciálně stejná rizika možného vzniku nehody,
- **dopravně - bezpečnostní opatření (DIO)** je soubor opatření směřujících ke snížení dopravní nehodovosti nehodových míst,
- **identifikace nehodových míst** a míst častých dopravních nehod je proces jejich věcného a polohového (místního) určení,
- **evidence míst častých dopravních nehod** je vytváření a vedení jejich přehledů (grafické nebo tabulkové zpracování) s členěním dle místa a času,
- **účastník nehody** je každá osoba, která se přímým způsobem účastní na nehodě. Jsou to: řidič, přepravovaná osoba, chodec, cyklista, jezdec na zvířeti, osoba přibraná k zajištění bezpečnosti provozu apod.,
- **usmrcená osoba** je ta, která zemře při dopravní nehodě na místě, nebo do 30 dnů od data nehody,
- **osobní nehoda** je ta, při níž došlo k usmrcení nebo zranění zúčastněných osob.

Evidence dopravních nehod

Dle § 123 zákona č. 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích, vede evidenci dopravních nehod Policie České republiky (dále PČR), a to dle vyhlášky 32/2001 Sb., o evidenci dopravních nehod, která upravuje způsob vedení záznamů v evidenci dopravních nehod, podrobnosti o údajích vedených v evidenci dopravních nehod a způsob předávání podkladů do centrální evidence dopravních nehod. Nutno dodat, že současná evidence dopravních nehod obsahuje údaje pouze o dopravních nehodách nahlášených PČR. Neobsahuje údaje o nehodách *nezmíněných* v § 47, zákona č. 361/2000 Sb., tedy o nehodách, při níž dojde jen ke hmotné škodě, kdy vzniká ohlašovací povinnost účastníků dopravní nehody až v případě, kdy hmotná škoda na některém ze zúčastněných vozidel zřejmě převyšuje částku 100 000 Kč. V důsledku tohoto faktu do jisté míry klesá výpovědní hodnota evidence dopravních nehod. Pro získání poznatků o veškerých vzniklých nehodách je nutné získat údaje o nehodách od pojišťoven, které vedou evidenci vlastní. Vlastní evidenci dopravních nehod rovněž vedou krajské složky Hasičských záchranných sborů, které spravují data o výjezdech k dopravním nehodám.

Údaje o dopravních nehodách se dle vyhlášky se vedou elektronicky PČR, a dále jsou předávány do Centrální evidence dopravních nehod pod gescí Ministerstva vnitra. Při nastalé ohlášené dopravní nehodě se vždy evidují:

- a) údaje o účastníkovi dopravní nehody (10 kritérií)
- b) údaje o vozidle (8 kritérií)
- c) údaje o pozemní komunikaci v místě a době dopravní nehody (6 kritérií)
- d) časové, lokační a doplňující údaje o dopravní nehodě (9 kritérií)

Zmíněná kritéria jsou blíže stanovená ve vyhlášce 32/2001 Sb., o evidenci dopravních nehod. Jedná se o kritéria typu příčiny nehody, zavinění, lokaci, datum, čas apod.

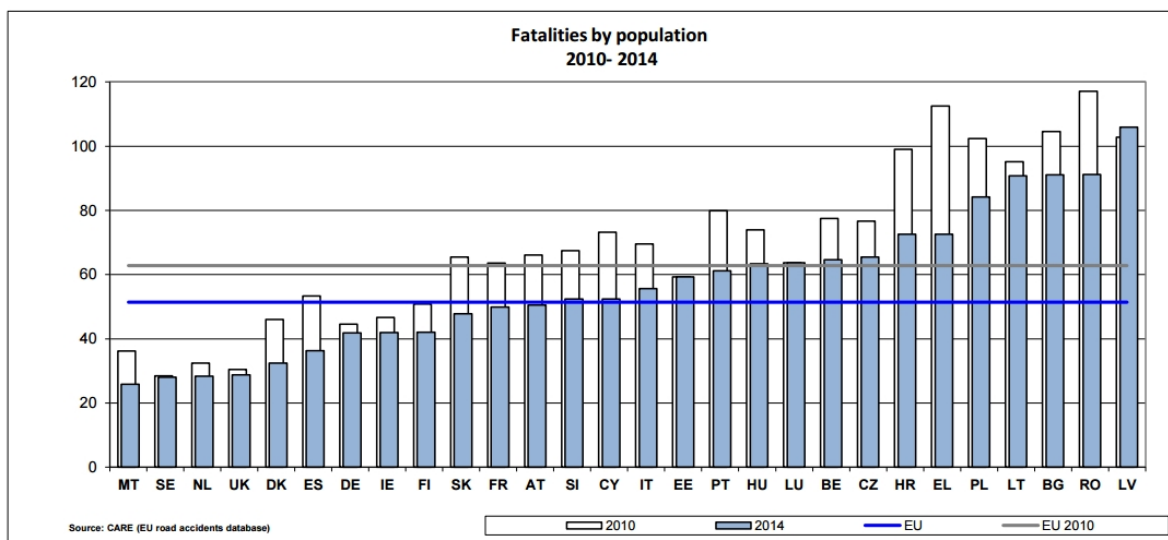
Centrální evidence dopravních nehod v ČR je veřejnosti v určité omezené podobě poskytována přes internetový geografický informační systém Ministerstva dopravy – *Jednotná dopravní vektorová mapa*⁵, kde je možné dle stanovených kritérií dohledat veškeré nahlášené dopravní nehody na území ČR od roku 2007.

Pro jednotnou evidenci dopravních nehod a pro analýzy dopravní nehodovosti v rámci EU, byla na základě rozhodnutí Rady EU ze dne 30. listopadu 1993 o vytvoření databáze, založena databáze CARE⁶, jež má za cíl vytvořit jednotnou

⁵ Dostupná na portálu www.jdvm.cz.

⁶ Zkratka: Community database on Accidents on the Roads in Europe.

Evropskou databázi silniční nehodovosti (BESIP 2016). Pro původních 14 zakládajících zemí jsou data k dispozici již od roku 1991. Česká republika se zapojila v roce 2005 podobně jako ostatní země, které byly do EU přijaty v květnu 2004. Pro veřejnost jsou dostupné jen finální statistiky.



Obr. 1: Počet smrtelných dopravních nehod na počet obyvatel v EU mezi léty 2010 – 2014 dle statistiky CARE (zdroj: CARE 2016; www.ec.europa.eu)

3.1.4 Závazné strategické dokumenty a bezpečnost provozu

Dopravu lze považovat za multidisciplinární obor, jenž propojuje řadu lidských oborů, ať už jde o sociální dimenzi (mobilita), přes hospodářskou (ekonomický rozvoj) či environmentální sféru (škodlivost emisí). Existuje tedy řada strategií, které se dopravou buď jen sekundárně zabývají. V kapitole jsou popsány hlavní strategie, primárně zaměřené na dopravu a bezpečnost dopravy jako takovou.

Evropská dopravní politika

Doprava je v evropském měřítku přímo řešena dokumentem, zveřejněným Evropskou komisí v roce 2011 - *Bílá kniha: Plán jednotného evropského dopravního prostoru na vytvoření konkurenceschopného dopravního systému účinně využívajícího zdroje* (dále Bílá kniha). Bílá kniha představuje dlouhodobý koncept směru vývoje dopravy od udržitelnosti zdrojů, přes dosažitelnou mobilitu, až po bezpečnost, a to ve výhledu až do roku 2050. Stanovuje deset základních cílů dopravy, mezi které patří rovněž ambiciózní cíl v oblasti bezpečnosti silničního provozu, a to „snížit do roku 2050 počet úmrtí v silniční dopravě téměř na nulu. V souladu s tímto cílem usiluje EU o snížení dopravních nehod do roku 2020 na polovinu.“ (Bílá kniha 2015) Tento cíl spojovaný s termínem „Vize nula“, má být

dle Bílé knihy zajištěn zejména harmonizací a zavedením technologií do silničního provozu, zvláště pak ve vztahu rozhraní vozidlo-infrastruktura (BESIP 2016).

Dopravní politika ČR

V České republice je vrcholným strategickým dokumentem cíleným přímo na dopravu *Dopravní politika ČR pro období 2014 – 2020 s výhledem do roku 2050* (dále jen Dopravní politika). Tento koncepční dokument, v důsledných cyklech, vzniká usnesením Vlády České republiky, přičemž Ministerstvo dopravy je odpovědné za jeho plnění (DPČR 2014).

Dopravní politika si klade za cíl identifikovat problémy oblasti dopravy a navrhuje opatření na jejich řešení. Hlavními východisky pro tvorbu Dopravní politiky jsou strategické dokumenty implementované ze zásad EU a národní strategické dokumenty sekundárně ovlivňující dopravní politiku jako na příklad Strategický rámec udržitelného rozvoje, Politika územního rozvoje, Státní energetická koncepce apod. (DPČR 2014). Cíle jsou v dokumentu stanoveny v rámci celého sektoru dopravy v ČR, s tím, že blíže se danými specifikovanými problémy zabývají navazující strategické dokumenty, na bázi akčních plánů, které jsou určeny Dopravní politikou v její implementační části. Tématu bezpečnosti dopravy je vyčleněn navazující strategický dokument *Národní strategie bezpečnosti silničního provozu*. (DPČR 2014)

Bezpečnost silničního provozu

Bezpečností silničního provozu se v ČR zabývá samostatné oddělení Ministerstva dopravy ČR - BESIP, které působí jako hlavní koordinační subjekt bezpečnosti silničního provozu a jako expertní orgán v oblasti působení na lidského činitele. (BESIP 2016).

BESIP je členěn na 14 krajských středisek, které mají za úkol pořádat vzdělávací akce pro veřejnost, zajišťovat informační kampaně a budovat hodnotový systém v rámci dopravní výchovy na základních školách. Souhrnným cílem BESIPu je propagovat a co nejvíce přiblížit aktuální stanovby bezpečnosti silničního provozu veřejnosti. Zároveň má BESIP v gesci realizaci a plnění cílů daných Dopravní politikou v rámci bezpečnosti dopravy, a to vyhodnocením *Národní strategie bezpečnosti silničního provozu pro období 2011 – 2020* (dále NSBSP 2020) (BESIP 2016).

Národní strategie bezpečnosti silničního provozu

Strategie schválená usnesením Vlády České republiky ze dne 10. srpna 2011 č. 599, stanovuje podmínky pro snížení nehodovosti na českých silnicích, a to v souladu s evropskými prioritami danými zejména Bílou knihou. Jde zejména o cíl snížit

do roku 2020 počet usmrcených v silničním provozu na úroveň průměru evropských zemí a dále pak o 40 % snížit počet těžce zraněných. (NSBSP 2014)

NSBSP 2020 je rozdělená do dvou částí, analytické a strategické. Analytická část se zabývá analýzou zkušeností z předchozích programů a určuje možnosti aplikace stanov, pravděpodobnost a potencionální prostor pro záchranu jednotlivých životů. Strategická část vytváří dílčí cíle na již určené prioritní oblasti, ke kterým připojují nápravná opatření. NSBSP je dokumentem, který má důslednou zodpovědnost zajistit snížení počtu dopravních nehod. K tomuto NSBSP vytyčuje zodpovědnost jednotlivých orgánů za plnění strategie, s čímž souvisí tvorba akčního plánu.



Obr. 2: Schéma tvorby národní strategie (zdroj: NSBSP 2014)

Základní vizí NSBSP 2020 je, že „za každou dopravní nehodou, jejímž následkem je zmařen lidský život či dojde k těžkému zranění, je třeba pohlížet jako na systémové selhání celé společnosti, nikoliv – jak je tradičně činěno – jako na chybu jednotlivce.“ Za konečný ideální stav je pak považována nulová ztráta na životech. (NSBSP 2014)

Strategickým cílem je na základě Bílé knihy, snížit do roku 2020 počet usmrcených v silničním provozu na úroveň průměru evropských zemí a současně o 40 % snížit počet těžce zraněných. Z toho vyplývá, že by se měl počet smrtelných zranění v České republice snižovat průměrně každý rok, od roku 2009, o 5,5 %, což v souhrnném součtu znamená, že při naplnění tohoto cíle se během dekády zachrání více než 3 000 životů. Dílčími cíly jsou aplikace aktuálních bezpečnostních přístupů na skupiny v analytické části identifikované jako nejproblémovější z účastníků silničního provozu a na rizikové faktory.

Prioritní oblast	Očekávané snížení počtu usmrcených osob	Očekávané snížení počtu těžce zraněných osob
děti	7	70
chodci	78	240
cyklisté	35	150
motocyklisté	45	180
mladí a noví řidiči	70	150
stárnoucí populace	25	50
alkohol a jiné omamné látky	40	150
nepřiměřená rychlost	140	310
agresivní způsob jízdy	60	100
celkem	500	1400

Obr. 3: Očekávané snížení počtu usmrcených a těžce zraněných osob v cílovém roce 2020 (zdroj: NSBSP 2014)

Na základě předpokladů z analytické části, jsou dána opatření, díky kterým je možné teoreticky snížit počet usmrcených a zraněných. Tento počet je zobrazen v tabulce na obr. 3 (NSBSP 2014).

Nápravná opatření jsou dána ve třech základních složkách, a to v bezpečné pozemní komunikaci, bezpečném dopravním prostředku a v bezpečném chování. V těchto složkách jsou následně nosná opatření oblastí. Zodpovědnost za plnění určitých opatření je dána mezi základní čtyři skupiny, mezi které patří ústřední orgány státní správy, orgány místní správy, profesní organizace a soukromé subjekty, a následně nevládní organizace. Tyto skupiny a jejich odpovědnost je blíže specifikována a následně je jejich předpokládaná činnost vyznačena v akčním plánu k jednotlivým opatřením (NSBSP 2014).

Akčním plánem je dána odpovědnost za plnění plánu k naplnění nulové vize mezi konečné subjekty.

OPATŘENÍ K6					
ZKVALITNĚNÍ DOPRAVNÍHO ZNAČENÍ, VYBAVENÍ KOMUNIKACÍ A POVRCHOVÝCH VLASTNOSTÍ VOZOVEK					
AKTIVITA	odpovídá				termín
	státní správa	kraje, obce	firmy	NNO	
K6.1 Důsledné uplatňování metodiky pro komplexní posouzení srozumitelnosti dopravního značení v praxi.	MD				průběžně
K6.2 Ověřování a zavádění nových prvků dopravního značení a zařízení.	MD				průběžně
K6.3 Revize vybavení komunikací z hlediska bezpečnosti.	MD				průběžně
K6.4 Odstraňování, případně ochrana pevných překážek v ochranném pásmu silnic.	MD				průběžně

Obr. 4: Ukázka akčního plánu a určení zodpovědnosti (NSBSP 2014)

3.2 SPECIFIKA SILNIČNÍCH DOPRAVNÍCH NEHOD

Zákon 361/2001 Sb., o provozu na pozemních komunikacích definuje § 47 dopravní nehodu jako „událost v provozu na pozemních komunikacích, například havárie nebo srážka, která se stala nebo byla započata na pozemní komunikaci a při níž dojde k usmrcení nebo zranění osoby nebo ke škodě na majetku v přímé souvislosti s provozem vozidla v pohybu“. Z definice dopravní nehody vyplývá, že jde o nezáměrný jev, vyskytující se na komunikacích, v jehož důsledku vznikne škoda nebo zranění.

Ačkoliv může pojem nehoda vyvolávat dojem náhodného neštěstí, výrazná většina dopravních nehod jsou dle Hrubeše (2010) ve skutečnosti trestným činem nebo přestupkem. Z právního hlediska nutné hledat viníka, oné nezáměrné události na pozemních komunikacích v řidičích. Otázkou je, proč se ale člověk nevyvaruje přestupků a trestných činů, které mohou vyústit až ke zranění, či usmrcení sebe, nebo ostatních účastníků. Odpověď může být skryta v tom, že bezpečnost není primárním cílem řidičovy jízdy. Hlavním cílem je naplnění potřeb jednotlivého řidiče, zejména tedy dorazit do cíle včas, bez prodloužení trasy a s určitým potěšením z jízdy (Štikar 2003).

Z obou těchto tezí, je možné chápat člověka jako zásadní faktor nehody. Jedná se o řidiče, který nepřizpůsobuje svoje chování k příslušným podmínkám. V současnosti se však již nepřikládá vina pouze řidičům, jako jedinému faktoru nehody, k neadekvátnímu chování jako k primární příčině se přičítá suma dalších faktorů, kam patří i vlivy prostředí a vozidla (IDEKO 2012).

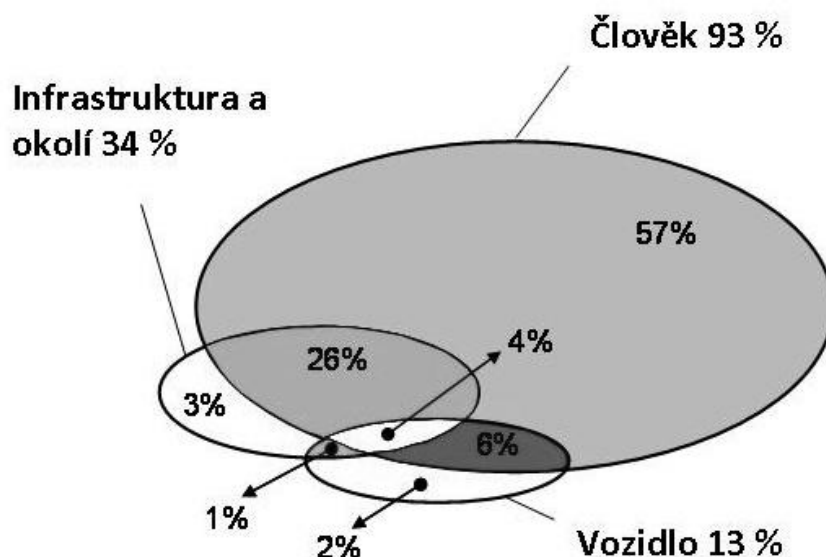
Štikar (2003) definuje specifika dopravních nehod, s tím, že každé nehodové jednání, nevede ke srážce, a je zde možný zásah účastníků silničního provozu. Dále, že dopravní nehoda je důsledkem nepředvídaných událostí, může i z bezvýznamné situace vést k vážným následkům, a že každá nehoda má svůj vlastní průběh, nutno je tedy chápat každou příčinu individuálně. Ne vždy je možné onu reálnou příčinu fakticky dohledat, protože jí sám řidič nemusí uznat.

Další specifikum dopravních nehod je velice dobrá možnost identifikace v prostoru. Andres (2001) pak dodává, že více než 30 % dopravních nehod se odehraje pouze na 3 % délky dopravních komunikací.

Výrazným specifikem dopravních nehod je i nejvíce postižená skupina účastníků silničního provozu, kdy se jedná o mladé muže mezi 18 – 25 lety, kteří na silnicích chybují více než ostatní věkové skupiny (Kamenický 2014).

3.2.1 Člověk, vozidlo, prostředí

Z definovaných specifík je možné považovat člověka jako zásadního činitele dopravních nehod, který se nepřizpůsobuje podstatě jízdy. NSBSP, ideově založená na *Vizi Nula*, však stanovuje že nehoda není chybou jednotlivce, ale celého systému, který dovolil jednotlivci chybovat. Nehodu tak lze chápat jako výsledek kombinace nepříznivých faktorů působících na lidského činitele (Pokorný 2014).



Obr. 5: Spolupůsobící faktory vzniku dopravních nehod (Pokorný 2014)

Na dopravní nehodě se mimo schopností, zkušeností a chování řidiče podílí dle Pokorného (2014) také technický stav vozidla i stav infrastruktury, a to snížené tření, náhlá změna poloměru trasy, nechráněná překážka a další. Lze stanovit, že i když je člověk zásadní činitel, výraznou roli hraje i utváření prostředí, jež má na člověka vliv.

Člověk, resp. řidič, je brán jako komplexní činitel, určený z odlišných podstat osobnosti. Je silně ovlivněný zkušenostmi a schopnosti v hledisku dopravní situace, dále pak psychickým stavem (jako je frustrace, rozčlenění, nesoustředěnost), fyzickým stavem (únava, zdravotní stav, zrakové omezení), ale i chováním ostatních účastníků provozu (agresivní chování, dodržování pravidel provozu), tyto faktory v důsledku mohou mít výrazný vliv na zvýšení rizika nehody (IDEKO 2012).

Pokud chápeme člověka jako hlavní příčinu dopravní nehody, pak je po bližší specifikaci určena jako nejčastější a nejzávažnější příčina nehody *nepozornost* (Štikar 2009). V psychologii se však nejedná o nepozornost, ale o nesprávnou, neboli nevhodnou pozornost, tedy že je pozornost zaměřena na jinou podstatu, než na kterou má. Tento fakt souvisí s kapacitou pozornosti, tedy kvantitou a kvalitou zaměření pozornosti v jeden okamžik, což je v praxi velice subjektivní záležitost

(Štikar 2009). Lze však předpokládat, že onou nevhodnou pozorností vůči dopravní situaci budou nejvíce postiženi mladí, méně zkušení účastníci dopravního provozu, kteří svojí pozornost budou směřovat mimo situaci i na samotné ovládání vozidla. Nepozornost však může být dána i únavou, zvýšeným počtem nutně řešených situací apod.

Dalším významným tématem psychologie ve vztahu člověk – stroj, je *chybovost*. Výrazně k tomuto tématu přispěl James Reason v roce 1990 publikací *Human Error* kde popisuje tzv. *taxonomii lidských chyb* (Reason in; Štikar 2009 s 30). Reason definuje chybu jako jev mezi činností a cílem, kdy chyba způsobuje nedosažení požadovaného výsledku. Dále pak určuje čtyři hlavní druhy chyby, využitelné i v teorii dopravy. Jedná se o „*kiks*“, kdy se člověk snaží činnost provádět správně, ale udělá určitou chybu; dále „*opomenutí*“, kdy člověk v rámci činnosti něco zapomene provést; „*omyl*“, kdy je v rámci činnosti provedena nesprávná akce, či reakce; „*vědomé porušení pravidel*“, kdy se člověk pokouší jednat zkratkovitě a pro zvýšení produktivity poruší daná pravidla, přičemž si neuvědomuje důsledky činnosti. V dopravě jsou pak nejvíce problematické chyby *omyl*, a *vědomé porušení pravidel*, s tím, že se proti těmto krokům špatně psychologicky špatně cílí a je jim těžké předejít. *Kiks* a *opomenutí* mohou být rovněž nebezpečné, ale jsou spojované spíše se sníženou momentální pozorností pro dané situace, v ohledu dopravního systému nejsou toliko závažné jako předchozí (Štikar 2009). Je-li tedy jako příčina nehody uvedena nepozornost, jedná se pravděpodobně o tzv. *kiks*, nebo *opomenutí*.

Na člověka, jako faktor pak cílí i určitá opatření, která jsou prováděna pro zvýšení bezpečnosti provozu (tj. snížení chybovosti) na silničních komunikacích. Jedná se o selekci, prevenci, kampaně a rehabilitaci. Selekcce je dána zkouškou před řídičským oprávněním a „bodovým systémem“, prevence (a restrikce) se pak často spojuje s kampaní a jde zde o motivaci řidičů k bezpečné jízdě (Zámečník 2014).

Účinným restriktivně-preventivním opatřením bylo zavedení bodového systému, po jehož aplikaci se projevil trend snížení nehodovosti (Kamenický 2014).

Vozidlo je v dopravním systému spojováno s člověkem, jako subsystém řidiče ovládajícího vozidlo. Výjimkou je zde případ, kdy vozidlo nelze ovládat, tedy v případě zhoršeného technického stavu vozidla. Lze mluvit o stáří pneumatik, funkčnosti brzdového systému, asistenčních systémů apod. (IDEKO 2012).

Velice špatně uchopitelnou problematikou je vztah řidiče a vnitřního prostředí (interiéru) vozidla, kdy má například člověk snížený výhled, je vystaven určitému stresu z jistých nepředpokládaných událostí ve vozidle. Může se jednat o možné rušivé elementy vozidla, interiéru apod.

Zavádění bezpečnostních opatření na vozidla je dáno zejména instalací inteligentních bezpečnostních systémů, jako jsou senzory pro vzdálenosti vozidel, které mohou

v budoucnu zabráňovat nehodám. Dále je to vnitřní zabezpečení vozidel (safety) co se týče lepší odolnosti konstrukce proti nárazu, rozšíření airbagů atd.

Prostředí je v systému dopravy bráno jako prostor, kterým řidič projíždí, a kterému pak musí dle § 4 zákona 361/2001 Sb. přizpůsobit charakter jízdy. Co se týče faktorů prostředí, nejvýznamněji je zohledněna dopravní situace (počet křižovatek, návaznost pruhů, intenzita provozu), dále dopravně technický stav komunikace (druh a šířka vozovky, rozhledové poměry, příčný a podélný sklon), stavebně technický stav komunikace (opotřebení povrchu, vlny, výtluky, vybavení komunikace), a dále pak to jsou neovlivnitelné povětrnostní podmínky (slunečno, déšť, mlha, námraza) a denní doba (IDEKO 2012). Prostředí je také možné vnímat jako širší okolí komunikace, kde řidiče může ovlivňovat úprava okolního prostředí (stromy, reklamní poutače), ale například i využití prostředí (zástavba, otevřený horizont, krajinné dominanty).

Pro zvýšení bezpečnosti se využívá dopravního značení, které dává na vědomí možné nebezpečí v rámci prostředí. Dalšími kroky jsou dopravně-inženýrská opatření, která snižují náročnost dopravní situace (např. mimoúrovňové křížení), dále vybavenost pozemní komunikace, a v širším vztahu pak úprava silniční vegetace pro lepší přehlednost apod.

Problematikou dopravně bezpečnostních opatření je, že ne vždy jednoznačně vedou k poklesu dopravní nehodovosti v úseku. Zlepší-li se například osvětlení, může to vést ke zvýšení rychlosti, a ke snížení pozornosti, což často působí negativně (Štikar 2009).



Obr. 6: Nehodové místo - náhlá zatáčka po rovinném úseku (zdroj: kraj-lbc.cz [2016-4-16]
http://www2.kraj-lbc.cz/public/doprava/besip2011/lokality/JNNL1d/JNNL1d_obr2.JPG)

3.2.2 Komplexní pojetí dopravní nehody

NSBSP (2014) stanovuje, že každou dopravní nehodu je třeba, chápat individuálně, a přistupovat k ní jako k jakémukoliv jinému skutku, jenž vyvoluje podobné důsledky, tedy dochází-li ke škodě na majetku, zdraví osoby, či k usmrcení. Důsledky dopravních nehod jsou často velice vážné a jejich přehlížení jako určitého náhodného, však nutného jevu není v současnosti přijatelné. Každá dopravní nehoda by měla být řádně prošetřena a měla by být vykonána opatření, aby se na stejném místě již jiná nehoda neopakovala.

Podepsáním Veronské deklarace v roce 2003 v italské Veroně příslušnými ministry EU a ostatních kandidátských států a zemí Evropského ekonomického prostoru, se Česká republika zavazuje plněním stanov bezpečnosti silničního provozu vyjádřenými touto deklarací. Jedná se zejména o potvrzení „že náklady na aktivity v oblasti bezpečnosti provozu na pozemních komunikacích jsou ve srovnání s cenou lidských ztrát a sociálními a ekonomickými ztrátami extrémně nízké“. Je proto nutné investovat do této sféry ku snížení veškerých sociálních i ekonomických ztrát.

Ačkoliv dopravní nehoda vyvolává dojem pouze hmotné škody na zúčastněných dopravních prostředcích, v komplexním pojetí je však nutné přijmout i externalitu těchto nehod. Jedná se o náklady na dopravní policii, hasičský záchranný sbor, zdravotní péči, soudy, pojišťovny, administraci i náklady sociální péče (Kamenický 2014).

Nelze opomíjet ani sociální a psychické dopady v podobě ztráty života, či těžkého zranění, které se nepromítá nejen na rodinnou sféru, ale v důsledku i na trh práce, a to zejména v kontextu, že nejrizikovější skupina řidičů jsou mladí řidiči do 25 let.

Pro uvědomění si závažnosti problematiky dopravní nehodovosti slouží ekonomické vyčíslení ztrát, které vychází z podílu všech výdajů, vynaložených ve spojení s dopravními nehodami, k výši hrubého domácího produktu na obyvatele. Dle CDV veškeré ekonomické ztráty spojené s dopravní nehodovostí představovaly v roce 2012 52,6 mld. Kč, což je cca 1,4 % HDP v ČR (Valach 2014).

Míra nákladů se v době liší, a to vzhledem k proměnným ukazatelům co se týče ekonomického výkonu národního hospodářství. Výše míry ekonomické ztráty na každou nehodu byly pro rok 2009 vyčísleny takto:

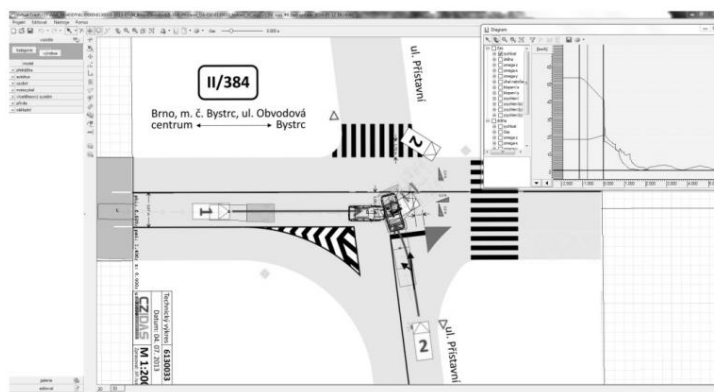
- smrtelné zranění – 10 653 000,- Kč,
- těžké zranění – 3 577 000,- Kč,
- lehké zranění – 402 000,- Kč,
- hmotná škoda – 109 000,- Kč.

3.2.4 Časoprostorové aspekty nehody

Dopravní nehoda je prostorový jev, lze jej tedy jako každý časoprostorový jev vyobrazit v grafu, který je dán osami prostoru a časovou osou (časovou linkou). Ke každému nehodovému jednání je možné přisoudit určité kritické body, a to nějaký začátek, průběh a určité vyvrcholení, které ne vždy musí končit srážkou (to v případě uvědomění chyby a reakce). Pokud je možné zaměřit se na polohu i čas události, je vhodné jí zaznamenat v celém svém průběhu. Díky tomuto kroku je následně možné určit primární fáze nehody, a tak i důsledně zavinění v určitém bodě. Na základě zkoumání fází je pak možné vysledovat vzorce chování, a zaměřit na ně pozornost při prevenci nehod. Tento proces však v praxi neprobíhá. PČR je omezen pouze na vystavení tabulky, o 56 kritériích, do kterých je však nutno zahrnout i administraci o řidiči, vozidle, či možnosti popisu srážky s chodcem, což nemusí být pro účelnou analýzu dostačující.

Na problém absence časoprostorového rozboru nehod cílí výzkumná činnost CDV, nazvaná *Hlubková analýza dopravních nehod* (dále HADN). HADN se zaměřuje, zatím jen v Jihomoravském kraji, na podrobné zkoumání nehod, při nichž došlo ke zranění (Juza 2014). HADN začíná místním šetřením na místě nehody, které zahrnuje měření fyzikálních veličin, ohledání prostoru a psychologický rozbor. Výstupem místního šetření po srážce dvou osobních vozidel a jedním zraněným je cca 1200 údajů. Následuje ohledání vozidel v akreditované laboratoři a tzv. analýza dopravní nehody, kde se za pomoci rekonstrukce ve speciálním softwaru, analyzuje lidský faktor, míra zranění, či dynamika. Lze tak určit jednoznačné závěry, doporučení a návrhy řešení (Juza 2014).

Praktická část diplomové práce vychází obdobně jako HADN z předpokladu časoprostorovosti procesu dopravní nehody. Tedy, že není možné využít pouze data o prostoru z evidence dopravní policie. Je nutné počítat i s prvotním impulzem zavinění dopravní nehody, který nemusí být dán přímo až v místě srážky. Impuls může způsob jízdy ovlivnit, již několik desítek metrů před kolizním místem. V tomto ohledu je nutné brát při následných analýzách v potaz i širší okolí nehody.



Obr. 7: Ukázka rekonstrukce dopravní nehody v rámci HADN (zdroj: Juza 2014)

3.3 VZTAH PROSTŘEDÍ K DOPRAVĚ

Prostředí je v dopravním systému bráno zejména jako nadřazená složka pozemní komunikace, do které se dále připojují určité podsložky, faktory prostředí. Mohou to být faktory stálé, jako jsou vlastnosti komunikace (geometrie trasy, kvalita vozovky), mohou to být faktory proměnlivé, jako jsou klimatické podmínky či viditelnost, ale patří sem i do jisté míry subjektivní záležitosti jako je míra vizuálního zatížení na řidičovu pozornost v rámci reklamních poutačů, krajinných dominant apod.

Kapitola se zabývá vztahem dopravní nehodovosti a okolního prostředí, vytyčuje zde východiska, která jsou následně využita pro tvorbu hypotézy a stanovení kritérií pro praktickou část práce. Nejprve je klasifikováno prostředí na přímé a okolní, dále jsou určeny možné vlivy, jež má trasa komunikace na nehodovost. Následně jsou zde představeny dlouhodobé trendy dopravy v rámci prostředí a nakonec je věnována kapitola vlivu vnímání krajiny na pozornost.

3.3.1 Přímé a okolní prostředí

Rozlišení přímého a okolního prostředí není pevně stanoveno, je možné využít definici vycházející z § 11 zákona 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, kde je určen silniční pozemek, respektive co je součástí pozemní komunikace, a co již není její součástí. Dle této teze lze rozlišit přímé prostředí jako silniční pozemek, určený pozemní komunikací a jeho pomocným pozemkem, přilehlým po obou stranách tělesa, a dále součástmi a příslušenstvím dálnic, silnic a místních komunikací, tedy například i dopravním značením, osvětlením, protihlukovými stěnami, silniční vegetací a dalším příslušenství silnic. Okolní prostředí je v tomto případě ostatní prostor, jež není přímo definován zákonem.

Přímé prostředí se vyznačuje zejména tím, že zde oproti běžnému prostoru probíhá určitý mimořádný řád. Veškeré možnosti činností jsou podřízeny zákonu o provozu na pozemních komunikacích. Jsou zde vymezena daná pravidla, s tím, že jejich porušení je sankcionováno dle Hlavy V zákona 361/2000 Sb. V přímém prostředí je dáno řidiči podmínit se pravidlům a chovat se tak aby např. přiměřil svou rychlost stavu vozovky, a neomezoval, či neohrožoval tak ostatní účastníky silničního provozu. Následky nehody bývají zaneseny do protokolu, jako *nepřizpůsobení stavu vozovky*. Proměnlivost přímého prostředí vychází z proměnné intenzity provozu, jež je dána určitými rytmy dopravy, a to dle charakteru úseku.

Ovlivňující parametry v rámci bezpečnosti dopravy přímého prostředí tedy jsou, intenzita, určitá dopravní situace označená svislým a vodorovným dopravním značením, stav vozovky (ale i např. i námraza, vrstva sněhu) a její průběh v terénu, šíře komunikace apod. Tyto parametry jsou evidovány vlastníkem komunikace.

Okolní prostředí je vymezeno prostorem přímého prostředí a dále dosažitelnou vzdáleností řidiče. Jedná se o přímo viditelné okolí, ale i o okolí virtuální, které si řidič představuje, zejména pokud prostor zná.

Pravidla okolí silnic se řídí sekundárně s ohledem na stavební řád, který počítá s blízkostí komunikace. Okolní prostředí má však rovněž určitý vliv na průjezd po pozemní komunikaci. Do jízdy promítá po sensuální stránce řidiče, zejména pak vizuální. V okolním prostředí lze vnímat terén v okolí, například jízda na okraji výrazného terénního zlomu může být pro řidiče stresující, naopak rovinný přehledný úsek může vyvolat pocit jistoty a podnítit tak zvýšení rychlosti jízdy. Využití okolního prostoru také může mít vliv, co se týče otevřenosti, či uzavřenosti pohledů, kdy lesní porost v okolí směřuje pozornost na silniční trasu, zatímco otevřenost v prostorech pastvin, či polí může pozornost od komunikace odvracet. Týče se využití okolní krajiny, může zde být patrný vliv očekávání jistých specifíků krajinných pokryvů, například v zastavěné oblasti je možné očekávat přechod chodců, či v přírodním prostředí výskyt zvěře, která může nečekaně střetnout cestu apod.

3.3.2 Vliv parametrů pozemní komunikace

Parametry komunikace, mají dle CDV (KARIO 2014) prokazatelný vliv na četnost dopravních konfliktů. Lze tedy určit kritéria, která v důsledku zvyšují nebezpečnost silnic. Dle publikace KARIO 2014⁷, je možné rozdělit rizikové parametry extravilánových pozemních komunikací do několika skupin, a to na skupiny:

- zemní těleso pozemní komunikace,
- vozovka,
- návrhové parametry pozemní komunikace,
- vybavení komunikace,
- specifická místa na pozemních komunikacích,
- objekty na pozemních komunikacích,
- uživatel,
- podmínky prostředí.

Tyto skupiny v sobě začleňují nejvýznačnější problematiky extravilánových pozemních komunikací, na které se na základě tohoto katalogu cílí jednotlivá doporučená opatření, a to dle možné finanční náročnosti ku udržitelnosti. (KARIO 2014)

K velké části těchto rizik je však nutný bližší individuální průzkum, kterým by se jednotlivá rizika identifikovala, a následně by bylo vlastníkem komunikace určené

⁷ Katalog rizik a opatření na extravilánových pozemních komunikacích. KARIO je součástí certifikované metodiky CDV - Řešení kritických míst na pozemních komunikacích v extravilánu.

riziko dle možností řešeno. Na základě generalizace lze však některé tyto parametry vysledovat v zájmové oblasti na základě prostorových údajů, údajů o silniční síti ze silniční databanky ŘSD, či z průzkumů o kvalitě povrchu vozovky. Možnost vysledovat rizikové parametry pozemních komunikací, předurčuje aplikace analýzy v prostředí GIS. Nevýhodou je však jistá omezenost přístupu k datům o silniční síti a jejím povrchu.

V rámci diplomové práce je vhodné vysledovat charakteristiky pozemních komunikací, které lze objektivně posoudit i bez nedostupných kvalitativních dat o jednotlivých úsecích pozemních komunikací. V tomto ohledu byla z katalogu vyčleněna objektivní rizika, která je možné aplikovat v praktické části práce i bez přístupu k databance ŘSD.

Jde o tyto objektivní rizika:

- úseky s rychlostním omezením – empirické zkušenosti - nedodržení rychlosti,
- železniční přejezd – riziko střetu s vlakem,
- výškový oblouk – převýšení, sklonitost - viditelnost a orientace v terénu,
- oblouk o malém poloměru – křivolakost - orientace v terénu, rychlost
- křížení komunikací – dopravní situace - přehlednost.

Vliv parametrů pozemní komunikace je rovněž řešen v certifikované metodice CDV *Multifaktorová analýza dopravní nehodovosti*, která má za úkol na krajské úrovni identifikovat kritické faktory prostředí pozemních komunikací, na které je vhodné zaměřit dopravně bezpečnostní činnost (MFDN 2014).

V metodice jsou určeny faktory, jež ovlivňují dopravní nehodovost, v ohledu diplomové práce je tedy vhodné tyto faktory a míru jejich vlivu začlenit do praktické části. Metodika mezi faktory počítá:

- intenzitu,
- nejvyšší dovolenou rychlost,
- šířkovou kategorii komunikace,
- počet jižních pruhů,
- přítomnost zpevněné krajnice.

Dále pak počítá s parametry ovlivňujícími předchozí faktory, jde o tyto:

- expozice, intenzita, délka,
- kategorie komunikace, počet jízdních pruhů, přítomnost zpevněné krajnice,
- nejvyšší dovolená rychlost jízdy,
- hustota křižovatek a dopravních zařízení,
- křivolakost trasy,
- přítomnost lesa v okolí komunikace,
- podíl délky úseku, která má havarijní stav povrchu vozovky.

Na základě faktu využití těchto faktorů certifikovanou metodikou založenou na empirických zkušenostech, lze považovat tyto faktory za obecně uznávané jakožto činitele dopravní nehodovosti. Proto lze faktory stanovit jako možná kritéria pro praktickou část diplomové práce.

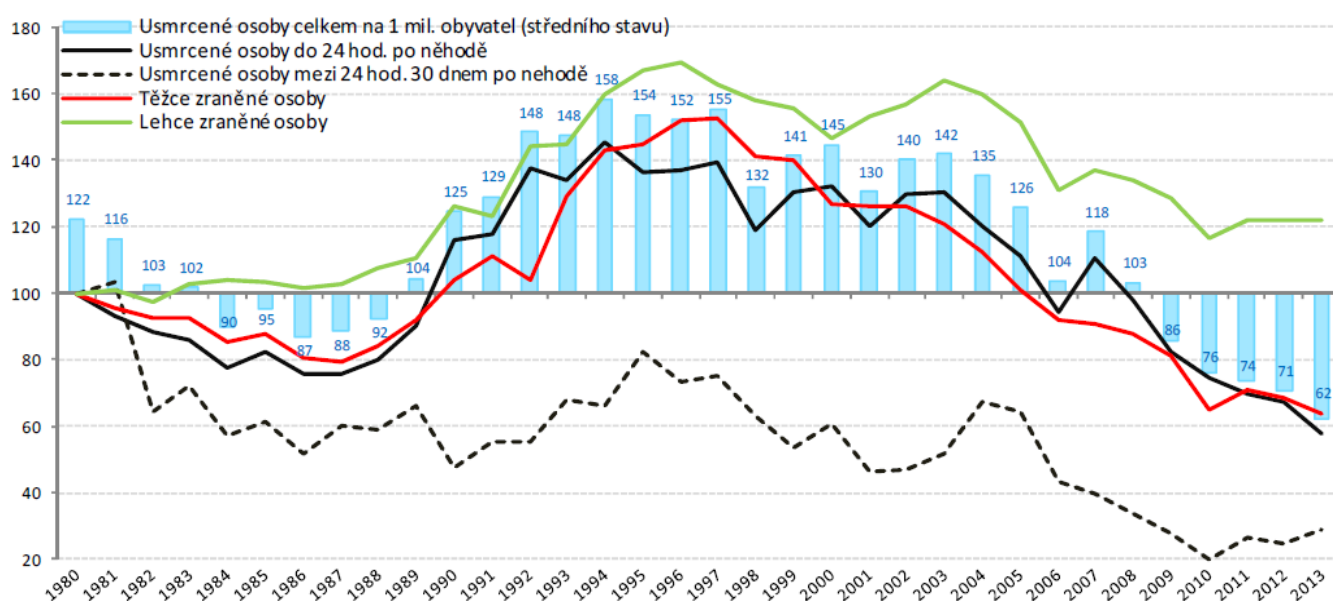
Výsledky multikriteriální analýzy v Jihomoravském kraji, identifikovaly validitu faktoru zejména v případě intenzity dopravy, křivolakosti úseku a vlivu přítomnosti lesu v okolí. Tyto výsledky byly v praktické části diplomové práce rovněž brány v potaz.

3.3.3 Dlouhodobé trendy dopravní nehodovosti

Z dlouhodobých statistik dopravní nehodovosti na území České republiky, lze vydedukovat možná schémata v rámci prostoru a přilehlého okolí pozemních komunikací, která mohou být pro účastníky silničního provozu určitým způsobem nepřehledná, či stimulující nepřiměřené chování. Svou podstatou mohou vytvářet podmínky pro vznik nehodového místa. Právě schématům určeným jako dlouhodobě nebezpečná, by se do budoucna měla věnovat pozornost, jak je definováno v akčním plánu strategického dokumentu NBPSP 2020.

Na základě dlouhodobých statistik jsou vytyčeny hlavní rizikové faktory, které poslouží jako činitelé v praktické části diplomové práce.

Fakta této kapitoly jsou zpracována výhradně z dokumentu, vytvořeným ČSÚ pro účely souhrnu vývoje dopravní nehodovosti v ČR – *Dopravní nehodovost a její důsledky v ČR a v dlouhodobém pohledu* (Kamenický 2014).



Obr. 8: Dlouhodobý vývoj počtu důsledků nehod v silničním provozu v ČR - 100 je úroveň roku 1980 (Kamenický 2014)

Z dlouhodobé statistiky dopravní nehodovosti vyplývá, že bezpečnost silničního provozu se postupem let zvyšuje, mezi léty 2007 a 2013 se počet obětí snížil téměř o polovinu, počet těžce zraněných ubylo o 30 %. Snížení nehodovosti je, dle závěrů ČSÚ (Kamenický 2014), dáno zejména rozvojem dopravní infrastruktury, jako jsou dálnice, obchvaty a mimoúrovňová křížení. Dále se snížení nehodovosti připisuje dopravní výchově, preventivnímu a represivnímu opatření v podobě bodového systému, ale také modernizací vozového parku i demografickému posunu populačně silných ročníků z věku typického pro vysokou nehodovost řidičů do kategorie vyzrálejších řidičů.

Týče se dopravních schémat, většina dopravních nehod se soustřeďuje na komunikace v obcích. V **intravilánu** (vymezeném dle dopravního značení) se rámcově odehraje okolo dvou třetin nehod, tyto nehody se však vyznačují méně závažným charakterem. Výši nehod zde lze připočítat zejména počtem dopravních situací jako je počet křížení komunikací, či souvislostmi s parkováním vozidel, klidovým stavem vozidel apod.

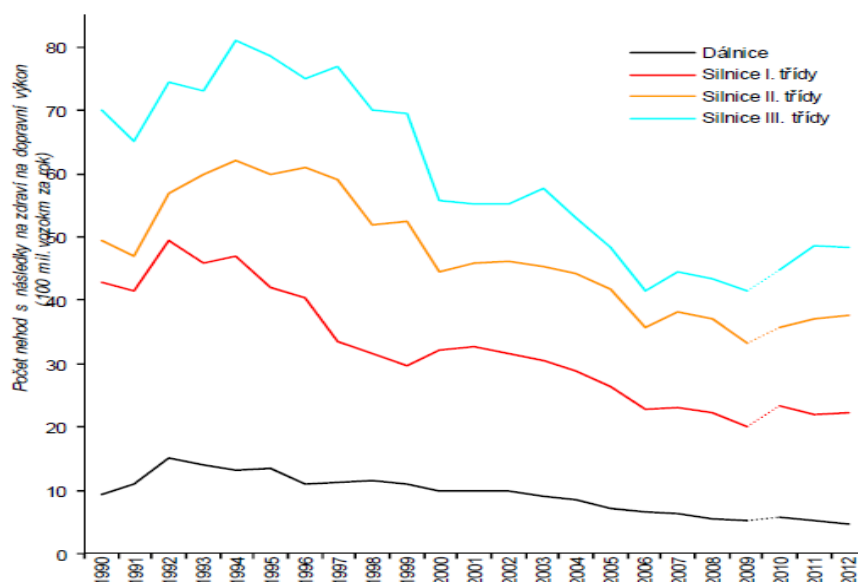
Nehody **extravilánu** se oproti nehodám v intravilánu vyznačují závažností. Statisticky je až několikanásobně větší riziko zranění v extravilánu, než je tomu v intravilánu. Vyšší závažnost je dle ČSÚ (Kamenický 2014) přisuzována odlišnému zastoupení příčin nehod i odlišnou strukturou účastníků. V extravilánu je výrazný podíl nehod pod vlivem nepřiměřené rychlosti a nesprávného předjíždění, což v důsledku vede k závažnějším zraněním. Za výrazné nehody jsou považovány nehody motocyklistů, jejichž zranění bývá často tragické.

Dle směrových poměrů komunikace vzniká nejvíce nehod na přímých úsecích, což je dáno zejména jejich poměrem k ostatním úsekům. Dále se dle počtu nehod řadí **zatáčky** a úseky, které na ně bezprostředně navazují (Kamenický 2014).

Výrazné jsou ve směrových poměrech zastoupeny **křížovatky**, které zastupují pětinu všech dopravních nehod, což je k poměru délky úseků nutné brát jako faktor nebezpečného místa. K nejvíce rizikovým, co se týče zdraví účastníků silničního provozu, se ze směrových poměrů řadí komunikace v přímých úsecích v blízkosti zatáček.

Dle **kategorie komunikace** se většina nehod stane na místních komunikacích, což je dáno zejména umístěním v intravilánech měst a jejich délkou, která výrazně převyšuje délku komunikací ostatních kategorií. Na účelových komunikacích (lesní a polní cesty, výjezdy z areálů, parkoviště) se stane pouze do 5 % dopravních nehod. Statistika třídy komunikace může představovat určité klamavé informace o počtu dopravních nehod kvůli intenzitě provozu. Nejvíce dopravních nehod se stane na silnicích vyšších tříd, tj. dálnic a silnicích I. třídy. Počet dopravních nehod je zde však v úměře k intenzitě dopravy. I na základě grafu na obr. 9, lze představit fakt, že

dálnice a silnice I. tříd jsou v rámci závažnosti dopravních nehod méně závažné, než ty na silnicích II. a III. tříd. Lze tedy konstatovat, že nejvíce dopravních nehod se stane na silnicích I. třídy, ale v rámci relace k dopravním výkonům jsou silnice III. třídy dvakrát četnější než silnice I. třídy a desetkrát četnější než na dálnicích (Kamenický 2014).



Obr. 9: Počet nehod s následky na zdraví k intenzitě dopravy podle kategorií komunikací (Kamenický 2014)

Z výsledků dlouhodobé statistiky tedy vyplývá, že nejmenšímu riziku osobních nehod jsou vystaveni řidiči na dálnicích. Dálnice jsou bezpečnější zejména díky **dopravnímu řešení a vybavení**. Významný vliv zde má pevné oddělení protisměrných dopravních proudů a trasování mimo zastavěná území (Kamenický 2014).

Typ komunikace sám o sobě neznamená výraznou změnu pro potenciál rizika dopravní nehody, lze však předpokládat, že dálnice mají spíše pozitivní vliv ke snížení rizika. Jinak tomu je u silnic I. tříd, které jsou mnohdy výrazně ovlivněné průjezdem obcemi a bezpečnostní opatření jsou zde dána pouze omezenou nejvyšší dovolenou rychlostí, což pro úseky s vysokou intenzitou provozu v kontrastu s napojením na místní komunikace není dostatečné bezpečnostní řešení.

Technické problémy komunikace, či závady na komunikacích nejsou dle statistik dopravní nehodovosti výrazným primárním činitelem nehodovosti, pohybují se pod 1 % všech příčin dopravních nehod (Kamenický 2014).

Faktor **reliéfu** se v souvislosti s dopravní nehodovostí eviduje pouze položkou viditelnost. Nehody způsobené zhoršenými rozhledovými podmínkami tvoří výrazný podíl nehod. Výraznou skupinou v rámci rozhledovosti jsou nehody, kde je příčinou ztížený rozhled profilem komunikace. Takové nehody mají často závažné

následky. Údaje o rozhledu však nemají oporu v objektivním posouzení, je tedy nutné k údajům přisupovat opatrněji (Kamenický 2014)

Povětrnostní podmínky jsou jako příčina v rámci dopravní nehodovosti poměrně časté, a to až kolem 14 %. Na celkovém počtu usmrčených se podílejí téměř jednou pětinou. Nejčastější povětrnostní podmínkou je déšť, či sněžení. Tyto faktory jsou rovněž umocněny terénními podmínkami. V tomto smyslu lze vyzdvihnout závislost vyšší nehodovosti v závislosti na počasí v českém pohraničí (např. i Karlovarsko, Liberecký kraj, Vysočina), a to zejména ve venkovském prostoru v extravilánu. (Kamenický 2014) Nejzávažnější nehody se stávají v mlze.

Faktory jako je **využití krajiny** v okolí, či otevřenost reliéfu, nejsou ve statistikách uváděny. Je tedy v rámci práce vhodné stanovit míru faktoru využití krajiny na základě vlastních analýz (viz kap. 4.3.3).

3.3.4 Vnímaní krajiny z vozidla a vliv na pozornost

Vnímaní krajiny a pozornost řidiče je velice subjektivní záležitost. Kapacita pozornosti, tedy schopnost člověka přijímat nabízené informace za časovou jednotku, je velice rozdílná u každého jednotlivce. Nelze jednoznačně předpovědět, jak velká část pozornosti je v určitém dopravním schématu využita, z důvodu, že míra pozornosti je čase proměnlivá, tak i z důvodu neuchopitelnosti míry schopností a zkušeností účastníka silničního provozu, který se v dané situaci nachází. S určitostí lze konstatovat, že kapacita pozornosti je omezená. Řidič přijímá jen část nabízených informací. V rámci kapitoly lze pak zdůraznit, že příjem informací je tím menší, čím větší je nehomogenita vnějších podmínek (Štikar 2009).

Jak již bylo zmíněno (v kap. 3.3.1 *Přímé a okolní prostředí*), okolní prostředí ovlivňuje řidičovu pozornost okrajově, většina kapacity pozornosti je věnována přímému prostředí, ve kterém je nutné podřízovat se řádu dopravního provozu, okolní prostředí však může mít dopad také dopad na řidičovu pozornost, a to zejména pak převahou senzuálních vjemu okolí nad vjemy přímého prostředí.

Z psychologických výzkumů, je známo, že pozornost člověka podléhá, podle jeho založení, periodickému kolísání. Tento fakt může vysvětlovat vysoký podíl lidských přímých faktorů na dopravních nehodách. Je zřejmé, že objeví-li se pokles pozornosti právě v komplikované dopravní situaci, je dán psychologický předpoklad pro vznik nehody (Štikar 2009). V tomto ohledu je nutné brát v potaz okolí zejména v blízkosti rizikových dopravních situací (změna přednosti, ostré zatáčky, zúžení vozovky), kde je vhodné i pomocí optického vedení, působit na zvýšení řidičovy pozornosti a připravit ho na nebezpečné místo s předstihem (Štikar 2009).

Vnější vlivy na pozornost mohou být rozděleny na pozitivní (zvyšující pozornost) a na negativní (pozornost snižují).

Může se zdát, že rovinné přímé úseky, jsou z hlediska bezpečnosti provozu výhodnější, než úseky členité, přesto jsou z pohledu dopravní psychologie velice nebezpečné. Na monotónních úsecích, bez vnějšího rozptýlení se pozornost řidiče omezí až k takové úrovni, že následně není schopen vyřešit ani jednoduchou změnu situace. Při řešení silničních projektů se proto snaží dlouhým monotónním úsekům předejít. Přímá a jednotvárná trať na řidiče působí nepříjemně, a způsobuje únavu (Štikar 2009).

Odpovídající míra pozornosti je jedním ze základních principů bezpečnosti silniční dopravy. Problémem je zejména počet činitelů vyžadujících pozornost v kontrastu se složitější dopravní situací. Jak bylo zmíněno, rovinné trasy, jež nevyžadují přímou pozornost, jsou o to více nebezpečné, pokud na ně navazuje nebezpečné místo. V tomto ohledu je tedy nutné pozornost před místem zvyšovat. Často se cílí na zvýšení pozornosti pomocí navození dojmu obdobného rizika, například před ostrou zatáčkou je vhodné projektovat zatáčku s větším obloukem, která však předjímá možnost dalšího rizika, a to z toho důvodu, že samotné varování dopravním značením zde může být kvůli omezené pozornosti snadno přehlédnuto (Štikar 2009). Z hlediska krajinného pokryvu může být negativním faktorem monotónní prostředí, které může být pro řidiče unavující. Možným negativem je dle dopravní psychologie také absence vegetačního porostu v okolí, která může vést k dojmu prázdnoty a opuštěnosti, jízda takovým prostředím může být únavná, tedy nebezpečná (Štikar 2009). Pozitivně na řidičovu pozornost působí určité prověření schopností za určitou dobu jízdy. Vhodný může být v dlouhých úsecích i rozhled do krajiny, který do určité míry stimuluje pozornost. V oblastech silné vizuální dominance krajinných prvků je však vhodné vytvořit odpočívadla mimo prostor komunikace, aby případný výrazný záměr výhledu neodporoval pozornosti věnované k řízení. Řidič tak může k výhledu využít určené místo mimo dopravní prostor.

V souhrnu je tedy možné považovat krajinný pokryv jako prvek, alespoň z části ovlivňující pozornost. Je možné stanovit monotónní plochy orných půd jako nebezpečné, stejně tak jako mohou být nebezpečné monotónní uzavřené výhledy v lesním porostu. Ideálním stavem je určitý kompromis mezi otevřenou a uzavřenou krajinou, v případě rozmanitého terénu, který nevytváří jednotvárné úseky. Vhodný krajinný pokryv, dle míry pozornosti, však nelze jednoznačně stanovit kvůli subjektivním prioritám řidiče. V ideálním krajinném pokryvu je žádaná určitá vizuální líbivost, vhodné střídání rytmu, a aplikace určité gradace (stupňování, či opakování prvků v rychlejším sledu) prostředí před nebezpečnými rizikovými prvky komunikace

3.4 ZPŮSOBY A VÝZNAM STATISTIK DOPRAVNÍ NEHODOVOSTI

Kapitola představuje důležitost statistik nehodovosti pro celý obor dopravy, a to zejména v principu tvorby opatření v podobě strategických plánů na národní, či regionální úrovni, tak i pro opatření lokální, vázané na dopravně inženýrské řešení konkrétních nehodových úseků. Dále kapitola představuje možnosti identifikace a typologie problémových míst, a následně popisuje metody, jakými lze identifikace dosáhnout a s jakými se potýká problémy. V závěru kapitoly jsou pak představena teoretická východiska pro praktickou část diplomové práce.

3.4.1 Principy sledování nehodovosti

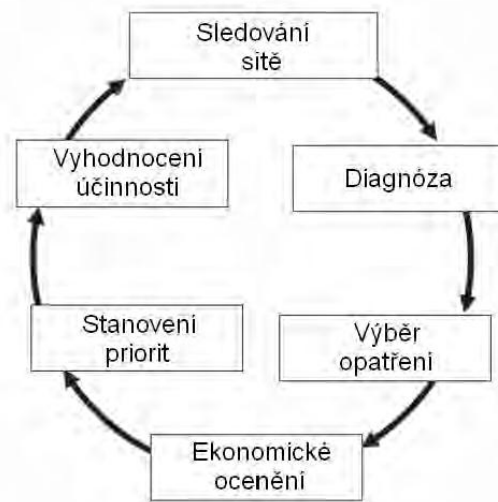
Dle Andres (2001) je základním principem eliminace příčin dopravních nehod fakt, že dopravní nehodovost se koncentruje na omezená místa, či úseky. Dále uvádí, že 30 – 40 % všech dopravních nehod dochází na pouhých 3 % délky silniční sítě, což dokladuje význam dopravně-bezpečnostních řešení právě na ona kritická 3 % délky silniční sítě. Nutno podotknout, že účinné dopravně-bezpečnostní opatření lze provádět i jednoduchými nízkonákladovými realizacemi. K úspěšnému začlenění opatření je však nutné nejen identifikovat riziková místa ale i podrobně poznat zákonitosti a primární příčiny nehod.

Zpracováním dat evidence dopravních nehod lze určit prostorové umístění v přesnosti řádu několika metrů, lze určit koncentraci jevů v časovém horizontě a lze určit principiální příčinu nehody. Na základě těchto informací lze určit význačné lokality, na které se následně díky zjevné znalosti příčiny zacílit opatření. Dle samotné příčiny se aplikuje informativní (dopravní značení), či o technické opatření.

Zásady zkoumání nehodovosti

Nehodovost je v současnosti sledována na základě principů Bíle knihy, a je sledována zejména reakčně (retrospektivně), na bázi již evidovaných dopravních nehod. Retrospektivní metody mají za úkol určit prostorové, časové a příčinné charakteristiky dopravní nehody, z nichž se na základě určitých statistických modelů, dle účelů statistiky, vyvodí závěr, na který lze následně reagovat.

Odborná literatura ve směru výzkumu nehodovosti používá termín *management bezpečnosti silničního provozu*. Dle Pokorného (2014) management bezpečnosti zahrnuje cyklický soubor činností v kompetenci vlastníka, respektive správce komunikací. Cyklus začíná sledováním sítě (identifikací rizik), následuje bližší analýza a výběr opatření (např. na základě příčiny, či závažnosti) a vyhodnocení účinnosti, cyklus se pak opakuje ve výchozím bodě.



Obr. 10: Schéma managementu bezpečnosti silničního provozu (zdroj: BRNOSAFETY 2014)

Reakční analýzy vycházejí ze vstupních dat nehodovosti mapovaných odborným státním orgánem, tj. PČR dle vyhlášky 32/2001 Sb., o evidenci dopravních nehod. Objevuje se i přístup, jež vychází z určitých předpokladů dopravní nehodovosti, ty nejsou přímo spojovány s určitými daty. Takové přístupy se nazývají proaktivní, neboli preventivní, mající za úkol indikovat nebezpečnost dříve, než k nehodám vůbec dojde (BRNOSAFETY 2014).

Statistické využití prostorových dat nehodovosti je v oblasti bezpečnosti silničního provozu zvláště důležité, dle specifík dopravní nehody (viz kap. 3.2) se řada nehod odehrává ve stejných lokalitách v úseku řádu desítek metrů, což je oproti jiným statistickým metodám v prostoru výrazný přínos pro možnosti zpracování výpočtu.

Hrubeš (2010) vyzdvihává důležitost analýzy dopravních nehod na síti dopravních komunikací, protože na rozdíl od mapování trestných činů, mají nehody na pozemních komunikacích jasná vstupní schémata, a budou mít vždy stejný tvar umístění podél silnice. Silnici tak lze rozdělit do segmentů dle míry nehodovosti.

Hrubeš (2010) definuje zásady pro zkoumání nehodovosti:

- pečlivě a přesně popsat dopravní nehody v prostoru,
- systematicky zkoumat vzorce nehod a vztahů mezi nehodami v prostoru a čase,
- dále zlepšovat schopnosti předvídat a kontrolovat nehodovost v prostoru.

3.4.2 Hodnocení bezpečnosti silniční sítě a jeho aplikace

V současnosti se používá celá řada programů hodnocení bezpečnosti silniční sítě, jejichž společným znakem je sledování kvality bezpečnosti dopravní sítě a upozornění na potřebná zlepšení. Jedná se, jak již bylo zmíněno zejména o programy prediktivní, anebo reakční.

Principiálně základním reakčním ukazatelem hodnocení bezpečnosti silničního provozu je tzv. ukazatel hustoty nehod, ke kterému se následně připojují určité parametry, jež zdokonalují, respektive zpřesňují výsledek.

H – ukazatel hustoty nehod

„Vztáhneme-li počet nehod na délku úseku, obdržíme ukazatel hustoty nehod. Tento ukazatel je orientační hodnotou pro úsekově chápané riziko nehodovosti na určité komunikaci“ (Andres 2001). Používá se k posuzování relativní bezpečnosti na určitých silničních tazích, zejména pak pro posuzování úseků z hlediska bezpečnosti.

$$H = \frac{N_o}{L*t} \text{ [počet nehod / km komunikace a rok]}$$

Kde:

N_o - celkový počet nehod ve sledovaném období

L - délka úseku [km]

t - sledované období [roky] (Andres 2001)

R - Ukazatel relativní nehodovosti

Dle Andrese (2001) je nejběžnějším ukazatelem pro hodnocení bezpečnosti či pozemní komunikace ukazatel relativní nehodovosti R . Ukazatel R vypovídá o pravděpodobnosti vzniku nehody na určité komunikaci ve vztahu k intenzitě dopravy. Jedná se o ukazatel relativní, vztažený na proměnnou intenzitu průjezdu vozidel. Jeho vypovídací schopnost je tedy na vyšší úrovni, než u ukazatele H . Vztah je dán:

$$R = \frac{N_o}{365*I*L*t} * 10^6 \text{ [počet osobních nehod / mil. vozokilometrů a rok]}$$

Kde:

N_o - celkový počet (osobních) nehod ve sledovaném období

I - průměrná denní intenzita provozu [voz./ 24 hod]

L - délka úseku [km]

t - sledované období [roky]

Velikost ukazatele R se obvykle pohybuje v rozmezí hodnot 0,1 - 0,9. Překročení hodnoty ukazatele 1,6 signalizuje výrazný nedostatek úseku silnice. Ukazatel se vynáší do map, s jednotlivým výpočtem koeficientu pro každý silniční úsek. Mapy relativní nehodovosti pak slouží jako názorné zobrazení pro orientaci v problematice nehodovosti na daném území (Andres 2001).

Integrální ukazatelé

Zmíněné ukazatele lze upravit tím, že se nahradí absolutní počty dopravních nehod (N) jinými, zpřesněnými parametry, jako je například výše závažnosti nehody dle zranění, počtu zúčastněných vozidel na nehodě apod. Tyto parametry lze obecně pojmenovat jako integrální parametry (Andres 2001).

Závažnost následků lze vyjádřit pomocí nehod závažnosti následku na zdraví, či ekonomickým ohodnocením. U ukazatele závažnosti následku na zdraví je použit koeficient závažnosti, který přiřazuje určitou váhu jednotlivým druhům závažnosti zranění. Nejčastěji se používají koeficienty dle Reinholda (Reinhold in Andres 2001: 25).:

- usmrcení člověka – 130,
- těžké zranění – 70,
- lehké zranění – 5,
- hmotná škoda -1.

Dle jejich ekonomického ohodnocení se vyjadřuje obdobně. Místo koeficientu se pak dosazuje aktuální míra ekonomického ohodnocení (Andres 2001).

Aplikace výsledků

Výsledky z daných ukazatelů se využívají především jako nástroj pro zhodnocení nehodových míst, na které je následně zacílena strategie bezpečnosti provozu. Výsledky indikátorů jsou využívány jak pro zhodnocení současného stavu, tak i pro následný vývoj pozemních komunikací. V České republice se tímto a dalším výzkumem na dopravních spojích zabývá CDV, které své výsledky publikuje na konferencích, ze kterých je následně vyvozována strategie a akční plány pro jednotlivé složky státní správy. Na Evropské scéně se zhodnocením nehodovosti zabývá, již zmíněný program CARE⁸, který vede databázi o všech nehodách ve společenství EU. V roce 2002 byla založena mezinárodní nezisková organizace EuroRAP⁹ zabývající se mimo jiné tvorbou tzv. rizikové mapy pro státy EU, pro každé tři po sobě jdoucí roky. Riziková mapa je tvořena obdobným výpočtem jako výše popsany R – ukazatel relativní nehodovosti. Jedná se zde o porovnání úseků v počtu smrtelných nehod a nehod s následky těžkých zranění na silničním úseku o průměrné délce cca 20 km, s určeným dopravním výkonem. V České republice mapování probíhá jen pro dálnice a silnice I. třídy.

Cílem rizikové mapy je zohlednit pět základních kategorií nebezpečnosti úseku. Na obr. 11 je patrné rozmístění nebezpečných úseků dálnic a silnic I. tříd. v rámci Libereckého kraje. Obdobně je pak přístupováno ke zhodnocení silniční sítě Libereckého kraje v praktické části práce (viz analýza 4.3.1 *Výpočet relativní nehodovosti*)

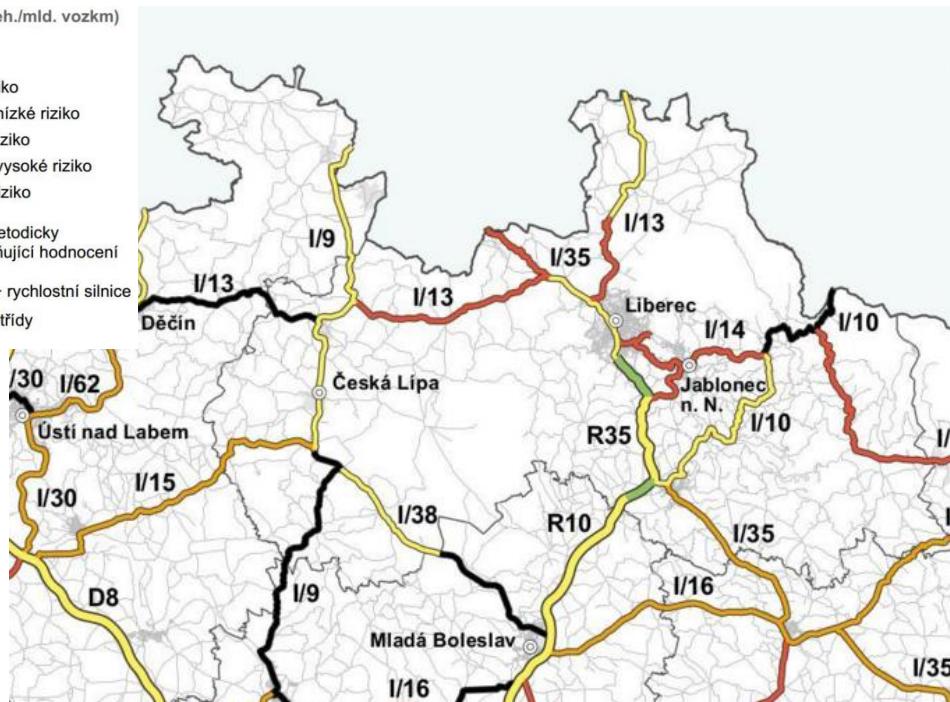
⁸ CARE – viz kap. 3.1.3

⁹ European Road Assessment Programme - Evropský program hodnocení bezpečnosti silnic, podílející se na evidenci a výzkumu nehodovosti v Evropě

Mapa 2 - Individuální riziko (neh./mld. vozkm)

Stupeň rizikivosti

- nízké riziko
- středně nízké riziko
- střední riziko
- středně vysoké riziko
- vysoké riziko
- úseky metodicky neumožňující hodnocení
- dálnice + rychlostní silnice
- silnice I. třídy



Obr. 11: Nejnovější riziková mapa pro léta 2011 - 2013 dle Eurorap (zdroj: EuroRAP in ÚAMK 2016)

3.4.3 Typologie nehod a sledovaná kritéria nehodových úseků

Nehodové úseky nemají jednotnou definici, co se týče počtu nehod na daný úsek. Je proměnlivá podle jednotlivých cílů metodik. Za dlouhodobě uznávanou se považuje definice nehodového místa z *Metodiky identifikace a řešení míst častých dopravních nehod* (Andres 2001), která stanovuje míru na úseku 0,25 km za období jednoho roku 3 nehody s osobními následky; za období tří let 3 nehody s osobními následky stejného typu a 3 nehody stejného typu za rok.

Je tedy určující nejen počet nehod a závažnost nehody, ale i její typ. Pro klasifikaci typů dopravních nehod, byla stanovena kritéria, které agregují jednotlivé příčiny dopravních nehod do určitých skupin, pro další analýzu v hledisku nehodových míst. Na tomto principu byl vytvořen *Typologický katalog dopravních nehod*, který stanovuje 9 typových skupin, a to dle jejich příčin a možnosti úpravy. Jedná se například o typové skupiny zohledňující podobné druhy zavinění s obdobnou jízdou křižovatkou, nehody s protijedoucím vozidlem, či nehody se zaparkovanými vozidly atd.

U nehodových míst se určují kritéria dle stavební charakteristiky (směrové oblouky, příčný profil) a dle dopravní charakteristiky (dopravní zatížení, rychlost, rozhledové poměry). Nehodové místa lze klasifikovat do jednotlivých skupin a cílit proti nim

určitá konkrétní opatření, která je však možné aplikovat nutně až po specifickém místním průzkumu úseku (Andres 2001).

3.4.4 Problematika sběru dat o nehodovosti

V rámci problematiky sběru dat o nehodovosti vyzdvihuje Hrubeš (2010) důležitost rozsahu ukazatelů jednotlivých kritérií. Kritéria mají být co nejpřesnější, aby zahrnovala veškeré okolnosti přispívající ke vzniku dopravních nehod, tedy aby obsahovala široké spektrum popisu lidského faktoru, dopravního prostředku a prostředí. V současnosti jediný validní sběr dat o nehodovosti probíhá PČR dle vyhláškou stanovených kritérií. Sběrem dat z dopravních nehod se rovněž zabývají hasičské sbory v případech dojezdu k nehodě, či pojišťovny, které však uchovávají záznamy, i kvůli osobním záznamům, mimo veřejné evidence.

Dle Tecla (2014), je odpovídající sběr dat nutný pro potřebu vývoje odpovídajících bezpečnostních programů a strategií. Data by měla být zejména dostupná, přesná, spolehlivá, srovnatelná a aktuální.

Jedním z problémů současného sběru dat je, že PČR eviduje pouze nehody, ke kterým je přivolána, nejčastěji jde o nehody kde PČR musí být přítomna dle zákona 361/2000 Sb., tedy o nehody s úmrtím, se zraněním nebo s hmotnou škodou převyšující 100 000 Kč. Ostatní nehody nejsou zaznamenávány, i přes to, že mohou mít význam pro další výzkum nehodových lokalit. Dalším problémem spojeným s registrováním jen nehod s hmotnou škodou převyšující 100 000 Kč je, že v období před schválením změn zákona¹⁰, byly registrovány i nehody s nižším limitem hmotné škody, což dnes vede k nehomogenosti dat.

Hrubeš (2010) rovněž upozorňuje na nejednotné pojetí příčin v silniční nehodovosti, kdy pouze obecné uvedení příčiny nehody jako je „nepřiměřená rychlost“, „nepozornost“ apod., není adekvátní k výsledku šetření, a to tím, že dávají pouze velice malý vhled ke skutečnému primárnímu důvodu chování. Právě chybný, respektive příliš obecný sběr dat může vést k nevhodné interpretaci a dál například ke nevhodně pojatým, či příliš obecným kampaním zaměřených na změnu chování uživatelů dopravního systému. Ty pak nemají cílenou odezvu.

Ze specifík dopravní nehody (viz kap. 3.2), vyplývá další problematika, a to ta, že dopravní nehody jsou dány zejména lidským faktorem, který skýtá velké množství pochybností při nalezení jedné primární příčiny nehody. Zmiňované „jel příliš rychle“ je možné přisuzovat mnohým aspektům řidičova psychického či fyzického stavu, který však není možný v důsledku současné policejní evidence nijak zaznamenat. Může se jednat o nervozitu způsobenou nepřehlednou dopravní situací,

¹⁰ Změna zákona v rámci navýšení limitu z 50 000 Kč na 100 000 Kč, byla přijata zákonem 274/2008 Sb., v části sedmé o změně zákona o silničním provozu.

nepozorností kvůli monotónnosti okolí, či individuální záležitostí jako je nepostřehnutí omezení dopravní rychlosti kvůli reakci ke spolujezdci apod. Tyto neuchopitelné faktory, se však v jistých úsecích mohou opakovat a mohou být právě onou příčinou dopravní nehody.

Další možnou chybou u sběru dat je technická chyba, či tzv. překlep, při zápisu do evidence. Dále chybná lokace nehody v souvislosti s jejím počátkem, či špatnou identifikací v souřadnicovém systému geolokátoru. Prostor pro chybovost se však s lepšími technickými prostředky snižuje.

3.4.5 Data pro analýzy dopravní nehodovosti

Výzkum, resp. výsledky, dopravní nehodovosti slouží jako podklad pro prevenci, vytváření strategií a akčních plánů bezpečnosti silničního provozu. Jedná se o data, která se sbírají soustavně již po řadu let, a lze z nich i mj. vyčíst i reakce na učiněné bezpečnostní opatření či naplnění akčních plánů bezpečnosti provozu. Nutno tedy tyto data brát velice seriózně. Jejich interpretace však závisí i na příslušných datech z jiných oborů, tedy nejen na tabulkách již stalých nehod, ale je vhodné k nim dle cílených výsledků připojit i data, která s nehodovostí mají určitou spojitost. Lze předpokládat určitou spojitost dopravní nehodovosti s počasím, ale i se sezonními provozu apod.

Primárními daty jsou tabulky dopravních nehod, evidované PČR, dle vyhlášky 32/2001 Sb. Dalším zdrojem pro analýzu jsou pak vrstvy silničních komunikací, v tomto ohledu se jedná o zejména o data z databanky ŘSD, kde se evidují vlastnosti silnice, co se týče jejich třídy, délky, ale i počtu a šířky jízdních pruhů, identifikují se zde zatáčky, křižovatky, či kvalita vozovky a další vlastnosti. Zdrojem informací o pozemních komunikacích jsou rovněž pasporty místních a účelových komunikací, které mají dle zákona § 9 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, vést vlastníci těchto komunikací.

Výraznými daty jsou pak údaje intenzity provozu, kterou měří ŘSD celostátním sčítáním dopravy v pětiletých cyklech, ale i v rámci individuálních měření.

Dalšími možnými zkoumanými jevy jsou pak prostorová data o průnicích komunikace se železnicí, cyklostezkami, migračními koridory zvířete, a dále přítomnosti zástavby, či lesa v okolí a další, které se objevují individuálně dle jednotlivých metodik.

3.4.6 GIS a dopravní nehodovost

Prostředí geoformatických systémů je oblast, která se vyznačuje prací s geodaty, tedy s daty, které mají jako jeden z atributů stanovenou polohu. V GIS lze s geodaty specificky pracovat, lze hledat souvislosti, které nejsou při primární vizualizaci zřejmé. V tomto ohledu se nabízí práce s místy dopravních nehod, kterým můžeme

dle specifik dopravní nehody (viz kap 3.2) určit jistou polohu. Hrubeš (2010) vyzdvihuje možnost aplikace GIS v analýzách dopravní nehodovosti tím, že lze určit jisté opakující se charakteristiky v prostoru jako je silniční geometrie, či omezení rychlosti. Dále specifikuje, že GIS může vnést do problematiky nové pohledy, s tím, že po mnoho let nebyl kladen na geografický popis nehod dostatečný důraz, protože se za příčiny silničních nehod považovaly hlavně chyby řidičů. Dnes je však dle politiky bezpečnosti silničního provozu považována nehoda za chybu celého dopravního systému, nikoliv jen jednotlivce. Lze tedy předpokládat větší zaměření analýz dopravních nehod i do prostředí geoinformatických systémů.

Možnosti aplikace jsou zde v určení prostorových souvislostí, co se týče koncentrace nehod v prostoru a lokalizace nehodových míst. Prostorový aspekt lze využít pro analýzy vnějších vlivů okolí komunikace, průběhu reliéfu, hustoty dopravních situací a reakcí řidičů na jednotlivá schémata. Potenciál prostorového uchopení nehod lze uplatnit i v rámci předvídání, s tím, že nehodová místa lokalizuje dříve na základě vzorců podobnosti.

V GIS pracuje se všemi daty, kterým je možné určit polohu. V ohledu analýz dopravní nehodovosti může být určitou problematikou dynamika dopravního provozu, tedy pohyb systému řidič – vozidlo. Informace o pohybu by mohly být jedním z důležitých aspektů analýz dopravní nehodovosti, v současné době však tyto údaje nejsou k dispozici. Můžeme však do budoucna uvažovat, že se do dopravního prostředku vloží lokátor sledující polohu, a v důsledku tak mít více dat spojených s nehodou. Zpětně bychom tak dohledali údaje jako rychlost, délka ujeté trasy, způsob jízdy apod., které by bylo možné aplikovat ve výzkumu. Dnes však taková data existují pouze v malé míře, je možné tedy operovat pouze jen s daty zjistitelnými z nehodového místa.

3.4.7 Metody analýzy dopravní nehodovosti v prostředí GIS (MFA)

Metody výzkumu dopravních nehod v GIS se liší na základě použitých prostorových dat. Primárním rozlišením dat je pak způsob jejich reprezentace, jedná se o vektorovou a rastrovou reprezentaci. Každý z obou typů je vhodný pro určitý typ informací a analýz, důležité je vybrat si pro dílčí účel reprezentaci efektivnější (Tuček 1998).

Vektor je určen matematickou funkcí, pomocí které lze zobrazit i složitější geografické objekty, jako jsou body, linie, či překrývající se linie. Rastrová interpretace je pak dána základním stavebním bodem buňkou (pixelem). Buňky samy o sobě obsahují informaci složenou z určité hodnoty, jsou organizovány do mozaiky, která pak tvoří určitý geometrický obrazec (Tuček 1998).

Vektorová reprezentace je výhodná zejména pro správu dat, lze jednodušeji aktualizovat a může ve svých atributech obsahovat doplňující informace. Používá se

mj. pro správu komunikací v rámci úseků, jejich vlastností jako jsou intenzity, počtu pruhů, dále pak pro výpočet relativní nehodovosti, kdy je určitému úseku přiřazován daný počet nehod apod. Je využit například při aplikaci relativního ukazatele nehodovosti, či vytvoření rizikové mapy organizací EuroRAP (viz kap. 3.4.2). Výhodou vektoru je relativně snadné dohledání geometrie prvků, jako je délka, obsah apod. Rastr se využívá zejména jako nástroj pro určení souvislostí v prostoru, které lze na základě přepočtu mezi sousedícími buňkami provádět (Hlásný 2007).

K analytickému zpracování rastru se využívá metod mapové algebry, založené na překryvné operaci (*overlay*). Mapová algebra je komplexní nástroj umožňující provádět prostorové analýzy, kdy na základě kombinace vstupních rastrových vrstev, matematickými operacemi, výkonová syntéza rastrů například za účelem určení doposud nezřetelných vztahů v území (Tuček 1998; Hlásný 2007).

V práci byly použity metody založené na zkušenostech, tedy metody vycházející ze statistických dat dopravní nehodovosti ve vektorové reprezentaci. (viz analýza 4.3.1 – 4.3.3). Dále byla použita rastrová predikční metoda, kdy byly na základě teoretických východisek určeny faktory, ze kterých lze následně vyvodit potencionální místa nehod. Rastrová překryvná analýza je stanovena principem multifaktorové analýzy.

Multifaktorová analýza, označuje proces zahrnující kombinace více než jednoho faktoru (vlivu či jevu), kterým následně vytvoří výsledný soubor, jenž má již novou vypovídací hodnotu (IDEKO 2012).

Multifaktorové analýzy se dle IDEKO (2012) stanovují na základě tří kroků:

- 1) **výběr analyzovaného jevu** (nehodovost);
- 2) **volba vlivů**, o kterých se předpokládá, že jev ovlivňují (intenzita dopravy, parametry komunikace);
- 3) **provedení analýzy**, která ověří, zda zde dochází ke vlivu.

4. METODIKA

Principem metodiky je aplikovat teoretické poznatky k naplnění praktických cílů práce. V první řadě je zde vytyčeno a blíže přiblíženo zkoumané území z hlediska dopravy, pro pochopení kontextu v rámci nehodovosti v ČR. Dále jsou představena užitá data, která je nutná opatřit pro případné opakování analýzy. Následují kapitoly určené jednotlivým krokům práce, které jsou podrobně popsány, tak aby bylo možné představit podstatu oněch postupných úkonů, i je v důsledku zopakovat.

První tři analýzy probíhají na ve vektorové reprezentaci a jsou založené na datech dopravní nehodovosti mezi léty 2009 – 2014. Čtvrtá analýza vychází z poznatků tří předchozích a dotváří tak finální výsledek interpretovaný v kapitole 5.3.

Veškeré metodické údaje, jež byly v metodice použity, vycházejí z představené teorie, či dílčích analýz. Tato data jsou vztažena zejména k rámci cíle práce, jsou aplikována na zájmové území i jeho měřítko. Principiálně lze data poměrově upravovat, a to v rámci daného měřítka a cíle práce.

4.1 PŘEDSTAVENÍ ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ Z HLEDISKA DOPRAVY

Jako zájmové území bylo vybráno území Libereckého kraje, a to kvůli vymezujícímu faktoru určitosti širě vypůjčených statistických dat o nehodovosti. Obsáhlost území vedoucí k měřítku kraje, je rovněž více zodpovědná k proběhnuvším analýzám, k jejichž obecné přesnosti by se nedalo v případném větším měřítku přihlídnout. Cíle práce vymezují další specifikum území, a to že není v podstatě nutné přihlížet k údajům v rámci dopravní nehodovosti ve městech, resp. městském prostoru. Tento prostor je natolik specifický svým vnějším charakterem a počtem dopravních situací, že ho nelze srovnávat s ostatním prostorem mimo město. Proto bylo ze zájmové oblasti Libereckého kraje odstraněno území, jež má městské vlastnosti, tedy v rámci jisté generalizace, území celých katastrů měst s počtem obyvatel větším, než jsou 3000.

Obecné informace

Liberecký kraj se nachází na severu České republiky, je tvořen čtyřmi okresy Česká Lípa, Jablonec nad Nisou, Liberec a Semily. Rozlohou 3 163 km² (4,0 % rozlohy ČR), se jedná o po Praze nejmenší kraj. Dle Sčítání lidu domů a bytů v roce 2011 žilo v Libereckém kraji 439 262 obyvatel, což je v rámci ČR druhá nejnižší hodnota, po Karlovarském kraji. Průměrná hustota 138,7 obyvatel na km² převyšuje republikový průměr. Nejvyšší hustota obyvatel je v okrese Jablonec nad Nisou a Liberec s podílem městského obyvatelstva 77,5 %. Méně urbanizován je okres Semily (ČSU LBK 2015).

Z hlediska krajinného pokryvu je území pokryto zejména lesní (44,5 %) a zemědělskou půdou (44,2 %) ¹¹, což je dáno především georeliéfem kraje, jenž je převážně hornatý. Nejvyšším bodem kraje je Kotel u Harrachova (1 435 m n. m.), nejnižším bodem je ústí řeky Smědé (208 m n. m.) do polského pohraničí. Výšková členitost odpovídá charakteristikám pahorkatiny. Klima je lehce chladné na severovýchodu až mírně teplé k jihozápadu kraje (ČSU LBK 2015).

4.1.1 Délka silnic a dálnic

Na území kraje se nenachází žádné dálnice, nejvyšší třídou dopravní komunikace jsou zde tzv. silnice pro motorová vozidla zařazené do silnice I. třídy, které krajem vedou 346 km (z toho 22 km silnice pro motorová vozidla). Silnice II. třídy, které mají za úkol zejména vytvářet spojení mezi okresy, jsou v kraji zastoupeny 487 km a silnice III. třídy zaujímají 1 589 km. Celková délka silnic a dálnic je tedy 2 422 km (ČR celkem 54 972 km), z čehož má nejvyšší podíl okres Liberec a nejmenší Jablonec nad Nisou. Délkou silnic pro motorová vozidla dominuje liberecký okres. Z hlediska délky silnic a dálnic na 1 km² patří Liberecký kraj k pátému nejvíce propojenému. Dle hustoty pokrytí silnicemi ¹² patří Liberecký kraj celkově k nejhustěji pokrytým krajem v ČR, tj. 1 198,0 m na km² oproti celostátnímu průměru 928,2 m na km². V Libereckém kraji je k roku 2014 evidováno 195 482 osobních automobilů včetně dodávkových.

Liberecký kraj sousedí s Polskem a Německem, což vede k určitému navýšení počtu průjezdů, a to i nákladní dopravy, přes území kraje. Výrazněji se projevuje přeshraniční doprava z Polska, a to zejména na silnici E65, resp I/10, která se následně v Turnově napojuje na silnici pro motorová vozidla I/65 vedoucí na Prahu (ČSU 2015).



Obr. 12: Vliv přeshraniční dopravy v Libereckém kraji

(zdroj: ceskedalnice.cz [cit. 2016-04-16] <<http://www.ceskedalnice.cz/prilohy/ecka.jpg>>)

¹¹ Podíl orné půdy na celkové rozloze je 20,5 %, což je hluboko pod celostátním průměrem. Poměr lesní půdy ku rozloze kraje je v celostátním průměru nadprůměrně vysoký.

¹² Délka silnic vztažená na jednotku rozlohy (m/km²).

4.1.2 Intenzita dopravy

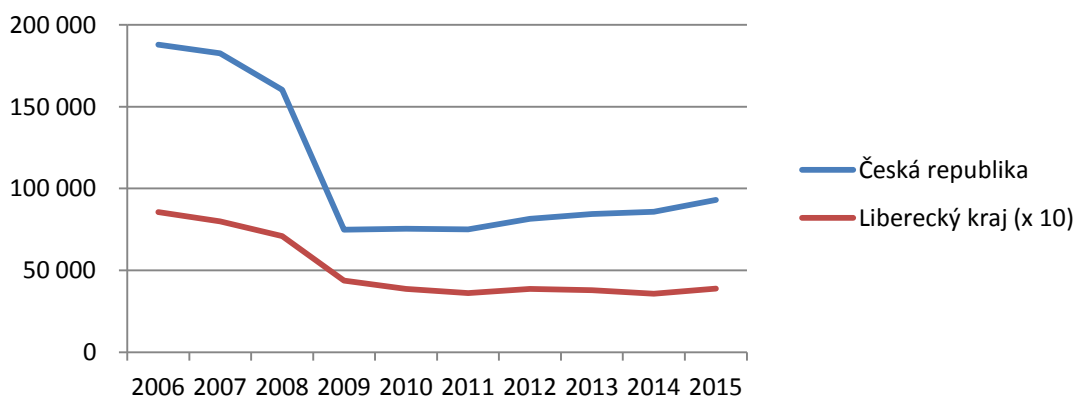
Intenzita provozu obecně vyplývá z počtu dopravních prostředků, které projedou daným sčítacím úsekem za jednotku času.

V Libereckém kraji bylo v roce 2010 sčítáno 375 úseků, přičemž nejvyšší naměřená intenzita provozu byla sledována v Liberci mezi ul. Košická a ul. Čechova o intenzitě 35 813 vozidel za 24 hod. Průměr intenzit ve sledovaných úsecích je dán 5 942 vozidel za 24 hodin (ČSÚ 2011).

4.1.3 Vývoj nehodovosti

Vývoj nehodovosti v Libereckém kraji odpovídá vývoji v celorepublikovém kontextu. Jedná se o výrazné dlouhodobé snížení dopravní nehodovosti, což je dáno jednak bezpečnostně dopravními opatřeními (viz 3.3.3 *Dlouhodobé trendy dopravní nehodovosti*), tak i určitou měrou snížením evidence dopravních nehod PČR, kvůli zavedení dobrovolnosti ohlášení nehody do hmotné škody do výše 100 000 Kč (změna z roku 2009).

Vývoj počtu dopravních nehod

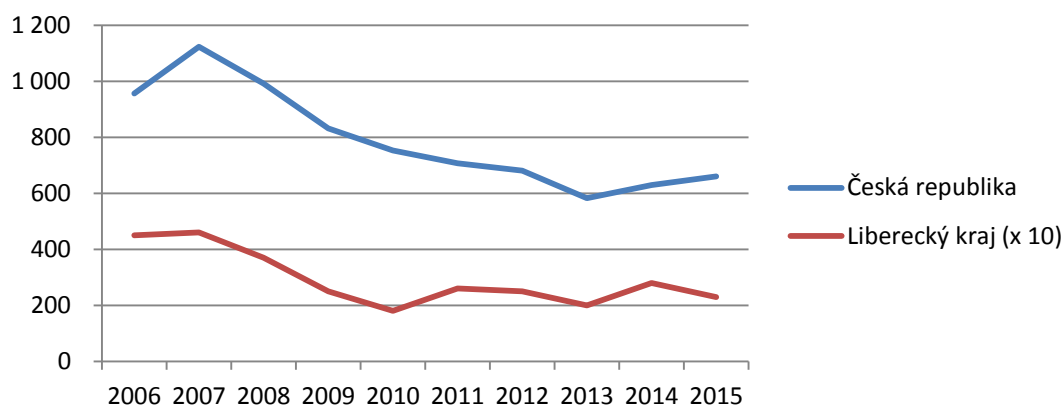


Graf 1: Vývoj počtu evidovaných DN v ČR

– Srovnání průběhu nehodovosti v ČR a v LBK (počet nehod v LBK je vynásoben 10x pro srovnání vývoje. v roce 2009 byla stanovena změna metodiky)

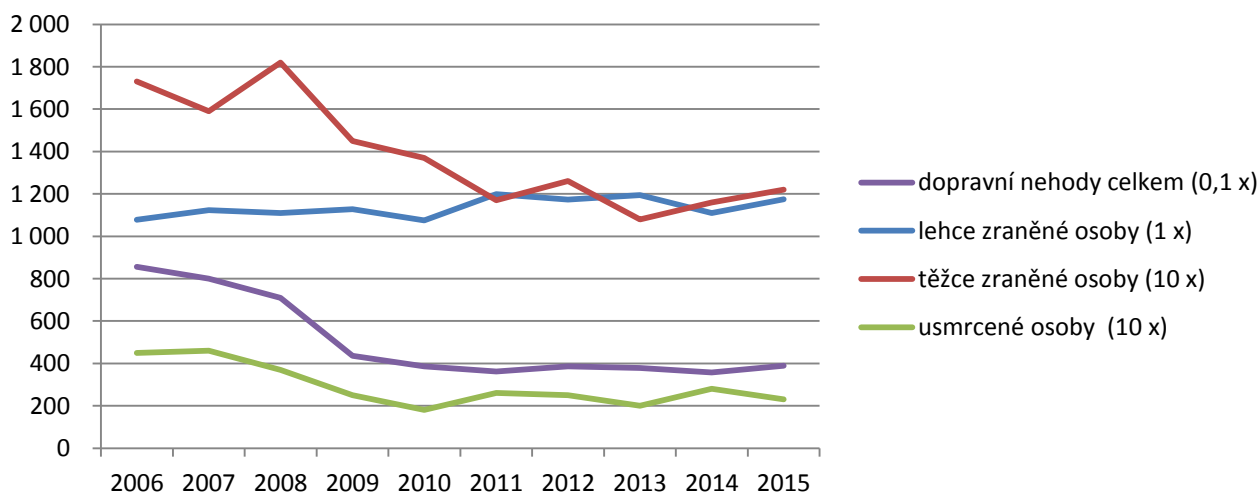
(zdroj: autor dle ČSÚ 2015)

Vývoj počtu usmrcených při DN



Graf 2: Vývoj počtu dopravních nehod s následkem úmrtí – Srovnání průběhu nehodovosti v ČR a v LBK (počet nehod v LBK je vynásoben 10x pro srovnání vývoje; zdroj: autor dle ČSU 2015)

Vývoj počtu DN v LBK dle závažnosti



Graf 3: Vývoj počtu dopravních nehod v LBK, počty jsou násobeny pro přehlednost grafu (zdroj: autor dle ČSÚ 2015)

Vývoj následků dopravních nehod v Libereckém kraji od roku 2006 do roku 2015 vykazuje určitý pokles počtu smrtelných nehod. Navzdory změny metodiky evidence dopravních nehod, je patrné, že počet dopravních nehod neubývá tak výrazně. Dlouhodobý vývoj nehodovosti bez změny evidence je patrný například u následku počtu nehod s následky lehkého zranění, jenž i mírně roste.

4.2 VSTUPNÍ DATA

Pro zpracování analýz této práce, byla použita data volně dostupná, pro možné opakování metodických kroků. Výjimkou byla data o nehodovosti. Veškerá data o každé evidované nehodě jsou dostupná ve webovém prohlížeči¹³, nicméně jejich zpracování by bylo pro širší práce prakticky nemožné. O data dopravní nehodovosti bylo proto požádán DI PČR Semily. V kapitole jsou zmíněna pouze primární použitá data, ostatní deriváty se zmiňují v postupu práce.

Datovým typem je zde mimo výjimky u vektoru *.shp*, dále pak rastrové typy, kterými je *.tiff*.

4.2.1 Data o dopravní nehodovosti

Analýza dopravní nehodovosti v prostoru si žádá primárně vrstvu dopravních nehod, od které se následně odvíjí veškeré souvislosti. Pro účely práce byla získána sada tabulek všech nehod v Libereckém kraji od roku 2009 do konce roku 2014. Tento časový horizont byl ohraničen jednak neúplnou vrstvou nehod z roku 2015 a kvůli zmíněné změně metodiky evidence dopravních nehod v roce 2009. Tabulky byly na základě hodnot o poloze převedeny na vektorové vrstvy, a ty byly následně využity v dle metodiky v jednotlivých krocích zpracování diplomové práce.

4.2.2 Data o silniční dopravě

Jako primární data pozemních komunikací byla využita vrstva z OpenStreetMaps¹⁴, která byla považována za nejpřesnější volně dostupnou. Nejvhodnější možná data jsou v rámci databanky ŘSD. ŘSD však tato data bohužel volně neposkytuje.

Pro intenzitu provozu jako jednoho ze zásadních faktorů dopravního provozu, byla využita data poskytovaná z Celostátního sčítání dopravy 2010¹⁵. Zde jsou intenzity volně dostupné pouze v podobě exportované mapy, kterou je pro následné analýzy nutné převést do vektorové vrstvy, tedy je nutné zjistitelné údaje ručně přepsat do vrstvy komunikací. Dalším problematickým prvkem intenzity je, že není určena pro všechny pozemní komunikace kraje. Doprava byla sčítána pouze pro vybrané úseky, které se doposud vyznačovaly jako úseky s vyšší intenzitou dopravy. Většina silnic nižších tříd tedy není zmapována.

¹³ Jednotná dopravní vektorová mapa – www.jdvm.cz

¹⁴ OSM – volně dostupná, různorodá, určitou komunitou dobrovolně spravovaná geografická data – www.openstreetmap.org

¹⁵ Celostátní sčítání dopravy 2010 – www.scitani2010.rsd.cz

4.2.3 Data o okolním prostředí

Okolním prostředím se myslí vše, co není definováno zákonem v rámci součástí pozemní komunikace (viz kap. 3.3.1 *Přímé a okolní prostředí*). Ve smyslu práce se jedná o krajinný pokryv a využití okolního prostředí, sklonitost a další prvky terénu. V rámci krajinného pokryvu byla použita volně dostupná vektorová data *Corine Land Cover 2012* (dále CLC)¹⁶. Pro analýzy povrchu byly využity vrstvy digitálního modelu reliéfu a povrchu, DMR5g a DMR1g¹⁷, získané přes gis.server geoportálu ČUZK. Dále byly použity pro korekturu a jako podkladové mapy ZM10, Ortofotomapa od ČUZK ve formě WMS.

Dalším zdrojem dat byla databáze ArcČR500, která je dostupná pro celou ČR, která odpovídá měřítku 1 : 500 000.

Tab. 1: Veškerá vstupní data použitá v analýzách praktické části práce (zdroj: autor)

využití	název vrstvy	organizace	zdroj (1/2016)
vrstva dopravních nehod	DN_09_14.shp	Policie ČR	Krajské ředitelství PČR
pozemní komunikace	Silnice.shp	Open Street Map	http://download.geofabrik.de/europe.html
krajinný pokryv	CLC.shp	Land Cover Corine 2012	http://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/view
vrstva vodních toků	Vod_tok.shp	ArcData Praha, s.r.o.	https://www.arcdata.cz/produkty/geografica-data/acrcr-500
vrstva železnice	Zeleznice.shp	ArcData Praha, s.r.o.	https://www.arcdata.cz/produkty/geografica-data/acrcr-500
kraje ČR	Kraje.shp	ArcData Praha, s.r.o.	https://www.arcdata.cz/produkty/geografica-data/acrcr-500
obce ČR	Obce.shp	ArcData Praha, s.r.o.	https://www.arcdata.cz/produkty/geografica-data/acrcr-500
podklad pro intenzitu	scitani2010.jpg	Celostátní sčítání dopravy	http://scitani2010.rsd.cz/pages/results/list/
Digitální model povrchu	DMR5g.tiff	ČUZK	http://ags.cuzk.cz/arcgis/services/dmp5g/ImageServer
Digitální model reliéfu	DMP1g.tiff	ČUZK	http://ags.cuzk.cz/arcgis/services/dmr1g/ImageServer
Základní mapa ČR	ZM WMS	ČUZK	http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ZM10_PUB/WMSservice.aspx
Ortofotografie ČR	Ortofotografie WMS	ČUZK	http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ortofoto_PUB/WMSservice.aspx

¹⁶ CLC – zmapování území v rámci krajinného pokryvu - <http://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>

¹⁷ Digitální model reliéfu a digitální model povrchu poskytovaný ČUZK – geoportal.cuzk.cz - výškopis

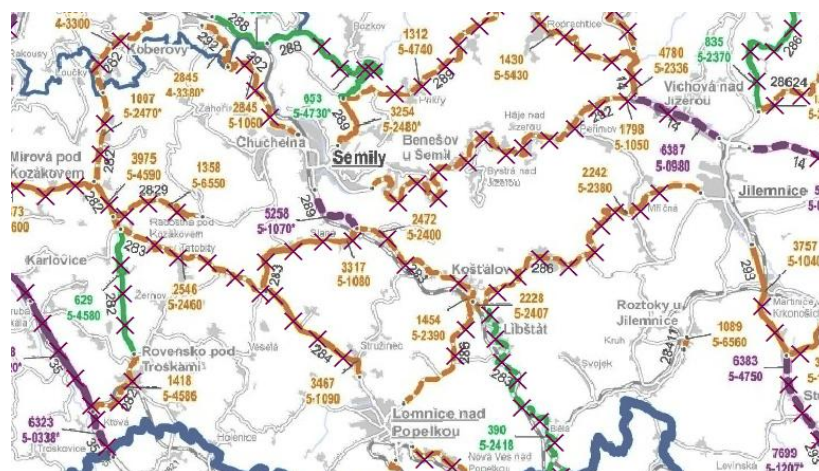
4.3 METODIKA ANALÝZY VLIVU PROSTŘEDÍ NA DOPRAVNÍ NEHODOVOST

V kapitole je popisován postup v jednotlivých analýzách, a to pro uživatele již s určitými poznatky GIS, respektive v programovém prostředí ArcGIS for Desktop. Cíle práce vytyčují oblast, tedy Liberecký kraj mimo katastr obcí nad 3000 obyvatel, čímž představují i širší měřítka analýz v prostředí GIS. Veškeré vektorové vrstvy byly tedy oříznuty (*clip*) o celé katastry měst. Při tvorbě rozlišení rastru, byla mimo zmíněných výjimek, zvolena velikosti pixelu 25 (tedy 25 x 25 m).

4.3.1 Výpočet relativní nehodovosti

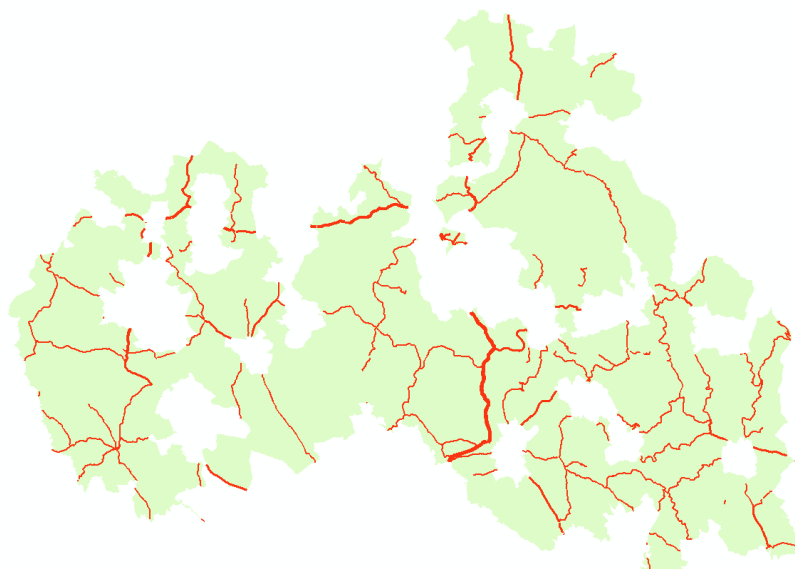
Výpočet relativní nehodovosti se počítá v principu ukazatele R (viz kap. 3.4.2 *Hodnocení bezpečnosti silniční sítě a jeho aplikace*), který má za účel stanovit potencionální riziko úseku, a to na základě poměru mezi délkou úseku, počtem dosavadních dopravních nehod a intenzitou úseku. Intenzita dat je, jak již bylo zmíněno, dostupná pouze pro určité části silnic. Je tedy v důsledku možné počítat pouze s těmito úseky.

Nejprve bylo v rámci postupu výpočtu relativní nehodovosti nutné rozčlenit komunikace na úseky. Postupuje se vytvořením vrstvy bodů o vzdálenosti 1000 m, podle kterých se následně linie silnic rozděluje (*Editor > Construct Points*). Tento proces je nutné opakovat pro všechny třídy silnic. Dále se silnice rozdělí podle vrstvy právě vytvořených bodů (*Split Line At Point*). Možným problémem je zbytnost určitých částí linie, které jsou kratší než požadovaná délka, což pro výpočet ukazatele R není chybné, nicméně tyto úseky jsou brány v potaz v interpretaci výsledků. Skutečná délka úseku (v kilometrech) se dopočítá do nového sloupce v atributové tabulce vrstvy silnic pro konečný výpočet (*Add Field > Calculate geometry*).



Obr. 13: Rozdělení komunikací na kilometrové úseky (zdroj: autor)

K jednotlivým úsekům se následně doplní intenzita. Ta se z podkladové mapy intenzit musí doplnit do vektorové tabulky ručně.



Obr. 14: Zvektorizovaná mapa intenzit (zdroj: autor)

Dalším krokem je určení počtu nehod v daném měřeném úseku. To lze určit průnikem bodové vrstvy dopravních nehod s 30 m okolím dopravní komunikace (*Buffer; Spatial Join*). Prostor 30 m na každé straně komunikace je použit s ohledem na možnou chybu (viz kap. 3.4.4 *Problematika sběru dat o nehodovosti*). U silnic pro motorová vozidla je problematika okolního prostoru dána rozdělením silnic do dvou pruhů, v tomto ohledu bylo k úseku v okolí přidáno 30 m na pravé straně a 5 m na levé viz obr. 15.



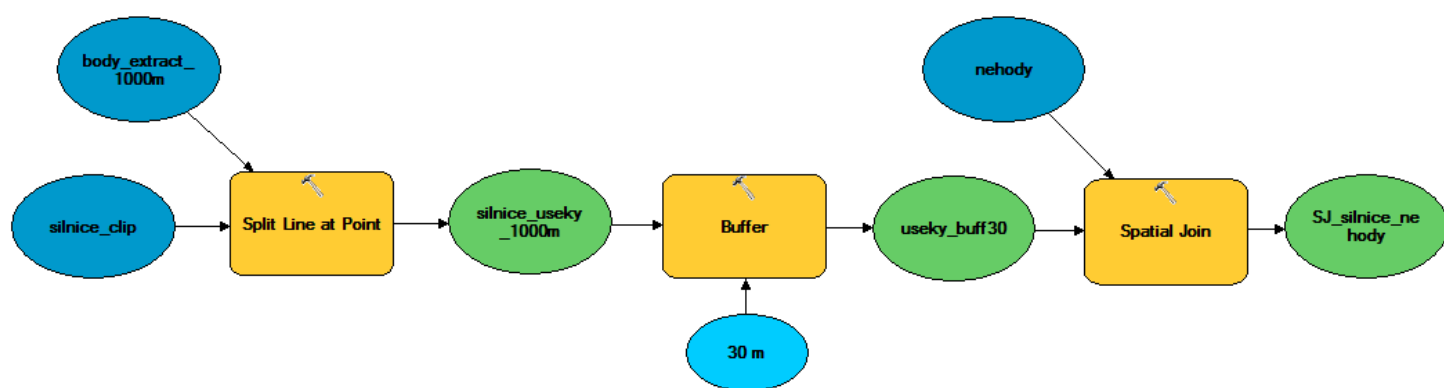
Obr. 15: Problematika okolí býv. rychlostních silnic (zdroj: autor)

Dále následuje již jen vytvoření nového sloupce do vzniklé vrstvy a dopočítání velikosti relativní dopravní nehodovosti (*Add Field > Field Calculator*), dle vzorce:

$$R = ([Join_Count]^{18} / (365 * [intenzita_2010] * [skutecna_delka])) * 1000000$$

Vrstva se rozřadí do příslušných kategorií (*Add Field > Field Calculator*), podle upravené míry ukazatele R (Andres 2001).

< 0,05	1;
0,05 – 0,10	2;
0,11 – 0,20	3;
0,21 - 0,30	4;
0,31 >	5;



Obr. 16: Schéma průběhu analýzy výpočtu relativní nehodovosti (zdroj: autor)

4.3.2 Koncentrace dopravních nehod dle závažnosti následků

Cílem analýzy je určení lokalit se zvýšenou pravděpodobností vzniku vážných dopravních nehod na základě koncentrace dosavadních dopravních nehod. Jedná se o analýzu, kde závažnost nehody vyjádříme tzv. číslem závažnosti (Andres 2001), které je konstruováno jako součet následků s koeficienty, zohledňujícími váhu nehody. Není zde brána v potaz intenzita provozu, je tedy nutné předpokládat, že nebezpečná místa budou koncentrována v místech největšího průjezdu automobilů, na což je nutné dát pozor při interpretaci výsledků.

Za nejzávažnější nehodu je brána smrtelná nehoda, dále těžké zranění, lehké zranění a nehody jen s hmotnou škodou jsou brány jako relativně nezávažné. Poměr závažnosti je v literatuře proměnlivý, v Metodice identifikace a řešení míst častých dopravních nehod (2001) zmiňuje Andres jako nejčastěji používaný koeficient podle Reinholda, který stanovuje usmrcení váhu 130, těžkému zranění 70, lehkému 5

¹⁸ Pole počtu bodů průniku – dopravních nehod

a hmotné škodě 1. V ohledu cílů práce a vývoje trendů, byly v obdobném poměru, kvůli výhodnějšímu grafickému vyjádření, navrženy tyto hodnoty:

Smrtelné zranění - 600

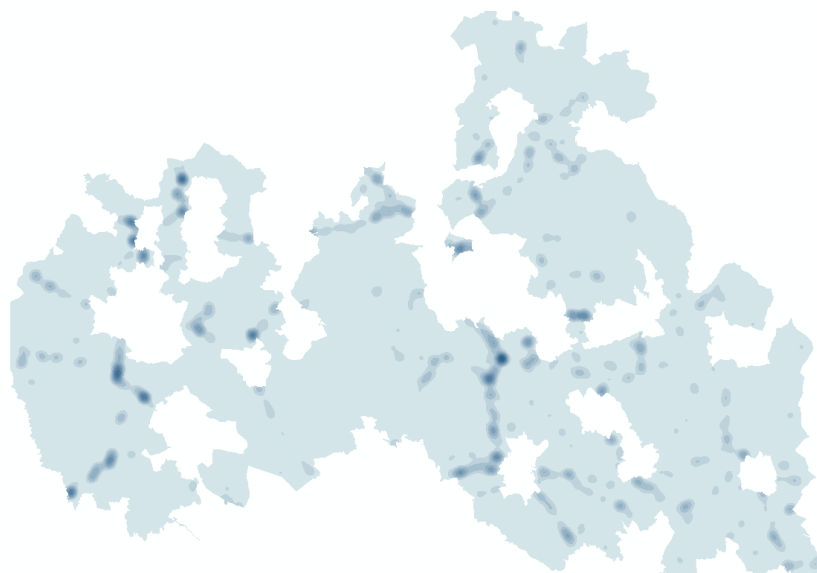
Těžké zranění - 400

Lehké zranění - 150

Hmotná škoda – 10

Nejprve bylo do atributové tabulky dopravních nehod přidáno nové pole závažnosti, do kterého byla dle charakteru nehody, doplněna hodnota koeficientu (*Select by Attributes > Field Calculator*).

Dále proběhla rastrová analýza k vytvoření mapy koncentrace (*Kernel Density*). Při vstupu bodové vrstvy všech nehod, na základě hodnot z pole závažnosti nehody, pro velikost buňky 10 pixelů v hledaném poloměru 1000 m, a s hodnotou plochy v kilometrech čtverečních.



Obr. 17: Mapa koncentrace nehod dle závažnosti (zdroj: autor)



Obr. 18: Schéma průběhu analýzy koncentrace DN dle závažnosti (zdroj: autor)

4.3.3 Dopravní nehodovost v krajinném pokryvu

Otázkou analýzy je, zdali má krajinný pokryv okolního prostředí komunikace vliv na dopravní nehodovost. Zdali je možné, na základě studie Libereckého kraje doložit jistá schémata okolního prostředí v rámci krajinného pokryvu, zvyšující pravděpodobnost, či závažnost dopravní nehody.

Kriteria hodnocení dopravní nehody dle PČR neberou v úvahu širší pojetí okolního prostředí. Je zde definován pouze stav okolí komunikace, co se týče rozhledu či viditelnosti. Nejsou zde evidována schémata krajinného pokryvu okolního prostředí, jež mohou rovněž ovlivňovat pravděpodobnost nehody. Analýza tedy zkoumá PČR neevidované okolnosti dopravní nehody.

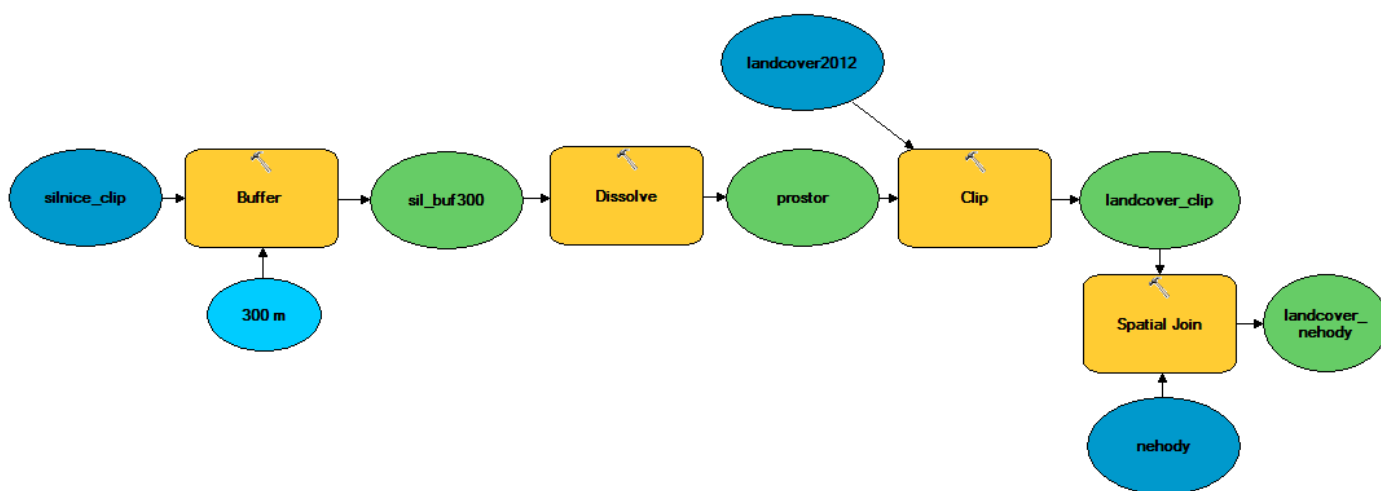
V tomto ohledu byly vypracovány dvě analýzy. První, určující převahující krajinný pokryv pro veškeré dopravní nehody, druhá je zaměřená na schémata pokryvů neboli rozhraní a přechody pokryvů mezi sebou.

Poměr krajinných pokryvů v nehodovosti

Nejprve je nutné stanovit prostor kolem silnic, který bude zohledněn při určování krajinných pokryvů. Na základě datové báze dopravních nehod bylo určeno, že místní a účelové komunikace (v prostoru mimo města) nemají výrazné zastoupení dopravních nehod v poměru s ostatními třídami. Byly tedy z prostoru vyňaty s tím, že nehody způsobené na místních komunikacích budou zohledněny v rámci prostoru okolo silnic procházejících obcí. I v tomto ohledu byl stanoven poloměr vnějšího prostoru okolo komunikace 300 m, čímž jsou zohledněny možné korekce v rámci generalizace CLC, tak vlivy ostatních charakterů krajiny i potencionálních prvků ovlivňujících pozornost (viz kap 3.3.4 *Vnímání krajiny z vozidla a vliv na pozornost*). Prostor je definován v okolí silnic I. - III. třídy a na SMV 300 m (*Buffer*), následně je tento prostor sjednocen do kategorií dle třídy a intenzity komunikace, pro snazší interpretaci výsledků (*Dissolve*). Dle tohoto prostoru je následně oříznuta vrstva krajinného pokryvu (*Clip*) a dále je zde proveden průnik vrstev dopravních nehod v jednotlivých krajinných pokryvech (*Spatial Join*). Z výsledné vrstvy je pak vhodné sumarizovat (*Summarize*) atributovou tabulku, a to podle pokryvu, sumy počtu nehod a závažnosti nehod. Do výsledku sumarizace jsou přidána nová pole *skutečné rozlohy na km²*, *koncentrace na km²* a *závažnost (Add Field)*. Do pole *skutečná rozloha na km²* je spočítána skutečná rozloha plochy (*Calculate Geometry*), a do pole *koncentrace na km²* je dopočítán podíl počtu nehod ke skutečné rozloze (*Field Calculator > ve tvaru [join_points] / [skutečna_rozloha_km]*), do pole závažnost poté

vypočítáme počet nehod s oběťmi na životech a těžkých zraněním na km² (*Field Calculator* > ve tvaru $([p13] + [p14^{19}]) / [skutecna_rozloha_km2]$).

Vzniká tak relativní počet dopravních nehod na km², z něhož lze určit pokryv s nejvyšším zastoupením nehod, a dále pokryv, který je nejvíce relativně postižen závažnými dopravními nehodami.



Obr. 19: Schéma průběhu analýzy krajinných pokryvů (zdroj: autor)

Vliv rozhraní krajinných pokryvů v nehodovosti

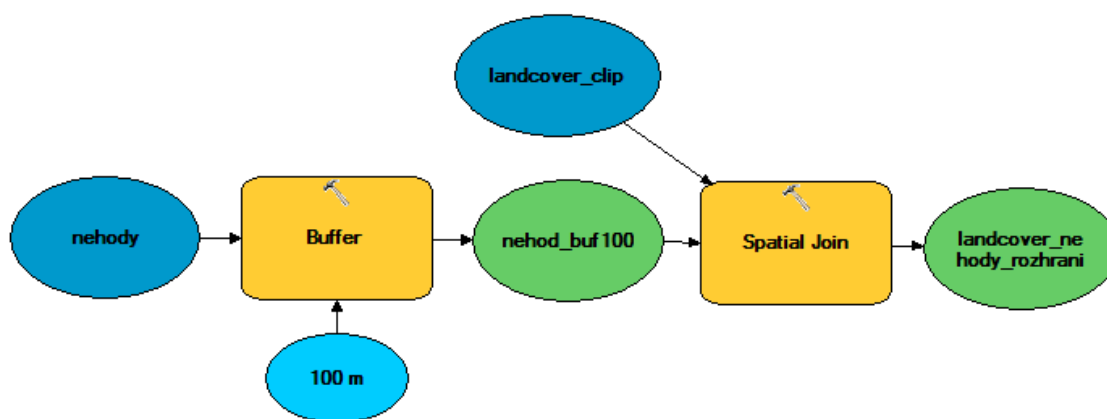
Na základě prostoru okolo dopravních nehod lze určit, zdali staly se v homogenním krajinném pokryvu, či se staly na rozhraní dvou a více krajinných pokryvů. Výrazným parametrem je zde poloměr zohledňující okolí nehody. Okolí bylo sníženo oproti předchozí analýze na 100 m, s tím, že zde není nutné podruhé brát v potaz širší okolní prostředí, které je již zohledněno. Okolí o poloměru 100 m lze považovat za primárně ovlivňující, a lze tak přisoudit určitý vliv rozhraní.

Nejprve byly vytvořeny zóny okolo dopravních nehod (*Buffer*), v nich proběhl obdobně jako v předchozí analýze průnik s krajinným pokryvem (*Spatial Join*). Na výsledné vrstvě již lze obdobně jako v první analýze provést sumarizaci (*Summarize*) a určit počet nehod stanovených v rozhraní dvou a více pokryvů, a míru jejich závažnosti.

¹⁹ Pole p13 a p14 vycházejí z parametrů evidence PČR, jedná se o počet usmrcených osob při nehodě a počet těžce zraněných.

OID	code 12	Count code 12	Sum Join_Count	Sum p13a	Sum p13b	Sum skutecna r	vazne a sm
9	231	381	1210	1	4	174,033027	5
11	243	353	1974	4	18	206,201936	22
7	211	263	1266	0	7	164,284168	7
14	313	240	959	0	6	93,203165	6
13	312	216	1119	3	4	147,161458	7
0	112	159	1598	2	7	72,090164	9
12	311	38	84	0	0	7,22431	0
17	324	31	65	0	0	7,962959	0
10	242	25	53	0	0	6,296362	0
1	121	20	153	0	0	3,994273	0
8	222	11	26	0	2	4,197612	2
4	131	7	4	0	0	0,561222	0
15	321	7	8	0	0	1,495275	0
19	512	5	8	0	0	0,46272	0
6	142	4	8	0	0	0,653638	0
2	122	3	50	1	1	0,514701	1
18	411	3	16	0	0	0,39246	0
3	124	1	4	0	0	0,225678	0

Obr. 20: Sumarizační tabulka s počtem nehod na krajinný pokryv (zdroj: autor)



Obr. 21: Schéma průběhu analýzy přechodu krajinných pokryvů (zdroj: autor)

4.3.4 Multifaktorová analýza pravděpodobnosti vzniku dopravní nehody

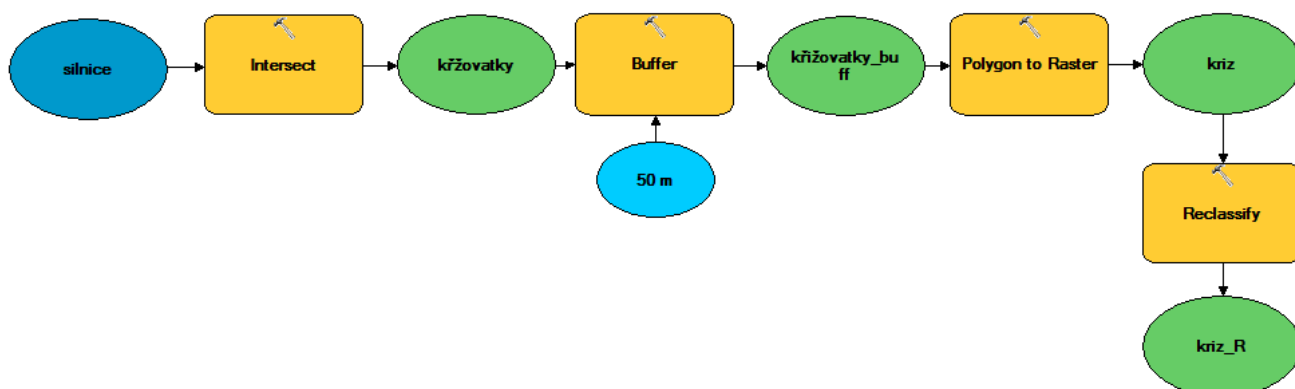
Cílem analýzy je na základě teoretických poznatků a empirických schémat získaných z dlouhodobých statistik (viz zejména kap. 3.3.3 *Dlouhodobé trendy dopravní nehodovosti*), identifikovat potencionální nehodová místa, a to z dat volně přístupných veřejnosti. Na rozdíl od předchozích analýz tato nevyužívá databázi dopravních nehod. Cílem je určit nehodová místa nikoliv retrospektivně, ale právě naopak, vybrat místa v prostoru, která se místy nehody mohou stát. Je zde nakládáno s faktory, majícími určitý vliv na nehodovost, jejichž průnikem je pak možné získat místa riziková. Pro analýzu byly určeny tyto faktory - intenzita provozu, rychlostní omezení, krajinný pokryv a jeho přechody, křivolakost, sklonitost, faktor křížení tras a křížení silnic s železniční dopravou. Lze dodat, že větší počet faktorů by mohl přinést i zpřesnění výsledků. Žádanými údaji jsou informace o přímé geometrii trasy, či míře a kvalitě dopravního značení, vybavení apod. Nicméně tyto údaje nejsou veřejně dostupné, a proto byly nahrazeny alespoň přibližujícími faktory prostředí. Hodnoty jednotlivých faktorů pak byly převedeny na výši rizika vzniku dopravní nehody, respektive i výši závažnosti dopravní nehody.

Okolí křižovatek vykazují dle statistik dopravní nehodovosti (viz kap. 3.3.3) vyšší počet nehod, než je tomu v jiných směrových poměrech. Lze předpokládat, že při zvýšení náročnosti dopravní situace se vyskytuje více prostoru pro chybovost. V tomto ohledu bylo zohledněno 50 m okolí trojramenných a víceramenných křižovatek dopravních cest.

Pro základní určení křížení tras byla použita vrstva dopravních komunikací v Libereckém kraji, již výše specifikovaná, *Silnice.shp*. Ve vrstvě byly v první řadě zvýrazněny všechny úseky s mosty (*Symbology*), následně byl proveden průnik úseků, s výslednou vrstvou bodů křížení (*Intersect*). Z vrstvy byla odebrána mimoúrovňová křížení, zejména pak u křížení silnic nižších tříd s rychlostní komunikací, kde byly mosty nejvíce zřetelné. Okolo identifikovaných míst byly vytvořeny okolní 50 m zóny (*Buffer*), které byly převedeny z vektorové reprezentace na rastrovou (*Polygon to Raster*). Následně jim byla přiřazena rastrová hodnota k dalšímu průniku. Oblasti kde se riziko křížení tras neprojevuje, byla určena hodnota 0 stejně tak jako místům, se kterými se v rámci prostředí vrstvy nepočítalo, tedy s hodnotami „No Data“ (*Reclassify*).

Tab. 2: Faktor blízkosti křižovatek (zdroj: autor)

Faktor blízkosti křižovatek			
vzdálenost od křižovatky [m]	kód	riziko	váha faktoru
51 >	30000	0	1
< 50	40000	1	



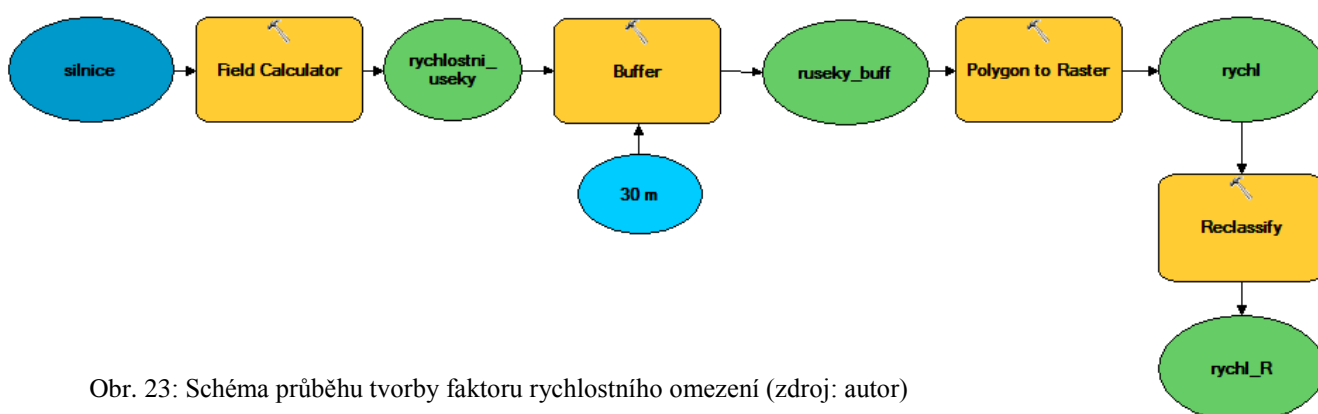
Obr. 22: Schéma průběhu tvorby faktoru okolí křižovatek (zdroj: autor)

Rychlostní omezení je již svou podstatou určeno rizikovým úsekům, tedy úsekům, kde je možné při běžné rychlosti havarovat. Rychlost zde byla snížena na základě dlouhodobé místní zkušenosti, kterou je v analýze vhodné zohlednit.

Primární vrstvou jsou opět *Silnice.shp*, obsahující ve svých atributech informaci o úsecích s rychlostním omezením. Položky (úseky), které neměly určené vyznačené rychlostní omezení, jsou ty, kde platí standardní podmínky provozu na pozemních komunikacích. Těmto úsekům byly hodnoty dopsány na základě tříd pozemních komunikací (*Select by Attributes > Add Field > Field Calculator*). Vrstva byla následně převedena na rastr v rámci hodnot dle rizikovosti komunikace a obdobně jako v prvním případě reklasifikována²⁰.

Tab. 3: Faktor rychlostního omezení (ro) (zdroj: autor)

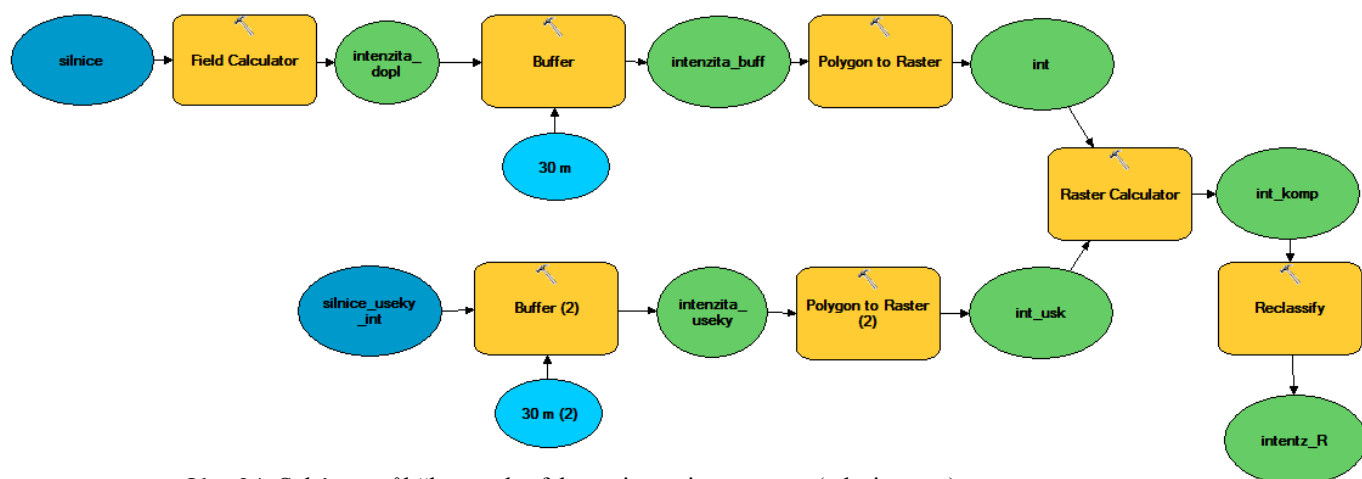
Faktor rychlostního omezení				
ro [km/h]; typ	kód	riziko	váha faktoru	
15 - 40 - účelové, polní, pěší	100000	1	1	
50 - obec	200000	2		
90 - mimo obec	300000	3		
60 - 80 - omezení	400000	4		
130 - rychlostní komunikace	500000	5		
110 - omezení RK	600000	6		



Obr. 23: Schéma průběhu tvorby faktoru rychlostního omezení (zdroj: autor)

²⁰ cílená změna hodnot, nové rozřazení do skupin dle hodnot, používá se při práci s rastrovými daty

Intenzita provozu je výrazným faktorem nehodovosti. Je možné předpokládat, že s větším množstvím projetých vozidel se bude zvyšovat riziko vzniku nehody, kvůli nárůstu lidského faktoru. Výše intenzity však není přímo úměrná míře nehodovosti (viz kap. 3.3.3), pro tento faktor je tedy nutné zohlednit i vlastnosti komunikace. Ty jsou v analýze dány jednak třídou komunikace (rychlost, vybavenost), počtem dopravních situací (křížení, střety) a dále pak vztahem k prostředí (sklonitost, křivolakost)



Obr. 24: Schéma průběhu tvorby faktoru intenzity provozu (zdroj: autor)

Míru intenzity provozu je možné v konkrétních sumách dohledat jen na úsecích, na kterých proběhlo sčítání vozidel. Zbylé úseky, jako jsou úseky III. tříd a MK, které nemají hodnoty určeny, byly považovány za úseky s nejnižší intenzitou, tedy nižší než poslední skupina s naměřenou intenzitou. Postup určení intenzity dopravy do vektorové vrstvy *Silnice.shp*, byl již popsán v kap. 4.3.1, tyto se úseky doplní o komunikace s nedoplněnou mírou intenzity, a budou rozděleny do tříd dle metodiky Celostátního sčítání dopravy 2010 (*Select by attributes > Add Field > Field Calculator*). Následně je vrstva s určenou intenzitou, spolu s vrstvou, kde je intenzita předpokládána, převedeny do rastrového formátu, kde se následně propojí a dále reklasifikují (*Polygon to Raster; Raster Calculator; Reclassify*).

Tab. 4: Faktor míry intenzity (zdroj: autor)

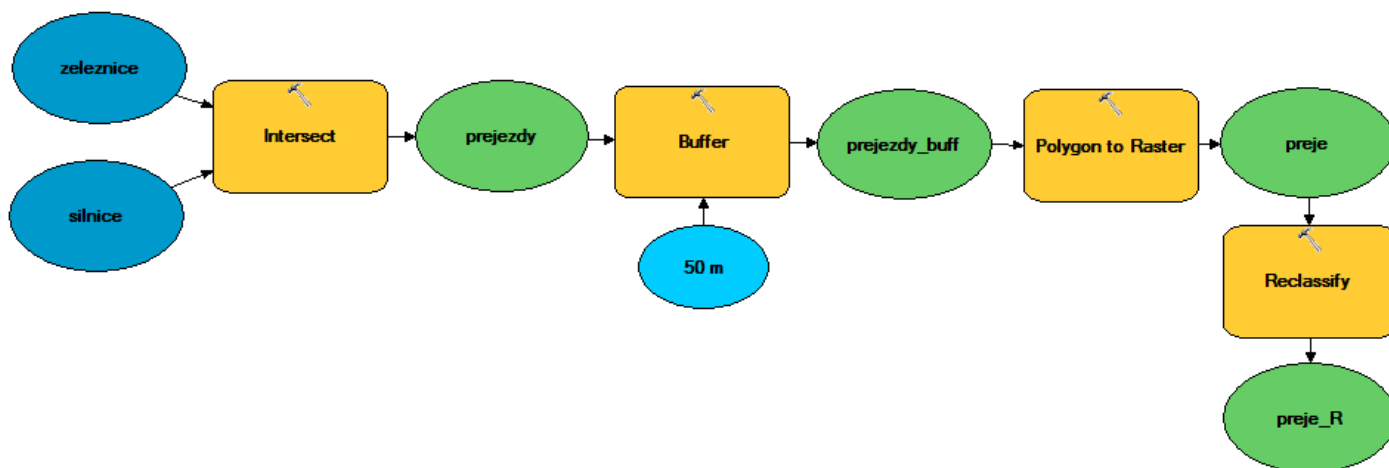
Faktor intenzity				
i [voz. / 24h]	kód	riziko	váha faktoru	
neměřeno; < 500	1000000	1	1	
501 - 1000	2000000	2		
1001 - 5000	3000000	3		
5001 - 10000	4000000	4		
10001 >	5000000	5		

V dopravní nehodovosti je velice rizikovým faktorem **střet s železniční dopravou** s pozemní komunikací. Dle sumy dopravních statistik (Kamenický 2014), jsou železniční přejezdy specifické svou závažností. Pokud se na železničním přejezdu nehoda stane, má velice často fatální následky.

Železniční přejezdy se dohledají obdobně jako křížení tras, pomocí průniků daných vrstev. K průniku je zapotřebí vrstva pozemních komunikací (*Silnice.shp*) a železnic (*Zeleznice.shp*) ze souboru dat ArcČR500 (*Intersect*), kde jsou však trasy železnice v měřítku 1:500 000, což má výrazný následek na přesnost analýzy. V tomto ohledu je tedy nutná korekce, která byla provedena pomocí vizuální kontroly s ortofotomapou, čímž se rovněž určily jen přejezdy, které jsou na stejné úrovni jako pozemní komunikace. Výsledná vrstva se pak obdobně jako křížení silnic opatří 50 m zónou, převede se na rastr a reklasifikuje (*Buffer*; *Polygon to Raster*; *Reclassify*).

Tab. 5: Faktor střetu s železniční dopravou (zdroj: autor)

Faktor žel. přejezdu				
vzdálenost od přejezdu [m]	kód	riziko	váha faktoru	
51 >	10000	0	1	
< 50	20000	1		



Obr. 25: Schéma průběhu tvorby faktoru střetu s železniční dopravou (zdroj: autor)

Krajinný pokryv vyjadřuje hodnoty okolního prostředí, které v sobě obsahuje řadu externích informací. Na základě analýzy krajinného pokryvu (viz kap. 4.3.2), byly určeny skutečnosti ohledně vlivu jednotlivých pokryvů na nehodovost, a to například, že nejvíce nehod se stane v pokryvu rozvolněné venkovské zástavby, dále pak v úsecích lesního pokryvu.

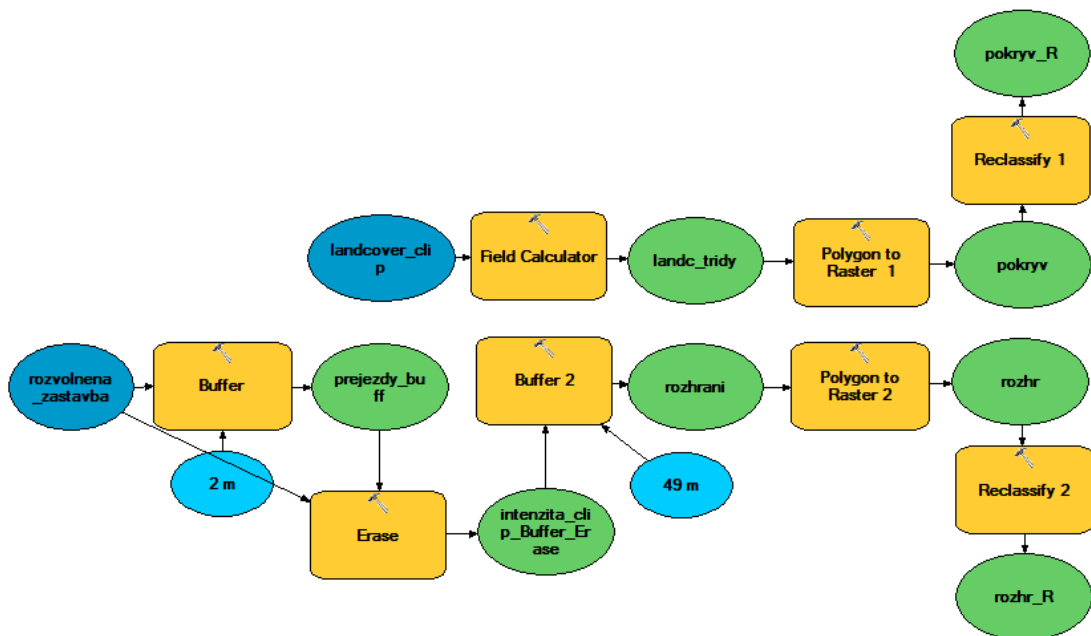
Vrstva krajinných pokryvů, byla rozčleněna do tříd dle rizikovosti v atributové tabulce vrstvy *CLC.shp* (*Select by attributes > Add Field > Field Calculator*). A následně byla vrstva převedena na rastr a reklasifikována. (*Polygon to Raster; Reclassify*).

Následovala analýza *přechodů krajinných pokryvů*, ze které lze usoudit, že nejvíce závažných nehod se stane právě na přechodu pokryvu rozvolněné venkovské zástavby do ostatních krajinných pokryvů. Z těchto závěrů lze vyhodnotit i rizikovost externalit krajinných pokryvů.

Faktor přechodu pokryvů byl určen vyčleněním v rámci přechodů nejrizikovějšího pokryvu rozvolněné venkovské zástavby (*Select by attributes > Data > Export*) a dále vytvořením 50 m zóny okolo vrstvy v obou směrech jeho hrany, následuje převod do rastru a reklasifikace (*Buffer (2 m); Erase; Buffer (49 m); Polygon to Raster; Reclassify*).

Tab. 6: Faktor krajinného pokryvu a přechodu pokryvů (zdroj: autor)

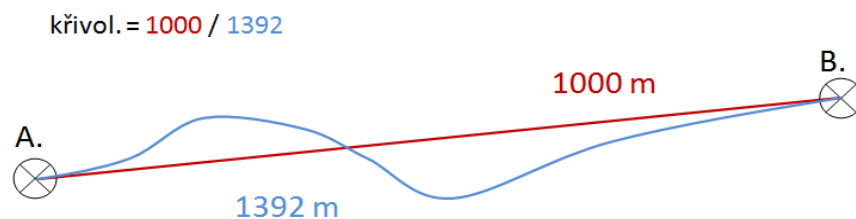
Faktor krajinného pokryvu			
typ pokryvu	kód	riziko	váha faktoru
vodní plochy	0	0	0,5
ostatní plochy	1000	1	
průmyslové areály	2000	2	
orná půda	3000	3	
louky a pastviny	4000	4	
lesní porost	5000	5	
kompaktní zástavba	6000	6	
rozvolněná zástavba	7000	7	
Faktor přechodu krajinného pokryvu			
vzdálenost od přechodu			
rozvolněné zástavby	kód	riziko	váha faktoru
50 - 100	100	1	0,5
< 50	200	2	



Obr. 26: Schéma procesu tvorby faktoru krajinného pokryvu a prechodu pokryvů (zdroj: autor)

Faktoru počtu a výrazu zatáček na určité délce silniční trasy se přiřazuje pojem **křivolakost**, který vyjadřuje poměr mezi skutečnou délkou a délkou dvou hraničních bodů. Faktor křivolakosti se používá (Louthan 2010) v multikriteriálních analýzách, jako nahrazení za množství a relativní úhel zatáček na úseku. Míra křivolakosti vypovídá o riziku vzniku nehody na úseku, kdy je úsek více rozdělen zatáčkami o malém poloměru. Je předpokládáno, že vyšší hodnota křivolakosti zvyšuje míru rizika, a to kvůli zvýšení počtu míst náročnějších k průjezdu (např. přiměřené snížení rychlosti před zatáčkou).

Křivolakost je počítána na úsecích mezi křížením (průnikem) se všemi trasami, s tím, že



Obr. 27: Teorie křivolakosti (zdroj: autor)

průměrná délka úseku je 1,5 km (*Intersect; Split Line at Points*). Reálnou délku je pak možné získat přepočtem v z geometrie prvku (*Add Field > Calculate Geometry*), zatímco délku mezi koncovými body (*Feature Vertices to Points*) je nutné vypočítat euklidovskou vzdáleností, tedy nejbližší možnou (*Generate Near Table*). Je tedy zapotřebí vytvořit oba koncové body úseku, a zjistit jejich vzájemnou vzdálenost, kterou na základě údajů o úseku lze připojit k vrstvě komunikací (*Join Table*), která již obsahuje sloupec s reálnou délkou úseku. Z rozdílných hodnot je následně proveden podíl euklidovské hodnoty ku geometrické hodnotě (*Add Field > Field*

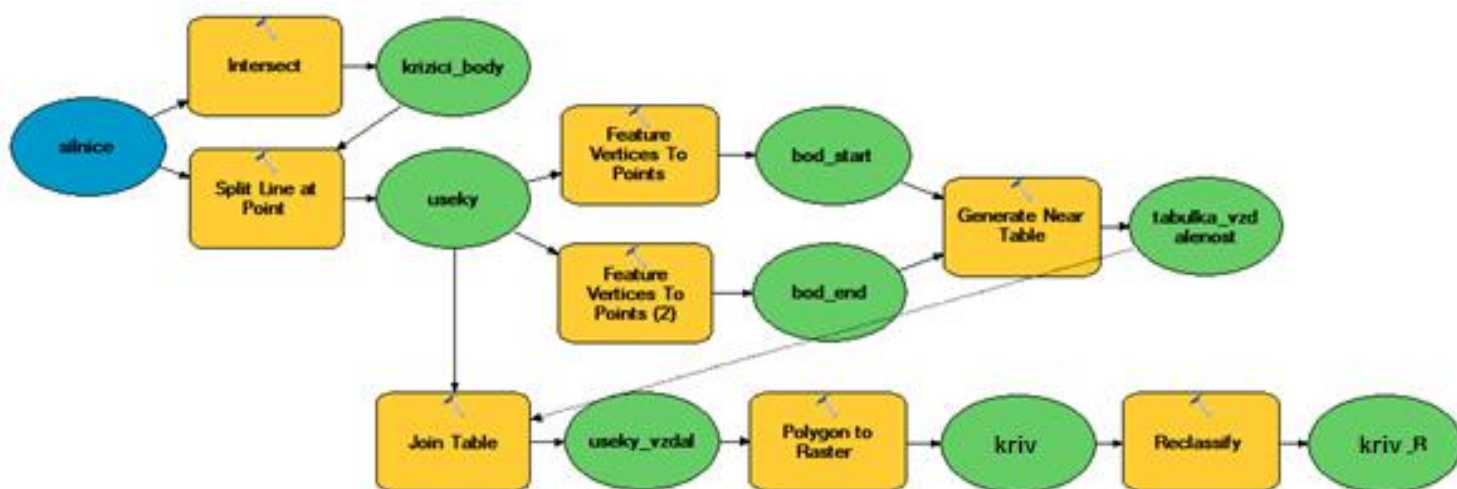
Calculator), čímž je vypočtena poměrová hodnota křivolakosti. Následuje jako v předchozím rozdělení do skupin, převod do rastru a následně reklasifikace (*Select by attributes > Add Field > Field Calculator; Polygon to Raster; Reclassify*).



Obr. 28: Třídy faktoru křivolakosti – tmavě zelená 1, červená 5 (zdroj: autor)

Tab. 7: Faktor křivolakosti (zdroj: autor)

Faktor křivolakosti				
k [%]	kód	riziko	váha faktoru	
< 10	10	1	0,3	
10 - 29	20	2		
30 - 44	30	3		
45 - 69	40	4		
70 >	50	5		



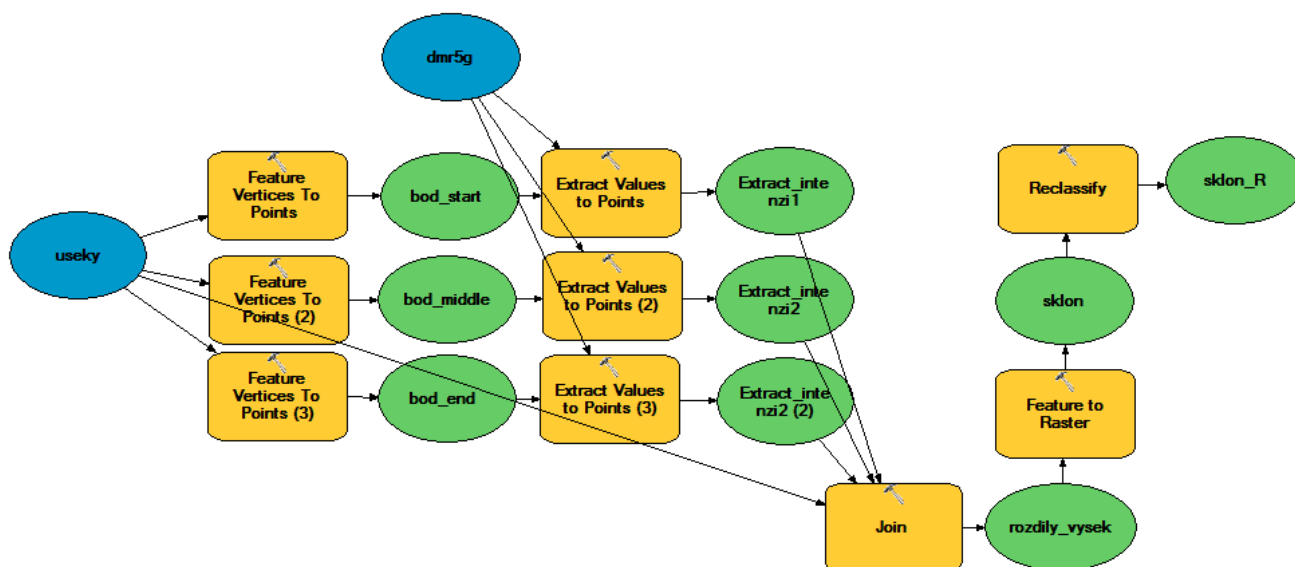
Obr. 29: Schéma tvorby faktoru křivolakosti (zdroj: autor)

Sklonitost se obdobně jako křivolakost používá k určení náročnosti projetí trasy (Louthan 2010). Faktor rizikovosti narůstá, pokud se trasa výrazně mění ve svém sklonu. Geometrii sklonu je možné zjednodušeně vypočítat obdobně jako u křivolakosti pomocí krajních bodů úseků, s tím, že je zde platné doplnit i součet rozdílů mezi krajními body a bodem středním, čímž se zohlední případná změna výškového charakteru v samotném úseku. Riziko vzrůstá s výraznou změnou sklonu v úseku.

Úseky rozdělené v analýze křivolakosti lze využít i pro vypočet sklonitosti, s tím, že se do geometrického středu úseku vytvoří další bod, pro zkoumání jeho nadmořské výšky (*Feature Vertices to Points*) Hodnoty nadmořské výšky je nutné do bodů dopočítat z rastrového digitálního modelu reliéfu (GMR5g). Z modelu reliéfu se jednotlivě dopočítají hodnoty bodů, které se následně na základě čísla úseku přiřadí k vrstvě komunikace, kde mohou probíhat výpočty (*Extract Values to Points > Join*). Počítáme nejdříve absolutní rozdíl nadmořské výšky počátečního bodu od výšky bodu středního, následně odečteme výšku středního bodu od nadmořské výšky bodu konečného. Následně absolutní součet obou rozdílů vzhledem k délce úseku tvoří míru sklonitosti daného úseku. (*Add Field > Field Calculator*). Dále proběhne rozdělení do tříd, převod na rastr a reklasifikace (*Select by attributes > Add Field > Field Calculator > Polygon to Raster > Reclassify*).

Tab. 8: Faktor sklonitosti (zdroj: autor)

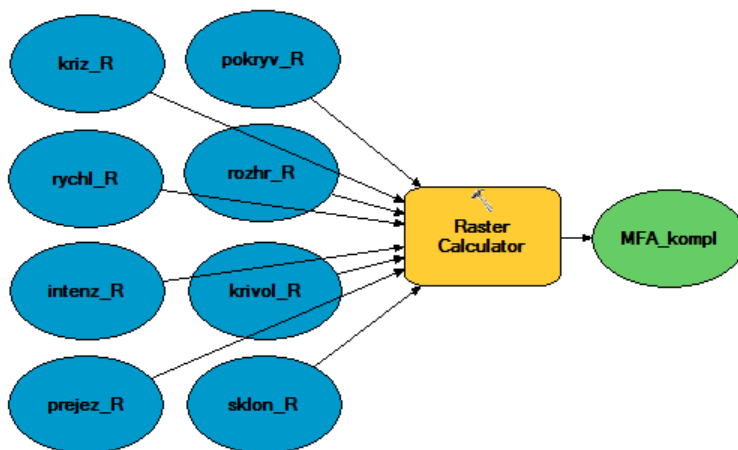
Faktor sklonitosti			
s [%]	kód	riziko	váha faktoru
< 1,5	1	1	0,3
1,5 - 3	2	2	
3,1 - 5	3	3	
5,1 - 10	4	4	
10,1 >	5	5	



Obr. 30: Schéma tvorby faktoru sklonitosti (zdroj: autor)

Součet faktorů

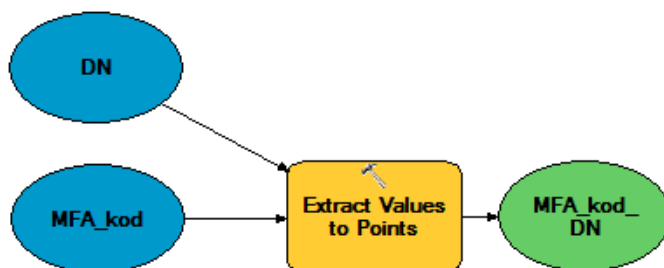
Výsledné rastry jsou následně sečteny (*Raster Calculator*) dle hodnot rizika a poměru váhy určených v tabulkách u jednotlivých faktorů. Sečtený tak rastr tvoří jedinou vrstvu, kterou lze následně porovnat s předchozími analýzami a interpretovat. Váhy faktorů a hodnoty rizika dopravní nehody vycházejí z teoretické části práce (viz kap. 3.3.3). Výše hodnoty má snahu korelovat výši pravděpodobnosti rizika vzniku dopravní nehody v území.



Obr. 31: Schéma procesu tvorby výsledných souborů (zdroj: autor)

Součet rastrů faktorů podle kódu

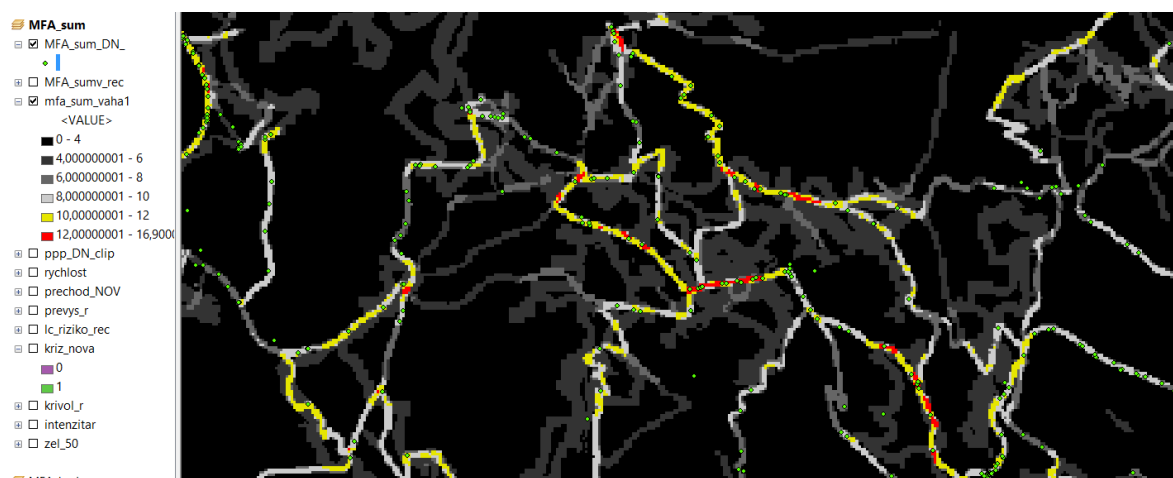
Součtem faktorů podle kódu je vytvořen rastr, vypovídající o prostorové lokaci stanovených faktorů s tím, že je na rozdíl od předchozí analýzy, lze dílčí aspekty prostoru zpětně dohledat. Analýza proběhla průnikem vrstvy všech dopravních nehod ve stanoveném území (*Extract Values to Points*) s rastrovou vrstvou kódů. Vniká vrstva dopravních nehod obsahující vlastní kód, který na základě předchozí analýzy, určuje zkoumané vlastnosti prostředí.



Obr. 32: Schéma procesu průniku vrstev (zdroj: autor)

p2a	den	čas	p6	p12	p13a	p13b	p13c	p28	k	l	zavaznost	RASTERVALU	kod t
2009	5	2235	5	100	0	0	0	1	silnice2.třída	293	1	4343211	4343211
2009	5	1610	5	100	0	0	0	1	silnice3.třída	2711	1	1147221	1147221
2009	5	2145	5	100	0	0	0	1	silnice1.třída	10	1	5543011	5543011
2009	5	1845	9	204	1	0	0	1	silnice3.třída	2902	1	46000	46000
2009	5	925	3	305	0	0	1	1	silnice1.třída	10	5	1446011	1446011
2009	6	2340	9	204	0	0	1	3	silnice2.třída	262	5	3346001	3346001
2009	0	1430	1	503	0	0	0	1	silnice2.třída	268	1	3366201	3366201
2009	0	50	3	511	0	0	0	2	silnice2.třída	262	1	3346011	3346011
2009	0	1950	5	100	0	0	0	1	silnice1.třída	10	1	4347113	4347113
2009	0	2010	3	205	0	0	1	3	místníkomunikace	0	5	2347033	2347033
2009	0	940	1	503	0	0	0	4	silnice1.třída	38	1	4353013	4353013
2009	0	1638	9	205	0	0	1	3	místníkomunikace	0	5	1346011	1346011

Obr. 33: Atributová tabulka výsledné vrstvy - každá nehoda má určena kód prostředí (zdroj: autor)



Obr. 34: Výstřižek z rozhraní GIS, zobrazení potenciálních míst dopravních nehod (zdroj: autor)

5. VÝSLEDKY

V kapitole jsou představeny výsledky z jednotlivých analýz, mající za úkol odpovědět na otázky stanovené v cílech práce. Podkapitoly odpovídají struktuře metodiky. Struktura podkapitol je dále určena definováním dílčího cíle a popisem výsledku.

5.1 LOKALIZACE NEHODOVÝCH ÚSEKŮ

Cílem analýzy zaměřené na lokalizaci nehodových úseků je vytvořit datovou vrstvu, která poslouží jako podklad pro komparaci s výsledky potencionální nehodovosti. Na základě vzniklé vrstvy s kategoriemi míry nehodovosti je možné vytvořit si určitou představu o výši nehodovosti v Libereckém kraji a v jednotlivých úsecích.

5.1.1 Lokalizace úseků se zvýšenou relativní nehodovostí

Na základě analýzy byly určeny úseky s vypočtenou relativní nehodovostí. Hodnoty byly následně rozděleny do 5 kategorií dle míry nehodovosti od nejnižší po nejvyšší. Nejnižší kategorie byla dána tím, že se v ní nevyskytují žádné nehody.

V tabulkách ukazatele relativní nehodovosti 9 a 10 je zásadní výsledek podíl délky úseků v kategoriích na celkové délce silnic. Je předpokládán vyšší poměr úseků s nižší relativní nehodovostí, než s vysokou relativní nehodovostí.

Tab. 9 Kategorie relativní nehodovosti v Libereckém kraji (zdroj: autor)

Ukazatel relativní nehodovosti							
míra R	kategorie	délka [m]	podíl délky na celku	počet nehod	počet nehod na km	podíl délky	podíl nehod
< 0,05	1	50107	8%	0	0	8%	0%
0,05 – 0,10	2	379864	58%	2467	6,49	58%	48%
0,11 – 0,20	3	165584	25%	1903	11,49	25%	37%
0,21 - 0,30	4	37839	6%	517	13,66	6%	10%
0,31 >	5	16493	3%	248	15,04	3%	5%

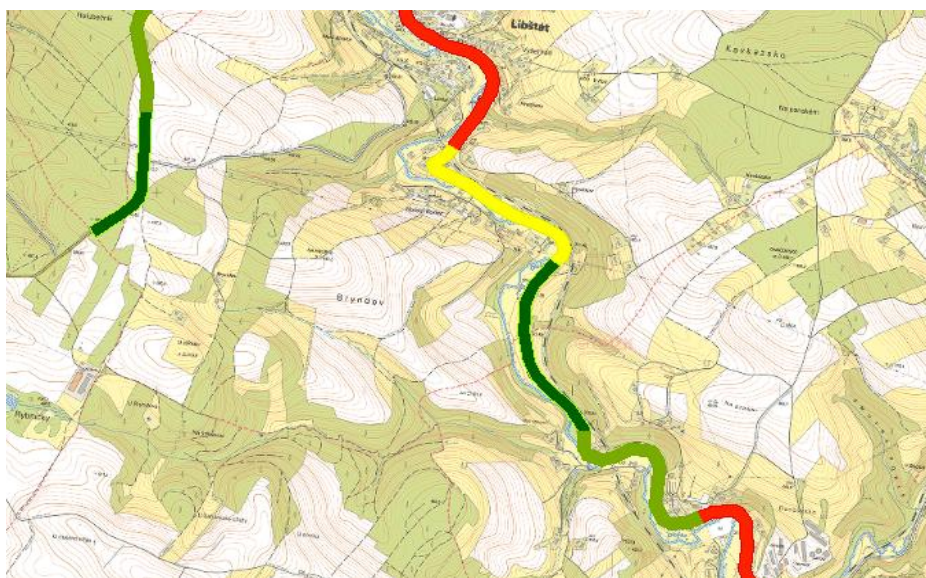
Tab. 10 Kategorie relativní nehodovosti na silnicích pro motorová vozidla (zdroj: autor)

Ukazatel relativní nehodovosti - SMV							
míra R	kategorie	délka [m]	podíl délky na celku	počet nehod	počet nehod na km	podíl délky	podíl nehod
< 0,05	1	138	0,29%	0	0	0%	0%
0,05 – 0,10	2	47389	99,71%	732	15,45	100%	100%

Tabulka 11 představuje průnik kategorií úseků relativní nehodovosti s krajinným pokryvem. Výsledkem je počet úseků v jednotlivých krajinných pokryvech. Kategorie 5, tedy kategorie s vysokou mírou relativní nehodovosti označuje pokryvy, ve kterých je patrné riziko výskytu úseku s vyšší relativní nehodovostí. Průnik s kategorií 1 označuje krajinné pokryvy, kde se nehodové lokality vůbec nevyskytují. Podíl délky úseků představuje vztah krajinných pokryvů k nehodovosti.

Tab. 11: Rozdíl mezi kategoriemi relativní nehodovosti v krajinném pokryvu

Ukazatel relativní nehodovosti – průnik s CLC		kategorie 5		kategorie 1	
kód	Corine Land Cover 2012	počet	podíl délky úseků	počet	podíl délky úseků
243	Rozptýlená venkovská zástavba	73	47%	58	22%
311 - 313	Lesní porost	25	16%	106	40%
112	Kompaktní zástavba	23	15%	14	5%
211	Orná půda	18	12%	21	8%
231	Louky a pastviny	10	6%	30	11%
121	Průmyslové a obchodní plochy	3	2%	1	0%
132	Skládky	3	2%	0	0%
222	Zahrady a sady	1	1%	0	0%
321	Přirozená luční vegetace	0	0%	18	7%



Obr. 35: Výstřižek rozdělení úseků dle R (zdroj: autor)

5.1.2 Lokalizace úseků s potenciálním rizikem vážného zranění

Analýza lokalizace míst s potenciálním rizikem vážného zranění je rozdělena na 9 kategorií vyjadřujících míru závažnosti nehod v lokalitě, vyjádřenou stanovenými hodnotami. Na rozdíl od předchozí analýzy nebere ohled na intenzitu dopravy. Nutně zde lze tedy předpokládat větší koncentraci míst na rychlostních komunikacích, kde se na nehodovosti podílí násobně vyšší počet automobilů.

Tabulka 12 představuje podíl jednotlivých kategorií nehodových míst dle závažnosti a podíl kategorií na celkové ploše území. Negativem je vyšší procentuální zastoupení tříd nehodovosti mimo třídu 1, tedy tříd s určitou měrou nehodovosti.

Tab. 12: Podíl nehodových lokalit na území (zdroj: autor)

Nehodová místa - Kernel Density		
kategorie dle závažnosti	počet buněk	podíl na celkové ploše území
1	3408708	89,0%
2	275857	7,2%
3	88318	2,3%
4	32447	0,8%
5	13569	0,4%
6	7164	0,2%
7	3034	0,1%
8	1045	0,0%
9	339	0,0%

Stanovení nehodových míst pomocí rastrové analýzy (Kernel Density) vytváří datovou vrstvu pro vizuální analýzu, z které lze na základě vhodné podkladové mapy, posoudit prostorové aspekty nehodových míst.



Obr. 36: Vizuální analýza: nebezpečí zatáček o malém poloměru v rovinných úsecích (zdroj: autor)

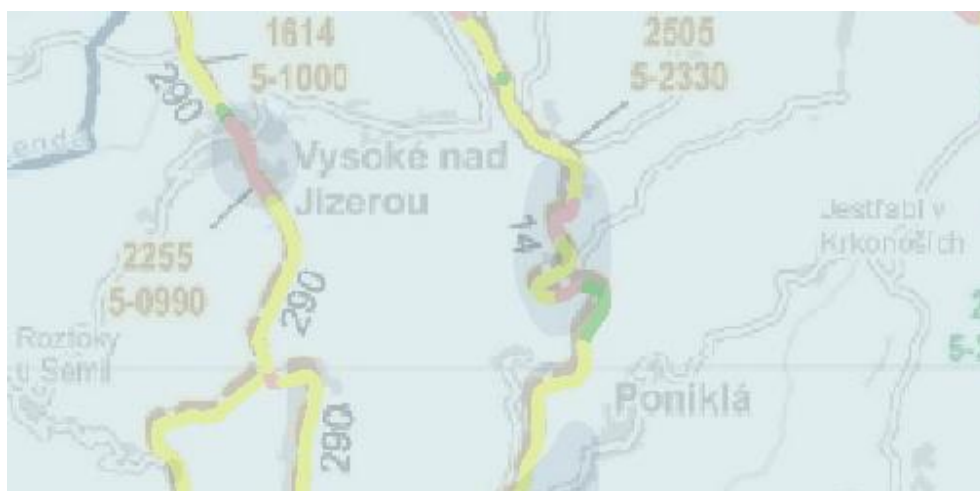
5.1.3 Porovnání analýz lokace nehodových úseků

Rozdíl v analýzách je daný již v jejich principu. Analýza lokace úseků je založená na relativní nehodovosti, do které je započítána intenzita provozu, zatímco analýza míst s vážným zraněním je založena na prostorovém určení absolutního počtu závažných nehod.

Tab. 13: Stanovení nehodových míst (zdroj: autor)

Identifikovaná nehodová místa a úseky		
kód	název	počet
1	nehodová místa (Kernel; 6 - 9 třída)	50
5	nehodové úseky (R; 5 třída)	20
55	průnik míst a úseků	7

Porovnání vyplývá z průniku obou vrstev. Z tabulky průniků (tab. 13) je patrné, že určené nehodové úseky se v nejvyšších kategoriích protínají pouze v 7 případech. Lze předpokládat, že pokud by byly započítány i širší varianty (více kategorií, než pouze nejvyšší), byla by podobnost bližší. Výsledná vrstva 77 nejkritičtějších nehodových míst poslouží pro další analýzy.



Obr. 37: Vizuální porovnání analýz (zdroj: autor)

5.2 VZTAH MEZI NEHODOVOSTÍ A KRAJINNÝM POKRYVEM

Cílem analýzy krajinného pokryvu je určit jaký krajinný pokryv má největší podíl míry nehodovosti, a zdali má krajinný pokryv určitý vliv na míru nehodovosti v území. Výsledkem analýz je vytvoření výchozího předpokladu pro určení faktoru krajinného pokryvu v následující multikriteriální analýze.

5.2.1 Počet nehod v jednotlivém krajinném pokryvu

Z průniku vrstvy dopravních nehod a krajinného pokryvu lze stanovit, který krajinný pokryv má nejvyšší podíl nehod na celkovém součtu v zájmovém území (tab. 14). Podíl nehod však nezahrnuje rozlohu pokryvu v zájmovém území. Jde o obecný vzhled do počtu nehod v pokryvech. Na problém relativní rozlohy reaguje následující analýza.

Tab. 14: Dopravní nehody dle typu krajinného pokryvu

Významné nehodové pokryvy				
kód	Land Cover Corine 2012	počet nehod	podíl nehod	rozloha [km ²]
243	rozvolněná venkovská zástavba	1947	24%	206,20
112	kompaktní zástavba	1598	19%	72,09
211	orná půda	1266	15%	164,28
231	louky a pastviny	1210	15%	174,03
312	jehličnaté lesy	1119	14%	147,16
313	smíšené lesy	959	12%	93,20
121	průmysl a obchodní plochy	153	2%	3,99
311	listnaté lesy	84	1%	7,22
	ostatní pokryvy	330	4%	23,69

Z tabulky 14 je patrné, že 8 krajinných pokryvů zaujímá 96 % ze všech nastalých nehod. Zbýlé 4 % patří ostatním pokryvům v území, které nejsou výrazně zastoupeny počtem nehod, ani rozlohou.

5.2.2 Relativní počet nehod v jednotlivém krajinném pokryvu

Analýza nehod v určitých krajinných pokryvech je neobjektivní do míry rozsahu plochy krajinných pokryvů v blízkosti komunikace. To je napraveno výpočtem relativního počtu nehod na km² daného pokryvu. Tabulka 15 zahrnuje počet nehod, na rozlohu v zájmovém území v okolí komunikace. Tabulka je seřazena sestupně od pokryvu s nejvyšším podílem nehod na km².

Tab. 15: Relativní počet nehod v krajinném pokryvu (zdroj: autor)

Relativní počet nehod v CLC				
kód	Corine Land Cover 2012	počet nehod	rozloha [km ²]	nehody na km ²
122	silnice a železniční plochy	50	0,51	97,14
411	mokřady a slatiny	16	0,39	40,77
121	průmysl a obchodní plochy	153	3,99	38,30
132	výsypky a skládky	7	0,30	22,99
112	kompaktní zástavba	1598	72,09	22,17
124	plochy letiště	4	0,23	17,72
512	mokřady a rašeliniště	8	0,46	17,29
142	sportovní areály	8	0,65	12,24
311	listnaté lesy	84	7,22	11,63
313	smíšené lesy	959	93,20	10,29
243	rozvolněná venkovská zástavba	1947	206,20	9,44
242	zemědělské plochy	53	6,30	8,42
324	přírozené křovinné vegetace	65	7,96	8,16
211	orná půda	1266	164,28	7,71
312	jehličnaté lesy	1119	147,16	7,60
131	doly a lomy	4	0,56	7,13
231	louky a pastviny	1210	174,03	6,95
222	sady a zahrady	26	4,20	6,19
321	přírozené louky	8	1,50	5,35
322	zamokřené půdy	0	0,62	0,00
	celkem	8585	891,88	9,63

Kategorie vážných nehod byla určena z nehod s následkem úmrtí osoby a s následkem těžkého zranění. Počet zraněných při nehodě je zohledněn – pokud jsou při vážné dopravní nehodě usmrceny dvě osoby, jsou obě započítány.

Tab. 16: Vážné dopravní nehody dle typu krajinného pokryvu (zdroj: autor)

Smrtelné nehody a nehody s těžce zraněnými osobami			
krajinný pokryv	počet vážných zranění	podíl na celkovém počtu	vážné zranění na km ² pokryvu
rozvolněná venkovská zástavba	22	37,3%	0,019
kompaktní zástavba	9	15,3%	0,027
jehličnaté lesy	7	11,9%	0,020
orná půda	7	11,9%	0,000
smíšené lesy	6	10,2%	0,000
louky a pastviny	5	8,5%	0,006
sady a zahrady	2	3,4%	0,000
silnice a železniční plochy	1	1,7%	1,940

5.2.3 Vztah přechodů krajinných pokryvů a nehodovost

V rámci teorie byla nastíněna problematika přechodu mezi krajinnými pokryvy, jako potenciální faktor související s mírou nehod. Z analýzy 5.3.2 lze vyhodnotit praktický dopad přechodu krajinných pokryvů.

Tabulka 17 představuje počet nehod v přechodech krajinných pokryvů. Počet pokryvů s číslem 1 představuje homogenní krajinný pokryv – v oblasti 100 m okolo nehody se vyskytuje pouze jeden pokryv. Další čísla představují počet pokryvů v oblasti. Nejvíce zastoupen je počet dvou pokryvů.

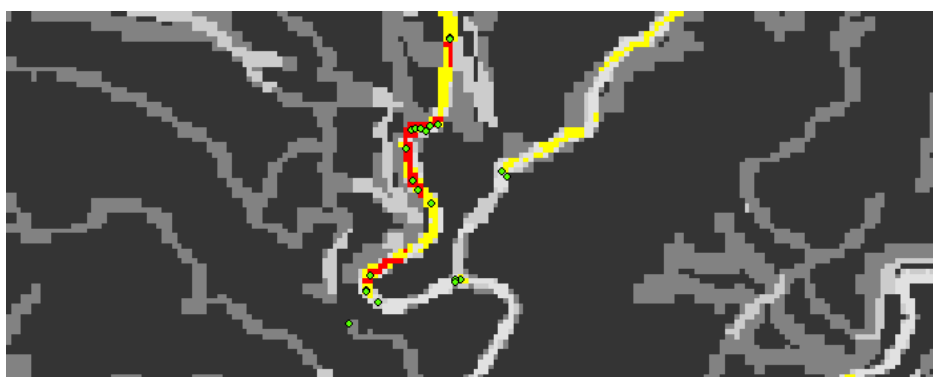
Tab. 17: Počet nehod v krajinném pokryvu - přechody (zdroj: autor)

Počet pokryvů v okruhu dopravních nehod			
počet pokryvů	počet nehod	zastoupení	
1	2908	34%	
2	4636	53%	
3	1054	12%	
4	68	1%	

5.2.4 Vyhodnocení vztahu mezi krajinným pokryvem a nehodovostí

Při vyhodnocení vztahu mezi pokryvem a nehodovostí lze hovořit o vlivu externalit obsažených v krajinném pokryvu, jež nasvědčují možnosti vzniku dopravní nehody. Jedná se zejména o typické znaky pokryvu, například u pokryvu zástavby je to počet dopravních situací, v lesních porostech je to zase vizuální uzavřenost prostoru a snížená rozhledovost. Je možné na základě těchto znaků do jisté míry určit pravděpodobnost vzniku dopravní nehody.

Výrazně se procentuelně projevuje přechod mezi krajinnými pokryvy, což může být dáno změnou charakterů prostředí. Druhým výkladem však může být přechod do komplikovanějšího prostředí v rámci dopravních situací, čímž je vztah patrně určen.



Obr. 38: Výstřížek představuje kapitolu 5.3; vrstva potencionálních nehodových míst a evidované nehody (zdroj: autor)

5.3 VYMEZENÍ POTENCIONÁLNÍCH NEBEZPEČNÝCH MÍST

Vymezení míst je dáno na základě multikriteriální analýzy. Rastrová analýza je zaměřená na objektivní faktory prostředí. Analýza pracuje s rastrovými daty o velikosti jedné buňky 25 x 25 m.

5.3.1 Lokalizace potencionálních rizikových úseků

Po váženém součtu faktorů (viz kap. 5.2.4 - hodnota rizika vynásobená váhou faktoru) byl rastr rozdělen do 6 skupin rizikovosti, dle bodového ohodnocení určeného metodikou práce.

Tabulka 18 představuje rozdělení tříd dle bodové klasifikace, rozlohu jednotlivých tříd a počet a podíl nehod. Zásadní je v tabulce podíl rozlohy na poměru nehod. Lze tak doložit kvalitu provedené analýzy, s tím, že čím vyšší třída kategorie, tím vyšší by měla mít poměr nehod.

Tab. 18: Souhrn vrstvy MFA (zdroj: autor)

Potencionální riziková místa					
kategorie	bodová klasifikace	rozloha [km ²]	poměr rozlohy	počet nehod	poměr nehod
1	0 - 4	2538,93	80,3%	377	4%
2	4,01 - 6	485,15	15,3%	866	10%
3	6,01 - 8	80,38	2,5%	1660	19%
4	8,01 - 10	40,68	1,3%	2948	33%
5	10,01 - 12	15,49	0,5%	2089	24%
6	12,01 >	2,95	0,1%	947	11%

Tabulka 19 určuje počet nehod s následkem zranění v analýze určených potencionálních rizikových míst. Zásadní je zde jako v tabulce 18 počet zranění na rozlohu a třídu kategorie, s tím, že nejvyšší (nejrizikovější) kategorie by měla zahrnovat co největší počet osobních nehod, pro dosažení validity analýzy.

Tab. 19: Počet osobních nehod v potencionálních místech (zdroj: autor)

Potencionální riziková místa			počet		
kategorie	podíl rozlohy	počet nehod	úmrť	těžké zranění	lehké zranění
1	80,3%	377	0	9	113
2	15,3%	866	8	34	237
3	2,5%	1660	11	75	603
4	1,3%	2948	31	131	1097
5	0,5%	2089	15	94	886
6	0,1%	947	13	29	319

Tab. 20: Vzorový rozbor kódu (zdroj: autor)

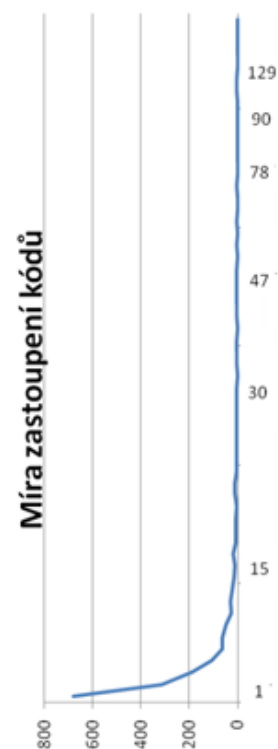
Vyjádření kódu		3345011					
faktor	intenzita	rychl. omez.	kříž/žel	LC	LC_přech	křivol.	sklon
hodnota	3	3	4	5	0	1	1
vyjádření hodnoty	1001 - 5000 voz./den	90 km/h - mimo obec	blížkost křižovatky	lesní porost	mimo rizikový přechod	< 10 %	< 1,5 %

Tabulka 20 představuje vzorový rozbor kódu. Každá buňka výsledné rastrové vrstvy z analýzy 4.3.4 obsahuje informace o okolním okolí prostřednictvím hodnot 7 faktorů. Z těchto hodnot je možné v propojení s lokalitou nehody dohledat vlastnosti prostředí, jež mohly ovlivnit nehodu.

Nejvíce kódů se ve vrstvě dopravních nehod vyskytuje jednou, dále zastoupení výrazně klesá, až se ustálí u počtu kolem dvaceti. Vyšší hodnoty opakovaných kódů, se nacházejí v míře jednotek (viz tab. 21). Počet veškerých unikátních kódů je 1717 pro 8518 dopravních nehod. Graf na obr. 39 zobrazuje, že jedinečný kód (tj. neopakovaný - je ve vrstvě jen jednou) má přes 600 dopravních nehod. Kód stejný u 47 nehod, se již pak opakuje jen v relaci max. dvou kódů, nejvyšší počet stejných kódů je 232.

Tab. 21: Nejvíce zastoupené kódy v průniku DN (zdroj: autor)

Nejvíce opakované kódy v průniku s DN					
kód	počet	kód	počet	kód	počet
0146000	232	3343012	47	0146200	32
3345011	129	5543011	47	3343021	32
4343012	117	3346011	45	3347022	32
3345022	111	3344011	43	1347122	31
4344011	92	3345002	43	1347222	31
3345012	90	345000	43	3347212	31
4345012	90	0046000	41	1344012	30
4345022	79	3347221	40	1347022	30
5545011	79	4344012	40	3345021	29
4345011	78	3356011	39	1345022	28
4345014	75	4344013	39	1347221	28
0145000	71	0045000	38	3346023	28
4343011	67	5343012	38	4346012	28
0147200	62	1344013	37	1343012	27
3347211	56	3344012	37	0143000	27
5547012	53	5543012	37	3347122	27
0144000	50	3146011	36	1345013	26
0147000	50	3345023	36	4157113	26
1343011	49	4344034	36	0044000	26
0147100	48	0146100	34	1345023	24
3343011	47	1345012	32	5345011	24



Obr. 39: Graf zastoupení počtu kódů (zdroj: autor)

5.3.2 Korelace potencionálních rizikových míst s nehodovými úseky

Korelace vychází z průniku rizikových míst s vrstvou 77 nehodových míst vzniklých analýzou 5.1.3. Z hlediska kategorií potencionálních míst byly využity pouze kategorie 5 a 6, s tím, že nejlépe, procentuálním zastoupením k rozloze, odpovídají nehodovým místům. Kategorie potencionálních míst byla vynásobena s kategorií současných nehodových míst. Výsledkem je průnik, který určuje validitu nehodových míst, průnik obou vrstev by měl být co nevyšší.

Tab. 22: Korelace rizikových míst s nehodovými (zdroj: autor)

Průnik potencionálních míst s nehodovými místy					
kategorie potencionálních		kategorie nehodových		průnik tříd	průnik pixelů
kateg.	počet buněk	kateg.	počet buněk		
třída - 5	24778	úsek (R) - 1	2506	5	299
třída - 6	4719	místo (Kern.) - 10	994	6	94
		průnik obou - 100	357	50	93
				60	13
				500	24
				600	13

5.3.3 Korelace jednotlivých faktorů s nehodovými úseky

Z analýz 5.1 vyplynulo 77 nehodových míst, které se propojily s údaji o území stanovenými z výsledného rastru multikriteriální analýzy (Extract Values to Points). Výsledná bodová vrstva nehodových míst nově získala PČR neevidované informace o okolním prostředí. Kapitola rozebírá jednotlivě neevidované faktory nehodovosti v nejrizikovějších nehodových lokalitách.

Faktor intenzity provozu

Faktor intenzity je založen na relaci míry nehodovosti s vyšším průjezdem vozidel daným úsekem. Vyšší počet průjezdů úsekem představuje vyšší pravděpodobnost vzniku nehody. V tabulce je zásadní rozdíl mezi podílem kategorie v nehodových úsecích a podílem celkového území.

Tab. 23: Tabulka faktoru intenzity provozu pro nehodové úseky (zdroj: autor)

Faktor intenzity					
i [voz. / 24 h]	kategorie	počet NÚ	podíl v nehodových úsecích	podíl na celkovém území	
mimo území	0	2	3%	---	
neměřeno; < 500	1	16	21%	67%	
501 - 1000	2	4	5%	5%	
1001 - 5000	3	24	31%	20%	
5001 - 10000	4	23	30%	6%	
10001 >	5	8	10%	2%	

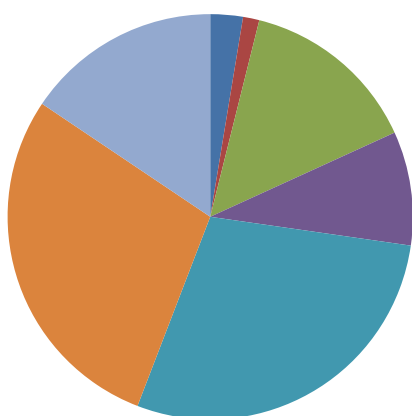
Faktor krajinného pokryvu

Faktor vlivu krajinného pokryvu vychází z analýzy 5.2, kde byly porovnány krajinné pokryvy z hlediska nehodovosti. Pokryvům označeným za více relativně nebezpečné byla přidělena vyšší hodnota rizika (kategorie) vzniku dopravní nehody. V tabulce je popsán celkový podíl jednotlivých kategorií v území a zároveň, podíl kategorií v rámci nehodových úseků. Rozdílné hodnoty v podílech předestírají možnost vyššího rizika pravděpodobnosti vzniku dopravní nehody v jednotlivých kategoriích (názorně viz obr. 40). Tedy o kolik je vyšší podíl v nehodových úsecích oproti celkovému území, tím vyšší je pravděpodobnost vzniku nehodového místa v daném pokryvu.

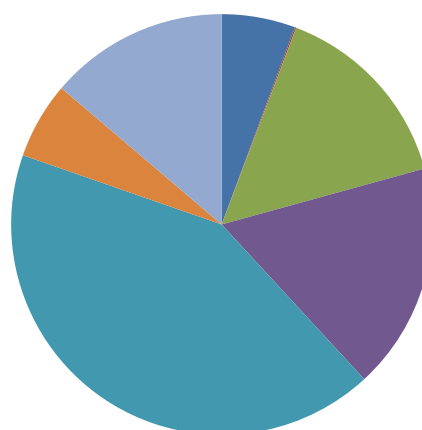
Tab. 24: Tabulka faktoru krajinného pokryvu v nehodových lokalitách (zdroj: autor)

Faktor krajinného pokryvu				
typ	kategorie	počet	podíl v nehodových úsecích	podíl na celkovém území
ostatní plochy	1	2	3%	6%
průmyslové areály	2	1	1%	0%
orná půda	3	11	14%	15%
louky a pastviny	4	7	9%	17%
lesní porost	5	22	29%	42%
kompaktní zástavba	6	22	29%	6%
rozvolněná zástavba	7	12	16%	14%

podíl v nehodových úsecích



podíl na celkovém území



- ostatní plochy
- průmyslové areály
- orná půda
- louky a pastviny
- lesní porost
- kompaktní zástavba
- rozvolněná zástavba

Obr. 40: Graf představující rozdílné podíly kategorií (zdroj: autor)

Faktor přechodů krajinného pokryvu

Faktor je stanoven na základě analýzy kap. 5.2.3, kde byl identifikován jako problematický přechod krajinných pokryvů, přechod mezi rozvolněnou vesnickou zástavbou a ostatními pokryvy. Pravděpodobnost vzniku nehodového místa byla určena v oblasti přechodu pokryvu rozvolněné zástavby.

Tab. 25: Faktor rizikového přechodu (zdroj: autor)

Faktor přechodů krajinného pokryvu					
vzdálenost od přechodu rozvolněné zástavby [m]	kategorie	počet NÚ	podíl v nehodových úsecích	podíl na celkovém území	
100 >	0	56	73%	87%	
50 - 100	1	9	12%	6%	
< 50	2	12	16%	7%	

Faktor rychlostního omezení

Rychlostní omezení je určeno úsekům, kde je možné při běžné (neomezené) rychlosti havarovat. Rychlost je snížena na základě dlouhodobé zkušenosti, kterou je v analýze vhodné zohlednit.

Tab. 26: Faktor omezení rychlosti (ro) (zdroj: autor)

Faktor omezení rychlosti					
ro [km/h]; typ	kategorie	počet NÚ	podíl v nehodových úsecích	podíl na celkovém území	
mimo oblast	0	3	4%	---	
15 - 40 - účelové, polní, pěší	1	9	12%	32%	
50 - obec	2	5	6%	1%	
90 - mimo obec	3	56	73%	66%	
60 - 80 - omezení	4	0	0%	0%	
130 - dálnice	5	4	5%	0%	

Faktor vzdálenosti křižovatky a železničního přejezdu

Tento faktor vychází z předpokladu dlouhodobých statistik nehodovosti (kap. 3.3.3) který stanovuje větší koncentraci nehod v úsecích vyžadujících vyšší míru pozornosti pro dopravní situaci.

Tab. 27: Faktor blízkosti výrazných prvků (zdroj: autor)

Faktor blízkosti křižovatky a železničního přejezdu					
vzdálenost od přejezdu [m]	kategorie	počet NÚ	podíl v nehodových úsecích	podíl na celkovém území	
51 >	0	(76)	99%	99,9%	
< 50	2	0	0%	0,1%	
vzdálenost od křižovatky [m]					
51 >	4	66	86%	99,5%	
< 50	5	10	13%	0,5%	
	7	1	1%		

Faktor křivolakosti

Vyjadřuje náročnost projetí daného úseku v závislosti na počet situací vyžadujících pozornost řidiče (Krajčovič 2006). Předpokladem je, že čím vyšší míra křivolakosti je na úseku, tím bude vyšší pravděpodobnost vzniku nehody.

Tab. 28: Faktor křivolakosti komunikace (zdroj: autor)

Faktor křivolakosti				
k [%]	kategorie	počet NÚ	podíl v nehodových úsecích	podíl na celkovém území
mimo oblast	0	10	13%	---
< 10	1	39	51%	42%
10 - 29	2	24	31%	41%
30 - 44	3	4	5%	13%
45 -69	4	0	0%	3%
70 >	5	0	0%	1%

Faktor sklonitosti

Vychází z obdobného předpokladu jako faktor křivolakosti, s tím že se s náhlou změnou sklonu zvyšuje počet situací vyžadujících pozornost řidiče.

Tab. 29: Faktor sklonu komunikace (zdroj: autor)

Faktor sklonu komunikace				
s [%]	kategorie	počet NÚ	podíl v nehodových úsecích	podíl na celkovém území
mimo oblast	0	2	3%	---
< 1,5	1	22	29%	29%
1,5 - 3	2	36	47%	33%
3,1 - 5	3	8	10%	25%
5,1 - 10	4	9	12%	13%
10,1 >	5	0	0%	0%

Souhrn korelace potencionálních rizikových míst s nehodovými úseky

Pro účel souhrnu bylo vybráno 6 vzorových kódů, které odpovídají nevýraznějším nehodovým lokalitám, místům průniků úseku s nejvyšší relativní nehodovostí a lokalitě dle vysoké koncentrace závažných dopravních nehod. Rozbor kódů má za účel představit kombinace, které představují rizikové místa, vykazující vliv na okolní prostředí.

Tab. 30: Vyjádření nejčastějších kódů nehodových míst (zdroj: autor)

Vyjádření kódu 4357013							
faktor	intenzita	rychl. omez.	kříž/žel	LC	LC_přech	křivol	sklon
hodnota	4	3	5	7	0	1	3
vyjádření hodnoty	5001 - 10 000 voz./den	90 km/h - mimo obec	mimo křižovatku	rozvolněná zástavba	mimo rizikový přechod	< 10 %	3,1 - 5 %
Vyjádření kódu 3353011							
faktor	intenzita	rychl. omez.	kříž/žel	LC	LC_přech	křivol	sklon
hodnota	3	3	5	3	0	1	1
vyjádření hodnoty	1001 - 5000 voz./den	90 km/h - mimo obec	mimo křižovatku	orná půda	mimo rizikový přechod	< 10 %	< 1,5 %
Vyjádření kódu 3345022							
faktor	intenzita	rychl. omez.	kříž/žel	LC	LC_přech	křivol	sklon
hodnota	3	3	4	5	0	2	2
vyjádření hodnoty	1001 - 5000 voz./den	90 km/h - mimo obec	blížkost křižovatky	lesní porost	mimo rizikový přechod	10 - 29 %	1,5 - 3 %
Vyjádření kódu 3246003							
faktor	intenzita	rychl. omez.	kříž/žel	LC	LC_přech	křivol	sklon
hodnota	3	2	4	6	0	0	3
vyjádření hodnoty	5001 - 10 000 voz./den	50 km/h - obec	mimo křižovatku	rozvolněná zástavba	mimo rizikový přechod	---	3,1 - 5 %
Vyjádření kódu 1146011							
faktor	intenzita	rychl. omez.	kříž/žel	LC	LC_přech	křivol	sklon
hodnota	1	1	4	6	0	1	1
vyjádření hodnoty	neměřeno	omezení 15 - 40	mimo křižovatku	rozvolněná zástavba	mimo rizikový přechod	< 10 %	< 1,5 %
Vyjádření kódu 2246022							
faktor	intenzita	rychl. omez.	kříž/žel	LC	LC_přech	křivol	sklon
hodnota	2	2	4	6	0	2	2
vyjádření hodnoty	501 - 1 000 voz./den	50 km/h - obec	mimo křižovatku	rozvolněná zástavba	mimo rizikový přechod	10 - 29 %	1,5 - 3 %

6. DISKUZE

V diskuzi je kladeno za cíl diskutovat postup a shrnout výsledky práce.

6.1 DISKUZE METODIKY PRÁCE

Diplomová práce se věnuje vyhodnocení vztahu mezi dopravní nehodovostí a okolním prostředím. V tomto ohledu bylo využito prostředí GIS, které je prostorovým analýzám předurčeno. Velkým tématem prostředí GIS jsou data, dále je posouzen vliv měřítka a postupu v rámci analýz.

6.1.1 Data

Zásadní datovou sadou je vrstva dopravních nehod, která veškeré analýzy dopravní nehodovosti předjímá. Vrstva je zásadní v ohledu rozsahu dat. Primárně se jedná o prostorový rozsah a dále o rozsah časový. V práci byl zohledněn prostor Libereckého kraje za období mezi léta 2009 – 2014, což vymezuje rozsah práce. Problematikou dat je jejich dostupnost. V teoretické části práce byly představeny okolnosti prostředí, které mohou mít vliv na míru dopravní nehodovosti, velká část takových dat je však nedosažitelná, jak z hlediska nedostupnosti dat od poskytovatele, tak z hlediska toho, že data se jednoduše v takové míře nevedou.

Vhodná existující data by mohly být údaje o silničních komunikacích z databanky ŘSD, kde jsou evidovány vlastnosti komunikace v ohledu geometrie trasy, hodnocení intenzity, ale i počtu jízdnic pruhů a dopravních situací. Dalšími vhodnými, však nedostupnými daty jsou údaje o povrchu a stavu vozovky. Další kategorií dat jsou data, jež se nejsou evidována. Pro analýzy dopravních statistik by bylo velice vhodné využití dat z geolokátorů umístěných ve vozidlech, čímž by se mohla stanovit délka jízdy, trasa a i konečné příčiny případné dopravní nehody. Tvorba a aplikace těchto dat je však v rozporu s dnešními možnostmi. Dále by bylo vhodné uplatnit data meteorologická apod.

Práce tedy uplatňuje jen data, mimo vrstvu dopravních nehod, volně dostupná, která je možné využít i při možném opakování postupu.

6.1.2 Měřítko

Z rozsahu dat vyplývá měřítko práce. Hodnocení nehodovosti v regionálním měřítku s sebou nese určité komplikace, a to zejména v jisté generalizaci a statistickému pojetí nehod. Jak bylo představeno v teorii, dopravní nehodovost je velice složité řešit na globální, či regionální bázi. Je nutné určit lokální podmínky a na ně určit odpovídající opatření. V rámci regionu je nutné tyto lokální charaktery do jisté míry zobecnit. Nehodové lokality nejsou práci chápány v rámci několika metrů, ale v řádu desítek, což je nutné vzít v potaz při hodnocení výsledků.

6.1.3 Vyjádření faktorů

Na výsledcích má výrazný vliv stanovení faktorů a jejich váha. V diplomové práci byly určeny hodnoty faktorů na základě dlouhodobých statistiky dopravní nehodovosti, či v případě že v tomto statistika neevidovala, byly posouzeny z příbuzných certifikovaných metodik, z teoretických předpokladů dopravní psychologie i z vlastní analýzy dopravních nehod v zájmovém území. O poměru vah, hodnot a přítomnosti faktorů vůbec lze diskutovat a lze je v rámci opakování práce pozměnit a zpřesnit na základě specifitějších dat. V následujícím textu jsou představeny jednotlivé faktory a problematika.

Intenzita dopravy jako faktor, na základě počtu projetých vozidel určuje pravděpodobnost nehody s tím, že vyšší počet projetých vozidel znamená i navyšující míru lidského faktoru, který je v problematice nehodovosti zásadní. Dle metodiky MADN (2012) je však míra intenzity provozu úměrná nehodovosti jen do určitého bodu, kdy se nehodovost snižuje. To je dáno zejména vybavením komunikací s vysokou intenzitou dopravy. Tento zlomový bod by mohl lokálně být identifikován a stanoven v hodnotách faktoru.

Praktickým problémem faktoru je pak jeho omezená míra dostupnosti a výpovědní hodnoty. Intenzita je sčítána na různě dlouhých úsecích za proměnlivou dobu, ze které je pak pomocí metodiky vypočítána hodnota průměrné intenzity, zde je možné určit první relativnost faktoru. Dalším problémem je omezený počet sčítaných úseků. Takže v rámci kraje je intenzita provozu zohledněna jen na stanovených úsecích.

Faktor rychlostního omezení vyplývá z empirických zkušeností daných úseků, kdy se problematickému úseku, sníží hodnota maximální rychlosti z důvodu složitějšího průjezdu lokalitou. To zejména v úsecích, které by v nesnížené rychlosti mohly představovat nebezpečí. V ohledu práce byl faktor stanoven na základě omezení vyšší rychlosti, omezení na dálnici tak představuje vyšší riziko než omezení v obci. Problematikou faktoru v práci je dostupnost dat. Sada pozemních komunikací OSM nezaručuje správnost a aktuálnost dat.

Faktor křižovatek a železničních přejezdů je určen na základě teorie, každá dopravní situace vede k možnosti chyby lidského faktoru. Problematika je zde dána nerozlišením křižovatek dle počtu ramen a nedostatečného určení vlastností železničních přejezdů dle jejich vybavení, což je dáno nedostupností dat. Další možnou problematikou je šíře okolí průniku tras. V rámci měřítka byla stanovena hodnota 50 metrů, která může být diskutována s ohledem na místní situace.

Faktor krajinného pokryvu byl stanoven na základě pranalýzy diplomové práce. Zde byly pokryvy rozřazeny do tříd dle relativního počtu nehod, které se udály v daném pokryvu za období 6 let. Problematikou je zde měřítko dostupných dat, které má v rámci reálného prostředí odchylku v řádech desítek metrů. Možným řešením je nahrazení CLC, vrstvou s přesnějším měřítkem. V tomto případě by však bylo nutné nahradit pokryv silniční komunikace, z důvodu, že by obsahoval veškeré nehody. Pokryv silnic by bylo možné nahradit vlastnostmi okolního prostředí.

Další problematikou je neprůkaznost vztahu nehodovosti ke krajinnému pokryvu jako takovému. Je možné předpokládat, že na nehodovost nemá vliv krajinný pokryv jako spíše jeho externality. Tedy že pokryv rozvolněné zástavby obsahuje více dopravních situací, než pokryv lesního porostu.

Faktor přechodu krajinných pokryvů byl určen obdobně jako předchozí faktor na základě analýzy, ze které byla vysledováno, že určité přechody prvků mohou být nebezpečné. V tomto ohledu byl jako rizikový stanoven přechod z venkovské rozptýlené zástavby do jiných pokryvů. Faktor však lze diskutovat opět jako předešlý z hlediska měřítka, i z hlediska rozsahu šíře přechodu.

Faktor křivolakosti je dán na základě předpokladu o obtížnosti projetí úsekem. Jedná se poměrně generalizovaný faktor, který je nutno brát s nadhledem. Problematika je zde například i v poměru dlouhého objezdu s velkým poloměrem zatáčky, oproti několika zatáčkám s velice malým poloměrem. Vzhledem k výsledné hodnotě křivolakosti je úsek dlouhého objezdu rizikovější, ačkoliv dle reálného stavu je nebezpečnější úsek s několika zatáčkami s ostřejším úhlem. Tento faktor je však uznávaný v certifikovaných metodikách a je uplatňován. Faktor křivolakosti může být nahrazen faktorem deviatility (Bartoš 2012), která se zaměřuje místo na rozdíl délek na změnu úhlových poměrů na trase. Tento krok lze však z hlediska měřítka kraje vypočítat komplikovaně. Možným praktickým problémem je určení úseků, které jsou podrobeny rozdílem délek. Tyto úseky byly v práci stanoveny každým křížením tras, což vede k určitému nepoměru mezi délkou úseků silnic vyšších tříd a místních komunikací, které se kříží častěji. I v tomto ohledu byla faktorů snížena.

Faktor sklonitosti je založen na obdobném principu, jako je křivolakost. Setkává se rovněž s podobnými problémy. Jedná se o generalizovaný faktor, jenž se zaměřuje pouze na tři body daného úseku, mezi nimiž stanovuje rozdíl výšek. Nezaobírá se lokální změnou trasy obdobně jako by to bylo vhodné u faktoru křivolakosti. Praktický problém je zde rovněž stejný jako u křivolakosti. I proto byla hodnota faktorů snížena.

6.2 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

Vyhodnocení výsledků dává prostor pro výklad a shrnutí výsledků práce a stanovení jejich validity.

6.2.1 Vyhodnocení lokalizace nehodových úseků

Nejprve byly lokalizovány úseky na základě relativní nehodovosti. Z výsledků lze vyčíst, že odpovídají předpokladům a podíl úseků v nejvyšší kategorii míry R je nejnižší a zároveň na tento podíl délky vyjadřuje odpovídající podíl z celkových nehod. Lze říci, že určení nehodových míst na základě relativní nehodovosti odpovídá skutečnosti. Výsledky analýzy nasvědčují především:

- *nízké relativní nehodovosti na silnicích pro motorová vozidla,*
- *nehodové úseky se vyskytují zejména v oblasti zástavby, v přírodě blízkých lokalitách se koncentrují méně.*

Lokalizací míst potencionálního rizika vyjadřují koncentraci počtu závažných nehod je určeno že:

- *89 % oblasti je nepostiženo závažnou nehodou,*
- *lokality s vysokým s rizikem vážného zranění se koncentrují do 2 % úseků,*
- *vizuální analýza určila riziková místa na silnicích pro motorová vozidla, zejména pak v nájezdech a v zatáčkách o nižším poloměru,*
- *dále v intravilánu obcí s vyšší intenzitou provozu a před vjezdem do měst.*

Pro ověření byly porovnány obě analýzy. Analýzy jsou odlišné svým charakterem, a je tedy možné počítat s rozdílností výsledků.

- *Průnikem obou analýz je pouze 7 lokalit,*
- *analýzou bylo vyhodnoceno celkem 77 nehodových míst.*

6.2.2 Vyhodnocení vztahu mezi nehodovostí a krajinných pokryvem

Vyhodnocení jednotlivých krajinných pokryvů založené na průniku vrstvy dopravní nehodovosti s krajinnými pokryvy vytyčuje, že:

- *8 krajinných pokryvů obsahuje 96 % všech nehod,*
- *44 % nehod se koncentruje v pokryvu zástavby,*
- *25 % nehod se událo v pokryvu lesního porostu.*

Relativní počet nehod na krajinný pokryv, již počítá s rozlohou daných pokryvů v zájmovém území, a tím upravuje předchozí výsledky.

- *Nejrizikovější pokryvy jsou kompaktní zástavba (22 neh./km²), listnatý les, smíšený les a rozptýlená venkovská zástavba (9 neh./km²),*
- *nejbezpečnějším pokryvem jsou louky a pastviny,*
- *orná půda vykazuje podobné výsledky jako jehličnatý les (7,6 neh./ km²).*

Vyhodnocením vážných zranění v krajinných pokryvech bylo dáno, že:

- *největší počet vážných nehod se stal v rozvolněné venkovské zástavbě.*

Vztah přechodů krajinných pokryvů a nehodovosti, určuje, že v oblasti 100 m okolo všech dopravních nehod:

- *je v 66 % lokalizován více než 1 krajinný pokryv,*
- *nejčastěji se v oblasti nachází 2 krajinné pokryvy (53%),*
- *výrazný je přechod rozptýlené venkovské zástavby, kde se odehrálo 58 % všech závažných nehod.*

Souhrn analýzy pak vyjadřuje:

- *krajinný pokryv sám o sobě nemá prokazatelný vliv na dopravní nehodovost, výraznou roli zde hrají externality pokryvů.*

6.2.3. Vyhodnocení vymezení potenciálních nebezpečných míst

Metodika vymezení potenciálních nehodových míst je založena na multikriteriální rastrové analýze. Průnikem vážených faktorů vzniká povrch s určenými hodnotami pro každou buňku rastru. Hodnota pak vyjadřuje hodnotu rizika v prvním případě, anebo kód v druhé části analýzy.

Výsledný rastr váženého součtu faktorů vypovídá:

- *nejvíce riziková vrstva má rozlohu 0,1 % území a pokrývá 11 % všech nehod,*
- *kategorie dle analýzy nejméně riziková představuje 80,3 % území a nachází se zde 4 % nehod,*
- *66 % nehod se koncentruje pouze na 1,9 % plochy (kategorie 4 – 6).*

Dle počtu osobních nehod v potenciálních místech:

- *metodou určených 2 nejrizikovějších kategorií se eviduje 42 % smrtelných nehod,*
- *dále 35 % nehod s následkem těžkého zranění,*
- *a 37 % nehod s následkem lehkého zranění.*

Průnikem 2 nejrizikovějších kategorií se 77 nehodovými místy určenými z analýzy lokalizace úseků, bylo určeno:

- *že průnik vrstev byl identifikován pouze v 536 buňkách,*
- *lze mluvit o neadekvátnosti průniku.*

Následuje vyhodnocení jednotlivých faktorů multikriteriální analýze. Faktory jsou členěny do kategorií, které vzestupně vyjadřují potencionální riziko vzniku dopravní nehody. Faktory jsou sumarizovány v místech 77 nehodových úsecích.

Faktor intenzity:

- *skupina intenzit vyšších než 10 001 voz./24h není nejrizikovější,*
- *nejvyšší podíl nehodových úseků je v kategorii intenzit mezi 1001 – 10 000 voz./24h,*
- *ačkoliv mají v území 67% podíl délek neměřené hodnoty, na nehodových místech se podílí pouze 21 %,*
- *vyšší intenzita není přímo úměrná vyšší nehodovosti.*

Faktor krajinného pokryvu:

- *nejvýrazněji se na nehodovosti projevuje pokryv kompaktní zástavby,*
- *jako relativně bezpečný se jeví lesní porost,*
- *rozvolněná zástavba není výrazně nebezpečný pokryv,*
- *faktor odpovídá představené teorii.*

Faktor přechodů krajinného pokryvu:

- *nehodovost je v přechodu rozvolněné zástavby vyšší,*
- *faktor potvrzuje teorii.*

Faktor rychlostního omezení:

- *nejvíce nehod se odehrává v úsecích omezení 90 km/h,*
- *úseky „mimo obec“ je možné zvolit jako rizikové.*

Faktor blízkosti křižovatek a železničních přejezdů:

- *výsledky potvrzují vyšší pravděpodobnost vzniku nehodových úseků v křížení komunikací.*

Faktor křivolakosti:

- *předpoklad se neprojevil, je patrná opačná tendence,*
- *na rovinných úsecích je větší pravděpodobnost vzniku konfliktu.*

Faktor sklonitosti

- *předpoklad se neprojevil, je patrný opačný vliv,*
- *největší pravděpodobnost nehodového místa je v úsecích mírného sklonu – 1,5 – 3 %.*

Souhrn

Teoreticky nejrizikovější faktory nehodových míst

- *intenzita – 10 000 voz./24h,*
- *blízkost zastavby*
- *v přechodu krajinných pokryvů*
- *mimo obec (90 km/h)*
- *v křižovatce, mimo žel. přejezd*
- *v rovinném úseku*
- *ve sklonu 1,5 – 3 %*

Na základě výsledků lze stanovit **vliv prostředí na dopravní nehodovost:**

Výrazným faktorem vlivu na dopravní nehodovost jsou faktory dopravní situace. Lze konstatovat, že vliv okolního prostředí či terénu má oproti vlivům dopravní situace jako je počet křižovatek, počet pruhů, míra intenzity provozu váhu nižší. Dopravní nehoda je komplexní jev, jenž je dán širšími souvislostmi, které je velice složité specifikovat v rámci desítky metrů prostoru. Příkladem je lokalizace nehodových míst v zatáčkách s malým poloměrem následujících po rovinném úseku. Ačkoliv lze příčinu hledat v zatáčce, nelze mluvit obecně o negativním vlivu všech zatáček v území. Tento vztah je nutné postihnout v rámci lokálních opatření, která mohou být identifikována na základě obdobných analýz v širším kontextu.

7. ZÁVĚR

Diplomová práce se v rámci prostředí GIS zabývá analýzou dat dopravních nehod s PČR neevidovanými okolnostmi dopravní nehody. Cílem je interpretace potencionálního vztahu prostředí pozemní komunikace s mírou dopravní nehodovosti. V souhrnu diskuze je na základě výsledků interpretován vliv míry prostředí.

V práci byly teoretickými východisky a souhrnem dlouhodobých trendů nehodovosti vyhodnoceny faktory okolního prostředí potencionálně ovlivňující dopravní nehodovost. Následně byla stanovenými faktory provedena multikriteriální analýza pro lokalizaci rizikových míst v zájmovém území. V prostředí GIS byla identifikována nehodová místa mimoměstské oblasti Libereckého kraje, která posloužila pro vyhodnocení výsledků multikriteriální analýzy. Všechny cíle práce byly naplněny.

Přínosem práce je zejména návrh postupu multikriteriální analýzy pro naplnění cílů a potvrzení možnosti aplikace nástrojů GIS v analýzách dopravní nehodovosti, s ohledem na doposud neevidované okolnosti dopravních nehod.

Analýza dopravní nehodovosti v prostředí GIS nabízí velice široké možnosti rozboru neznámých okolností vzniku dopravního konfliktu. Stěžejním aspektem je pak šíře a kvalita vstupních dat, která je určující pro případné analýzy. Lze předpokládat větší přesnost, ale i rozsah analýz s ohledem na kvalitu a počet atributů vkládaných dat. Využití výsledků práce je určeno pro rámeček měřítka kraje. Pro bližší analýzu dopravní nehodovosti je nutné využít přesnějších dat, práce z principu využívala pouze data volně přístupná

8. PŘEHLED LITERATURY A ZDROJŮ

ADAMEC, Vladimír. *Doprava, zdraví a životní prostředí*. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2156-9.

ANDRES, Jiří. *Zásady bezpečného utváření pozemních komunikací*. CDV, Brno 2001

BARTOŠ, Jan. *Deviatilita komunikací v síťových analýzách s využitím GIS*. Praha, 2012. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze. Vedoucí práce Tomáš Hudeček.

BRINKE, Josef. *Úvod do geografie dopravy*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 1999. ISBN 80-7184-923-5.

CATISTCO, S., G. LA CAVA a A. MONTELLA. *Identification of Hazard Location and Ranking of Measures to Improve Safety on Local Rural Roads*. Catania, 2004. Department of Civil and Environmental Engineering University of Catania.

FRIČ, Jindřich. *Legislativní aktivity CDV*. In: *Sborník příspěvků konference BRNOSAFETY 2014*. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2014.

FRIČ, Jindřich. *Strategické řízení bezpečnosti*. In: *Sborník příspěvků konference BRNOSAFETY 2014*. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2014.

HAUER, E., B. PERSAUD. *Safety Analysis of Roadway Geometry and Ancillary Features*. Transportation Association of Canada Research Record, Ottawa, Canada, 1997.

HERRSTEDT, Lene. *User Ability and Behaviour: The Basis for a Safe and Road User Friendly Road Design*. Diplomvej, 2010. Research Park, Scion-DTU.

HLÁSNÝ, Tomáš, *Geografické informačné systémy: Priestorové analýzy*. Zvolen, Vydala agentúra Zephyros a Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav, 2007,

HOBBS, F. D. *Traffic planning and engineering*, Oxford: Pergamon Press, 1979. ISBN 0-08022697-3

HRUBEŠ, P. *Analýza statistických dat silniční nehodovosti*. Praha, 2010. Habilitační práce. České vysoké učení technické v Praze

CHMELÍK, Jan. *Dopravní nehody*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2009. ISBN 978-80-7380-211-0.

JUZA, Jiří a Stanislav MICHALSKÝ. *Hlubková analýza dopravních nehod*. In: *Sborník příspěvků konference BRNOSAFETY 2014*. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2014.

KAMENICKÝ, Jiří. *Dopravní nehodovost a její důsledky v ČR v dlouhodobém pohledu*. Praha, Český statistický úřad, 2014

KOCOUREK, Josef. *Metodika sledování dopravních konfliktů*. V Praze: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2011. ISBN 978-80-01-04752-1.

KOPECKÝ, Zdeněk. *Občan a dopravní nehoda*. Praha: Prospektrum, 1998. Právo do kapsy. ISBN 80-7175-068-9.

KRAJČOVIČ, Marián – ŘEZÁČ Miloslav. *Křivolakost trasy silniční komunikace*. In: Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské-Technické univerzity Ostrava: Řada stavební. Ostrava, 2006.

LAVRAČ, Nada. *Mining Spatio-temporal Data of Traffic Accidents and Spatial Pattern Visualization*. Nova Gorica, 2008. University of Nova Gorica.

LOUTHAN, M. *Vztah digitálního modelu reliéfu a síťových analýzy při řešení dopravních úloh*. Olomouc, 2010. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci.

POKORNÝ, Petr, Radim STRIEGER, Jan NOVÁK a Eva SIMONOVÁ. *Bezpečnější silnice a vozidla*. In: Sborník příspěvků konference BRNOSAFETY 2014. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2014.

PROCTOR, S., M. BELCHER, and P. COOK, *Practical Road Safety Auditing*, Thomas Telford Publishing, London, United Kingdom, 2001.

ŠACHL, Jindřich. *Analýza nehod v silničním provozu*. V Praze: České vysoké učení technické, 2010. ISBN 978-80-01-04638-8.

ŠTIKAR, Jiří, Jiří HOSKOVEC a Jana ŠMOLÍKOVÁ. *Psychologická prevence nehod: (teorie a praxe)*. Praha: Karolinum, 2006. ISBN 80-246-1096-5.

ŠTIKAR, Jiří, Jiří HOSKOVEC a Jana ŠMOLÍKOVÁ. *Psychologie v dopravě*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2003. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 80-246-0606-2.

TECL, Jan. Databáze nehodovosti. In: Sborník příspěvků konference BRNOSAFETY 2014. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2014.

TUČEK, Ján. *Geografické informační systémy: principy a praxe*. Praha: Computer Press, 1998. CAD & GIS. ISBN 80-7226-091-X.

VALACH, Ondřej. *Ekonomické následky nehod: Financování opatření NSBSP*. In: Sborník příspěvků konference BRNOSAFETY 2014. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2014.

VLČKOVÁ, Veronika a Pavel HRUBEŠ. *Dopravní nehoda, systémový model a shluková analýza v prostředí GIS*. *Acta Informatica Pragensia*. Praha, 2015, 4(1), 64-79. ISSN 1805-4951. Dostupné z: <http://aip.vse.cz/index.php/aip/article/view/91>

ZÁMEČNÍK, Petr. *Lidský faktor v dopravě: Kampaně, prevence, rehabilitace*. In: Sborník příspěvků konference BRNOSAFETY 2014. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2014

8.3 LEGISLATIVA A OSTATNÍ PÍSEMNÉ ZDROJE

Bílá kniha: Koncepce veřejné dopravy 2015 – 2020, Praha, Ministerstvo dopravy ČR, 2015

Dopravní politika ČR pro období 2014 – 2020: s výhledem do roku 2050. Praha: Ministerstvo dopravy ČR, 2014.

Katalog rizik a opatření na extravilánových pozemních komunikacích – Katalog, STRIEGLER, Radim et al., Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2014. Zadavatel: Ministerstvo vnitra ČR

Identifikace kritických míst na pozemních komunikacích v extravilánu - metodika provádění. STRIEGLER, Radim et al., Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2012. Zadavatel: Ministerstvo vnitra ČR

Multifaktorová analýza dopravní nehodovosti - metodika provádění. STRIEGLER, Radim et al., Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2014. Zadavatel: Ministerstvo vnitra ČR

Metodika identifikace a řešení míst častých dopravních nehod, ANDRES Josef et al., Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2001. Zadavatel: Ministerstvo dopravy

Národní strategie bezpečnosti silničního provozu 2011 - 2020: Stručná informace o plnění základních strategických a dílčích cílů. Praha. BESIP, 2014.

Řešení kritických míst na pozemních komunikacích v extravilánu - metodika provádění. STRIEGLER, Radim et al., Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2013. Zadavatel: Ministerstvo vnitra ČR

Sborník příspěvků konference BRNOSAFETY 2014: 15.-16.9.2014, CDV. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2014. ISBN 978-80-86502-73-1.

Vyhláška č. 32/2001 Sb., o evidenci dopravních nehod. Prováděcí vyhláška zákona zákona č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích. Sbírka zákonů ČR.

Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích. Sbírka zákonů ČR.

Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích. Sbírka zákonů ČR.

Zákon č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích Sbírka zákonů ČR.

Zákon č. 30/2001 Sb. o pravidlech provozu na pozemních komunikacích. Sbírka zákonů ČR.

Zákon č. 274/2008 Sb., Zákon, kterým se mění některé zákony v souvislosti s přijetím zákona o Policii České republiky. Sbírka zákonů ČR.

8.4 INTERNETOVÉ ZDROJE

ArcGIS Help Library [online]. [cit. 2016-4-12] Dostupné z: <<http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/>>

BESIP [online]. [cit. 2016-4-11] Dostupné z: <<http://www.ibesip.cz/>>

Centrum dopravního výzkumu [online]. [cit. 2016-4-16] Dostupné z: <<http://www.cdv.cz/>>

Český statistický úřad – Liberecký kraj [online]. [cit. 2015-12-28] <<https://www.czso.cz/csu/xl>>

EuroRAP [online]. [cit. 2016-1-14] Dostupné z: <<http://www.eurorap.org/>>

EUROSTAT – Obecná databáze [online]. [cit. 2016-3-03] <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search_database>

Ministerstvo dopravy, *Jednotná dopravní vektorová mapa*. [online]. [cit. 2016-3-08] Dostupná z: <<http://www.jdvm.cz/>>

Policie ČR: Statistika nehodovosti [online]. [cit. 2016-2-13] Dostupné z: <<http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx>>

Ředitelství silnic a dálnic ČR [online]. [cit. 2016-2-13] Dostupné z: <<http://www.rsd.cz/>>

Ředitelství silnic a dálnic ČR – Základní výsledky sčítání dopravy v ČR v roce 2010 [online]. [cit. 2016-2-13] <<http://scitani2010.rsd.cz/pages/informations/default.aspx>>

ÚAMK [online]. [cit. 2016-4-12] Dostupné z: <<http://www.uamk.cz/>>

Zákony ČR [online]. [cit. 2016-2-21] Dostupné z: <<http://www.zakonycr.cz/>>

9. SEZNAM PŘÍLOH

A – Potencionální nehodové lokality

B - Míra relativní nehodovosti

C - Potencionální riziko vážného zranění