



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA DOPRAVNÍ**

Bc. Martin Šimáček

**TVORBA DOPRAVNĚ-GEOGRAFICKÉHO  
INFORMAČNÍHO SYSTÉMU PRIMÁRNÍ SILNIČNÍ  
SÍTĚ**

Diplomová práce

**2022**



**K622..... Ústav soudního znalectví v dopravě**

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE** (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Bc. Martin Šimáček**

Studijní program (obor/specializace) studenta:

**navazující magisterský – DS – Dopravní systémy a technika**

Název tématu (česky): **Tvorba dopravně-geografického informačního systému primární silniční sítě**

Název tématu (anglicky): Creation of Transport-geographic Information System of the Primary Road Network

### **Zásady pro vypracování**

Při zpracování diplomové práce se řiďte následujícími pokyny:

- Podrobný rozbor dostupných informačních zdrojů primární silniční sítě v Karlovarském kraji.
- Tvorba informačních databáze nehodovosti.
- Implementace bezpečnostní inspekce PK v prostředí GIS.
- Definice, doplnění a sjednocení vybraných parametrů z dostupných podkladů.
- Vytvoření jednotného parametrizovaného zdroje informací v prostředí GIS.

- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: ŠACHL. J, ŠACHL. J (ml), SCHMIDT. D, MIČUNEK T., FRYDRÝN M.: Analýza nehod v silničním provozu. Praha 2010  
BURROUGH P.: Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press 2015.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Bc. Karel Kocián, Ph. D.**  
**Ing. Pavel Vrtal**

Datum zadání diplomové práce: **7. března 2022**  
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **30. listopadu 2022**  
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia  
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

  
doc. Ing. Tomáš Mičunek, Ph.D.  
vedoucí  
Ústavu soudního znalectví v dopravě

  
prof. Ing. Ondřej Příbyl, Ph.D.  
děkan fakulty



Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

  
Bc. Martin Šimáček  
jméno a podpis studenta

V Praze dne ..... 10. května 2022

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi byli oporou při tvorbě této práce. Zvláště pak Ing. Pavlu Vrtalovi a Ing. Bc. Karlu Kociánovi, Ph.D., za jejich odborné rady a vedení práce, trpělivost a čas, který mi během psaní této diplomové práce věnovali. V neposlední řadě bych rád poděkoval své rodině, která mě plně podporovala po celou dobu studia.

## **Prohlášení**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 29.11.2022

.....

podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta Dopravní

TVORBA DOPRAVNĚ-GEOGRAFICKÉHO INFORMAČNÍHO SYSTÉMU PRIMÁRNÍ  
SILNIČNÍ SÍŤE

Diplomová práce

Listopad 2022

Bc. Martin Šimáček

**ABSTRAKT**

Předmětem diplomové práce „Tvorba dopravně-geografického informačního systému primární silniční sítě“ je propojení nehodových dat, pasportu komunikací a dat z bezpečnostních inspekcí, a tvorba přehledně vizualizovaného geografického informačního systému sloužícího jako možný podklad pro nástroje řešící bezpečnost pozemních komunikací.

**KLÍČOVÁ SLOVA**

Geografický informační systém, bezpečnost v dopravě, databáze, nehodová lokalita, pasport komunikací.

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

Faculty of Transportation Sciences

CREATION OF TRANSPORT-GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM OF THE PRIMARY  
ROAD NETWORK

Diploma Thesis

November 2022

Bc. Martin Šimáček

**ABSTRACT**

The subject of diploma thesis “Creation of transport-geographic information system of the primary road network” is the connection of accident data, road passport and data from road safety inspections, and creation of clearly visualized geographic information system used as a possible basis for tools dealing with road safety.

**KEY WORDS**

Geographic information system, road safety, database, accident site, road passport.

## Obsah

Seznam použitých zkratk	8
1. Úvod	9
2. Hodnocení bezpečnosti pozemních komunikací	10
2.1 Základní pojmy	10
2.2 Bezpečnost na komunikacích	11
2.3 Statistiky nehodovosti v ČR	12
2.3.1 Nehodová data	13
2.4 Řešení nehodovosti a ukazatele bezpečnosti	15
2.4.1 Přímé ukazatele bezpečnosti úseků PK	15
2.4.2 Nástroje směrnice Evropského parlamentu	19
2.4.3 Další certifikované metodiky CDV	23
2.4.4 EuroRAP	25
3. Prostředí GIS	27
3.1 Geografické informační systémy	27
3.1.1 Definice	27
3.1.2 Komponenty	28
3.1.3 Data	28
3.1.4 Druhy činností	28
3.1.5 Sféry využití	29
3.2 Software GIS	29
3.2.1 ArcGIS Pro	29
3.2.2 QGIS	30
3.2.3 Základní grafické uživatelské rozhraní	30
3.2.4 Příprava projektu	31
3.2.5 Srovnání ArcGIS Pro a QGIS	33
3.3 Formáty dat	33

3.4	Fórum „Stackexchange“ .....	34
4.	Rozbor informačních zdrojů .....	35
4.1	Silniční a dálniční síť Karlovarského kraje .....	35
4.2	Sběr parametrů dopravního prostoru .....	36
4.2.1	Měřicí senzory a vozidla .....	36
4.2.2	Mapování, pasportizace, BI .....	37
4.3	Využité soubory dat .....	37
4.3.1	ISSDS ČR .....	39
4.3.2	Nehodová data od policie ČR .....	42
4.3.3	Data z bezpečnostních inspekcí .....	43
5.	Sjednocení pasportových dat v GIS .....	46
5.1	Cíle .....	46
5.2	Příprava dat .....	46
5.2.1	Nahrání dat .....	46
5.2.2	Filtrace dat .....	46
5.3	Realizace desetimetrových úseků .....	48
5.3.1	Tvorba staničení .....	48
5.3.2	Tvorba desetimetrových úseků .....	51
5.4	Přiřazení atributů na vytvořené úseky .....	53
5.4.1	Propojení bodových vrstev .....	53
5.4.2	Propojení liniových vrstev .....	53
6.	Informační databáze nehodovosti .....	55
6.1	Propojení nehodových dat s vytvořenými úseky .....	55
6.2	Vizualizace v prostředí GIS .....	55
6.3	Nehodové lokality .....	56
6.3.1	Definice .....	56
6.3.2	Postup v prostředí GIS .....	56



6.3.3	Porovnání výsledků .....	58
7.	Implementace bezpečnostní inspekce v prostředí GIS.....	59
7.1	Cíle.....	59
7.2	Statistiky .....	59
7.3	Vizualizace .....	60
7.3.1	Liniové deficity .....	61
7.3.2	Bodové deficity .....	66
7.3.3	Čtení informací z vizualizace .....	67
7.3.4	Další možnosti vizualizace.....	67
8.	Dopravně geografický systém Karlovarského kraje.....	70
8.1	Finální vrstvy .....	70
8.2	Způsob propojení.....	71
8.3	Vyhledávání úseků se stejnými vlastnostmi .....	71
8.4	Výsledná vizualizace .....	72
8.5	Možnosti zlepšení.....	73
9.	Závěr .....	74
10.	Použité zdroje .....	76
11.	Seznam obrázků .....	81
12.	Seznam tabulek .....	83
13.	Seznam příloh.....	84

# Seznam použitých zkratk

BESIP	Bezpečnost silničního provozu
BI	Bezpečnostní inspekce
CAN	Controller Area Network
CDV	Centrum dopravního výzkumu
CEBASS	Centrální Evidence Bezpečnostních Analýz Silniční Sítě
CEPK	Centrální evidence pozemních komunikací
DN	Dopravní nehoda
DZ	Dopravní zařízení
ESRI	Environmental Systems Research Institute
Euro NCAP	European New Car Assessment Programme
EURORAP	The European Road Assessment Programme
FCD	Floating car data
GIS	Geografický informační systém
GNSS	Global Navigation Satellite System
HDP	Hrubý Domácí Produkt
iRAP	International Road Assessment Programme
ISSDS	Informační systém o silniční a dálniční síti České republiky
ITS	Inteligentní dopravní systémy
KDE	Kernel density estimation
LRS	Linear reference system
PK	Pozemní komunikace
RPDI	Roční průměr denních intenzit
ŘSD	Ředitelství silnic a dálnic
SDZ	Svislé dopravní značení
S-JTSK	Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
TEN-T	Trans-European Transport Network
VDZ	Vodorovné dopravní značení
WGS84	World Geodetic System 1984

# 1. Úvod

V České republice, stejně jako v celém světě, neustále roste stupeň automobilizace. Zároveň jsou lidé ochotni dojíždět za prací stále delší vzdálenosti. Bezpečnost pozemních komunikací však stále není na dobré úrovni. Počty dopravních nehod neklesají, jejich každoroční počet se naopak neustále zvyšuje. Trendem sice je úbytek fatálních a vážných zranění z dopravních nehod, ten je přesto pro Českou republiku v porovnání s ostatními zeměmi EU nedostatečný. Ekonomické ztráty plynoucí z dopravních nehod výrazně zatěžují státní rozpočet. Nedaří se ani naplnit cíle Národní Strategie Bezpečnosti Provozu. Dle projektu VIZE 0, který považuje každou nehodu za selhání celého systému, je jediný akceptovatelný počet zraněných z dopravních nehod nulový.

S rostoucím dopravním výkonem a kvůli nedostatečným pokrokům, co se snižování počtu dopravních nehod a z nich plynoucích zraněních týče, roste i potřeba neustále vymýšlet nové, modernější, nástroje pro zlepšování bezpečnosti na pozemních komunikacích. Těch existuje celá řada, některé z nich byly v rámci směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/96/ES o řízení bezpečnosti silniční infrastruktury dokonce přijaty do právního řádu.

Tato diplomová práce má za cíl vytvořit informační podklad pro nástroje analýzy a řešení bezpečnosti na pozemních komunikacích, a ukázat způsob, jakým přehledně prezentovat dostupná data o silniční síti a nehodovosti. K tomu bylo využito prostředí geografických informačních systémů.

Diplomová práce se zaměřuje na Karlovarský kraj a zdejší síť dálnic a silnic I. třídy. Úkolem práce je k tomuto rozsahu komunikací vytvořit dopravně geografický informační systém. K tomu byly využity tři sady dat – pasportová data z Informačního systému o silniční a dálniční síti, nehodová data od Policie ČR, a data z proběhnutých bezpečnostních inspekcí na této síti. Hlavní myšlenkou této práce je ucelení těchto datových sad.

V rámci rozboru dat bylo rozhodnuto rozčlenit komunikace do desetimetrových úseků, na které byly přiřazeny všechny liniové parametry sítě. Zároveň došlo k propojení s nehodami a deficity. Podle přiřazených atributů je například i možné vyhledávat kritické úseky na základě vyhodnocených rizikových parametrů a podobnosti s úseky prokazatelně nehodovými.

V první, teoretické, části práce je nejprve popsána teorie bezpečnosti pozemních komunikací a geografických informačních systémů. Navazuje praktická část, kde jsou rozebrány dostupné informační zdroje dat a vytvořen dopravně geografický systém Karlovarského kraje.

## 2. Hodnocení bezpečnosti pozemních komunikací

Řešení bezpečnosti na pozemních komunikacích je neutuchající téma, v této kapitole jsou definovány základní pojmy, popsána základní teorie bezpečnosti na komunikacích a v jejich nejbližším okolí, zmíněny statistiky nehodovosti v ČR a popsány současné nástroje pro řešení této problematiky.

### 2.1 Základní pojmy

#### Pozemní komunikace

Dle Zákona č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích [1]:

*„Pozemní komunikace je dopravní cesta určená k užití silničními a jinými vozidly a chodci, včetně pevných zařízení nutných pro zajištění tohoto užití a jeho bezpečnosti.“*

#### Dopravní nehoda

Dopravní nehodu dle zákona č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích ve znění pozdějších předpisů definujeme jako [2] *„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.“*

#### Dopravní konflikt

Dopravní konflikt je definován jako *„Pozorovatelná situace, při které se k sobě dva nebo více účastníků silničního provozu přiblíží v prostoru a čase natolik, že hrozí riziko kolize, pokud se jejich pohyb nezmění.“* [3]

#### Místo častých dopravních nehod

I když se definice dle odlišných metodik a institucí tento pojem vyskytuje pod různými označeními a definicemi, obecně se jedná o místo na pozemní komunikaci považované za rizikové z hlediska bezpečnosti. Obecná definice zní:

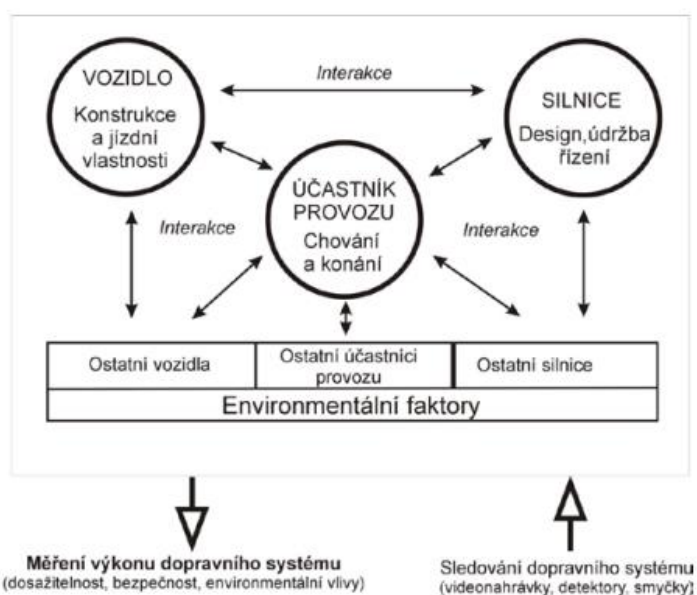
*„Místo častých dopravních nehod je takové, na kterém došlo k většímu počtu dopravních nehod, než je stanoveno ve výběrovém kritériu.“* [4]

## Kritické místo

„Kritické místo je jakékoliv místo, které má vyšší očekávaný počet nehod než ostatní podobné lokality v důsledku místních rizikových faktorů.“ [5]

## 2.2 Bezpečnost na komunikacích

O dopravní nehodě lze mluvit jako o nahodilém jevu s mnohačetnými příčinami stochastické i deterministické povahy. Doprava je otevřený systém, ve kterém dochází k neustálým interakcím mezi několika hlavními aspekty tvořící základní pilíře bezpečnosti. Těmito pilíři se rozumí vztahy mezi člověkem, vozidlem a dopravní infrastrukturou (viz obr. č.1). Společně rozhodují o bezpečnosti silničního provozu [6]. Někdy se uvádí ještě další 2 pilíře, a to složky integrovaného záchranného systému a prvky ITS (Inteligentní dopravní systémy).



Obrázek 1 – pilíře bezpečnosti provozu na PK [6]

Každý pilíř má své nástroje, kterými je cíleno na zlepšení jeho bezpečnosti:

### Vozidlo

Pro jednotlivé typy vozidel ode všech výrobců je jejich aktivní i pasivní bezpečnost mapována nezávislým konsorciem Euro NCAP (European New Car Assessment Programme) ve formě hvězdičkového hodnocení. Na základě výsledků z několika provedených crash testů je vozidlu uděleno 0-5 hvězdiček, a to nejen z pohledu bezpečnosti posádky, ale také chodců a dalších účastníků provozu. Pilíř vozidla je značně ovlivněn také (ne)ochoťou řidičů investovat do ideálního stavu stávajících a nových vozidel [7].

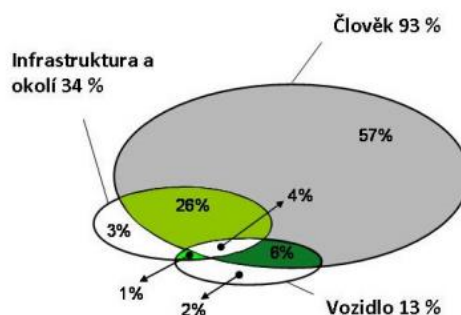
## Účastník provozu

Na účastníky provozu je cíleno skrze systematickou a víceúrovňovou dopravní výchovu nebo kampaně. Řidiči mohou také být ovlivňováni formou podoby penalizačního bodového systému.

## Pozemní komunikace

Co se pilíře komunikací týče, úroveň jejich bezpečnosti je ovlivňována stavebními a provozními parametry. Základem principu bezpečných komunikací je jejich samovysvětlitelnost a promíjivost. Samovysvětlitelností rozumíme takové uspořádání pozemních komunikací, které samo navádí řidiče ke správné volbě rychlosti a způsobu jízdy. Promíjivější komunikace pak zajišťuje co nejvyšší redukci následků vzniklých v důsledku lidského selhání, chybě na straně vozidla nebo nevhodným stavem vozovky. Správci a vlastníci silnic by měli zajistit adekvátní bezpečnost stávajících i plánovaných pozemních komunikací [8]. K identifikaci a řešení kritických míst pak slouží celá řada nástrojů pro použití v rámci celého cyklu životnosti komunikace. Některé z těchto nástrojů jsou popsány dále v této kapitole.

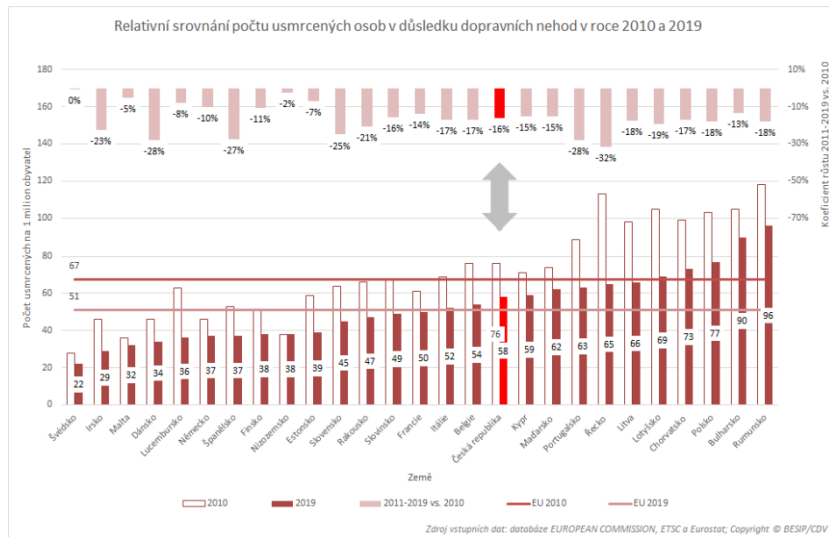
Jednotlivé pilíře nejsou samozřejmě ve tvorbě dopravních nehod zastoupeny rovným dílem. Z obrázku č. 2 lze vyčíst, že lidský faktor je alespoň z části na vině u více než 90 % nehod, u více než 50 % je pak člověk jediným viníkem nehody [6].



Obrázek 2 - zastoupení pilířů na tvorbě nehod [6]

## 2.3 Statistiky nehodovosti v ČR

S rokem 2020 nebyly splněny strategické a dílčí cíle „Národní strategie bezpečnosti silničního provozu 2011-2020 od BESIPu („Bezpečnost silničního provozu“). Dařilo se sice snižovat počty usmrcených a těžce zraněných, ne však tempem vytyčeným v rámci tohoto dokumentu. V porovnání s ostatními zeměmi EU patří v oblasti bezpečnosti PK (Pozemní komunikace) ČR stále do podprůměru. Porovnání, co se do počtu obětí na milion obyvatel týče, v letech 2010 a 2019, mapuje následující obr č.3 [9]:

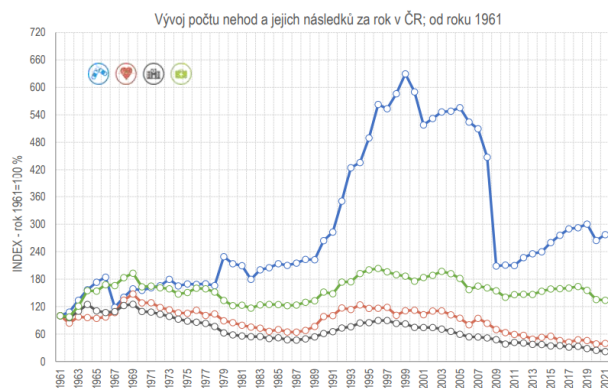


Obrázek 3 – relativní srovnání počtu usmrcených na mil. ob. V EU (roky 2010 a 2019) [9]

Strategickým cílem navazujícího dokumentu na další desetileté období je snížení počtu usmrcených a těžce raněných o 50 % oproti průměru z let 2017–2019 (jako výchozí období zvolen průměr ze tří let z důvodu ne zcela odpovídajících hodnot kvůli koronavirovým opatřením). Základním dlouhodobějším cílem zůstává ambiciózní VIZE NULA, která chce do roku 2050 dosáhnout nulové hodnoty v položce usmrcených a těžce zraněných. Dle [9] *“VIZE NULA považuje za nepřijatelné, aby v silničním provozu došlo k usmrcení nebo vážnému zranění. Pro naplnění této vize je nutné vytvářet bezpečný systém, jehož součástí jsou účastníci provozu, vozidla a dopravní infrastruktura.“*

### 2.3.1 Nehodová data

Nehodová data jsou sbírána policií ČR, která veřejně publikuje zpracované statistiky za každý měsíc a ke konci roku také za celý rok. Na obr. č. 4 je vidět porovnání od roku 1961.



Obrázek 4 – vývoj počtu nehod a následků od roku 1961 [10]

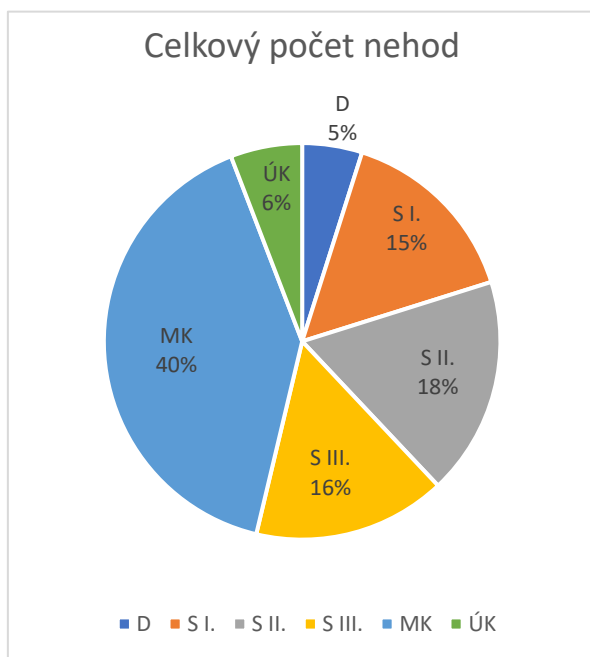
Výrazný pokles v roce 2009 byl dán především změnou legislativy, kdy se od ledna 2009 měnila povinnost nahlášovat policii DN (dopravní nehody) bez zranění (hmotná škoda, kdy je již povinností DN nahlásit tehdy vzrostla z 50 tis. korun na dvojnásobek). Úbytek byl pozorovatelný taktéž v roce 2020, kdy se projevil koronavirová opatření a obecně menší vůle lidí cestovat.

Za rok 2021 bylo policií šetřeno 99 332 nehod, při nichž bylo 470 osob usmrceno, 1624 těžce zraněno a 20 581 lehce zraněno. Procentuální zastoupení hlavních příčin nehod byly následující:

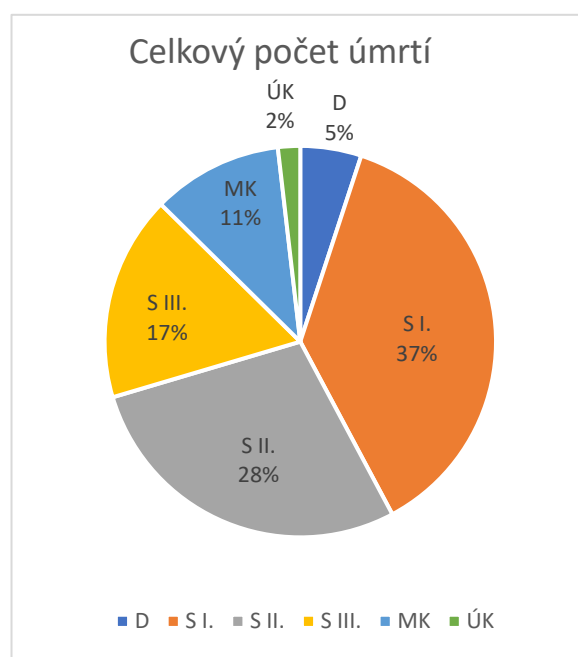
- Nesprávný způsob jízdy – 67 % nehod, 40 % z celkového počtu usmrcených
- Nepřiměřená rychlost – 16 % nehod, 38 % z celkového počtu usmrcených
- Nedání přednosti – 15 % nehod, 18 % z celkového počtu usmrcených
- Nesprávné předjíždění – 2 % nehod, 4 % z celkového počtu usmrcených

Je nutné si však uvědomit, že policie dává v rámci těchto statistik do rovnosti „způsobený přestupek = hlavní příčina“. To nemusí být vždy pravda.

Dle druhu komunikace je rozdělení počtu DN a počtu úmrtí zobrazeno na následujících grafech [10]:



Obrázek 6 - počet nehod / typ komunikace [autor dle 10]



Obrázek 5 - počet úmrtí / typ komunikace [autor dle 10]



## 2.4 Řešení nehodovosti a ukazatele bezpečnosti

K řešení nehodovosti lze přistupovat z pohledu jednotlivých nehod a úseků (mikroanalýza) za využití s-t, s-v či kolizních diagramů. Hlavním způsobem je však pohled na statistiky nehodovosti jako na celek (makroanalýza). Přes 40 % DN se vyskytuje na pouhých 3% sítě pozemních komunikací [9]. Z toho důvodu je žádoucí umět tato kritická místa nalézt a odstranit jejich závady. Z hlediska přístupu k problematice dopravní nehodovosti lze dělit na nástroje reaktivní a proaktivní [8].

- **Proaktivní nástroje** se snaží na tuto problematiku nahlížet z pohledu parametrů komunikace a jejího nejbližšího okolí, a identifikovat nebezpečné prvky ideálně ještě před tím, než se stanou příčinou dopravních nehod
- **Reaktivní nástroje** naopak využívají ke své analýze data, z již proběhnuvších nehod, a hledají jejich příčiny

Zásadní výhodou proaktivních nástrojů je fakt, že mohou být využity již ve fázi projektu, případně ihned po uvedení komunikací do provozu, a nemusí čekat na statistiku nehodovosti. Jako nominální vyjádření rizikovosti komunikací a jejich úseků mohou sloužit přímé ukazatele bezpečnosti.

### 2.4.1 Přímé ukazatele bezpečnosti úseků PK

Tyto ukazatele vychází z parametrů bezprostředně souvisejících s nehodovostí. V různých státech nejsou harmonizovány, liší se zejména v klasifikaci závažnosti zranění. V kratším období nemusí dávat přesné informace o trendu bezpečnosti, jejich výhodou je však jednoduchost. Mezi některé z nich patří:

#### **Absolutní nehodovost:**

Nejjednodušším je absolutní nehodovost. Její vypovídací hodnota, ve formě kolektivního rizika, pokulhává vzhledem k absenci jakéhokoliv vyjádření dopravního výkonu ve vzorci. Absolutní nehodovost se počítá dle vzorce:

$$A = \frac{N_0}{L}$$

Kde:  $A$  = Absolutní nehodovost

$N_0$  = počet nehod s osobními následky za sledované období

$L$  = délka úseku [km]

### Relativní nehodovost:

Nejběžnějším přímým ukazatelem bezpečnosti komunikací je relativní nehodovost. Vypovídá o pravděpodobnosti vzniku nehody ve vztahu k jízdnímu výkonu. Výsledná hodnota vyjadřuje počet nehod na jeden milion vozokilometrů. Využití nachází např. v nástrojích programu EURORAP (viz kapitola 2.4.4). Hodnota relativní nehodovosti je vypočtena dle vzorců:

- Pro křižovatky:

$$R = \frac{N_o \cdot 10^6}{365 \cdot I \cdot t}$$

- Pro mezikřižovatkové úseky:

$$R = \frac{N_o \cdot 10^6}{365 \cdot I \cdot t \cdot L}$$

Kde:  $R$  = Hodnota ukazatele relativní nehodovosti [počet nehod / mil vozkm a rok]  
 $N_o$  = počet nehod s osobními následky za sledované období  
 $L$  = délka úseku [km]  
 $t$  = sledované období [rok]  
 $I$  = denní průměrná intenzita [voz/24 h]

### Ukazatel hustoty nehod:

Hustota nehod vyjadřuje průměrný roční počet nehod na jeden kilometr zkoumané sítě. Tento ukazatel lze vnímat jako riziko nehodovosti na určité komunikaci. V porovnání s relativní nehodovostí se používá výrazně méně, většinou k porovnání úseků mezi sebou. Vypočteme ji dle vzorce:

$$H = \frac{N_o}{L \cdot t}$$

Kde:  $H$  = Hodnota ukazatele hustoty nehod [počet nehod / km a rok]  
 $N_o$  = počet nehod s osobními následky za sledované období  
 $L$  = délka úseku [km]  
 $t$  = sledované období [rok]

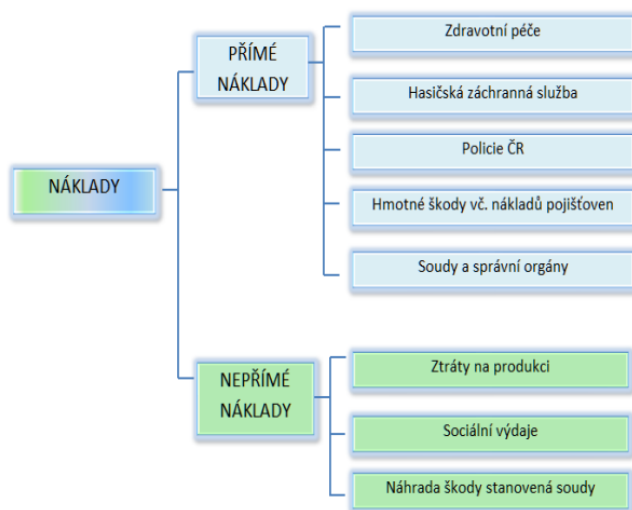
### Ukazatel celospolečenských ztrát:

Výše zmíněné ukazatele žádným způsobem nerozlišují závažnost následků nehody. Z toho důvodu se často používají integrální ukazatele, které pracují i s tímto parametrem. Ukazatel

celospolečenských ztrát vyjadřuje součet celkových hmotných škod a vyčíslení ztrát z osobních následků. Do roku 2020 rozděloval metodický postup stanovení nákladů nehodovosti do dvou kategorií:

- Náklady vzniklé vlivem ztráty stávajících zdrojů (přímé)
- Náklady, které vzniknou vlivem ztráty budoucího výkonu (nepřímé)

Rozdělení nákladů staré metodiky viz obr. č. 7.



Obrázek 7 - rozčlenění nákladů [11]

Všechny položky byly jednotkově vyčísleny ve čtyřech kategoriích – usmrčená osoba, těžké zranění, lehké zranění a nehody s hmotnou škodou.

Rokem 2020 se metodika ocenění ztrát z dopravních nehod změnila. Zatímco do té doby se položky dělily na přímé a nepřímé, nyní se dělí na složku vzniklou z osobních následků (zranění, smrt) a ztráty z dopravních nehod – viz obr. č.8 [12].

SOCIOEKONOMICKÉ ZTRÁTY Z DOPRAVNÍCH NEHOD							
ZTRÁTY Z OSOBNÍCH NÁSLEDKŮ					ZTRÁTY Z DOPRAVNÍCH NEHOD		
ZDRAVOTNÍ NÁKLADY	ZTRÁTA PRODUKTIVITY	LIDSKÉ ZTRÁTY	DALŠÍ NÁKLADY	SOCIÁLNÍ VÝDAJE	HMOTNÉ ŠKODY	ADMINISTRATIVNÍ NÁKLADY	DALŠÍ NÁKLADY
ZDRAVOTNÍ PÉČE	ZTRÁTY NA PRODUKCI	BOLESTNÉ, SMUTEK	POHŘEBNÉ	NEMOCENSKÁ	VOZIDLA	HASIČI	KONGESCE
	FRIKČNÍ NÁKLADY	ZTRÁTA KVALITY ŽIVOTA		DŮCHODY	INFRASTRUKTURA, SOUKROMÝ MAJETEK	POLICIE	
		ZTACENÉ ROKY ŽIVOTA				PRÁVNÍ SOUDY	
						ADMINISTRATIVNÍ NÁKLADY POJIŠTŮVEN	

Obrázek 8 - Ztráty z dopravních nehod [12]

Jednotlivé hodnoty jsou pak stanoveny tabulkou č.1:

Tabulka 1 - stanovené hodnoty ztrát [dle 13]

	Usmrcené osoby Nehody s usmrcením	Těžké zranění Nehody s TZ	Lehké zranění Nehody s LZ	Hmotná škoda
Jednotkové náklady - osobní následky [Kč]	35 021 000	5 800 000	362 600	-
Jednotkové náklady - ztráty z nehod [Kč]	1 466 900	928 600	603 300	415 800

Tyto položky nejsou vztaženy pouze k aktuálnímu roku, ale promítají se do budoucnosti. Výsledkem úmrtí se daná osoba přestala podílet na HDP (hrubý domácí produkt) i pro následující léta. Následky nehod tak neovlivňují rozpočet pouze daného roku, nýbrž dlouhodobě.

Hodnoty ekonomických ztrát pak vstupují do výpočtu relativních ztrát:

$$R_e = \frac{E \cdot 10^6}{365 \cdot I \cdot L \cdot t}$$

Kde:  $R_e$  = Ukazatel relativních ztrát [Kč/mil vozkm/rok]

$E$  = ekonomické ohodnocení ztrát

$I$  = roční průměr denních intenzit

$L$  = délka úseku [km]

$t$  = sledované období [rok]

### Relativní index závažnosti

Dalším integrálním ukazatelem, započítávající vážnost následků nehod, je relativní index závažnosti. Pro jednotlivé míry následků (smrt, těžké zranění, lehké zranění, hmotná škoda) jsou dle závažnosti použity Reinholdovy koeficienty váhy. Pro získání relativního stupně bezpečnosti se výpočet vztahuje k intenzitě dopravy [13].

$$Z = 130 \cdot N_u + 70 \cdot N_{tz} + 5 \cdot N_{lz} + 1 \cdot N_{hs}$$

$$S_r = \frac{Z \cdot 10^6}{365 \cdot I}$$

Kde:  $Z$  = číslo závažnosti nehod

$N_u$  = počet smrtelných nehod

$N_{tz}$  = počet nehod s těžkým zraněním

$N_{lz}$  = počet nehod s lehkým zraněním

$N_{hs}$  = počet nehod s hmotnými škodami

$S_r$  = relativní stupeň bezpečnosti nehodového místa [počet nehod/ mil. voz]

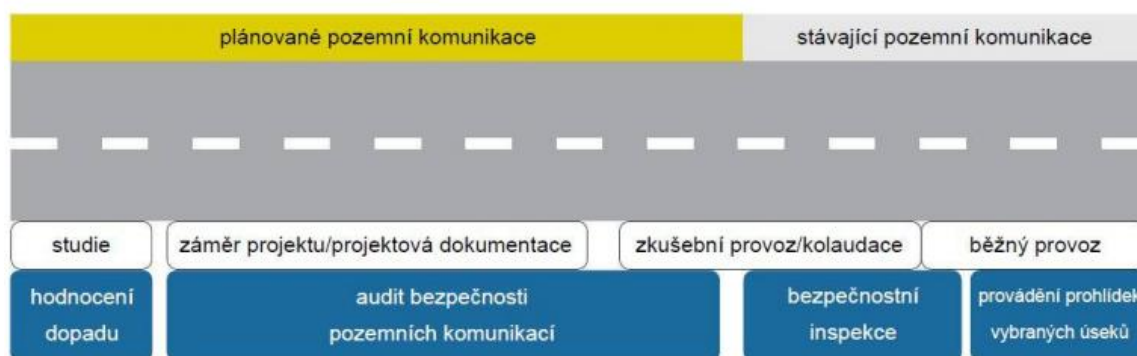
$I$  = roční průměr denních intenzit

## 2.4.2 Nástroje směrnice Evropského parlamentu

V roce 2011 byla do českého právního řádu ve formě zákona č. 152/2011 Sb. přijata transponovaná směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/96/ES o řízení bezpečnosti silniční infrastruktury. Zákon je zaměřený primárně na silniční síť TEN-T – transevropskou dopravní síť. Ta je tvořena sítí mezinárodních komunikací (nejen silničních) a cílem programu TEN-T je zejména její standardizace a homogenizace napříč Evropou. Tento zákon tedy udává povinnost provádění metodických postupů pro zvýšení bezpečnosti právě na této síti, a to ve všech fázích cyklu stavby – projektování, výstavby i provozu. V rámci ČR se jedná o nástroje [14]:

- Hodnocení dopadů na bezpečnost silničního provozu u vyhledávacích studií
- Audit bezpečnosti pozemních komunikací
- Uvádění vybraných úseků komunikací v Centrální evidenci PK a provádění prohlídek PK na těchto úsecích
- Bezpečnostní inspekce

Je povinností tyto nástroje a jejich metodiky aplikovat na silniční síť TEN-T, u ostatních komunikací je však vzhledem k nižší úrovni bezpečnosti také důrazně doporučován, a to za použití totožné metodiky, jako v případě sítě TEN-T. V jaké fázi cyklu komunikací jsou jednotlivé nástroje používány lze vidět na obr. č.9. V současné době již existuje novější směrnice Evropského parlamentu a Rady 2019/1936, která rozšiřuje povinnosti i na další části silniční sítě – ta však zatím nebyla pro účely ČR transponována.



Obrázek 9 – fáze využití nástrojů směrnice [14]

### Hodnocení dopadů na bezpečnost

Tento nástroj je využíván ve fázi vyhledávací studie, tedy před schválením samotného projektu. Jeho úkolem je analýza variant u nových komunikací nebo významných změn komunikací stávajících dle dopadů na bezpečnost, s cílem vybrat tu optimální. Jedná se o nejméně používaný nástroj směrnice, jeho podoba v rámci EU není příliš jednotná.

Hodnocení variant je prováděno pomocí predikčních modelů nehodovosti. Vstupními parametry do těchto modelů jsou nehodová data, dopravní data (RPDI – Roční průměr denních intenzit) a silniční data (parametry komunikace). Zkoumaná část silniční sítě je rozdělena na homogenní segmenty, zvláště se také zkoumají křižovatky a ostatní úseky. Celkem bylo vytvořeno 144 modelů pro různé typy úseků, obecným modelem pro mezikřižovatkový úsek je:

$$\hat{N} = a \cdot I^b \cdot L^c \cdot \exp(\sum d \cdot x)$$

Kde:  $\hat{N}$  = očekávaný počet nehod  
 $I$  = Intenzita dopravy [voz/den]  
 $L$  = délka úseku  
 $a, b, c, d$  = regresní koeficienty ( $b, c, d$ ) a konstanty ( $a$ ) získané modelováním z nehodových dat pro úseky konkrétních parametrů  
 $x$  = funkce parametrů jednotlivých segmentů

Dále následuje výpočet účinnosti opatření zařazených do projektu (dle tabulkových hodnot) a porovnání nulté varianty (stávající síť), varianty dle projektu a novou variantu s aplikovanými opatřeními [15].

### **Audit bezpečnosti pozemních komunikací**

Dle metodiky provádění auditu bezpečnosti pozemních komunikací je tento proaktivní nástroj definován jako „*systematická procedura, která vnáší do procesu dopravního plánování a projektování nejnovější znalosti o bezpečném utváření pozemních komunikací za účelem prevence vzniku dopravních nehod. Je to formální prověrka dopravních projektů, v jejímž rámci nezávislý a kvalifikovaný auditor vypracovává zprávu o bezpečnostních rizicích hodnoceného projektu a předkládá návrhy na jejich odstranění, popřípadě zmírnění.*“.

Její použití nastává ve fázi projektu, kdy osoba žádající o stavební povolení či kolaudační souhlas musí zároveň zajistit posouzení této stavby v podobě auditu. Je prováděn alespoň jedním certifikovaným auditorem, výsledkem jsou zjištěné poznatky ohledně bezpečnostních rizik, včetně návrhu sanačních opatření ve formě doporučení. Audit podléhá:

- Návrh dokumentace záměru
- Návrh projektové dokumentace
- Provedená stavba pro zkušební provoz
- Dokončená stavba pro kolaudační souhlas

Nalezené nedostatky a rizika jsou auditorem ohodnoceny dle závažnosti jako nedostatky s nízkou, střední nebo vysokou úrovní rizika. Důvodem provádění auditu je minimalizace rizika z pohledu všech účastníků provozu a prevence vzniku nehod [6].

### **Bezpečnostní inspekce pozemních komunikací**

Podle vyhlášky č. 317/2011 Sb., kterou se mění vyhláška č. 104/1997 Sb. je Bezpečnostní inspekce PK definována jako „posouzení dopadů stavebních, technických a provozních vlastností komunikace na bezpečnost silničního provozu při jejím používání a vyhodnocení rizik, která plynou z vlastností komunikace pro účastníky silničního provozu“ [16].

Jedná se o prohlídku již stávajících komunikací a prováděna je každých 5 let inspekčním týmem (auditor a minimálně jedna další osoba) s cílem nalezení rizikových faktorů přispívajících ke vzniku DN a faktorů vedoucích ke zhoršení jejich následků, a navržení opatření vedoucích k jejich odstranění. Kontrolováno je také dodržování principů samovysvětlitelnosti a promíjivosti. Pro provádění BI (Bezpečnostní inspekce) je nezbytná znalost vlivu uspořádání komunikace a nejbližšího okolí na vznik DN, a efektivita navrhovaných opatření. Podrobná analýza nehodovosti není předem nutná. Proces inspekce lze shrnout do pěti hlavních kroků [8]:

- Vymezení rozsahu
- Příprava prohlídek
- Prohlídka úseku
- Identifikace rizik, návrh nápravných opatření
- Zpracování a odevzdání zprávy o provedení inspekce

V rámci metodiky provádění bezpečnostní inspekce pozemních komunikací jsou nalezené deficity děleny mimo jiné dle závažnosti a dle náročnosti sanačních opatření, viz následující tabulky.

*Tabulka 2 - dělení deficitů dle závažnosti rizika [8]*

Závažnost rizika	Charakteristika
<b>Nízká</b>	Rizikový faktor má vliv na vznik kolizních situací, popřípadě zvyšuje subjektivní riziko (snižuje pocit bezpečí) účastníků silničního provozu. Vznik nehod s osobními následky je velmi málo pravděpodobný. Vliv na zhoršení následků případných nehod je minimální.
<b>Střední</b>	Rizikový faktor má vliv na vznik nehod s osobními následky a na zhoršení následků případných nehod. Inspekční tým považuje jeho odstranění za důležité.

Závažnost rizika	Charakteristika
<b>Vysoká</b>	Při neodstranění rizika existuje značná pravděpodobnost vzniku dopravních nehod s osobními následky. Vliv na zhoršení následků případných nehod je značný. Inspekční tým považuje jeho odstranění za prioritní a nezbytné.

Tabulka 3 - dělení deficitů dle náročnosti sanačních opatření [17]

Náročnost sanace	Charakteristika
<b>Jednoduché řešení</b>	Jednoduché řešení (např. prořezání bujné zeleně, která zakrývá svislé dopravní značení, zvýraznění nebo obnova dopravního značení, úprava náběhového dílce svodidel, realizace adekvátního propojení svodidel)
<b>Administrativní řešení</b>	Zvýšená administrativa – návrh umístění vhodného svislého nebo vodorovného značení, popř. drobných stavebních úprav.
<b>Složité řešení</b>	Finančně a časově náročné řešení (např. stavba okružní křižovatky), které v sobě zahrnuje projednávání a schvalovací procesy, tvorbu dokumentace, bezpečnostní audit apod.

Při bezpečnostní inspekci PK se mimo jiné zaměřuje na:

- Šířkové uspořádání
- Směrové a výškové vedení
- Posouzení křižovatek
- Rozhledové poměry
- Stav vozovky
- Parkovací a odstavná stání
- Správnost užití SDZ (svislé dopravní značení), VDZ (vodorovné dopravní značení), DZ (dopravní zařízení) a jeho stav
- Posouzení osvětlení
- Železniční přejezdy
- Zádržná zařízení
- Pevné překážky
- A další...

Data získaná z bezpečnostních inspekcí jsou zobrazována např. v Centrální Evidenci Bezpečnostních Analýz Silniční Sítě (CEBASS) – projektu, který vznikl na půdě Fakulty dopravní ve spolupráci s ŘSD (Ředitelství silnic a dálnic). Tato aplikace slouží pro zobrazení, zpracování, řízení, prezentaci a odstranění evidovaných rizik. Součástí je standardizovaný



záznam pro každý deficit, obsahující jeho parametry. Aplikace pomáhá i správcům komunikací, kteří se jejím prostřednictvím mají možnost k nalezeným deficitům vyjadřovat [18].

### **Provádění prohlídek PK**

Tento nástroj je svým obsahem víceméně ekvivalentem dřívějšího „řešení nehodových lokalit“, jehož metodika byla CDV (Centrum dopravního výzkumu) vydána již v roce 2001 pod názvem „Metodika identifikace a řešení míst častých dopravních nehod“. Správce PK zařazené do sítě TEN-T je povinnen evidovat v CEPK (Centrální evidence pozemních komunikací) informace o:

- Úsecích s vysokým počtem fatálních nehod v poměru k intenzitě
- Úsecích, u nichž by sanační opatření deficitů vedlo k výraznému snížení nákladů plynoucích z DN

Zkoumané úseky by neměly být delší než 5 km. Tento nástroj využívá zejména kolizní diagramy, na jejichž základě jsou pak hledány přítomné deficity. Součástí výstupu je i výpočet poměru výnosů a nákladů [19][14].

### **2.4.3 Další certifikované metodiky CDV**

Centrum dopravního výzkumu (CDV) je veřejnou výzkumnou institucí v působnosti Ministerstva dopravy. Jejím polem působnosti je výzkumná a vývojová činnost v oblasti dopravy. Konkrétně se zabývá oblastmi [20]:

- Snížení zátěže životního prostředí
- Udržitelné dopravní stavby
- Snižování nehodovosti
- Efektivní doprava a plánování
- Smart city a inteligentní řízení dopravy
- Dopravní inženýrství
- Dopravní telematika
- Lidí v dopravě

Mezi některé metodiky CDV, týkající se dopravní nehodovosti, patří (mimo již výše zmíněných):

#### **Metodika identifikace a řešení míst častých dopravních nehod**

Tato metodika rozřazuje DN dle vlastní typologie celkem na 10 hlavních skupin se 107 typy. Dle této typologie, následků nehod a jejich data pak definuje křižovatky a úseky o délkách až 250 metrů jako místa častých dopravních nehod, pokud na nich nastaly:

- Nejméně 3 nehody s osobními následky za 1 rok
- Nejméně 3 nehody s osobními následky stejného typu za 3 roky
- Nejméně 5 nehod stejného typu za 1 rok

Pokud je splněna alespoň jedna podmínka, místo je považováno za nebezpečné a je třeba přistoupit k jeho řešení pomocí analýzy kolizních diagramů a místního šetření. Nevýhodou je rozdílná typologie DN oproti Policii ČR. [4].

### **Identifikace kritických nehodových lokalit pomocí GIS analýzy polohy DN**

Tato metodika využívá údaje o přesných polohách DN a rozšířením statistické metody KDE (Kernel density estimation), pro shlukové analýzy, určuje nehodové lokality. Na rozdíl od klasické metody KDE dokáže využívaná metoda (označována jako KDE+) lépe stanovit významnost nalezených shluků a seřadit je dle důležitosti. Testovány jsou pouze mezikřižovatkové úseky. Síla shluků je závislá na [21][22]:

- Počtu DN ve shluku
- Délce shluku
- Počtu nehod na úseku, které nejsou ve shluku
- Délce úseku

Dále se testuje i síla shluku, která je dána rozdílem při odebrání jednotlivé DN z výpočtu. Výsledky této metodiky jsou dostupné i ve webové GIS aplikaci [23].

### **Preventivní hodnocení bezpečnosti s využitím dat z plovoucích vozidel**

Na základě dat z plovoucích vozidel (FCD – „floating car data“), tedy dat o parametrech jízdy a jízdním stylu z vozidel vybavených speciálními zařízeními, lze také získat údaje o bezpečnosti. Z dat o rychlosti, poloze, zrychlení, otáčkách motoru nebo aktivaci bezpečnostních systémů lze správným zpracováním získat povědomí o kritických situacích. Místa s jejich koncentrací pak lze považovat za nebezpečná. Data jsou získávána ze senzorů pro sběr FCD (poloha GNSS – Global Navigation Satellite System, akcelerometr, gyroskop) a z komunikační sběrnice CAN (Controller Area Network) propojující řídicí jednotky vozidla [24].

### **Metodika sledování a vyhodnocování dopravních konfliktů**

Využití této metodiky se opírá o fakt, že dopravních konfliktů nastává v reálném dopravním systému řádově více než dopravních nehod. Spousta událostí se v provozu jen vlivem náhody obejde bez hmotných škod, či dokonce újmy na zdraví. Takové jevy pak nejsou zaznamenány ve statistice nehod. Vyhodnocení bezpečnosti s využitím konfliktů tak trvá kratší dobu, jelikož

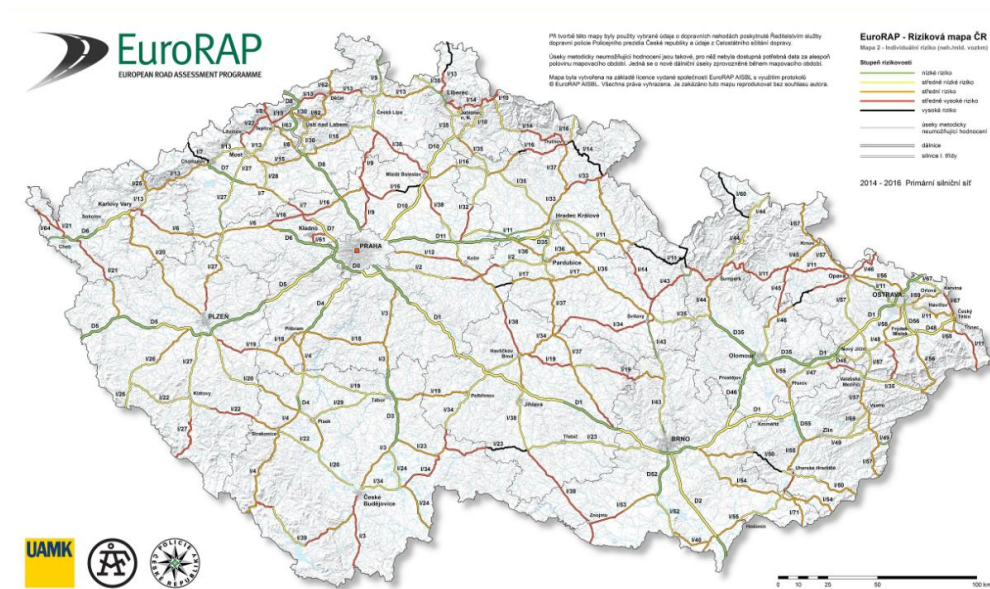
není nutné čekat na reálné nehody. Nevýhodou je absence možnosti (resp. její složitost) plošného sbírání těchto dat. Tato metodika není primárně určena jako náhrada, nýbrž jako doplněk jiných nástrojů. Může však být použita i samostatně [3].

## 2.4.4 EuroRAP

Nezisková organizace EuroRAP (European Road Assessment Programme) založená v roce 2002 jako iniciativa evropských automotoklubů je, jak její název vypovídá, evropským programem pro systematické monitorování a ohodnocení bezpečnosti PK. Zaštitěna je spolu s dalšími jejími světovými verzemi pod celosvětovou organizací iRAP (International Road Assessment Programme). Jejimi ambicemi je zvětšit bezpečnost pozemních komunikací. Česká republika je členem od roku 2005. Disponuje třemi hlavními nástroji [25] [26] [27] [28]:

### 1) Mapování rizikivosti silnic a sledování vývoje (Roads Risk mapping)

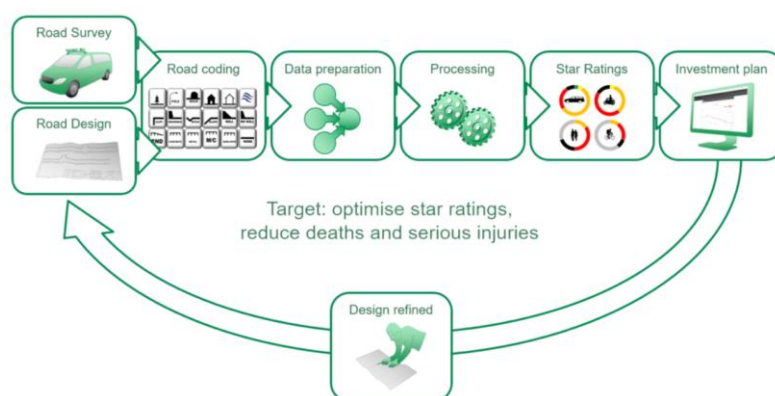
První z nástrojů hodnotí silnice na základě nehodové statistiky, zejména relativní nehodovosti. Zobrazuje tak riziko, že se účastník provozu stane obětí nehody, která má za následek smrt či vážné zranění. Na jejím základě nejde rozhodovat o kvalitě pozemních komunikací. Nástroj zároveň sleduje, jak se na jednotlivých úsecích mění v průběhu let stav ohodnocení. EuroRAP vypracovává 2 základní typy rizikových map – znázorňující kolektivní riziko (absolutní nehodovost) a individuální riziko (relativní nehodovost). Častěji používanou je riziková mapa z hlediska individuálního rizika. V rámci ČR byla síť naposledy hodnocena v roce 2016, viz obr. č. 10.



Obrázek 10 - mapa rizik 2016 [26]

## 2) Hvězdičkové hodnocení silnic (Road Star rating)

Metodika je založená na vyhodnocení údajů nasbíraných při pasportizaci komunikace. Zaznamenáváno je při průjezdu speciálním vozidlem více než 60 atributů (jak dopravních parametrů, tak parametrů stavebního uspořádání) a na základě kombinace jejich nabývaných hodnot a složitých vzorců je pak rozhodnuto o výsledku pro každý 100 metrů dlouhý úsek. Kódování atributů probíhá skrze aplikaci a každý atribut má předem dané možnosti, jakých hodnot může dosahovat. Výsledek je ve formě zisku 1-5 hvězdiček, přičemž čím více, tím lépe dokáže komunikace uživatele ochránit při DN. Výsledek je veden zvláště pro jednotlivé účastníky dopravy, resp. pro automobily, motocykly, cyklisty a chodce. Schéma metodiky lze vidět na obr. č. 11. Tento nástroj dosahuje víceméně podobných závěrů jako BI.



Obrázek 11 - schéma jednotlivých kroků hvězdičkového hodnocení [25]

## 3) Investiční plán pro zvýšení bezpečnosti

Na základě výsledků z hvězdičkového hodnocení se tento nástroj zaměřuje na návrh co nejvhodnějších opatření ke zjištěným kritickým úsekům na základě analýzy nákladu a výnosů. Plán je tvořen ve třech krocích:

- 1) Odhad úmrtnosti
- 2) Hledání vhodných opatření
- 3) ekonomická analýza

# 3. Prostředí GIS

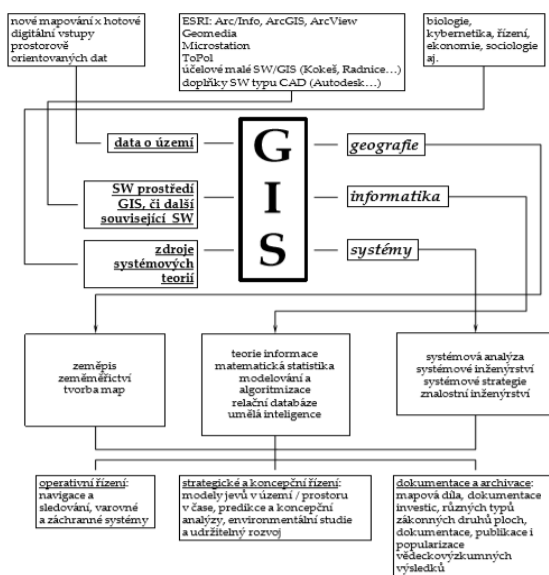
Geografické informační systémy jsou dnes nedílnou součástí spousty oblastí, včetně dopravy. V této kapitole jsou popsány jejich teoretické základy a základy ke dvěma softwarům – QGIS a ArcGIS Pro.

## 3.1 Geografické informační systémy

Geografické informační systémy lze chápat ve více rovinách [29][30][31]:

- Jako software
- Jako konkrétní aplikaci
- Jako technologii

Geografickými systémy rozumíme zjednodušeně informační systémy, které propojují prostorovou a atributovou informaci. Kombinací těchto informací vzniká geografická informace. Struktura GIS jako takových je vidět na obr. č. 12.



Obrázek 12 - struktura GIS [32]

### 3.1.1 Definice

Existuje mnoho definic pro GIS, které se mírně odlišují. Zde je uvedena jedna z nich, od firmy ESRI (Environmental Systems Research Institute), předního hráče na poli GIS, jehož produkty jsou využívány po celém světě. Tím hlavním je program ArcGIS Pro, resp. jeho starší varianta (a zároveň stále i alternativa) ArcMap.

Definice ESRI: „GIS je organizovaný soubor počítačového hardware, software a geografických údajů navržený pro efektivní získávání, ukládání, upravování, obhospodařování, analyzování a zobrazování všech forem geografických informací.“

### 3.1.2 Komponenty

Celkem se skládá z pěti základních součástí, které jsou začleněny do fungování celého systému. Jsou jimi:

- Hardware – počítače, sítě, vstupní a výstupní zařízení
- Software – SW pro práci s geografickými daty (prostorová + atributová složka)
- Data
- Lidé – programátoři, analytici, uživatelé
- Postupy – GIS pracuje dle navrženého plánu a pravidel

### 3.1.3 Data

Data lze rozlišit na dvě složky:

- Geometrická – obsahují prostorové informace objektu (pozice, tvar, vztah k ostatním objektům)
- Negeometrická – popisné informace, atributová data, časová informace

Obě složky jsou spojené pomocí identifikátoru. Geometrická data mohou být zobrazena pomocí vektorového datového modelu jako samostatné objekty (body, linie, polygony) nebo rastrového modelu, který rozděluje povrch země na mřížku stejně velkých buněk (pixely).

### 3.1.4 Druhy činností

GIS je analytický nástroj, pracující s prostorovými vztahy mezi jednotlivými objekty. Mezi jeho činnosti patří:

- Stanovení cílů a návrh databáze
- Sběr a vstup dat (včetně metadat)
- Zpracování, uchování a vizualizace
- Vykonávání analýz, syntéz a modelování (využívající prostorové vztahy)
- Prezentace výsledků (mapy, zprávy, tabulky)
- Interakce s uživatelem

### 3.1.5 Sféry využití

Geografické informační systémy sice nemají tak dlouhou historii, v posledních letech se však jejich využívání zpopularizovalo a dnes se využívají ve spoustě technických odvětví. Jejich sférami využití jsou například:

- Doprava
- Veřejná správa
- Inženýrské sítě
- Územní plánování
- Správa zdrojů
- Záchrané služby
- Životní prostředí
- A mnoho dalších...

## 3.2 Software GIS

Existuje mnoho programů pro práci s GIS, dle typu licence je můžeme, stejně jako jiné programy, dělit na [33] [34]:

- Komerční software – pro jejich používání je nutné si koupit licenci
- Freeware – dostupný zdarma
- Open source – má otevřený zdrojový kód, a uživatel ho může upravovat (nemusí být zdarma)
- Svobodný software – Freeware i Open Source dohromady, využití a úpravy programu a jejich sdílení nejsou nijak omezeny

Přestože existují alternativy, v této práci budou dále zmiňovány pouze dva konkrétní programy, a to ArcGIS Pro a QGIS, které byly pro potřeby této práce využity.

### 3.2.1 ArcGIS Pro

Komerční produkt od firmy ESRI vznikl v roce 2015 s úkolem modernizovat zastaralejší, nýbrž stále funkční alternativu v podobě ArcMap. Ten je centrální aplikací balíčku *ArcGIS*, která je tvořena dalšími částmi, např. ArcCatalog, ArcToolbox a další, které spolu sdílejí data a kooperují. Novější *ArcGIS Pro* tyto součásti seskupuje v rámci jedné celistvé aplikace. Zároveň nabízí uživatelsky pohodlnější a modernější prostředí, a působí kompaktnějším dojmem. Z hlediska funkcionality jsou oba na podobné úrovni a v podstatě se dá říct, že nabízí stejné funkce. ArcGIS Pro nabízí studentskou licenci zdarma [35] [34].

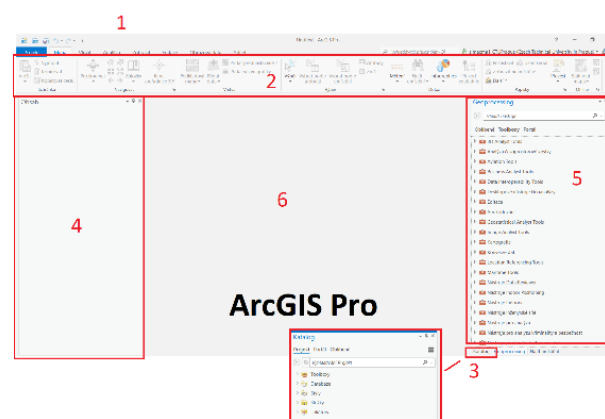
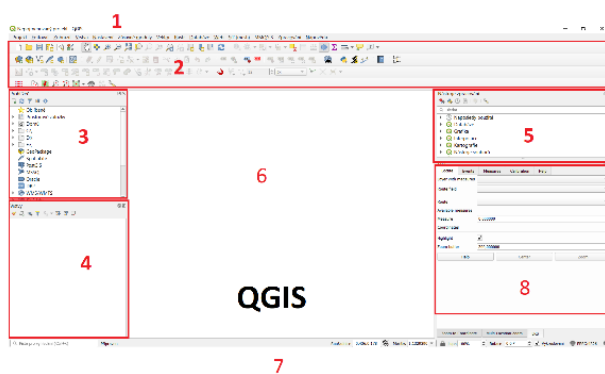
### 3.2.2 QGIS

Tento program byl do světa vypuštěn 5. ledna 2009 pod starým označením Quantum GIS jako Freeware a Open Source, na čemž je dodnes postaven. Momentálně běží již na verzi 3.28 Firenze, která byla vydána 25. října tohoto roku. Jednotlivé verze jsou pojmenovány podle měst (dříve podle měsíců). Díky tomu, že je program zdarma, a je financován z dobrovolných příspěvků, se těší velké popularitě a má širokou uživatelskou základnu (ze soukromého i veřejného sektoru). To je jeho velkou výhodou, protože vzhledem k tomu, že je Open Source, tak právě díky uživatelům jsou spravovány chyby či zlepšovány a vyvíjeny nové funkce. Uživatel má možnost si do základního programu doinstalovat spoustu doplňkových tzv. zásuvných modulů (plug-in), vytvořených uživateli, rozšiřující funkčnost celého programu o další možnosti. Nové moduly je možné psát v C++ nebo Pythonu [36].

### 3.2.3 Základní grafické uživatelské rozhraní

Oba programy nabízí částečnou českou lokalizaci. Většina hlavních nástrojů je plně přeložena, u více zaměřených funkcí a přidaných pluginů již je popis pouze v angličtině. Je třeba si uvědomit, že QGIS se samozřejmě nesnaží za každou cenu odlišit od ArcGIS Pro, proto co se uživatelského rozhraní týče, v mnohém jsou velmi podobné. U obou programů (potažmo u všech ostatních) je samozřejmostí také možnost manuálního nastavení. U každého uživatele tak finální rozhraní vypadá jinak. Následující obrázek č. 13 pro představu ukazuje uživatelské rozhraní autora této diplomové práce, základní nastavení se nijak výrazně neliší.

- 1 – Panel hlavního menu
- 2 – Panel nástrojů
- 3 – Prohlížeč souborů
- 4 – Panel vrstev (obsah)
- 5 – Nástroje zpracování (geoprocessing)
- 6 – Mapové okno
- 7 – Stavový řádek
- 8 – Nástroj LRS (Linear reference system) - přidaný plugin



Obrázek 13 - uživatelské rozhraní programů



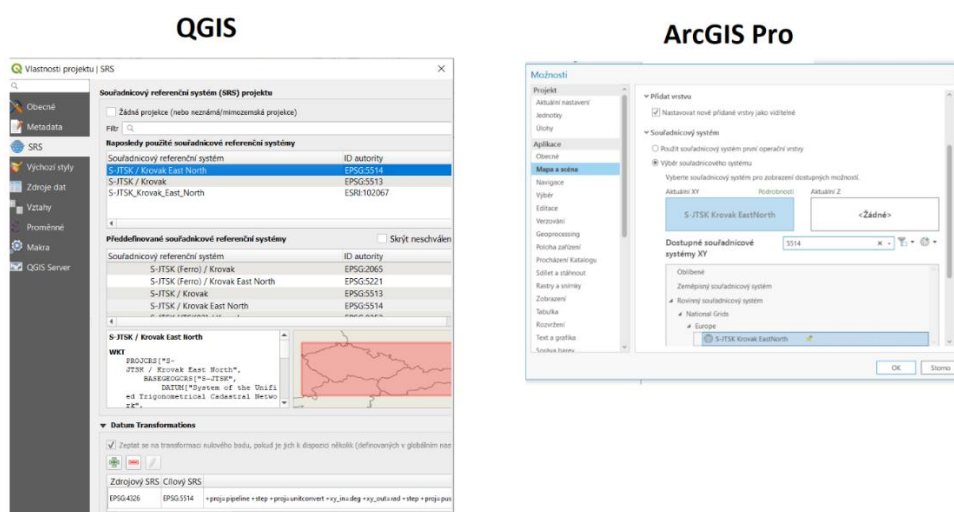
## 3.2.4 Příprava projektu

Pro každý nový mapový projekt je vhodné provést několik kroků před samotným nahráním dat.

### Nastavení souřadnicového systému

Základní věcí, která by měla být hned prvním úkolem po otevření nového projektu v jakémkoliv GIS softwaru je nastavení správného souřadnicového systému. Tento krok může ušetřit spoustu problémů oproti případu, kdy se souřadnicový systém nastavuje až po nahrání dat. Standardně bývá ve většině programů nastaven souřadnicový systém WGS84 (World Geodetic System 1984), vyskytující se taktéž pod zkratkou EPSG:4326. V České republice a na Slovensku se však používá zejména systém S-JTSK (Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální), definován Křovákovým zobrazem, které bylo v roce 1922 navrženo tak, aby co nejlépe sedělo na tvar tehdejší podoby Československé republiky a poskytovalo tak co nejmenší délkové zkreslení. V tomto souřadnicovém systému jsou zpracovávána i státní mapová díla, mimo jiné například katastrální mapa. Tento souřadnicový systém můžeme najít pod zkratkou EPSG:5514 nebo EPSG:5513 lišící se mezi sebou pouze ve znaménku souřadnic.

Hledané nastavení lze najít ve vlastnostech (resp. Možnostech) projektu (viz obr. č.14).



Obrázek 14 - nastavení souřadnicového systému

Mezi jednotlivými souřadnicovými systémy existují transformace založené na známých matematických vztazích, které jsou již zabudované v programech.

Při samotném zobrazení vrstev nemusí být problém s odlišnými souřadnicovými systémy (za předpokladu znalosti souřadnicového systému, ve kterém byla data tvořena). Data

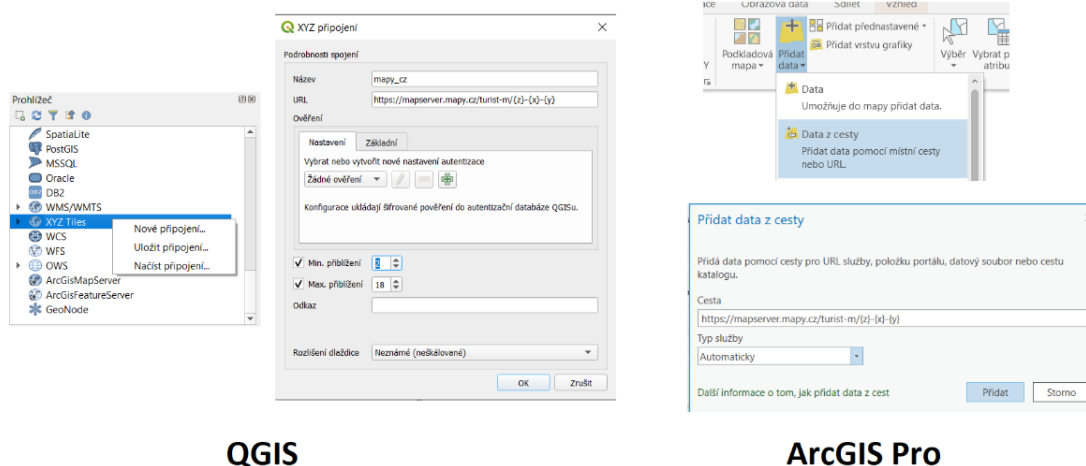
se sama zobrazí v tom, který je nastaven v rámci celého projektu, dle systémově zadaných parametrů transformace. Při různých operacích s těmito daty se však následně mohou vyskytnout problémy. Ty se mohou objevit například při řešení vzájemné vzdálenosti prvků dvou vrstev o různých souřadnicových systémech. Zatímco systém WGS84 používá jednotky úhlové, S-JTSK ty metrické. Tento problém lze řešit skrz jednoduchý export vrstvy a její uložení v žádaném souř. systému, a mít tak pro následnou práci všechny vrstvy v tom stejném [37].

## Propojení složek a vytvoření geodatabáze

Další užitečnou věcí, kterou je dobré udělat hned v počátcích vytváření projektu, je nastavení geodatabáze (v ArcGIS Pro) a propojení se složkami, kde máme uložená vstupní i výstupní data. V programu ArcGIS Pro se při otevření nového projektu automaticky vytvoří geodatabáze, kam jsou nově vzniklé vrstvy automaticky ukládány, stejně tak jako vlastní nastavení symbolů, toolboxy a podobně. Je dobré si pro lepší pořádek vytvořit i různé skupiny vrstev. QGIS funguje, co se do ukládání a importování dat týče, jako obyčejný prohlížeč souborů, je dobré si sám vytvořit složku, kam se budou data ukládat.

## Vložení vyhovujících podkladových map

Pro některé úlohy platí, že se lépe pracuje se zapnutou podkladovou mapovou vrstvou. Možné je využít některou ze základových map přímo v programu, ty však většinou pro ČR nejsou ve velkém rozlišení a nejsou podrobné, jelikož byly dělány zejména pro jiné oblasti. V rámci této diplomové práce byla jako podklad použita XYZ vrstva mapy.cz. Vrstvy XYZ tile fungují dlaždicově, a to tak, že při různých hodnotách přiblížení se zobrazuje s vyšší či menší podrobností. Nastavení připojení je na obr. č. 15.



QGIS

ArcGIS Pro

Obrázek 15 - nastavení podkladové mapy

### 3.2.5 Srovnání ArcGIS Pro a QGIS

Oba programy jsou vesměs velmi dobře hodnoceny. Ač každý pro uživatele nabízí trochu něco jiného, různými cestami se dá ve většině případů dospět ke stejnému výsledku. Obecné výhody a nevýhody obou programů plynou již ze zásadního rozdílu mezi nimi, a to licence. Zatímco ArcGIS Pro je komerční software, a uživatel musí platit za jeho využívání, QGIS je zcela zdarma a každému nabízí možnost navrhnout si vlastní plugin a poskytnout ho dalším uživatelům. Přidání někým vytvořeného pluginu je navíc díky vyhledávači přímo v programu velmi jednoduché a intuitivní.

Díky tomu nemusí jeho základní verze obsahovat tolik nástrojů, protože každý si během pár vteřin může na internetu najít nástroj, který by mu vyhovoval pro konkrétní řešený problém. To vede k jeho výrazně vyšší rychlosti, než u „konkurenčního“ ArcGISu, který mnohem více komplexní a v základní verzi obsahuje více nástrojů, a tím pádem vyžaduje větší výkon Hardwaru. Pro jednoduché úkony je ArcGIS pro koncového uživatele příliš komplikovaný a zároveň drahý. Na druhou stranu pro velké projekty nabízí komplexnější a výkonnější nástroje. Výhodou placeného softwaru je pak samozřejmě vyšší podpora nebo více oficiálních edukativních návodů a materiálů [38].

## 3.3 Formáty dat

Různé programy pracují primárně s jinými formáty, obecně však existuje mnoho nástrojů, které umí konvertovat z jednoho typu do druhého. V prostředí GIS se používají i formáty běžné, jako DWG nebo CSV, zde budou popsány pouze formáty pro GIS specifické. Mezi nejzákladnější takové formáty dat, zejména u dvou zmíněných programů, patří [39]:

### Projektové složky

Soubory s koncovkou **.APRX** (ArcGIS Pro) a **.QGZ** (QGIS) jsou formáty, ve kterých se ukládají projekty obou programů. Obsahují v sobě „souborovou cestu“ ke všem použitým vrstvám, veškerá nastavení, různé konfigurace, vlastní toolboxy nebo symbologii prvků.

### Geodatabáze

Tento formát s koncovkou **.gdb** od společnosti ESRI funguje pro ArcGIS Pro jako adresář projektu, kam jsou ukládány a organizovány vytvořené vektorové a rastrové vrstvy dat.

## Esri Shapefile

Tento formát od firmy ESRI je bezkonkurenčně nejpoužívanějším formátem vektorových dat. Ač pochází původně od jedné firmy, stal se obecným standardem a je využíván v naprosté většině softwarů. Skládá se z několika složek, které dohromady tvoří celek. Set musí být umístěn v jedné složce, a je složen minimálně ze tří souborů:

- .shp – obsahuje geometrii prvků
- .dbf – obsahuje atributová data
- .shx – obsahuje index, který propojuje geometrickou složku s atributovou

Dalšími, nepovinnými, složkami mohou být:

- .prj – obsahuje informace o souřadnicovém systému
- .xml – obsahuje metadata
- .cpg – obsahuje informace o kódování atributových dat

## Formáty symbologie dat

Ve formátech **.qml** (QGIS) a **.lyr** (ArcGIS) se ukládají vytvořené symbologie, které pak lze použít i na jiné vrstvy, než na kterých byly vytvořeny. Existuje nástroj pro konverzi mezi nimi.

## 3.4 Fórum „Stackexchange“

Toto internetové fórum, resp. síť komunitních webových stránek, funguje na jednoduchém principu Q&A, tedy uživatel položí otázku a jiní se mu snaží poradit. Stack Exchange nabízí opravdu velkou škálu jednotlivých webových stránek pro různá témata, nejvíce uživatelů pak mají IT oblasti, mezi kterými je i stránka přímo pro GIS, pod doménou <https://gis.stackexchange.com/>. Na tu odkazuje i oficiální stránka programu QGIS s tím, že se jedná o jednu ze dvou variant, kde v rámci komunity uživatelů hledat pomoc a reportovat chyby. Toto Q&A fórum (resp. minimálně její část o GIS) oplývá velmi dobře fungující a početnou komunitou uživatelů, kteří se snaží poradit s položenými dotazy a nastítnit možná řešení. Zodpovězená témata jsou uchovávány tak, aby je mohli uživatelé se stejným problémem později kdykoliv najít [40].

## 4. Rozbor informačních zdrojů

V rámci této kapitoly byla nejprve popsána základní síť pozemních komunikací v Karlovarském kraji, dále popsán obecný proces sběru dat a detailněji rozebrána struktura všech datových souborů, které byly dále v této diplomové práci využity. Dále bylo rozhodnuto, které atributy budou používány v následujících kapitolách a které nikoliv.

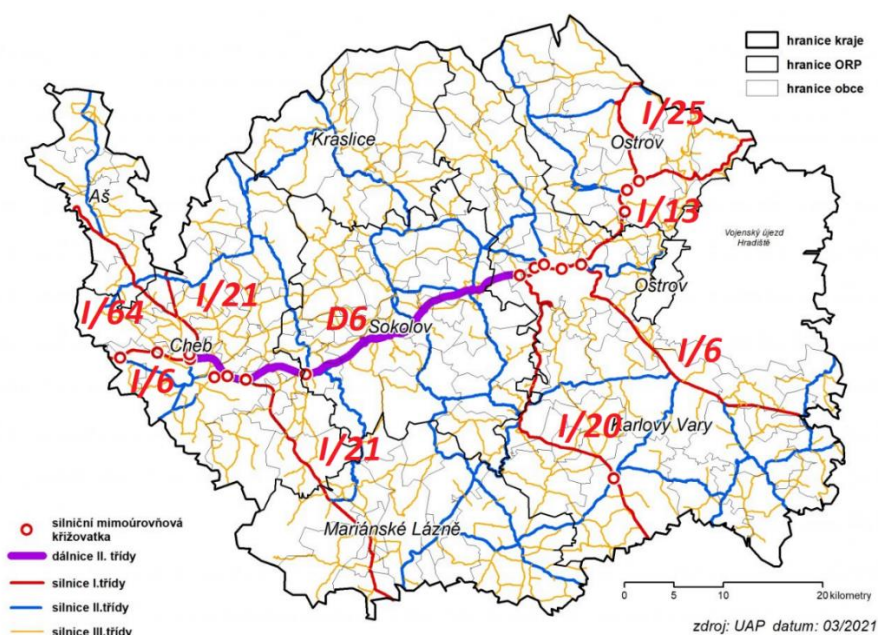
### 4.1 Silniční a dálniční síť Karlovarského kraje

Hlavní tepnou Karlovarského kraje je dálnice D6 a na ní navazující silnice I. třídy I/6. Tato komunikace spojuje Prahu s Německem, v rámci kraje Cheb, Sokolov a Karlovy Vary.

K roku 1.1. 2021 bylo v Karlovarském kraji evidováno [41]:

- 37 kilometrů dálnic
- 2028 kilometrů silnic
  - 189 kilometrů silnic I. třídy
  - 475 kilometrů silnic II. třídy
  - 1364 kilometrů silnic III. třídy

Silniční a dálniční síť lze vidět na obr. č. 16.



Obrázek 16 - síť Karlovarského kraje [42]

V rámci diplomové práce byly řešeny pouze dálnice a silnice I. třídy, tedy celkem 226 kilometrů pozemních komunikací. Řešenými komunikacemi jsou D6, I/6, I/13, I/20, I/21, I/25 a I/64.

## 4.2 Sběr parametrů dopravního prostoru

Existuje více způsobů, jak lze sbírat data. Ty se liší dle charakteru požadovaných parametrů dopravního prostoru a důvodu sběru těchto dat.

### 4.2.1 Měřící senzory a vozidla

Měřící senzory lze rozdělit na 2 základní skupiny:

- Polohové senzory (GNSS přijímač, gyroskop, akcelerometr, odometr)
- Mapovací senzory (videodetekce, laserové skenování)

GNSS přijímač pomocí signálů z družic určuje polohu, rychlost a čas přijímače, Gyroskop slouží k měření úhlové rychlosti, akcelerometr počítá kinematické zrychlení a odometr měří z kol automobilu ujetou vzdálenost. Laserové skenování na rozdíl od videodetekce funguje ve 3D a přímo určuje prostorové souřadnice. Docílí toho pomocí laserového dálkoměru s rotujícím hranolem s více odraznými plochami. Výsledkem skenování je mračno bodů reprezentující okolí komunikace, včetně terénu. Kombinací těchto dvou typů vzniká základ pro určení polohy objektů silničního prostoru.

Pro získání dopravních parametrů bývá využito „plovoucí vozidlo“, které získává data o parametrech samotné jízdy. Docílí toho pomocí polohových senzorů a dat z komunikační sběrnice CAN. Dalšími možnostmi využití měřících vozidel a k tomu potřebné senzory jsou:

- Pro účely mapování – polohové
- Pro účely pasportizace – polohové + mapovací
- Pro účely bezpečnostní komunikace – polohové + mapovací + expertní posouzení

Speciálními vozidly jsou diagnostická vozidla, která jsou navíc vybavena přístroji pro sběr dat o proměnných parametrech vozovky, kterými jsou např. únosnost, protismykové vlastnosti, nerovnosti a vyjeté koleje, makrotextura, trhliny, hlučnost a další. Firmy sbírající tato data pro ŘSD využívají například vozidel CleveraCar nebo Skiddometer (viz obr. č.17)



Obrázek 17 - vozidla CleveRa Car (vlevo) a Skiddometer (vpravo) [44][43]

## 4.2.2 Mapování, pasportizace, BI

V tomto kontextu se mapováním myslí zejména sběr dat geometrického vedení trasy. Ředitelství silnic a dálnic k tomu využívá GPS, optické gyroskopy a akcelerometry. Hodnoty, včetně informací o sklonu vozidla, jsou získávány po koku 0,5 metrů.

Pasportizací se rozumí proces zpracování technické dokumentace k objektům předem určeným, včetně zjišťování jejich stavu. Dle Vyhlášky č. 104/1997 Sb. je pasport „základní evidencí komunikací je pasport, který vedou jejich správci“. ŘSD využívá pro měření pasportu kombinaci polohových a mapovacích senzorů. Data pro ŘSD obstarávají tzv. regionální reportéři.

Pro rozsáhlejší oblasti, kde probíhá BI, není možné zmonitorovat síť „ručně“ v celém rozsahu. Proto nejprve probíhá tzv. „předinspekce“, kdy jsou data ze všech senzorů auditorem během jízdy vyhodnocována do speciální aplikace a zjištěná rizika hodnocena dle závažnosti. Později jsou data spolu se záznamem znovu detailněji zkoumána a případně přehodnocena. Úseky s větším počtem deficitů jsou následně podrobeny klasické BI.

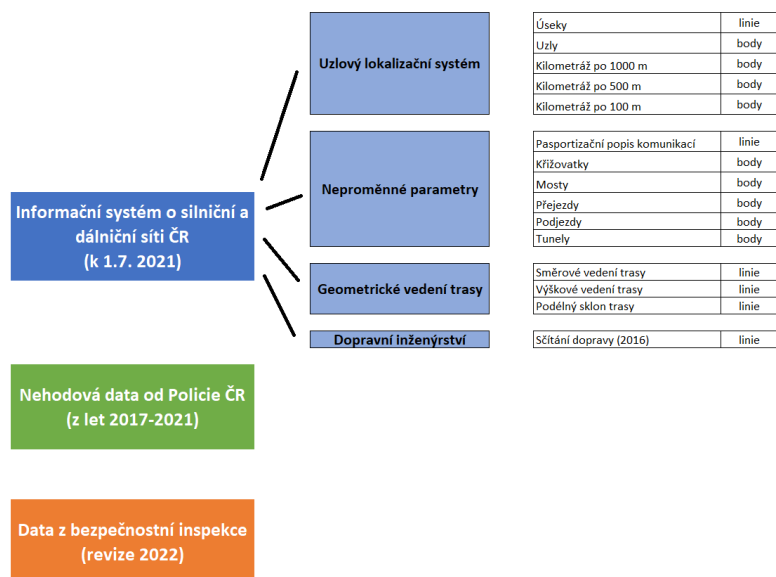
Mapováním se tedy získává geometrie komunikace, pasportizací evidence jejího vybavení a bezpečnostní inspekcí vyhodnocuje rizika [45][46].

## 4.3 Využití soubory dat

Pro potřeby diplomové práce byla využita nejaktuálnější data ze tří souborů:

- Informační systém o silniční a dálniční síti (ISSDS ČR) – pasport
- Nehodová data od Policie ČR
- Data z bezpečnostních inspekcí od FD ČVUT

První ze souborů se nadále dělí na další podskupiny dat, které obsahují jednotlivé vrstvy. Zjednodušená struktura použitých dat lze vidět na obr. č. 17.



Obrázek 17 - struktura použitých dat

Některá další využitelná data nebyla pro tuto práci dostupná (např. proměnné parametry), nebo se týkala pouze silnic a dálnic mimo řešenou síť a kraj (např. zjednodušený dálniční pasport).

Celkem se tedy jedná o 17 jednotlivých využitelných vrstev dat ve formátu CSV (včetně hodnot souřadnic) nebo rovnou Shapefile. Každá z těchto vrstev obsahuje více atributů, z nichž některé se v rámci různých vrstev duplikují. Vzhledem k samotné podstatě této práce muselo být dále rozhodnuto, které atributy do další fáze ponechat a kterými se nadále nezabývat. V následujících kapitolách diplomové práce byla síť rozdělena na desetimetrové úseky a všechny liniové vrstvy pasportu sjednoceny do těchto úseků. Proto některé atributy těchto sjednocených vrstev ztrácí na významu, a to:

- Duplicitní atributy – takové, které jsou obsaženy ve více vrstvách a do nově vzniklé vrstvy tvořené desetimetrovými úseky je žádoucí je ponechat pouze jednou
- Distanční atributy a atributy staničení – vzhledem k rozkouskování sítě na nové úseky již neplatí původní hodnoty jednotlivých vrstev
- Nepotřebné atributy – takové atributy, které nemají v rámci této práce využití

Vyškrtnuté atributy mohou být z původních vrstev dle postupu z další kapitoly znovu nahrány, stejně tak jako atributy vrstev dalších, nepoužívaných v této práci. U bodových typů vrstev bylo



možné ponechat všechny jejich atributy a pouze přidat atributy další, takové, které je spojí s konkrétním desetimetrovým úsekem.

### 4.3.1 ISSDS ČR

V následujících podkapitolách je v tabulkách č. 4–9 zjednodušeně popsána struktura vrstev ISSDS ČR – které atributy jsou popsány, a zároveň které byly vyřazeny (červeně zvýrazněné). Detailnější popis dat a nabývané hodnoty atributů lze najít v příloze č. 1 – „Přehled údajů sledovaných v ISSDS ČR“.

#### 4.3.1.1 Liniové vrstvy

##### Pasportizační popis komunikací

Tabulka 4 - atributy vrstvy "pasportizační popis komunikací"

Pasportizační popis komunikací (pasport)					
č. atr.	Kód atributu	Popis atributu	č. atr.	Kód atributu	Popis atributu
1	ADMINJ	administrativní jednotka	27	OMEZ_RYCHP	omezení rychlosti
2	SILNICE	označení komunikace	28	PŘED_PROTI	dopravní omezení v soutěsce
3	CIS_USEKU	číslo úseku	29	ZAK_PRED_L	dopravní omezení
4	CIS_SEKCE	číslo sekce	30	ZAK_PRED_P	
5	STAN_KON	staničení konce sekce	31	TVAR_KR_MK	tvár křižovatky s MK
6	DRUH_OBJ	druh objektu	32	RIZ_DOPR	říz. dopravy na křižovatce
7	IDENT_OBJ	evidenční číslo objektu	33	ZACH_ZAR_L	umístění a druh záchytných zařízení
8	DOPR_SMERY	dopravní směry v úseku	34	ZACH_ZAR_P	
9	PASP_SIR	pasportizační šířka	35	VYB_VLEVO	vybavení komunikace
10	SIR_NEPRAS	šířka nesprašné části	36	VYB_VPRAVO	
11	SIR_JPASU	šířka JP	37	ZDI_DRUH_L	druh zdi
12	VARIACE	variace šířky	38	ZDI_DRUH_P	
13	DR_ST_DELP	druh střed. děl. pásu	39	MATERIAL_L	materiál zdi
14	SIR_S_DELP	šířka střed. děl. pásu	40	MATERIAL_P	
15	PRID_PR_L1	umístění a druh přídatného a přidruženého pásu	41	PRIC_KOR1	příčina korekce, druh krytu na korekci a plocha korekce
16	PRID_PR_P1		42	VOZ_NAKOR1	
17	PRID_PR_L2		43	PLOCHA_K1	
18	PRID_PR_P2		44	PRIC_KOR2	
19	POC_JPRUHU	počet pruhů jízdního pásu	45	VOZ_NAKOR2	
20	POC_JPRUHL	počet pruhů JP vlevo	46	PLOCHA_K2	
21	PRIC_SOUT	příčina soutěsky	47	DAT_ZAZNAM	datum záznamu
22	STROM_L	umístění a druh stromořadí	48	IDENT	pomocný atribut
23	STROM_P		49	DEL_SEKCE	délka homogenní sekce
24	DRUH_VOZ	druh krytu vozovky	50	PORADI_US	pořadové číslo úseku
25	ICZUJ	číslo obce	51	STAN_ZAC	zstaničení začátku úseku
26	OMEZ_RYCHL	omezení rychlosti			

## Úseky

Tabulka 5 - atributy vrstvy "Úseky"

Úseky						
č. atr.	Kód atributu	Popis atributu		č. atr.	Kód atributu	Popis atributu
1	CIS_USEKU	číslo úseku		22	PORADI_US	pořadové číslo úseku
2	Rozdil_delek	pomocný atribut		23	KOD_MER	kód změření délky
3	DuvodZmeny	důvod změny v nové verzi		24	STANICENI1	stan. poč. a konc. uzlového bodu
4	DuvodZmeny2			25	STANICENI2	
5	DAT_ZAZNAM	datum záznamu		26	STANZUJ1	stan. poč. a konc. uzlového bodu s nulou na hran. okresu
6	ADMINJ	administrativní jednotka		27	STANZUJ2	
7	DELKA_US	délka úseku		28	OBLAST	adm. Příslušnost k okresu
8	DOPR_SMERY	dopravní směry v úseku		29	KOD_R	kód třídy komunikace – rozš.
9	PAPR_VETEV	označení paprsku, větve		30	KOD_N	kód k identifikaci úseků
10	KOD_TR_KOM	kód třídy komunikace		31	CESTMISTR	příslušnost k cestmistorvství
11	SILNICE	označení komunikace		32	NEDEL_4PRH	směrově nerozdělený úsek
12	VYM_TAHY	vymezené tahy		33	KRUH_OBJ	výskyt okr. Křižovatky
13	PASP_DELKA	pasportizační délka úseku		34	SPRAVCE1	majetkový správce úseku
14	PEAZ_KOM1	peažující komunikace		35	SPRAVCE2	
15	PEAZ_KOM2			36	SPRAVCE31	majetkový správce úseku
16	PEAZ_KOM3			37	SPRAVCE32	
17	PEAZ_KOM4			38	SPRAVCE4	
18	ETAH1		mezinárodní tahy		39	
19	ETAH2			40	KM_STAN1	staničení počátečního a koncového uzlového bodu
20	ETAH3			41	KM_STAN2	
21	ETAH4					

## Směrové vedení trasy

Tabulka 6 - atributy vrstvy "směrové vedení trasy"

Směrové vedení trasy (gvt_smerove)						
č. atr.	Kód atributu	Popis atributu		č. atr.	Kód atributu	Popis atributu
1	DATUM_MER	datum měření		6	ADMINJ	administrativní jednotka
2	CIS_USEKU	číslo úseku		7	SILNICE	označení komunikace
3	CIS_SEKCE	číslo sekce		8	TYP_OBLS	typ směrového oblouku
4	STAN_ZAC	staničení začátku a konce homogenní sekce		9	POLOMER_OB	poloměr směrového oblouku
5	STAN_KON					

## Výškové vedení trasy

Tabulka 7 - atributy vrstvy "výškové vedení trasy"

Výškové vedení trasy (gvt_vyskove)					
č. atr.	Kód atributu	Popis atributu	č. atr.	Kód atributu	Popis atributu
1	DATUM_MER	datum měření	6	ADMINJ	administrativní jednotka
2	CIS_USEKU	číslo úseku	7	SILNICE	označení komunikace
3	CIS_SEKCE	číslo sekce	8	TYP_OBLV	typ výškového oblouku
4	STAN_ZAC	staničení začátku a konce	9	POLOMER_OB	poloměr výškového oblouku
5	STAN_KON	homogenní sekce			

## Podélný sklon trasy

Tabulka 8 - atributy vrstvy "podélný sklon komunikací"

Podélný sklon trasy (podelny_sklon)					
č. atr.	Kód atributu	Popis atributu	č. atr.	Kód atributu	Popis atributu
1	DATUM_MER	datum měření	6	ADMINJ	administrativní jednotka
2	CIS_USEKU	číslo úseku	7	SILNICE	označení komunikace
3	CIS_SEKCE	číslo sekce	8	PORADI_US	pořadové číslo úseku
4	STAN_ZAC	staničení začátku a konce	9	PODEL_SKL	podélný sklon nivelety
5	STAN_KON	homogenní sekce			

## Sčítání dopravy (2016)

Tabulka 9 - atributy vrstvy "sčítání dopravy"

Sčítání dopravy (2016)					
č. atr.	Kód atributu	Popis atributu	č. atr.	Kód atributu	Popis atributu
1	CIS_SU	číslo sčítacího úseku	21	M	jednostopá motorová vozidla
2	PADMINJ	admin. jed. začátku úseku	22	SV	součet vozidel
3	POC_USNASU	počáteční a koncový	23	TNV	těžká nákladní vozidla
4	KON_USNASU	lokalizační úsek sčítání	24	ALFA	nedělní int. / celoroč. prům.
5	SUKONVUZLU	konec sčítacího úseku	25	BETA	prac. den int / celoroč. prům.
6	ST_ZACSUUS	staničení začátku a konce	26	CYKLISTE	cyklisté
7	ST_KONSUUS	sčítacího úseku	27	POMER_SM1	poměr intenzit protisměrných proudů
8	DELKA_SU	délka sčítacího úseku	28	POMER_SM2	proudů
9	LN	lehká nákladní vozidla	29	PSILNICE	označ. převažující kom.
10	NSN	návěsové soupravy nákl. voz	30	PKOD_TR_K	kód třídy kom. (převažující)
11	SN	střední nákl. voz. bez přívěsů	31	VVYM_TAHY	vymezené tahy
12	SNP	střední nákl. voz. s přívěsy	32	ADM_OSTAT	admin. jed. ostatní
13	TN	těžká nákl. voz. bez přívěsů	33	PKOD_R	kód třídy kom. rozšířený
14	TNP	těžká nákl. voz. s přívěsy	34	ZU	textový popis začátku a konce
15	A	autobusy	35	KU	sčítacího úseku

Sčítání dopravy (2016)					
č. atr.	Kód atributu	Popis atributu	č. atr.	Kód atributu	Popis atributu
16	AK	autobusy kloubové	36	STANOVISTE	text. popis stanoviště sčítače
17	TR	traktory bez přívěsů	37	BOD1_X	Souřadnice začátku a konce sčítacího úseku
18	TRP	traktory s přívěsy	38	BOD1_Y	
19	TV	těžká motorová voz. celkem	39	BOD2_X	
20	O	osobní a dodávková vozidla	40	BOD2_Y	

#### 4.3.1.2 Bodové vrstvy

Jak již bylo zmíněno, u bodových vrstev nebylo třeba vyškrtávat žádné atributy. Vrstvy nebyly sjednocovány ani měněna jejich geometrická struktura, proto není třeba zde rozepisovat jednotlivé atributy.

Mezi bodové vrstvy ISSDS ČR použité v rámci diplomové práce patří:

- Uzly
- Křižovatky
- Registr objektů
  - Mosty
  - Přejezdy
  - Podjezdy
  - Tunely
- Vrstvy kilometráže
  - Kilometráž po 1000 metrech
  - Kilometráž po 500 metrech
  - Kilometráž po 100 metrech

Vrstvy kilometráže byly použity pouze pro samotnou tvorbu nových desetimetrových úseků, a dále s nimi nebylo pracováno.

#### 4.3.2 Nehodová data od policie ČR

Nehodová data pochází od Policie ČR, která uchovává přesnou polohu a více než 50 parametrů u každé zaznamenané dopravní nehody. Pracováno bylo s nehodami z let 2017–2021, kdy bylo na sledovaných komunikacích Karlovarského kraje zaznamenáno celkem 4986 nehod. Zaznamenávané atributy jsou sepsány v tabulce č. 10, hodnoty a způsob vyplnění atributů lze shlédnout v příloze č. 2 – „Formulář evidence nehod v silničním provozu“.

Tabulka 10 – atributy nehodových dat od PČR

Záznamy dopravních nehod					
č. atr.	Kód atributu	Popis atributu	č. atr.	Kód atributu	Popis atributu
1	ID	ID nehody	35	p33e	následky na životech a zdraví chodců
2	den	den v týdnu	36	p33f	
3	čas	čas nehody	37	p33g	
4	p2a	datum nehody	38	p33h	
5	p5a	lokalita nehody	39	p34	počet zúčastněných vozidel
6	p6	druh nehody	40	p35	místo dopravní nehody
7	p7	druh srážky jedoucích vozidel	41	p36	druh pozemní komunikace
8	p8	druh pevné překážky	42	p37	číslo pozemní komunikace
9	p9	charakter nehody	43	p38	kilometr nehody
10	p10	zavinění nehody	44	p39	druh křižující komunikace
11	p11	alkohol u viníka nehody	45	p40	číslo uzlu
12	p12	hlavní příčina nehody	46	p41	
13	p13a	následky nehody (usmrceno, těžce zraněno, lehce zraněno)	47	p44	druh vozidla
14	p13b		48	p45a	výrobní značka vozidla
15	p13c		49	p45b	údaje o vozidle
16	p14	celková hmotná škoda	50	p47	rok výroby vozidla
17	p15	druh povrchu vozovky	51	p48a	charakteristika vozidla
18	p16	stav povrchu vozovky	52	p48b	doplňující údaje o vozidle
19	p17	stav komunikace	53	p49	smyk
20	p18	povětrnostní podmínky	54	p50a	vozidlo po nehodě
21	p19	viditelnost	55	p50b	únik hmot
22	p20	rozhledové poměry	56	p51	způsob vyproštění osob
23	p21	dělení komunikace	57	p52	směr jízdy/postavení vozidla
24	p22	situování nehody na PK	58	p53	škoda na vozidle
25	p23	řízení provozu	59	p55a	kategorie řidiče
26	p24	úprava přednosti v jízdě	60	p55b	nejvyšší ukončené vzdělání
27	p27	specifická místa a objekty	61	p56	délka řidičské praxe
28	p28	směrové poměry	62	p57	stav řidiče
29	p29	kategorie chodce	63	p58	vnější ovlivnění řidiče
30	p30	stav chodce	64	p59a	následky ve vozidle
31	p31	chování chodce	65	p59b	
32	p32	situace v místě nehody	66	p59c	
33	p33c	následky na životech a zdraví chodců	67	p59d	
34	p33d		68	p59f	

### 4.3.3 Data z bezpečnostních inspekcí

Dopravní fakultou, konkrétně Ústavem soudního znaleství v dopravě, byla poskytnuta data z bezpečnostní inspekce, která prošla v Karlovarském kraji k tomuto roku (2022) revizí. Jedná se tak o nejnovější data ze silnic I. třídy v kraji. Data bohužel nejsou dostupná pro komunikace I/6 a D6. Celkem bylo nasbíráno 9294 deficitů, jež detailně popisuje 21 atributů, viz tabulka č. 11.

Tabulka 11 - atributy deficitů

Deficity z bezpečnostní inspekce					
č. atr.	Kód atributu	Popis atributu	č. atr.	Kód atributu	Popis atributu
1	ID_ZAZNAMU	ID deficitu	12	DUVOD_VZN	Důvod vzniku v nové revizi
2	STANICENI	staničení	13	KATEGORIE	kategorie deficitu
3	SMER_STAN	směr výskytu deficitu	14	KATEGORIE_	kategorie deficitu – podrobně
4	KOMUNIKACE	označení komunikace	15	TYP	typ deficitu (liniový/bodový)
5	SPRAVCE	Správce komunikace	16	DÉLKA/ČETNOST	délka nebo četnost (dle typu)
6	KATASTRAL	Intravilán/extravilán	17	POPIS_DEFI	detailní popis
7	OBEC	obec výskytu deficitu	18	ZAVAZNOST	závažnost deficitu
8	ZEMEP	Zeměpisná délka	19	OPATRENI	návrh opatření
9	ZEMEP_1	Zeměpisná šířka	20	POZNAMKA_O	poznámka k návrhu opatření
10	MAX_RYCHL	maximální rychlost v místě	21	NAROCNOST	náročnost opatření
11	INSPEKCE	označení revize			

První skupinou jsou atributy identifikační, polohové a popisující provozní podmínky na komunikaci – obecně tedy ty, které nesouvisí s podstatou samotného deficitu. Těmito atributy jsou „ID záznamu“, „zeměpisná délka“, „zeměpisná šířka“, „komunikace“, „směr staničení“, „staničení“, „katastrální území“ (intravilán x extravilán), „správce“, „obec“ a „maximální rychlost“. Tyto atributy není třeba zvlášť popisovat, jejich název je vypovídající. Zbytek atributů již se týká samotných deficitů:

- **Inspekce**
  - Ukazuje aktuálnost deficitu, nabývá hodnot dle revize, ze které pochází. Nejstarší data jsou z roku 2016, první revize proběhla v roce 2019 a nejaktuálnější data pochází z letošního roku.
- **Důvod vzniku**
  - Udává vztah deficitu vzhledem k minulé revizi
  - Nabývá hodnot:
    - Deficit přetrvává
    - Nově evidováno
    - Realizace prací
    - Změna deficitu
    - Eliminováno
    - Vyřazeno
- **Kategorie**
  - Tento atribut charakterizuje podstatu deficitu, nabývá celkem 14 možných hodnot:
    - Autobusová zastávka; křižovatka; mezikřižovatkový úsek; opatření pro zvýšení plynulosti provozu; pevná překážka, přechod pro chodce; přechod z extravilánu do intravilánu; přístupové podmínky pro chodce; reklamní zařízení; sjezd/samostatný sjezd/parkoviště; technický stav vozovky; těleso PK; zádržné zařízení; železniční přejezd

- **Kategorie\_**
  - Podrobnější kategorizace, celkem deficity nabývají 115 různých hodnot
- **Typ**
  - Udává, zda se jedná o deficit liniový nebo bodový
- **Délka/Četnost**
  - V případě liniového deficitu udává jeho délku, u bodového jeho četnost
- **Popis deficitu**
  - Detailnější popis deficitu
- **Závažnost**
  - Závažnost deficitu – nízká/střední/vysoká
- **Opatření**
  - Návrh opatření, které by bylo vhodné realizovat
- **Poznámka k opatření**
  - Rozvíjí návrh opatření
- **Náročnost**
  - Udává náročnost realizace opatření – administrativní/jednoduché/složité

Vzhledem k tomu, že pro další zpracování jsou důležitá pouze aktuální data, byla na základě atributu „INSPEKCE“ vyselektována pouze data z nejnovější revize, a pomocí atributu „DŮVOD VZNIKU“ vyřazeny již vyřešené deficity („eliminováno a vyřazeno“). Počet aktuálních deficitů, které byly dále řešeny je 2933.

Zásadním problémem je fakt, že data jsou pouze bodová, a to i pro liniové deficity. Jejich polohu tak zároveň se souřadnicemi definuje i jejich délka a směr staničení. Z této skutečnosti plyne jeden z cílů následujících kapitol, a to vizualizace liniových deficitů nikoliv pouze bodově, nýbrž jako linie.

## 5. Sjedenčení pasportových dat v GIS

V rámci této kapitoly byly zpracovávány pasportová data, první ze souborů, a zároveň ten nejvíce obsáhlý.

### 5.1 Cíle

Základním stavebním kamenem celé diplomové práce je propojení všech pasportových dat a sjedenčení liniových vrstev do jediné, do nové vrstvy v podobě desetimetrových úseků. V rámci této kapitoly je popsán proces tvorby kalibrovaného staničení, dělení sítě na desetimetrové úseky a doplnění těchto úseků o atributy vybrané v kapitole 4.3.1. Vstupem pro tuto kapitolu je první soubor dat z kapitoly 4.3 – vrstvy ISSDS ČR.

### 5.2 Příprava dat

#### 5.2.1 Nahrání dat

Prvním krokem je nahrání dat do softwaru GIS, v tomto případě do QGISu. Po přípravě prostředí nového projektu, viz kapitola 3.2.4, byly nahrány všechny potřebné vrstvy pro tuto kapitolu, což je celkem 15 shapefilů.

#### 5.2.2 Filtrace dat

Ve druhém kroku bylo nutné se rozhodnout, která liniová vrstva poslouží jako základ pro tvorbu žádaných desetimetrových úseků. Je v podstatě jedno, která z vrstev by byla zvolena, podmínkou je pouze to, aby obsahovala geometrii všech řešených komunikací, tj. dálnic a silnic I. třídy. Pro tento účel byla zvolena vrstva „Úseky“, protože díky atributům, které obsahuje, bude nejjednodušší k vyčištění nepotřebných úseků. Na základě několika kritérií bylo tedy třeba odstranit nepotřebná data tak, aby vrstva obsahovala pouze zmiňované řešené komunikace, a žádné jiné. Pro filtraci dle následujících parametrů byla používána jednoduchá funkce „výběr dle výrazu“ – tedy např. dle hodnoty atributu. Vyhovující vybrané prvky byly exportovány do nové vrstvy. Filtrováno bylo na základě těchto parametrů:



## Karlovarský kraj

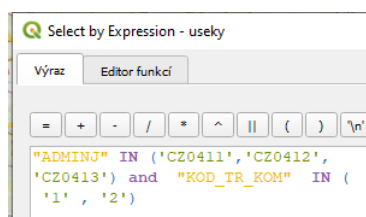
Obsahem této práce je vytvoření dopravně-geografického systému pouze pro Karlovarský kraj. Na základě atributu „ADMINJ“, který obsahuje údaje o administrativní jednotce podle klasifikace CZ-NUTS (viz obrázek č. 18) byla vyfiltrována pouze data z Karlovarského kraje.

CZ010	Hlavní město Praha	Kraj Praha
CZ020	Středočeský kraj	Středočeský
CZ031	Jihočeský kraj	Jihočeský
CZ032	Plzeňský kraj	Plzeňský
CZ041	Karlovarský kraj	Karlovarský
CZ042	Ústecký kraj	Ústecký
CZ051	Liberecký kraj	Liberecký
CZ052	Královéhradecký kraj	Královéhradecký
CZ053	Pardubický kraj	Pardubický
CZ063	Vysočina kraj	Vysočina
CZ064	Jihomoravský kraj	Jihomoravský
CZ071	Olomoucký kraj	Olomoucký
CZ072	Zlínský kraj	Zlínský
CZ080	Moravskoslezský kraj	Moravskoslezský

Obrázek 18 - administrativní jednotky dle CZ\_NUTS [příloha č. 1]

## Třída komunikace

Pro potřeby této práce je třeba pracovat pouze se silnicemi I. třídy a s dálnicemi, je tedy třeba na základě atributů obsahujících informaci o třídě silnic odfiltrovat ty s nižší třídou. Tím atributem je například atribut „SILNICE“ obsahující konkrétní označení komunikace (je třeba vybrat všechny potřebné) nebo lépe atribut „KOD\_TR\_KOM“, který přímo odkazuje na třídu komunikace. Dálnice a silnice I. třídy v Karlovarském kraji lze vybrat například výrazem na obr. č. 19 a exportováním vybraných prvků do nové vrstvy.



Obrázek 19 - filtrace dle kraje a třídy komunikace

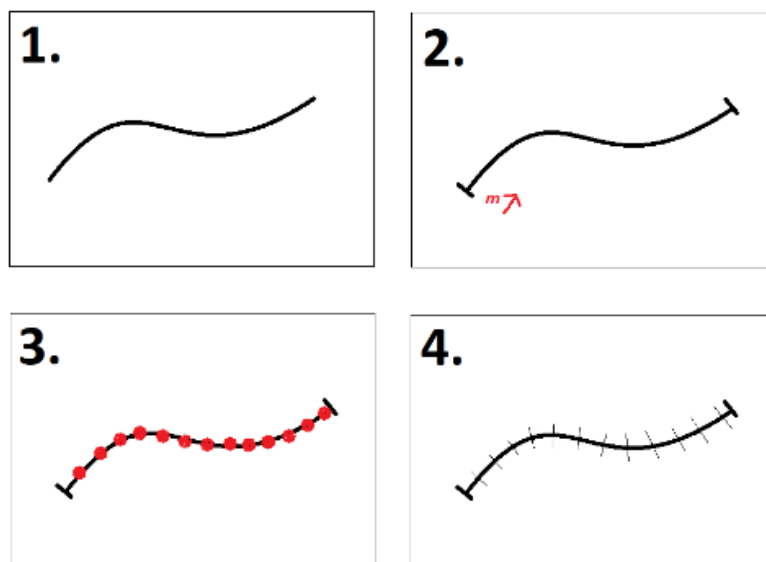
## Úseky s nulovým staničením

V rámci dat se vyskytují úseky, které mají nulové staničení. Jedná se o různé rampy mimoúrovňových křižovatek, okružní křižovatky a další podobné útvary. Takové úseky je také třeba do další fáze, kdy je tvořeno kalibrované staničení, eliminovat. Úseky mají nulové staničení, pokud oba atributy „STANICENI1“ a „STANICENI2“ jsou nulové. Výrazem byly tyto úseky vybrány a vymazána z aktuální vrstvy.

Tímto bylo dosaženo konce fáze přípravy, z této podoby linie bylo dále tvořeno nejprve staničení a poté desetimetrové úseky.

## 5.3 Realizace desetimetrových úseků

Vstupem pro tvorbu těchto úseků jsou dvě vrstvy – odfiltrovaná vrstva „Úseky“ (případně jiná odfiltrovaná vrstva s geometrií požadovaných komunikací) a bodová vrstva kilometráže. Pro největší přesnost byla použita „kilometráž po 100 metrech“ – není žádný důvod používat vrstvu s body vzdálenějšími (po 500 nebo 1000 metrech), i když výsledek by byl v podstatě totožný. Následující postup je zobrazen schématem na obr. č. 20.



Obrázek 20 - schéma tvorby úseků

Ze vstupní vrstvy (1.) se pomocí pluginu LRS (linear reference systém) vytvoří tzv. „route“, neboli trasa (2.). To vnitřně přidá linii, nyní již celistvé, parametr „m“, který určuje v každém bodě linie (trasy) vzdálenost od počátku. Tím vzniká reálné staničení (toto staničení může být vytvořeno více způsoby, více je popsáno v další podkapitole.). Následně jsou (opět pomocí pluginu LRS) na linii přidány body v požadovaných hodnotách staničení (3.). V tomto případě tedy po deseti metrech, přičemž vzniká nová vrstva z těchto bodů. Posledním krokem je nařezání linie podle těchto bodů (4.).

### 5.3.1 Tvorba staničení

Podle dostupných dat bylo uvažováno nad tvorbou staničení třemi možnými způsoby. Staničení vycházející z geometrie linií, staničení vycházející z atributů liniových vrstev a staničení vycházející ze dvou vrstev – liniové vrstvy geometrie a bodové vrstvy kilometráže. Všechny nabízí ArcGIS Pro v balíčku funkcí pro lineární referencování, dvě z nich QGIS v doinstalovaném pluginu LRS.

## Staničení na základě geometrie

Tento způsob je nejjednodušší, neb jediná data, co jsou potřeba, je jakákoliv liniová vrstva se správnou geometrií – není třeba žádných atributů. Nereflektuje ovšem oficiální staničení. V některých úsecích jsou odchylky používaného staničení od geometrie linie v rámci metrů, na jiných úsecích však mohou dosáhnout až k desítkám metrů, navíc se s délkou linie chyby sčítají. Proto je tento způsob nevhodný. Odchylky geometrie a oficiálního staničení u dvou testovacích silnic lze byly testovány nejdřív s narůstající délkou (pro I/20) a poté na různých úsecích (I/21), výsledky lze vidět v tabulce č. 12. Odchylky kolísají, nelze říct, která z variant je delší a která kratší. Dle [21] mohou tyto odchylky být dány způsobem, kterým GIS data vznikají, tedy digitalizací v určitém měřítku, což vede ke ztrátě detailů a nepatrnému zjednodušení vedení komunikace. Na krátkém úseku jsou odchylky nepatrné, v součtu může jít o desítky metrů.

Tabulka 12 - odchylky délky dle staničení od geometrické délky

	Úsek	geometrická d.	délka dle stan.	rozdíl	staničení	
					OD	DO
I/20	celkem	39575,475	39586	10,525	0	39586
	A	32190,87	32200	9,13	0	32200
	B	19392,88	19400	7,12	0	19400
	C	9088,947	9100	11,053	0	9100
	D	3093,06	3100	6,94	0	3100
	E	317,637	320	2,363	0	320
I/21	Celkem	39679,814	39729	49,186	21199	60928
	část A	10551,924	10560	8,076	60928	50368
	část B	29127,889	29169	41,111	50368	21199
	B.1	366,186	368	1,814	50368	50000
	B.2	4893,529	4900	6,471	50000	45100
	B.3	11000,378	11000	-0,378	45100	34100
	B.4	1597,119	1600	2,881	34100	32500
	B.5	3294,334	3300	5,666	32500	29200
	B.6	2189,944	2200	10,056	29200	27000
	B.7	1991,487	2000	8,513	27000	25000
	B.8	399,261	400	0,739	25000	24600
	B.9	998,152	1000	1,848	24600	23600
	B.10	2397,495	2401	3,505	23600	21199

## Staničení na základě atributů liniové vrstvy

Druhým způsobem je tvorba staničení z jedné vstupní liniové vrstvy, která obsahuje atributy staničení, tedy počátek a konec pro každý segment. Problémem může být nehomogenní délka dělení vstupních dat, kdy celá vrstva je dělena na linie různé délky. V případě velmi dlouhých úseků může docházet ke zkreslení výsledků uprostřed linie, zajištěna je jistota souladu s reálným staničením pouze na krajních bodech. Druhou věcí, na kterou je třeba dát si pozor u tohoto způsobu je fakt, že ve výjimečných případech je linie dělena častěji, než ukazují atributy staničení. To v reálu znamená, že několik linií za sebou má stejné hodnoty staničení

„OD“ a „DO“ odkazující však na jejich společnou délku (resp. staničení začátku první a konce poslední linie z této skupiny).

### **Staničení na základě bodové vrstvy kilometráže**

Asi nejlepším způsobem tvorby staničení je třetí způsob. Vstupem jsou dvě vrstvy – liniová „Úseky“ (případně jakákoliv jiná liniová vrstva obsahující geometrii silnic I. třídy a dálnic) a bodová „km 100“, která obsahuje body kilometráže (staničení) po sto metrech. Principem je nanesení hodnoty bodů na linii, výsledné staničení je tak kalibrované po 100 metrech a odchylka od reálného staničení zanedbatelná.

V rámci této práce byl ve většině případů použit třetí způsob s kalibrací body kilometráže, ve specifických případech (viz níže „Problémy s tvorbou staničení“) pak způsob druhý – na základě atributů vstupní linie. Využit byl v QGISu přídatný modul LRS.

#### **5.3.1.1 Plugin LRS**

Tento relativně jednoduchý plugin nabízí velmi podobné funkce jako nástroje lineárního referencování v ArcGIS Pro. Pracuje s liniovými vrstvami a zabývá se tvorbou „tras“, tedy linií s vnitřně přidanou hodnotou o vzdálenosti „m“ od jejího počátku. Nástroj má v zásadě 3 funkce:

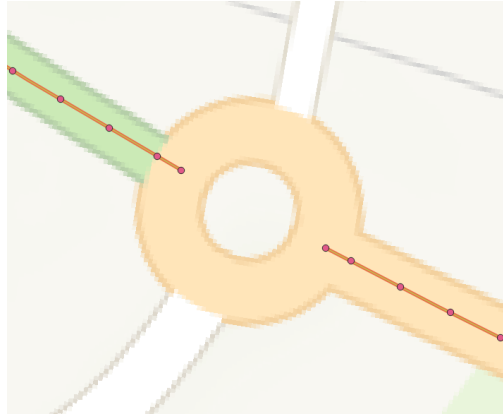
- **Tvorba tras a kalibrace** – z liniové vrstvy vytvoří trasu a kalibruje ji pomocí atributů vstupní linie nebo další bodové vrstvy (způsob č. 2 a 3)
- **Lokalizace událostí** – Na základě vytvořené vstupní trasy je možné dle polohy přidat staničení libovolné další vrstvě (bodové i liniové)
- **Tvorba událostí** – na vstupní trase je možné vytvořit dle zvolených hodnot staničení novou vrstvu bodů či linií

#### **5.3.1.2 Problémy s tvorbou staničení**

V rámci diplomové práce byly řešeny dva problémy při tvorbě staničení:

##### **Okraje úseků**

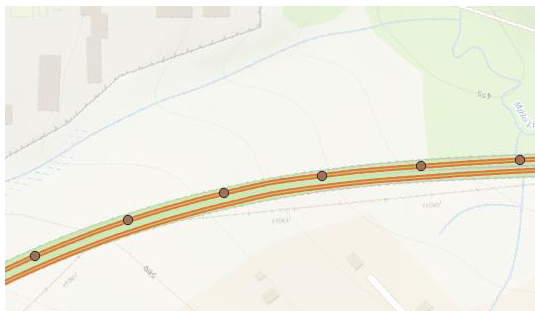
Při kalibrování trasy se staničením jsou potřeba i hodnoty staničení v počátcích a koncích linií. Ty se v bodové vrstvě kilometráže nevyskytují, proto je potřeba ručně přidat body nejen na začátek a konec komunikací v Karlovarském kraji, ale i na hranici útvarů, které byly vyřazeny z důvodu nulového staničení, viz obr. č. 21.



Obrázek 21 – přerušená trasa u okružní křižovatky s nulovým staničením

### Data pro druhý směr

Druhý problém se vyskytl u směrově rozdělených komunikací, kdy body kilometráže byly dostupné pouze pro jeden směr, viz obr. č. 22. Tyto body by se sice daly přiřadit na nejbližší místo v opačném směru, avšak staničení by neodpovídalo realitě. Použit tak byl u směrově rozdělených komunikací (pro jeden směr) druhý způsob tvorby staničení, na základě hodnot atributů liniové vrstvy.



Obrázek 22 – body kilometráže pouze v jednom směru

Po vyřešení těchto problémů byla spuštěn nástroj pro tvorbu tras a výsledkem je kalibrovaná trasa s reálným staničením. Bylo tedy možné přistoupit k dalšímu kroku.

### 5.3.2 Tvorba desetimetrových úseků

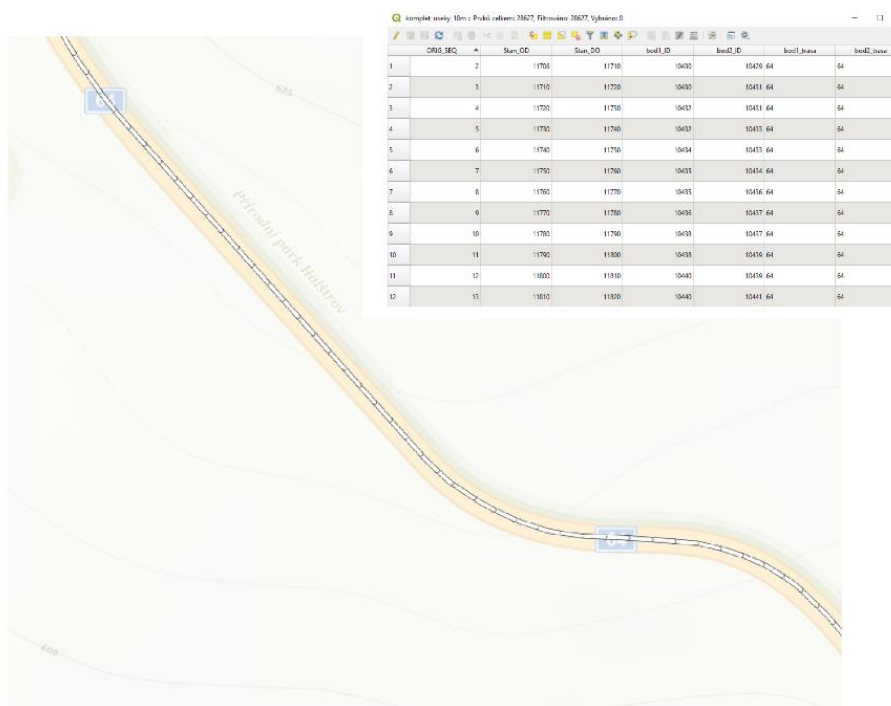
Tvorba požadovaných desetimetrových úseků má 3 fáze.

Nejprve bylo třeba získat body po deseti metrech podél komunikace, teprve následně bylo možné komunikaci podle těchto bodů rozdělit. Vstupní vrstvou pro tvorbu požadovaných úseků je vrstva kalibrovaného staničení vytvořená v předešlém kroku. Dále je třeba připravený csv soubor s údaji, v jakých hodnotách staničení je žádoucí novou vrstvou bodů vytvořit – v Excelu

je tedy vytvořen list hodnot po deseti metrech pro každou komunikaci. Za pomoci těchto dvou souborů a využití jedné z funkcí LRS vytvoříme požadované body. Vytvořená vrstva bodů zároveň obsahuje atributy dle připraveného csv souboru, který vstupuje do procesu. Proto nebyly v Excelu připraveny pouze hodnoty staničení, nýbrž i ID ke každému bodu a označení komunikace, ke které bod patří. Výsledkem jsou nyní body po deseti metrech po celé délce zvolené sítě komunikací.

Ve druhé fázi byl použit nástroj „split lines at points“, výsledkem čehož byl získání požadovaných desetimetrových úseků.

Poslední fází je přiřazení základních atributů na tyto úseky (staničení od – do, ID úseku, označení komunikace). Tyto atributy bylo pouze třeba převést z pomocné vrstvy bodů, jelikož tam již byly v rámci připravovaného CSV v minulém kroku tyto atributy vloženy. Toho bylo docíleno pomocí nástroje „Připojit atributy podle nejbližšího“, který nabízí možnost připojit i více nejbližších prvků, v tomto případě tedy dva (bod na začátku a konci úseku). Výsledné vrstvě z tohoto kroku byl ještě v Excelu přidán atribut „ORIG\_SEQ“, neboli ID úseku. Tím bylo dosaženo finální podoby celkem 28627 úseků (viz obr. č. 23) a ty jsou tak kompletně předpřipravené pro přiřazení pasportových atributů.



Obrázek 23 - vytvořené úseky a struktura jejich základních atributů

## 5.4 Přiřazení atributů na vytvořené úseky

V rámci této práce bylo třeba nejprve rozmyslet, jakým způsobem se budou atributy ostatních vrstev přiřazovat do vytvořených desetimetrových úseků. Samotný cíl je odlišný u bodových a liniových vrstev. Zatímco u těch bodových je žádoucí pouze do stávající struktury každé vrstvy přidat ke každému objektu informaci, ke kterému úseku náleží, cílem u liniových vrstev bylo všechny sjednotit do jedné vrstvy – vytvořených desetimetrových úseků.

### 5.4.1 Propojení bodových vrstev

U bodových vrstev byly řešeny dva úkoly:

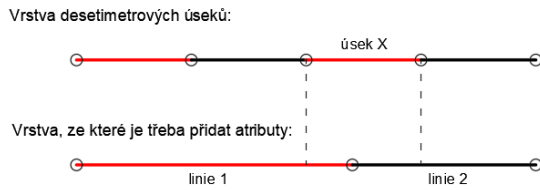
- Propojení přiřazením údajů o úseku, ke kterému objekt spadá, do původní vrstvy
  - Řešeno pomocí funkce „Připojit atributy podle nejbližšího“ - přidání atributů úseků („ORIG\_SEQ“, „Stan\_OD“, „Stan\_DO“) k objektům
- Přidáním základního atributu „počet objektů“ do vrstvy vytvořených úseků
  - Řešeno pomocí Excelu – vypočteno kolik objektů má stejnou hodnotu „ORIG\_SEQ“ pro každý úsek (např. pomocí Excelové COUNTIF funkce)

### 5.4.2 Propojení liniových vrstev

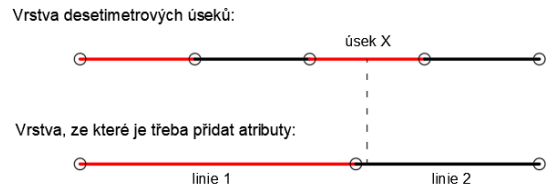
Dělení jednotlivých datových vrstev, ze kterých se parametry přetahují, není konstantní, proto samozřejmě dochází ke změně některých atributů i v rámci jednoho desetimetrového úseku.

Rozhodováno bylo mezi dvěma variantami, jak přistoupit k přiřazení vybraných atributů (z kapitoly 4.3.1.1) z každé vrstvy na vytvořené úseky. První z nich vztahuje parametry k počátečním a koncovým bodům úseků a následně průměruje tyto hodnoty. Druhý způsob využívá pouze středový bod úseku a celému desetimetrovému segmentu jsou tak přiřazeny hodnoty atributů, které jsou přítomny v jeho středovém bodě. Porovnání způsobů vyjadřuje následující obrázek č.24, kdy pro úsek X se způsobem A průměrují hodnoty atributů linií 1 a 2, kdežto způsobem B se vezmou hodnoty z linie 2. Problém způsobu A je nutnost individuálního přístupu k jednotlivým přetahovaným atributům a nutnost vymyšlení terminologie pro kvalitativní parametry. Proto byl použit způsob B, který je výrazně jednodušší, praktičtější a v rámci desetimetrových úseků ani nedochází k výraznější ztrátě informací.

### Způsob A



### Způsob B



Obrázek 24 - porovnání zvažovaných způsobů přiřazení

Prvně tedy museli být vytvořeny středové body. To bylo uděláno pomocí funkce „*Interpolovat bod na linii*“ a s využitím funkce geometrické délky  $\$length/2$  vytvořeny body ve středu každého úseku. Následně byla použita funkce „*Připojit atributy podle nejbližšího*“, a vybrané parametry byly tímto způsobem přiřazeny k bodům ve středu úseku. Aby byly přiřazeny i k úsekům samotným, bylo třeba tuto funkci použít ještě jednou, pouze místo dvojice vstupních vrstev „přiřazované vrstvy“ a „vrstvy středových bodů“ byla místo přiřazované vrstvy použita „vrstva vytvořených úseků“.

Proces přiřazení je opakován pro každou liniovou vrstvu, výsledkem je jejich sjednocení do desetimetrových úseků, které obsahují všechny vybrané parametry původních vrstev.



## 6. Informační databáze nehodovosti

V rámci této kapitoly bylo pracováno s nehodovými daty od policie ČR, a to se dvěma soubory:

- Nehodová data z let 2015–2020 (evidováno 3028 DN)
- Nehodová data z let 2017–2021 (evidováno 2484 DN)

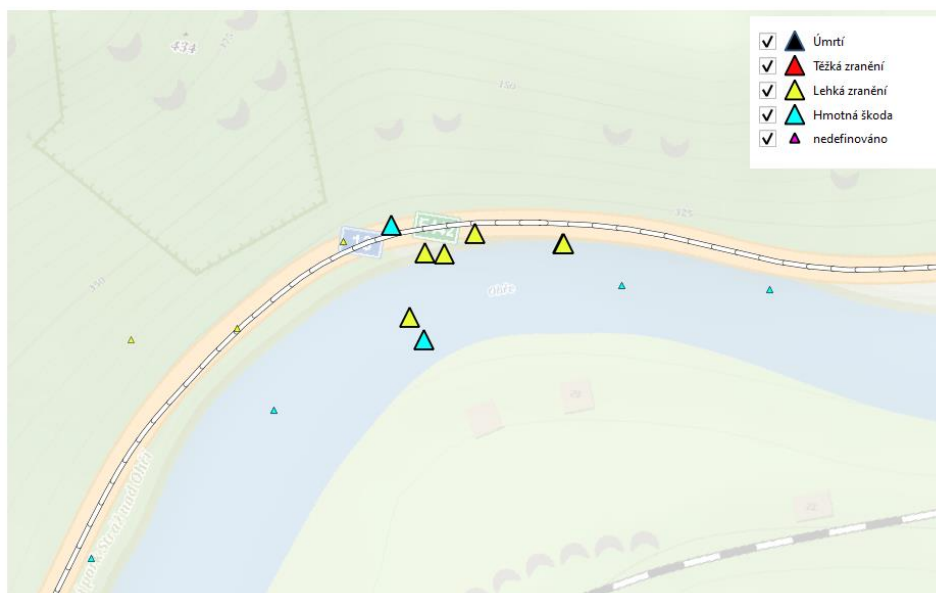
Starší ze souborů byl použit pouze pro porovnání se souborem novějším. Cílem této kapitoly bylo propojit novější data s pasportem komunikací a vytvořenými desetimetrovými úseky (stejným způsobem jako bodové pasportové vrstvy), vytvořit vhodnou vizualizaci v prostředí GIS, identifikace nehodových lokalit a porovnání obou souborů nehodových dat.

### 6.1 Propojení nehodových dat s vytvořenými úseky

Propojení s požadovanými daty bylo řešeno totožně jako v kapitole 5.4.1, tedy do desetimetrových úseků byl připojen nový atribut – počet DN, a do vrstvy nehodových dat (řešeno pouze pro soubor 2017-2021) byly přidány identifikační údaje nejbližšího úseku.

### 6.2 Vizualizace v prostředí GIS

Pomocí nastavení symbologie v QGISu bylo zobrazení nehod rozlišeno na základě jejich následků. Pro nehody spadající do nehodových lokalit zjištěných později byla zvětšena velikost, viz obr. č. 25.



Obrázek 25 – vizualizace DN a nehodových lokalit

## 6.3 Nehodové lokality

Nehodové lokality bylo třeba nejprve definovat, podle toho pak nalézt a porovnat změnu v rámci dvou souborů dat.

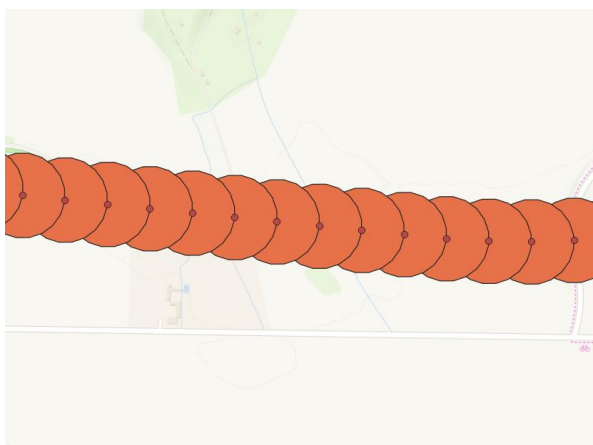
### 6.3.1 Definice

V rámci této diplomové práce bylo pracováno s definicí nehodové lokality dle „*Metodiky identifikace a řešení míst častých dopravních nehod*“ od CDV. Ta považuje úsek komunikace o délce do 250 m nebo křižovatku za nehodovou lokalitu, jestliže zde nastaly:

- N1 – nejméně 3 nehody s osobními následky za 1 rok,
- N2 – nejméně 3 nehody s osobními následky stejného typu za 3 roky,
- N3 – nejméně 5 nehod stejného typu za 1 rok.

### 6.3.2 Postup v prostředí GIS

Pomocí nástroje „buffer“ byla kolem bodů kilometráže po 100 metrech vytvořena obalová vrstva s poloměrem 100 metrů (viz obr. č. 26).

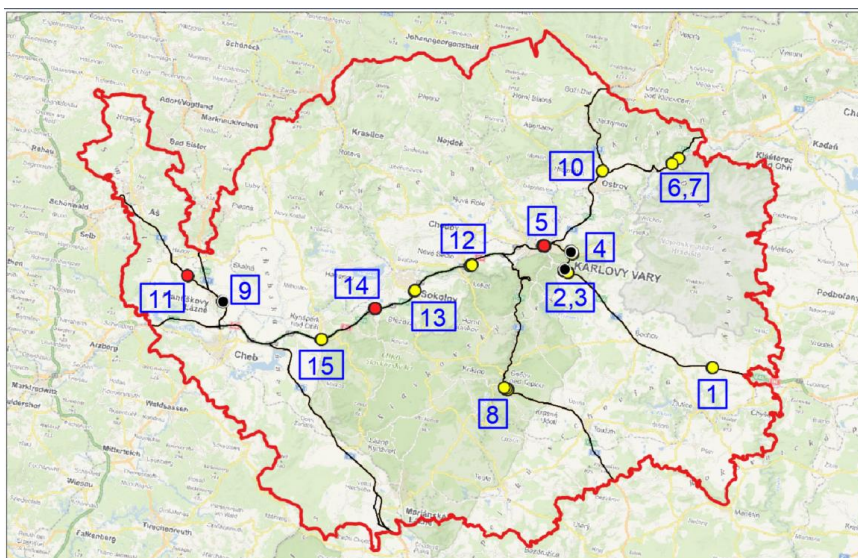


Obrázek 26 - obalová vrstva

Nehody byly přiřazeny k obalovým vrstvám. Díky překryvu těchto vytvořených prvků náleží každá z nehod až do dvou z nich, což následně funguje jako „plovoucí okénko“ při hledání nehodových lokalit. Na základě postupného filtrování dat a tvorby výběrů dle vytvořených výrazů (dle hodnot atributů týkajících se data, následků a typu nehody – viz kapitola 4.3.2) pro každou z podmínek N1, N2 a N3, byly rozpoznány takové kružnice obalových vrstev, ve kterých je splněna alespoň jedna z nich. Stanovení těchto „kružnic“ se stalo středem nehodových lokalit. Dále byly rozšířeny o nehody, které sice svými parametry nevytvořili

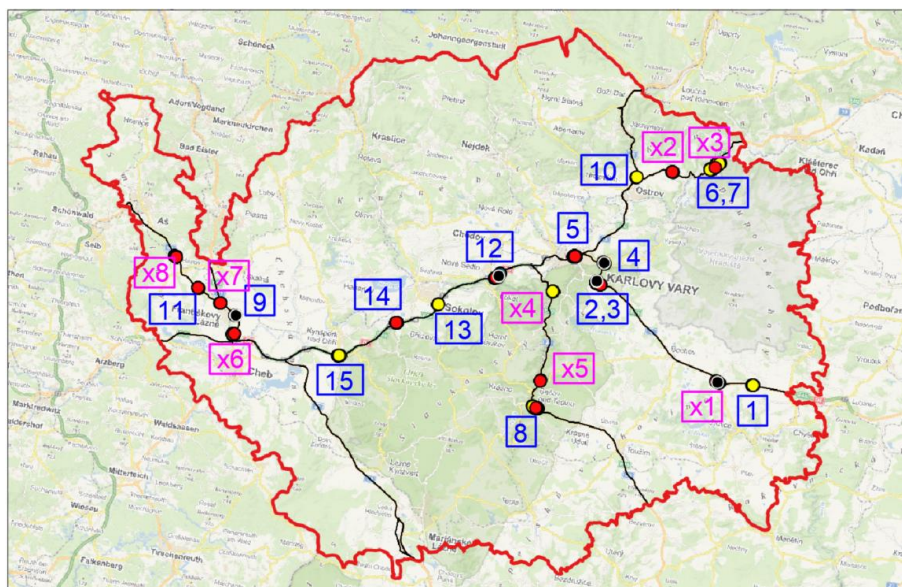
nehodovou lokalitu dle podmínek, avšak svou polohou náleží ke stejným úsekům. Zároveň byly k nehodovým lokalitám přiřazeny nehody s lokalitami přímo sousedící, a to až do doby, než byla mezi nehodami vytvořena mezera více než 100 metrů.

### Nehodové lokality 2017–2021



Obrázek 27 - nehodové lokality 2017-2021

### Nehodové lokality 2015–2020



Obrázek 28 - nehodové lokality 2015-2020

### 6.3.3 Porovnání výsledků

Již z parametrů souborů dat byl předpoklad, že nehodových lokalit by mělo v novějším souboru ubývat, a to z několika důvodů. Tím hlavním je fakt, že ve starším souboru byla zkoumána nehodová data za 6 let, oproti tomu v novějším pouze za 5 let. Druhým důvodem jsou covidové roky 2020 a 2021, ve kterých ubyl dopravní výkon, a tudíž i dopravní nehody. Třetím důvodem je obecný trend poklesu nehod s osobními následky. Srovnání obou souborů lze vidět v tabulce č. 13. a na obrázcích č. 27 a 28. Všech 15 nehodových lokalit zjištěných analýzou dat z let 2017–2021 již byly lokalitami stávajícími, naopak 8 jich bylo vyřazeno, jelikož nadále nesplňují podmínky definice NL. Pozitivním zjištěním tedy bylo, že rok 2021 neevokuje vznik žádné nové nehodové lokality.

Tabulka 13 - nehodové lokality

Nehodové lokality (2017-2021)						
Číslo	Silnice	Staničení		N1	N2	N3
		od	do			
1	6	86400	86600	0	1	0
2	6	107900	108000	1	1	0
3	6	108400	108700	1	1	1
4	6	110800	111300	1	1	1
5	6	114600	115000	0	1	1
6	13	21400	21600	1	1	1
7	13	22600	22700	0	1	0
8	20	21000	21600	1	1	0
9	21	53800	54000	0	1	0
10	25	300	500	0	1	0
11	64	2900	3100	1	0	0
12	D6	135000	135400	0	1	1
13	D6	142700	142900	0	1	0
14	D6	148200	148500	0	0	1
15	D6	155600	155800	0	1	0

Nehodové lokality (2015-2020)						
Číslo	Silnice	Staničení		N1	N2	N3
		od	do			
1	6	86400	86700	0	1	0
2	6	107800	108200	1	1	0
3	6	108400	108800	1	1	1
4	6	110900	111200	1	1	1
5	6	114600	115100	1	1	1
6	13	21400	21700	1	1	0
7	13	22500	23000	1	1	0
8	20	21000	21800	1	1	0
9	21	53800	54000	0	1	0
10	25	300	500	0	1	0
11	64	2900	3100	1	0	0
12	D6	134700	135700	1	1	1
13	D6	142700	142900	0	1	0
14	D6	148200	148500	0	0	1
15	D6	155600	156000	0	1	0
X1	6	90200	90800	0	1	0
X2	13	15900	16100	1	0	0
X3	13	22000	22300	1	1	1
X4	20	6500	6700	1	1	0
X5	20	17600	17800	1	0	0
X6	21	51400	51700	1	0	0
X7	21	56000	56200	1	1	0
X8	64	7400	7800	0	0	1

# 7. Implementace bezpečnostní inspekce v prostředí GIS

Vstupem pro tuto kapitolu jsou zejména data z bezpečnostní inspekce, jejichž struktura je popsána v kapitole „číslo kapitoly“. Druhým vstupem je jakákoliv liniová vrstva reprezentující polohu komunikací.

## 7.1 Cíle

Hlavní úlohou je zde přehledná vizualizace v prostředí GIS, včetně řešení převodu liniových deficitů z původního bodového zobrazení ze vstupních dat na samotné linie. Po nahrání dat ze vstupního CSV a filtraci neaktuálních dat, je výsledkem množství bodů vyskytující se podél komunikace, znázorňující jak bodové, tak liniové deficity (viz obrázek č.29). levá část po přiblížení do jedné oblasti). Cílem bylo přetvoření dat na výstup zobrazený na témže obrázku.



Obrázek 29 – srovnání vstupu a požadovaného výstupu

## 7.2 Statistiky

Celkem bylo řešeno 2933 záznamů aktuálních deficitů z nejnovější revize. Ty jsou statisticky dle závažnosti a náročnosti sanace rozděleny dle tabulky č. 14 následovně:

Tabulka 14 - rozdělení deficitů

	Závažnost	Náročnost sanace		
		Jednoduché	Administrativní	Složité
Liniové	Vysoká	0	146	0
	Střední	2	284	130
	Nízká	102	146	13
Bodové	Vysoká	4	133	73
	Střední	60	373	275
	Nízká	366	760	66

## 7.3 Vizualizace

Prvním krokem vizualizace je rozdělení dat na dva soubory, a to deficitů bodové a liniové. To je provedeno na základě atributu „TYP“, který obsahuje každý deficit. Následně bylo přistupováno k oběma zvlášť, neb u liniových je oproti bodovým navíc jeden zásadní a nejnáročnější krok, a to jejich převedení na linie.

U obou vrstev dále bylo žádoucí pomocí barev a velikosti (resp. tloušťky u liniových) na první pohled odlišit hodnoty dvou zásadních parametrů: kategorie a závažnosti (nízká, střední, vysoká). Atribut kategorie detailněji popisuje charakter daného deficitu. U bodových deficitů dosahoval tento atribut celkem 91 hodnot, u liniových to bylo 38. Tento vysoký počet musel být pro přehlednost samozřejmě redukován, a bylo vytvořeno celkem 7 (resp. 6) skupin, na jejichž základě byly později deficitů barevně rozlišeny. Skupiny včetně četností zařazených deficitů lze vidět v následující tabulce č. 15.

Tabulka 15 - kategorie deficitů pro vizualizaci

kategorie deficitů	Četnost	
	Liniové	Bodové
Název skupiny		
SDZ, VDZ, dopravní zařízení	45	535
Podmínky pro pěší, OOSPO, bezbariérovost, VHD	51	140
Zadržné zařízení	59	412
Pevná překážka	566	722
Reklamní zařízení	2	180
Technický stav vozovky	73	0
Ostatní	27	121
Suma	823	2110

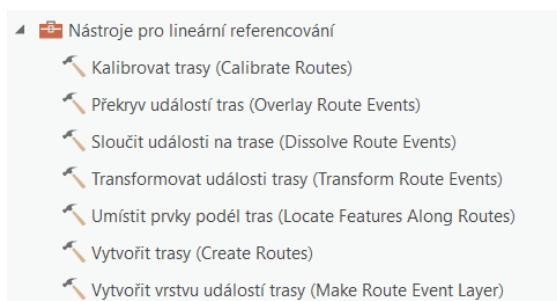


Detailní tabulky se soupisem, jakých hodnot atribut kategorie nabýval a jak byly seříděny do těchto skupin, viz příloha č. 3 – „Rozřazení deficitů pro vizualizaci“.

## 7.3.1 Liniové deficity

### 7.3.1.1 Tvorba odsazených linií

Cílem zobrazení liniových deficitů bylo nejprve je vůbec z jednotlivých bodů vytvořit, a následně je prezentovat jako linie odsazené od komunikace v několika různých „hodnotách“ odsazení tak, aby se vzájemně nepřekrývali v případech, kdy se jich na jednom úseku vyskytuje více. K tomuto úkolu byl využit program ArcGIS Pro, zejména z toolboxu (skupina „funkcí“) *Nástroje pro lineární referencování*, viz obr. č.30.



Obrázek 30 – nástroje lineárního referencování

Bylo postupováno v následujících krocích:

- 1) Vytvoření linií pro tvorbu tras
- 2) Tvorba tras
- 3) Rozdělení dle směru staničení
- 4) Umístění prvků (deficitů) podél tras
- 5) Úpravy v Excelu, získání počátku a konce staničení, hodnota odsazení
- 6) Vytvoření vrstvy událostí trasy

#### **Vytvoření linií pro tvorbu tras a tvorba tras:**

Podstatou těchto kroků je vytvořit linie pro oba směry, a následně z nich udělat trasy, tedy přidat těmto liniím údaj o staničení. Vstupní vrstvou pro tyto kroky je jakákoliv liniová vrstva kopírující správnou geometrii komunikací. Důležité je nezapomenout rozlišit trasy pro oba směry směrově rozdělených komunikací, neb oba mají ve vstupních datech jinou souřadnicovou polohu (v grafickém zobrazení vedou dvě linie vedle sebe, kdežto směrově nerozdělené komunikace jsou znázorněny pouze jednou linií). Při tvoření tras můžeme použít kterýkoliv ze tří způsobů zdroje staničení, které ArcGIS Pro nabízí (délka prvků, hodnoty

z jednoho pole, hodnoty ze dvou polí), dle atributů použité vstupní vrstvy. Staničení pro tento účel totiž může být i fiktivní, pokud zachová správné jednotky délky. Jde pouze o vzdálenostní charakteristiku, aby v pozdějším kroku šlo z bodu vytvořit linii konkrétní délky s počátkem v bodě zadaném souřadnicemi pro jednotlivé deficity. Staničení (resp. trasy) tak nemusí být kalibrováno a stačí nejjednodušší varianta – staničení dle délky prvků s počátkem v 0 a koncem dle geometrické délky linie trasy. Důležité je však pohlídat si, kde má trasa počátek a konec staničení tak, aby to odpovídalo staničení v realitě. V programu ArcGIS Pro je toto nastavení řešeno možnostmi počátku dle polohy ve výkresu – pravá/levá a horní/dolní.

Lze také použít již kalibrované trasy z předchozích kapitol a tím přeskočit tyto 2 kroky.

### **Rozdělení dle směru staničení:**

V tomto kroku byla data rozdělena na dva soubory, dle atributu „Směr staničení“, a to ze dvou důvodů. Prvním z nich je fakt, že vstupní trasy jsou pro oba směry u některých komunikací (těch směrově rozdělených) rozdílné. Druhým důvodem je, že zadané délky liniových deficitů jsou brány ve směru jízdy, kdežto směr staničení je pro oba směry stejný. Známa souřadnice bodu tak u deficitů ve směru staničení znamená „počátek“ (nižší hodnotu staničení), zatímco u deficitů proti směru je to bod koncový (bod s vyšší hodnotou staničení).

### **Umístění prvků (deficitů) podél tras:**

Vstupem do tohoto procesu jsou vrstvy vytvořených tras a vrstvy s liniovými deficity. Díky této funkci („umístění prvků podél tras“) v ArcGIS Pro je deficitu (respektive jeho počátku či konci – podle směru staničení) přiřazena hodnota staničení, která se rovná nejbližšímu místu na trase. Tato hodnota je přidána jako atribut „MEAS“ do vrstvy deficitů a je stěžejní pro následující úpravy v Excelu a celé přetvoření bodů na linie.

### **Úpravy v Excelu, získání počátku a konce staničení, hodnota odsazení:**

Nejprve byla vrstva deficitů převedena jednoduchou funkcí do formátu xls, aby mohla být otevřena v Excelu. Vytvořeny byly dva nové sloupce „OD“ a „DO“ a pomocí sloupců „MEAS“ a „DÉLKA“ byly vytvořeny dle tabulky č. 16.

*Tabulka 16 - tvorba hodnot staničení*

	OD	DO
po směru	"MEAS"	"MEAS" + "DÉLKA"
proti směru	"MEAS" - "DÉLKA"	"MEAS"



Po tomto jednoduchém úkonu by již bylo možné pokračovat a pomocí následujícího kroku získat požadované linie místo pouhých bodů. Realita je však taková, že na většině úseků se nachází více než jeden deficit, a při takovémto zobrazení by se navzájem překrývali a vizualizace se stala nepřehlednou. Proto byla vize práce v Excelu ještě rozšířena o získání atributů „skupina“ a „odsazení“, které by následně měli posloužit jako vstupní hodnoty pro odsazení linií od samotné vrstvy komunikací. Idea tedy byla následující, od začátku staničení jednotlivé komunikace přiřazovat deficitům v jednom směru číslo skupiny tak, aby se ve stejném úseku nikde nevyskytovali dva deficity se stejným takovým číslem.

Pracovat bylo nutné s každým směrem a každou komunikací zvlášť – u všech však šlo o stejnou sekvenci kroků:

Krok č. 1:

- Pomocí filtrů v Excelu byla nejprve data seřazena podle hodnoty atributu „DO“ od nejmenšího po největší (pro zabránění překrytí je důležité, kdy deficit končí, nikoliv začíná – proto atribut „DO“)

Krok č. 2:

- První deficit byl vložen do skupiny „1“ a pro další byl použit vzorec, který zařadil zbylé deficity buď taktéž do skupiny „1“, pokud začínal až dále, než končil předchozí, nebo do skupiny „2“ pokud nikoliv (viz obr. č.31)

OD	DO	skup
196,9548	221,9548	1
444,0189	474,0189	=IFS(AC3>AD2;1;AC3<AD2;2)
692,4933	857,4933	1
473,0798	863,0798	2
873,9957	908,9957	1
934,3315	959,3315	1
1817,782	1842,782	1
2372,757	2397,757	1
2404,442	2710,442	1

Obrázek 31 – ukázka práce v Excelu č. 1

Krok č. 3:

- Získané hodnoty byly překopírovány do dalšího sloupce, pouze jako hodnoty (nikoliv včetně vzorce)
- U deficitů, kde se vyskytuje hodnota „1“ již nebude docházet ke změně

Krok č. 4:

- Dále byla data seřazena primárně podle nově vzniklé skupiny od největšího (překopírovaný sloupec) a sekundárně opět podle sloupce „DO“

- Z tohoto důvodu se sloupec kopíroval pouze jako hodnoty, neb po jiném seřazení již u původně vypočteného sloupce dochází ke změnám

Krok č. 5:

- Dále se v podstatě vždy opakují kroky č. 2 až č. 4 s tím, že se pracuje s o jedna vyššími hodnotami, viz obr. č. 32.

OD	DO	skup	skup1	skup2
473,0798	863,0798	2	2	2
2388,593	2988,593	1	2	=IFS(AC3>AD2;2;AC3<AD2;3)
2383,813	3403,813	2	2	3
3437,585	3807,585	1	2	2
3860,889	3990,889	1	2	2
3852,005	4087,005	2	2	3
14003,99	14193,99	1	2	2
17860,49	17920,49	1	2	2
19181,39	19261,39	1	2	2
10207,6	10332,6	1	2	2

Obrázek 32 - ukázka práce v Excelu č. 2

- vzorec již se neaplikuje na skupiny „1“, ty se pouze překopírují, v dalším opakování se již neaplikuje ani na skupinu č.2 atd.

Krok č. 6:

- Po proběhnutí potřebného počtu iterací, kdy již nevzniká deficit zařazený do vyšší skupiny než číslo iterace, je rozdělení do skupin finální
- Posledním krokem je vytvoření sloupce „odsazení“, který je v rámci této odstupňován po pěti metrech s každou další skupinou
- Pro deficity po směru je žádoucí zapsat kladnou hodnotu odsazení a pro deficity proti směru naopak. Tím bude v další fázi dosaženo odsazení na pravou/levou stranu

#### Vytvoření vrstvy událostí podél trasy:

Předpřipravený Excel byl dále nahrán do prostředí pracovního projektu v ArcGIS Pro. Nyní již byla pouze použita funkce „Vytvoření vrstvy událostí podél trasy“. Vstupem je tabulka a její parametry „OD“, „DO“ a „odsazení“, a vrstva příslušné trasy. Výsledkem těchto kroků bylo vyobrazení deficitů jako odsazených linií (viz obr. č. 33).



Obrázek 33 - vytvořené odsazené linie a původní vstupní body

Tato část vizualizace liniových deficitů byla tvořena v programu ArcGIS Pro, protože k tomu nabízel pro případ kýženého výsledku lepší možnosti. Jednalo se zejména o možnost odsazení zabudovanou přímo v kroku tvorby finální vrstvy, bez nutnosti dalších kroků navíc.

Pro barevnou, tvarovou a velikostní vizualizaci dle nabývaných hodnot atributů byl v další podkapitole vizualizace použit QGIS.

### 7.3.1.2 Vizualizace dle typu a závažnosti

Druhou fází byla vizualizace na základě kategorie deficitu a závažnosti. Vstupem jsou původní kategorie v atributech a také ty, jež jsou určeny v předchozí části kapitoly (viz tabulka č.15), které ty původní sdružují. Nové skupiny jsou vytvořeny až v rámci právě tohoto kroku. QGIS nabízí možnost vizualizace „dle pravidla“ pomocí výrazu v Pythonu. Jednoduchým způsobem tak pro každou novou skupinu byly vybrány všechny do ní zařazené původní kategorie, například pro skupinu „Zadržné zařízení“ viz obr. č. 34.

```
"KATEGORIE_" IN ( 'Absence svodidla' , 'Neadekvátně provedené svodidlo (např. malý poloměr zaoblení, nevhodná poloha umístění)' , 'Neadekvátní úroveň zadržní svodidla' , 'Nedodržení min. vzdálenosti za svodidlem' , 'Neopodstatněné umístění svodidla - neplní svoji ochrannou funkci' , 'Nevhodný typ záchytného zařízení' , 'Přerušené boční svodidlo' , 'Vysoké svodidlo, vysoká poloha pásnice svodidla (riziko podjetí)' )
```

Obrázek 34 - ukázka výrazu pro nastavení symbolů dle kategorie

Co se velikosti prvků týče, dají se taktéž nastavit pomocí atributu, pouze však numerického. Proto byl nejprve vytvořen atribut nový, který převádí pomocí výrazu původní textové vyjádření závažnosti na numerickou hodnotu, a podle této hodnoty byla následně nastavena šířka linií tak, aby vyhovovala přehlednému zobrazení. Výrazy pro převod na numerickou hodnotu je pro příklad ukázán na obr. č. 35.

```

Výraz Editor funkcí
= + - / * ^ || ( ) 'n'
CASE
WHEN "ZÁVAŽNOS" = 'NÍZKÁ' THEN 0.3
WHEN "ZÁVAŽNOS" = 'STŘEDNÍ' THEN 0.55
WHEN "ZÁVAŽNOS" = 'VYSOKÁ' THEN 0.9
END

```

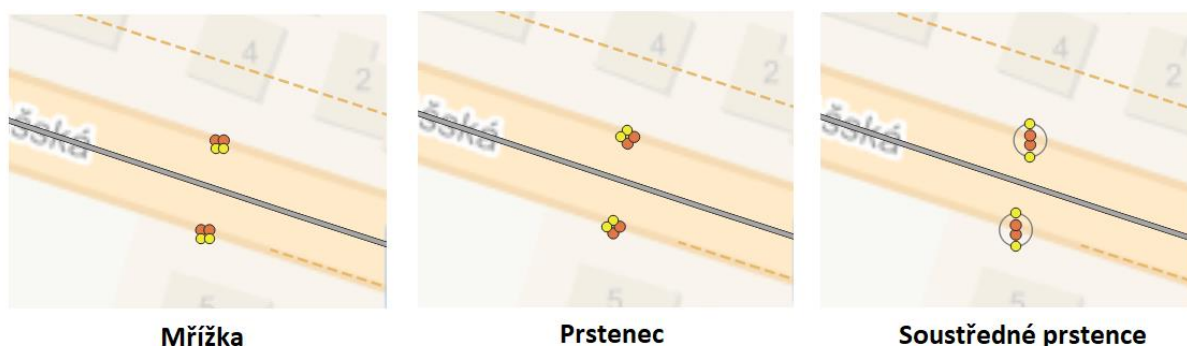
Obrázek 35 - převod textového atributu na numerickou hodnotu

Tímto bylo zobrazení liniových deficitů dokončeno. Ukázka je vyobrazena níže, na obrázku č.37.

### 7.3.2 Bodové deficity

U bodových deficitů probíhalo řešení barevné a velikostní vizualizace totožným způsobem, jako u těch liniových.

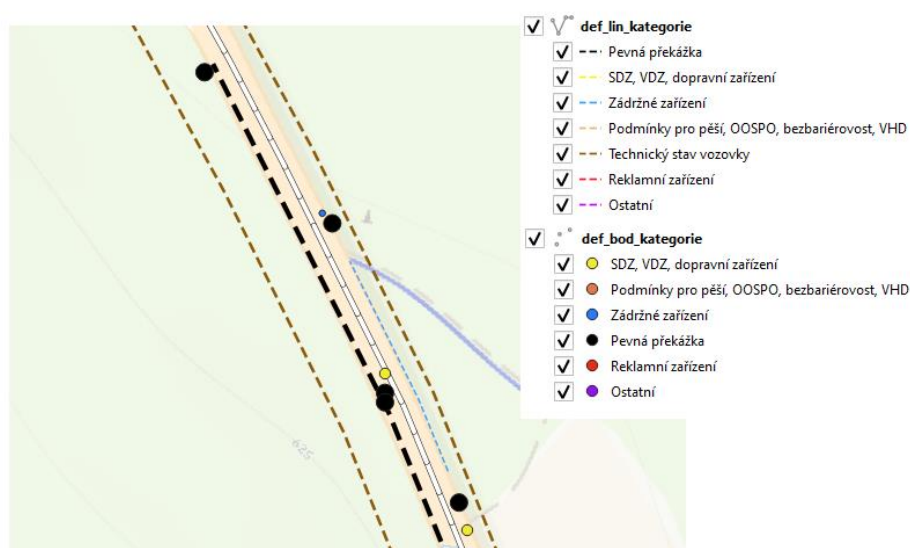
Poslední věcí, co bylo vizuálně potřeba vyřešit, byly překrývající se bodové deficity (více deficitů zaznamenáno v jednom bodě, ve stejných souřadnicích). Toho bylo docíleno v QGISu, v nastavení symbologie vrstvy. Program nabízí možnost „posunutí bodů“, která dle nastavených parametrů (např. středový symbol, tloušťka, barva, nebo vzájemná vzdálenost bodů spouštějící tuto funkci) posune body vedle sebe, aby byly všechny viditelné. Uživatel má možnost zvolit si podobu zobrazení bodů ze tří hlavních možností – prstenec, soustředné prstence či mřížka. Pro diplomovou práci byla zvolena mřížka. Porovnání všech tří vzorů na příkladu čtyř bodových, překrývajících se deficitů viz obr. č.36.



Obrázek 36 - možnosti zobrazení překrývajících se bodů

### 7.3.3 Čtení informací z vizualizace

Na následujícím obrázku č.37 je zobrazený 250 metrů dlouhý úsek komunikace I/64 mezi městy Hazlov a Aš, konkrétně mezi staničením 8250 a 8400. Na první pohled, bez otevírání atributových tabulek, lze říct, charakterově jaké deficity se zde vyskytují. Co se těch liniových týče, tak v obou směrech se po celé délce tohoto úseku vyskytují deficity spjaté s technickým stavem vozovky střední závažnosti, ve směru na Aš (na obrázku směr nahoru) je v části úseku problém se zádržnými zařízeními nízké závažnosti a v opačném směru problém vysoké závažnosti ohledně pevných překážek. Na úseku pak je 5 bodových deficitů vysoké závažnosti ze skupiny pevných překážek, 2 střední závažnosti týkající se dopravního značení a jeden nízké ze skupiny zádržných zařízení.

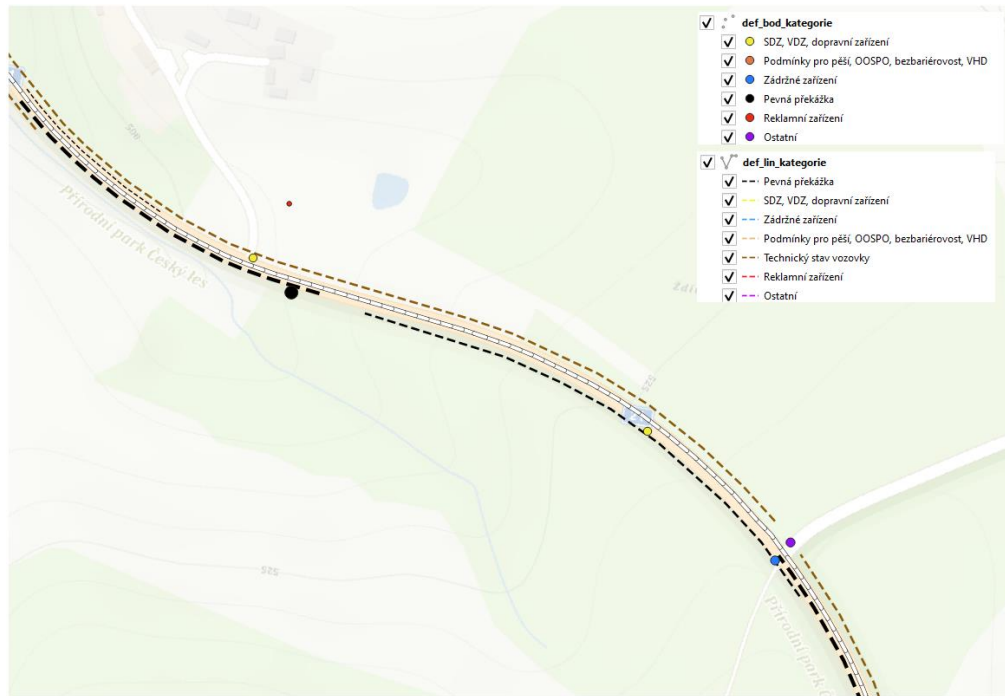


Obrázek 37 – vizualizace deficitů

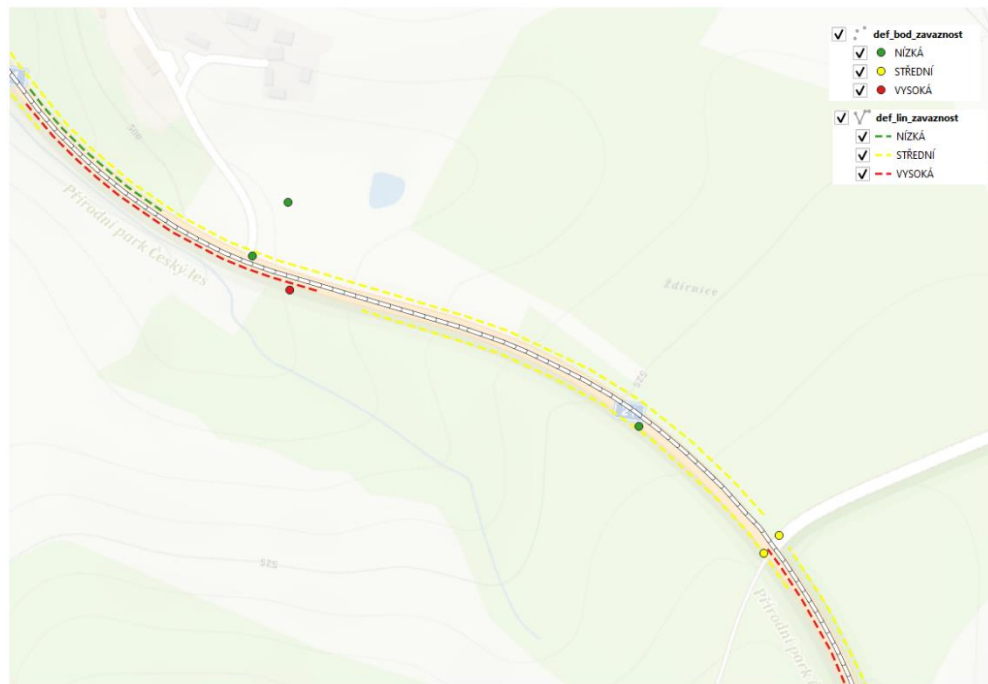
Zatímco body jsou zobrazeny přímo v místě výskytu deficitu, tak u linií je vzdálenost od středu komunikace pouze výsledkem snahy o přehlednou vizualizaci.

### 7.3.4 Další možnosti vizualizace

Vizualizace na základě kategorie není jedinou možností, dalšími variantami jsou taktéž velmi důležité atributy pro vizualizaci – závažnost a náročnost sanace (opatření). Srovnání všech 3 provedených způsobů vizualizace (kategorie, závažnost, sanace) lze vidět na následujících obrázcích č. 38,39 a 40 ze stejné oblasti.



Obrázek 38 - vizualizace dle kategorie



Obrázek 39 - vizualizace dle závažnosti



Obrázek 40 - vizualizace dle náročnosti sanace

# 8. Dopravně geografický systém Karlovarského kraje

Výsledkem práce z předchozích kapitol je funkční geografický informační systém, který sjednotil všechny použité zdroje dat a přidal jim vhodnou vizualizaci.

## 8.1 Finální vrstvy

Ve výsledném mapovém projektu je tedy celkem 17 vrstev, některé však reprezentují stejná data, pouze odlišnou symbolikou. Těmito vrstvami jsou:

- 2 vrstvy reprezentující desetimetrové úseky
  - „**Useky\_10\_zaklad**“ – desetimetrové úseky s vlastními identifikačními atributy
  - „**Useky\_10\_final**“ – desetimetrové úseky s přiřazenými atributy:
    - 7 vlastních, identifikačních atributů
    - 72 atributů pasportových liniových dat (viz kapitola č. 4.3.1)
    - 8 atributů každého liniového deficitu (kategorie, kategorie1, délka, popis, závažnost, opatření, poznámka, náročnost)
      - Vzhledem k možnosti výskytu více deficitů na stejném úseku je ve struktuře těchto 8 atributů celkem 12x a skupiny jsou od sebe odděleny předponou atributů
    - 8 atributů odkazující na počet objektů pasportu, dopravních nehod a deficitů, viz tabulka č.17.

Tabulka 17 - atributy výskytu jevu/objektu na úsecích

Atributy výskytu jevu/objektu		
č. atr.	Kód atributu	Popis atributu
1	kriz_poc	počet křižovatek
2	prej_poc	počet přejezdů
3	podj_poc	počet podjezdů
4	most_poc	počet mostů
5	DN_poc	počet dopravních nehod
6	defb_poc	počet bodových deficitů
7	defl_poc	počet liniových deficitů
8	DEF_poc	počet deficitů celkem

- 5 vrstev reprezentující objekty pasportu
  - „**uzly**“
  - „**prejezdy**“
  - „**podjezdy**“



- „mosty“
- „křižovatky“
- 4 vrstvy reprezentující dopravní nehody – všechny nehody a nehodové lokality ze dvou souborů dat (dle let)
  - „DN\_KV\_2017\_2021“ – DN se strukturou atributů z kapitoly 4.3.2 a identifikačními atributy přiřazeného úseku
  - „DN\_KV\_2017\_2021\_NL“ - DN z identifikovaných nehodových lokalit se strukturou atributů z kapitoly 4.3.2 a identifikačními atributy přiřazeného úseku
  - „DN\_KV\_2015\_2020“ – DN, pouze pomocná vrstva
  - „DN\_KV\_2015\_2020\_NL“ – DN z identifikovaných nehodových lokalit
- 6 vrstev reprezentující deficity z bezpečnostní inspekce – bodové a liniové zvlášť, ve 3 verzích vizualizace (dle kategorie, dle sanace, dle závažnosti)
  - „def\_bod\_kategorie“
  - „def\_bod\_sanace“
  - „def\_bod\_zavaznost“
  - „def\_lin\_kategorie“
  - „def\_lin\_sanace“
  - „def\_lin\_zavaznost“

## 8.2 Způsob propojení

Styl propojení těchto vrstev je jednoduchý – bodovým atributům byly přiřazeny atributy identifikující a charakterizující konkrétní úsek, ke kterému spadají. Těmito atributy jsou:

- „ORIG\_SEQ“ – ID úseku
- „STAN\_OD“ a „STAN\_DO“ – hodnoty staničení úseku
- „bod1\_trasa“ a „bod2\_trasa“ – označení komunikace začátku a konce úseku

## 8.3 Vyhledávání úseků se stejnými vlastnostmi

Na základě propojení pasportů lze vyhledávat všechny úseky o stejných, zvolených parametrech, a to pomocí jednoduchých výrazů. Pro příklad – pokud budeme chtít vyhledat takové úseky, které:

- obsahují minimálně 5 deficitů
- šířka jízdního pásu je menší než 7 metrů
- denní intenzita vozidel je více než 6000 voz/den
- denní intenzita cyklistů je více než 40

použijeme výraz, který je na obr. č. 41 a nalezneme 9 úseků, splňující tyto parametry.

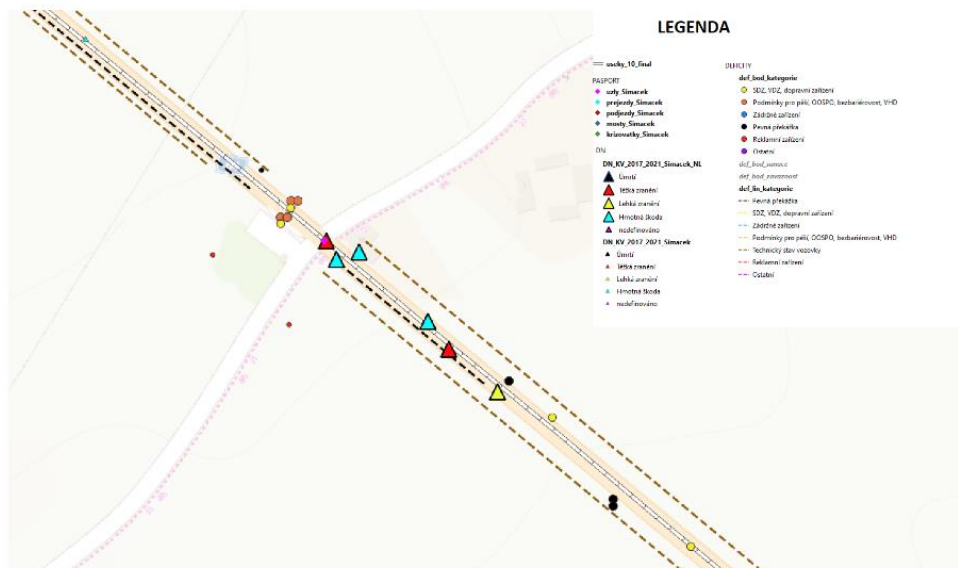
```
"p_sir_jpas" <7 and "s_SV" >6000
and "s_cykl">40 and "DEF_poc" >4
```

Obrázek 41 – výraz pro vyhledávání úseků dle zadaných parametrů

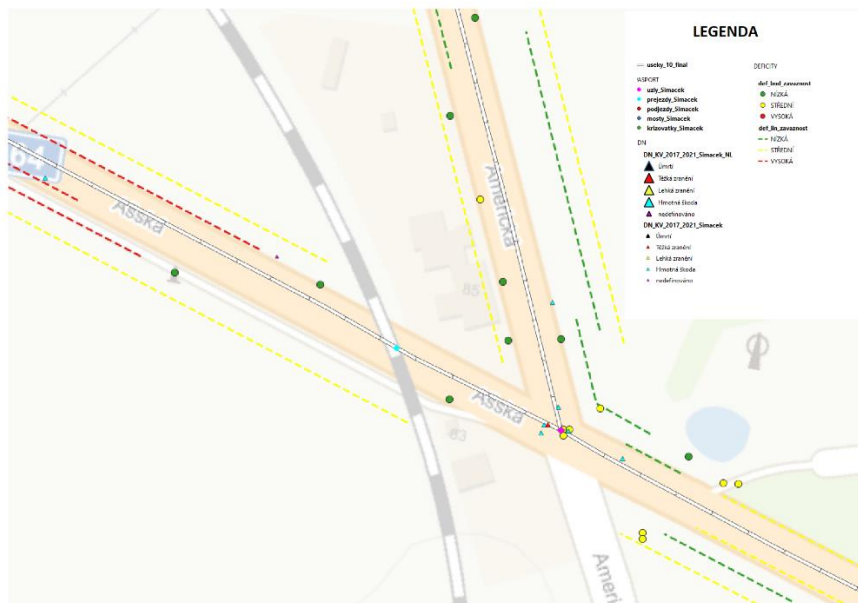
Mimo úseky jde vyhledávat i další objekty. Jednoduše lze najít pro příklad třeba polohy deficitů, jejichž závažnost je vysoká a řešení jednoduché.

## 8.4 Výsledná vizualizace

Vizualizace je zaměřená zejména na dopravní nehody a deficity. Informace, které obsahuje pasport komunikací, jsou ve formě atributů uvnitř desetimetrových úseků. Na následujících obrázcích č. 42 a 43 jsou dva příklady finální vizualizace, první zobrazuje nehodovou lokalitu na komunikaci I/64 a deficity zobrazuje dle kategorie, druhý zobrazuje připojení komunikací I/64 a I/21 a deficity symbolizuje dle závažnosti.



Obrázek 42 – zobrazení nehodové lokality



Obrázek 43 – zobrazení styku komunikací I/64 a I/21

Viditelnost jednotlivých vrstev nemusí být samozřejmě zapnutá pořád, je na uživateli, které vrstvy chce zrovna zobrazit.

## 8.5 Možnosti zlepšení

Určitě je třeba dodat, že stále existují místa, kde by tento geografický informační systém potřeboval do budoucna zlepšit.

### Větší množství datových vrstev

Pro lepší funkčnost a větší možnosti vyhledávání by bylo třeba více parametrů, a tudíž i více vstupních vrstev. Využití by zde našli určitě vrstvy proměnných parametrů nebo

### Způsob přiřazení bodových vrstev

V desetimetrových úsecích se do množstevních atributů výskytu jevů a objektů v současné podobě přiřazují tyto jevy a objekty 1:1. Většina těchto bodů však v realitě ovlivňuje delší úsek, a přiřazení by tak mělo být k více úsekům.

### Atributy ve větším detailu

U některé přiřazené atributy na úseky jsou až příliš zobecněné. Příkladem budiž např. přiřazený „počet DN“, který by mohl být dále rozlišen dle závažnosti na počet DN s úmrtím, zraněním a pouze hmotnou škodou. Jiné atributy by bylo možné upřesnit převedením na numerickou hodnotu.

## 9. Závěr

V prvních, teoretických, kapitolách byla nejprve popsána obecná teorie bezpečnosti na pozemních komunikacích a tři hlavní faktory (pilíře) podílející se na tvorbě bezpečného dopravního systému. Těmito pilíři jsou účastník provozu, vozidlo a pozemní komunikace. Byly rozděleny nástroje určené k řešení problematiky bezpečnosti na reaktivní, využívající statistiky nehodových dat, a reaktivní, využívající zejména parametry komunikace a jejího nejbližšího okolí. Byly popsány jednotlivé nástroje a jejich metodik, zejména pak ty přijaté směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2008/96/ES – zejména Audit bezpečnosti pozemních komunikací a bezpečnostní inspekce pozemních komunikací. Dále byla popsána zjednodušená teorie geografických informačních systémů. V rámci diplomové práce bylo pracováno s programy QGIS a ArcGIS Pro, které byly taktéž popsány, včetně datových formátů výstupu z této aplikace.

Cílem této diplomové práce bylo vytvoření geografického informačního systému pro dálnice a silnice I. třídy v Karlovarském kraji. V rámci praktické části byl nejprve nutný rozbor všech poskytnutých informačních zdrojů. Zpracovávaná data pocházely ze tří datových souborů – data pasportu z Informačního systému o silniční a dálniční síti, nehodová data od Policie České republiky a data pocházející z bezpečnostní inspekce obsahující výčet deficitů zkoumaných pozemních komunikací. Popsán byl proces vzniku těchto dat, jejich struktura a výčet obsažených atributů.

V následujících kapitolách byl tvořen samotný dopravně zaměřený geografický informační systém v obou programech QGIS a ArcGIS Pro, přičemž výraznější roli při tvorbě hrál první zmíněný, ve kterém byl také vytvořen finální projekt. Pro uchování pasportových informací bylo rozhodnuto o způsobu segmentace sítě do desetimetrových úseků, kterým bylo nejprve přiřazeno staničení totožné s tím reálným. Následně byla pasportová data sjednocena do středových bodů těchto desetimetrových úseků, z nichž se přenesli na linie samotné. V dalších kapitolách byla k nehodovým datům a deficitům identifikován konkrétní úsek, ke kterému spadají, a propojen s těmito daty pomocí identifikačního atributu.

Dále byly nalezeny nehodové lokality, a to dle definice metodiky identifikace a řešení míst častých dopravních nehod. Jedním z hlavních cílů byla také vizualizace nehodových dat, a zejména pak deficitů. Ty byly v rámci původní struktury sice atributem rozděleny na liniové a bodové, avšak geometrií byly i liniové deficity řešeny pouze jedním bodem, a to jejich počátkem ve směru jízdy. Dílčím cílem vizualizace tak bylo přetvoření těchto bodů na linie.

Toho bylo docíleno v ArcGIS Pro s využitím nástrojů pro lineární referencování, a to včetně jejich různého odsazení od komunikace, aby bylo zabráněno jejich vzájemného překrývání v rámci vizualizace. Na základě kategorie, závažnosti a náročnosti sanace byly ještě odlišeny pomocí barvy, tvaru a velikosti.

Cíle diplomové práce se podařilo splnit, a výsledný projekt nejen že obsahuje všechny sjednocené liniové atributy v rámci atributů vytvořených desetimetrových úseků, ale i přehledně zobrazuje velké množství dat pouze na základě vizuální podoby. Jeho další použití je možné jako podklad pro nástroje řešící bezpečnost pozemních komunikací nebo samotné jejich správce.

## 10. Použité zdroje

- [1] Zákon č. 13/1997 Sb.: Zákon o pozemních komunikacích. In: Sběrka zákonů. 1997.
- [2] Zákon č. 361/2000 Sb.: Zákon o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů. In: Sběrka zákonů 2000.
- [3] AMBROS, Jiří a Josef KOCOUREK. Metodika sledování a vyhodnocování dopravních konfliktů. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2013. ISBN 978-80-86502-62-5.
- [4] ANDRES, Josef a Josef MIKULÍK. Metodika identifikace a řešení míst častých dopravních nehod. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2001. ISBN 80-902141-9-3.
- [5] STRIEGLER, Radim a Jiří AMBROS. Identifikace kritických míst na pozemních komunikacích v extravilánu: metodika provádění. Brno: Centrum dopravního výzkumu, c2012. ISBN 978-80-86502-47-2.
- [6] POKORNÝ, Petr. Audit bezpečnosti pozemních komunikací: metodika provádění: v souladu se směrnicí EU 2008/96/EC: schváleno Ministerstvem dopravy ČR. Brno: Centrum dopravního výzkumu, c2012. ISBN 978-80-86502-44-1.
- [7] Euro NCAP | The European New Car Assessment Programme. Object moved [online]. Copyright © 2022 Euro NCAP [cit. 2.7.2022]. Dostupné z: <https://www.euroncap.com/en>
- [8] Metodika bezpečnostní inspekce pozemních komunikací. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2009. ISBN 978-80-86502-87-8.
- [9] Strategy BESIP 2021-2030, Ministry of Transport, Prague, 2020
- [10] Policie České republiky. INFORMACE o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice v roce 2021. [online] 8.10. 2022. Dostupné z <https://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q=Y2hudW09Mg%3d%3d>
- [11] VYSKOČILOVÁ, Alena. Metodika výpočtu ztrát z dopravní nehodovosti na pozemních komunikacích: aktualizovaná verze 2013. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2013. ISBN 978-80-86502-55-7
- [12] Celospolečenské ztráty z dopravních nehod v roce 2020 klesly | Centrum dopravního výzkumu, v. v. i. Výzkum v dopravě | Centrum dopravního výzkumu, v. v. i. [online].

Copyright © 2022 [cit. 4.8.2022]. Dostupné z: <https://www.cdv.cz/tisk/celospolecenske-ztraty-z-dopravnich-nehod-v-roce-2020-klesly>

- [13] KOCOUREK, Josef, DONT, Milan. Přednášky z předmětu *Modely dopravy a dopravní excesy* [online]. ČVUT, Fakulta dopravní. Dostupné z fakultního disku H.
- [14] Audit bezpečnosti pozemních komunikací | Centrum dopravního výzkumu, v. v. i. Výzkum v dopravě | Centrum dopravního výzkumu, v. v. i. [online]. Copyright © 2022 [cit. 6.8.2022]. Dostupné z: <https://www.cdv.cz/bezpecnostni-audit/>
- [15] AMBROS, Jiří, Richard TUREK, Pavel HAVRÁNEK, Jan NOVÁK a Veronika VALENTOVÁ. Metodika hodnocení dopadu silniční infrastruktury na bezpečnost. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2017. ISBN 978-80-88074-56-4.
- [16] Vyhláška č. 317/2011 Sb.: Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů. In: Sběrka zákonů 2011.
- [17] KOCOUREK, J.: Posuzování závažnosti dopravních konfliktů a rizik při provádění bezpečnostních inspekcí PK, Habilitační práce, Praha, ČVUT v Praze Fakulta dopravní, 2010.
- [18] CEBASS: Centrální Evidence Bezpečnostních Analýz Silniční Sítě [online]. Praha: ČVUT FD [cit. 28.8.2022]. Dostupné z: <https://cebass.fd.cvut.cz>
- [19] SIMONOVÁ, Eva, Martin LIPL, Pavel HAVRÁNEK a Radim STRIEGLER. Prohlídky vybraných úseků silniční sítě: metodika provádění: v souladu se směrnicí EU 2008/96/EC. [Brno]: Centrum dopravního výzkumu, [2016]. ISBN 978-80-86502-52-6.
- [20] Výzkum v dopravě | Centrum dopravního výzkumu, v. v. i. Výzkum v dopravě | Centrum dopravního výzkumu, v. v. i. [online]. Copyright © 2022 [cit. 29.8.2022]. Dostupné z: <https://www.cdv.cz/>
- [21] BÍL, Michal. Identifikace kritických nehodových lokalit pomocí GIS analýzy polohy dopravních nehod: metodika. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2014. ISBN 978-80-86502-76-2.
- [22] KDE+. [online]. Copyright © 2022 Centrum dopravního výzkumu, v. v. i. [cit. 29.8.2022]. Dostupné z: <http://kdeplus.cz/cz/method>

- [23] Kde bouráme, Centrum dopravního výzkumu, Dostupné z: [https://www.kdebourame.cz/cz/].
- [24] AMBROS, Jiří a Jaroslav ALTMANN. Preventivní hodnocení bezpečnosti s využitím dat z plovoucích vozidel. Brno: Centrum dopravního výzkumu, v.v.i. a Princip, 2017. Metodika (Centrum dopravního výzkumu: Princip). ISBN 978-80-88074-57-1.
- [25] Star Rating – EuroRAP. Home – EuroRAP [online]. Copyright © 2022 [cit. 3.9.2022]. Dostupné z: <https://eurorap.org/star-rating/>
- [26] EuroRAP. UAMK – Profesionální Asistenční služby [online]. Copyright ©2022 UAMK a.s. [cit. 8.9.2022]. Dostupné z: <https://www.uamk.cz/bezpecnost/eurorap>
- [27] Star Ratings – iRAP. iRAP – International Road Assessment Programme [online]. Copyright © 2021 IRAP. [cit. 20.10.2022]. Dostupné z: <https://irap.org/rap-tools/infrastructure-ratings/star-ratings/>
- [28] ŠACHL, Jindřich, KOCIÁN, Karel, KOBOSIL, Martin. Přednášky a cvičení z předmětu *Prevence silničních nehod* [online]. ČVUT, Fakulta dopravní. Dostupné z fakultního disku H.
- [29] SMUTNÝ, Jaroslav. Geografické informační systémy – Modul CN02 [online]. VUT FAST, 2007. Dostupné z <http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/CN02-Geograficke%20informacni%20systemy/M01-Geografick%C3%A9%20informa%C4%8Dn%C3%AD%20syst%C3%A9my.pdf>
- [30] Břehovský, M. – Jedlička, K.: ÚVOD DO GEOGRAFICKÝCH INFORMAČNÍCH SYSTÉMŮ. (Přednáškové texty). ZČU Plzeň
- [31] GEOGRAFICKÉ INFORMAČNÍ SYSTÉMY. (Učební texty texty). SPŠZEM Praha
- [32] VLČKOVÁ, Veronika. Kudy tudy systémovým inženýrstvím: Kudy kam geoinformačním inženýrstvím; Kudy dál systémovými strategiemi. V Praze: České vysoké učení technické, 2014. ISBN 978-80-01-05447-5
- [33] The GNU Operating System and the Free Software Movement [online]. Copyright © 1996 [cit. 29.10.2022]. Dostupné z: <https://www.gnu.org/philosophy/free-sw.html>



- [34] ŠIMÁČEK, Martin. *Klasifikace rizikovosti úseků dopravních tras s využitím nástrojů GIS*. Praha, 2020. Bakalářská práce. ČVUT, Fakulta dopravní. Vedoucí bakalářské práce VLČKOVÁ, Veronika.
- [35] Four Reasons to Jump into ArcGIS Pro – Exprodat. Exprodat | GIS for the Energy Transition – Renewables, Petroleum [online]. Copyright © Exprodat Consulting Ltd. All rights reserved. [cit. 29.10.2022]. Dostupné z: <https://www.exprodat.com/blogs/four-reasons-to-jump-into-arcgis-pro/>
- [36] Discover QGIS. 301 Moved Permanently [online]. Dostupné z: <https://www.qgis.org/en/site/about/index.html>
- [37] Souřadnicové systémy a jejich transformace – Učební materiály z geoinformatiky. Učební materiály z geoinformatiky [online]. Copyright © 2022 [cit. 3.11.2022]. Dostupné z: <http://geoscience.vsb.cz/zaklady-geoinformatiky/cv07-souradnicove-systemy-a-jejich-transformace/>
- [38] Software comparison – ArcGIS, QGIS [online]. Dostupné z: <https://www.trustradius.com/compare-products/arcgis-vs-qgis>
- [39] The Ultimate List of GIS Formats and Geospatial File Extensions – GIS Geography. Home – GIS Geography [online]. Copyright © 2022 GIS Geography [cit. 10.11.2022]. Dostupné z: <https://gisgeography.com/gis-formats/>
- [40] Geographic Information Systems – StackExchange forum [online]. Dostupné z: <https://gis.stackexchange.com/>
- [41] Statistická ročenka Karlovarského kraje, Český statistický úřad, Karlovy Vary, 2021.
- [42] Stránky pro investory: Karlovy Vary. Stránky pro investory: Karlovy Vary [online]. Dostupné z: <http://www.karlovyvary-region.eu/cz/o-karlovarskem-kraji/dopravni-a-technicka-infrastruktura>
- [43] CleveRA Car – multifunkční diagnostické vozidlo - VARS.cz. VARS.cz [online]. Copyright © 2022 VARS BRNO a.s. [cit. 11.11.2022]. Dostupné z: <https://www.vars.cz/clevera-car-zakladni-informace-o-multifunkcnim-vozidle>

- [44] Airport runway friction tester Skiddometer BV11 – Moventor. Moventor Oy | Continuous friction measuring equipment [online]. Copyright © 2022 moventor.com [cit. 21.11.2022]. Dostupné z: <https://moventor.com/skiddometer-bv11-2/>
- [45] AMBROS, Jiří a Ondřej GOGOLÍN. Metodika sběru parametrů dopravního prostoru pozemní komunikace pomocí měřícího vozidla: výsledek výzkumného programu číslo 3 Dopravního VaV centra. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2014. ISBN 978-80-88074-00-7.
- [46] Silniční databanka a NDIC – ŘSD ČR. Ředitelství silnic a dálnic České republiky – ŘSD ČR [online]. Dostupné z: <https://www.rsd.cz/rsd/silnicni-databanka-a-ndic>

# 11. Seznam obrázků

Obrázek 1 – pilíře bezpečnosti provozu na PK [6].....	11
Obrázek 2 - zastoupení pilířů na tvorbě nehod [6].....	12
Obrázek 3 – relativní srovnání počtu usmrčených na mil. ob. V EU (roky 2010 a 2019) [9]..	13
Obrázek 4 – vývoj počtu nehod a následků od roku 1961 [10] .....	13
Obrázek 5 - počet úmrtí / typ komunikace [autor dle 10] .....	14
Obrázek 6 - počet nehod / typ komunikace [autor dle 10] .....	14
Obrázek 7 - rozčlenění nákladů [11] .....	17
Obrázek 8 - Ztráty z dopravních nehod [12] .....	17
Obrázek 9 – fáze využití nástrojů směrnice [14].....	19
Obrázek 10 - mapa rizik 2016 [26] .....	25
Obrázek 11 - schéma jednotlivých kroků hvězdičkového hodnocení [25].....	26
Obrázek 12 - struktura GIS [32] .....	27
Obrázek 13 - uživatelské rozhraní programů .....	30
Obrázek 14 - nastavení souřadnicového systému.....	31
Obrázek 15 - nastavení podkladové mapy .....	32
Obrázek 16 - síť Karlovarského kraje [42].....	35
Obrázek 17 - struktura použitých dat .....	38
Obrázek 18 - administrativní jednotky dle CZ_NUTS [příloha č.1].....	47
Obrázek 19 - filtrace dle kraje a třídy komunikace.....	47
Obrázek 20 - schéma tvorby úseků.....	48
Obrázek 21 – přerušená trasa u okružní křižovatky s nulovým staničením .....	51
Obrázek 22 – body kilometráže pouze v jednom směru.....	51
Obrázek 23 - vytvořené úseky a struktura jejich základních atributů .....	52
Obrázek 24 - porovnání zvažovaných způsobů přiřazení.....	54
Obrázek 25 – vizualizace DN a nehodových lokalit.....	55
Obrázek 26 - obalová vrstva .....	56
Obrázek 27 - nehodové lokality 2017-2021 .....	57
Obrázek 28 - nehodové lokality 2015-2020.....	57
Obrázek 29 – srovnání vstupu a požadovaného výstupu .....	59
Obrázek 30 – nástroje lineárního referencování.....	61
Obrázek 31 – ukázka práce v Excelu č. 1 .....	63
Obrázek 32 - ukázka práce v Excelu č. 2.....	64

Obrázek 33 - vytvořené odsazené linie a původní vstupní body.....	65
Obrázek 34 - ukázka výrazu pro nastavení symbolů dle kategorie.....	65
Obrázek 35 - převod textového atributu na numerickou hodnotu .....	66
Obrázek 36 - možnosti zobrazení překrývajících se bodů .....	66
Obrázek 37 – vizualizace deficitů.....	67
Obrázek 38 - vizualizace dle kategorie .....	68
Obrázek 39 - vizualizace dle závažnosti .....	68
Obrázek 40 - vizualizace dle náročnosti sanace .....	69
Obrázek 41 – výraz pro vyhledávání úseků dle zadaných parametrů.....	72
Obrázek 42 – zobrazení nehodové lokality .....	72
Obrázek 43 – zobrazení styku komunikací I/64 a I/21 .....	73

## 12. Seznam tabulek

Tabulka 1 - stanovené hodnoty ztrát [dle 13] .....	18
Tabulka 2 - dělení deficitů dle závažnosti rizika [8] .....	21
Tabulka 3 - dělení deficitů dle náročnosti sanačních opatření [17] .....	22
Tabulka 4 - atributy vrstvy "pasportizační popis komunikací" .....	39
Tabulka 5 - atributy vrstvy "Úseky" .....	40
Tabulka 6 - atributy vrstvy "směrové vedení trasy" .....	40
Tabulka 7 - atributy vrstvy "výškové vedení trasy" .....	41
Tabulka 8 - atributy vrstvy "podélný sklon komunikací" .....	41
Tabulka 9 - atributy vrstvy "sčítání dopravy" .....	41
Tabulka 10 – atributy nehodových dat od PČR .....	43
Tabulka 11 - atributy deficitů .....	44
Tabulka 12 - odchylky délky dle staničení od geometrické délky.....	49
Tabulka 13 - nehodové lokality .....	58
Tabulka 14 - rozdělení deficitů .....	60
Tabulka 15 - kategorie deficitů pro vizualizaci .....	60
Tabulka 16 - tvorba hodnot staničení .....	62
Tabulka 17 - atributy výskytu jevu/objektu na úsecích.....	70

## 13. Seznam příloh

1 – Přehled údajů sledovaných v ISSDS ČR (*prehled\_udaju\_ISSDS*) – pdf, pouze elektronicky

2 – Formulář evidence nehod v silničním provozu (*formular\_nehod*) – pdf, pouze elektronicky

3 – Rozřazení deficitů pro vizualizaci (*rozrazi\_def\_vizualizace*) – pdf, pouze elektronicky

4 – Mapový projekt v programu QGIS (*Projekt\_QGIS*) – zip, pouze elektronicky

- **DP\_Simacek\_QGIS.qgz**
- Složka „data“
  - Složka „symbologie“ - uložené styly vizualizace ve formátu .qml
    - *styl\_def\_bod\_kategorie.qml*
    - *styl\_def\_bod\_sanace.qml*
    - *styl\_def\_bod\_zavaznost.qml*
    - *styl\_def\_lin\_kategorie.qml*
    - *styl\_def\_lin\_sanace.qml*
    - *styl\_def\_lin\_zavaznost.qml*
    - *styl\_DN\_nove\_male\_troj.qml*
    - *styl\_DN\_nove\_NL\_troj.qml*
    - *styl\_DN\_stare.qml*
    - *styl\_hranice\_kraje.qml*
    - *styl\_useky10.qml*
  - Složka „vrstvy\_shapefile“ – data vrstev ve formátu shapefile (x5 souborů)
    - Složka „deficity“
      - *def\_bod\_kategorie.shp*
      - *def\_bod\_sanace.shp*
      - *def\_bod\_zavaznost.shp*
      - *def\_lin\_kategorie.shp*
      - *def\_lin\_sanace.shp*
      - *def\_lin\_zavaznost.shp*
    - Složka „nehody“
      - *DN\_KV\_2015\_2020\_NL\_Simacek.shp*
      - *DN\_KV\_2015\_2020\_Simacek.shp*
      - *DN\_KV\_2017\_2021\_NL\_Simacek.shp*
      - *DN\_KV\_2017\_2021\_Simacek.shp*
    - Složka „pasport“
      - *pas\_krizovatky\_Simacek.shp*
      - *pas\_mosty\_Simacek.shp*
      - *pas\_podjezdy\_Simacek.shp*
      - *pas\_prejezdy\_Simacek.shp*
      - *pas\_uzly\_Simacek.shp*
    - Složka „useky\_a\_ostatni“
      - *hranice\_kraje\_Simacek.shp*
      - *useky\_10\_final\_Simacek.shp*
      - *useky\_10\_zaklad\_Simacek.shp*