

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

**TECHNICKÁ FAKULTA**

**KATEDRA VOZIDEL A POZEMNÍ DOPRAVY**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Prvky a systémy aktivní bezpečnosti na dopravní infrastruktuře**

**Marek Dvořák**

**Vedoucí: Ing. František Dvořák, CSc.**

**© 2014 ČZU v Praze**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Technická fakulta

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Dvořák Marek

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

**Prvky a systémy aktivní bezpečnosti na dopravní infrastruktuře**

Anglický název

**The elements and systems of active safety in the transport infrastructure**

### Cíle práce

Podat základní přehled a analýzu bezpečnostních prvků a systémů na dopravní infrastruktuře, dále uvést předpokládané a očekávané vývojové trendy a možnosti.

### Metodika

Na základě shromážděných materiálů k dané problematice provést hodnocení a posouzení z hlediska technického, ekonomického, organizačního, ekologického a legislativního. Posoudit předpokládané vývojové trendy.

### Osnova práce

1. Úvod
2. Doprava a dopravní infrastruktura v ČR
3. Prvky a systémy bezpečnosti na dopravní infrastruktuře
4. Víze, možnosti a předpokládaný vývoj
5. Závěr



### **Rozsah textové části**

30 stran textu včetně obrázků, tabulek a grafů

### **Klíčová slova**

dopravní infrastruktura, bezpečnost dopravy, telematika, vozidlo

### **Doporučené zdroje informací**

Slabý, P., Dlouhá, E.: Dopravní stavby a systémy 20,30. CVUT, Praha, 2002, ISBN 80-01-02453-9  
Příbyl, P.: Inteligentní dopravní systémy a dopravní telematika. Praha: 2005, ČVUT, ISBN 80-01-003122-5.  
Svítek, M.: Telematika nad dopravními sítěmi. CVUT, Praha, 2004, 263 s., ISBN 80-01-03087-3.  
Příbyl, P.: Inteligentní dopravní systémy a dopravní telematika II. Praha: 2007, ČVUT, ISBN 978-80-01-03648-8.  
Drdla, P.: Technologie a řízení dopravy – městská hromadná doprava. Pardubice: 2005, Univerzita Pardubice, ISBN 80-7194-804-7.  
Příbyl, P., Svítek, M.: Inteligentní dopravní systémy. Praha: 2001, BEN, ISBN 80-7300-029-6.  
Příbyl, P., Mach, R.: Řídící systémy silniční dopravy. Praha: 2003, ČVUT, ISBN 80-01-02811-9.  
Terminologický slovník dopravní telematiky. Praha: 2006, Sdružení pro dopravní telematiku ČR, ISBN 80-239-7780-6.

### **Vedoucí práce**

Dvořák František, Ing., CSc.

### **Termín zadání**

listopad 2012

### **Termín odevzdání**

duben 2014



**doc. Ing. Boleslav Kadleček, CSc.**  
Vedoucí katedry



**prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.**  
Děkan fakulty

V Praze dne 27.9.2013

### Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci „Prvky a systémy aktivní bezpečnosti na dopravní infrastrukturu“ vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce. S použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou uvedeny v seznamu použité literatury na konci práce.

V Praze dne 5. 4. 2014

.....

## Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu práce panu Ing. Františku Dvořákovi, CSc. za odborné rady a konzultace, které mi věnoval. Dále bych rád poděkoval své rodině za pomoc s korekcí textu. Nakonec bych rád jmenovitě poděkoval Kristině Fialové a Monice Fialové za pomoc s finálním vzhledem mé bakalářské práce.

# **Prvky a systémy aktivní bezpečnosti na dopravní infrastruktuře**

## **Abstrakt:**

Bakalářská práce se zabývá problematikou bezpečnosti na dopravní infrastruktuře se zaměřením na aktivní prvky a systémy bezpečnosti. V první kapitole jsou uvedeny základní informace o dopravě, jejich druzích, možnostech přepravy. Dále jsou zde informace o dopravní, zejména silniční infrastruktuře České republiky. Druhá kapitola pojednává o prvcích a systémech bezpečnosti na dopravní infrastruktuře. Popisuje jednotlivé druhy pasivních a aktivních prvků a systémů. Třetí kapitola je zaměřena na možnosti zlepšení dopravní infrastruktury a na budoucím provedení prvků a systémů bezpečnosti, jejich vývojové trendy a možnosti.

## **Klíčová slova:**

Dopravní infrastruktura, bezpečnost dopravy, telematika, vozidlo, aktivní bezpečnost, pasivní bezpečnost, silniční bezpečnost.

## **The elements and systems of active safety in the transport infrastructure**

## **Summary:**

This work is focused on safety aspects of the transport infrastructure with the further focus on the active features and systems of safety. The first chapter elaborates on fundamental information about transport, kinds of the transport and also possibilities of the transport. Furthermore, this part also discusses in more detail road transport infrastructure of the Czech Republic. The second chapter discusses the features and systems of the transport infrastructure safety. This chapter describes individual kinds of passive and active features and systems. The third chapter is focused on the possibilities of the transport infrastructure improvement. Moreover, this chapter also discusses the future execution of the particular features and systems in terms of trends and possibilities of their development.

## **Key words:**

Transport infrastructure, transport safety, telematics, vehicle, active safety, passive safety, road safety.

## Obsah

1	Úvod .....	1
2	Cíl práce a metodika.....	2
2.1	Cíl Práce.....	2
2.2	Metodika.....	2
3	Doprava a dopravní infrastruktura v ČR.....	3
3.1	Doprava.....	3
3.1.1	Základní pojmy z dopravy .....	3
3.1.2	Členění dopravy .....	4
3.1.3	Udržitelná doprava .....	6
3.2	Dopravní infrastruktura .....	6
3.2.1	Státní fond dopravní infrastruktury .....	7
3.2.2	Infrastruktura silniční dopravy.....	7
3.2.3	Infrastruktura železniční dopravy .....	13
3.2.4	Infrastruktura letecké dopravy .....	14
3.2.5	Infrastruktura Vodní dopravy .....	14
4	Prvky a systémy bezpečnosti na dopravní infrastruktuře.....	15
4.1	Pasivní prvky a systémy .....	15
4.1.1	Svodidla.....	15
4.1.2	Tlumiče nárazu .....	16
4.1.3	Zábradlí .....	17
4.1.4	Únikové zóny pro vozidla .....	18
4.1.5	Ostatní prvky pasivní bezpečnosti .....	19
4.2	Aktivní prvky a systémy .....	19
4.2.1	Zařízení pro zvýšení bezpečnosti chodců na přechodech .....	20
4.2.2	Varovná zařízení při překročení rychlosti .....	23

4.2.3	Zařízení pro měření fyzikálních podmínek.....	26
4.2.4	Vážení vozidel za jízdy.....	28
5	Vize, možnosti a předpokládaný vývoj.....	29
5.1	Aktivní zpomalovací práh Actibump.....	29
5.2	Chytré semaforey.....	30
5.3	Rozšíření prvků bezpečnosti díky zprovoznění tunelu Blanka v Praze .....	31
5.4	Nové možnosti jak zvýšit bezpečnost chodců na silnicích.....	31
6	Závěr.....	33
7	Seznam použité literatury .....	35
8	Seznam zkratk .....	38
9	Seznam obrázků .....	38
10	Seznam tabulek .....	39
11	Seznam příloh.....	40



# 1 Úvod

Dopravní infrastruktura je nedílnou součástí lidské společnosti. Pozemní komunikace začaly vznikat přirozeně všude tam, kam pronikala a rozvíjela se civilizace. Původně ušlapané, později jednoduše upravované a udržované stezky sloužily pro přesuny obyvatel a vojsk, přepravu nákladu nebo přenos zpráv a urychlovaly obchodní kontakty. Snaha o co nejrychlejší, nejpohodlnější a nejbezpečnější přesun z jednoho místa na druhé se stala hybatelem a také nutnou podmínkou rozvoje vyspělých civilizací.

S rostoucí úrovní společnosti se vyvíjí strategie budování dopravní infrastruktury, dochází k systematické organizaci její výstavby a zlepšování stavebního i dopravně technického vybavení pozemních komunikací. Cesty se zrychlují, svět „se zmenšuje“. Tento pozitivní trend však přináší i řadu nových problémů k řešení. S nezadržitelným rozvojem dopravních možností a vrůstajícím počtem dopravních prostředků roste počet dopravních nehod a katastrof. Proto se současně velmi intenzivně vyvíjí bezpečnostní systémy.

Základem je tedy nejen včasný a efektivní, ale zejména bezpečný transport. Bezpečnost provozu je dána trojúhelníkem vozidlo – řidič (odpovědná osoba) – pozemní komunikace. Pro nutné zachování bezpečnosti na pozemních komunikacích jsou užívány systémy a prvky bezpečnosti, které rozdělujeme na prvky aktivní a pasivní.

Aktivní prvky zabraňují vzniku dopravních nehod, aktivně upozorňují a ovlivňují chování řidiče vozidla. Minimalizují tak možnost vzniku nebezpečných situací. Mezi aktivní prvky patří např. proměnná dopravní značení, semaforová návěstidla, informační tabule atd.

Pasivní prvky zmírňují následky v případě vzniku nehody. Jedná se např. o únikové zóny pro vozidla, svodidla, zábradlí atd.

Tato práce je zaměřena především na popis existujících prvků a systémů aktivní bezpečnosti na pozemních komunikacích. Budoucím trendům je věnována jedna z kapitol.

## **2 Cíl práce a metodika**

### **2.1 Cíl Práce**

Cílem této bakalářské práce je v první kapitole popsat a porovnat jednotlivé typy dopravy. Dále popsat a zhodnotit jednotlivé druhy dopravní infrastruktury a porovnat je mezi sebou. Ve druhé kapitole podat základní přehled a analýzu pasivních i aktivních bezpečnostních prvků a systémů na dopravní infrastrukturu, jejich funkci, princip a použití. V další kapitole uvést předpokládané a očekávané vývojové trendy a možnosti dopravní infrastruktury a aktivních bezpečnostních prvků.

### **2.2 Metodika**

Bakalářská práce byla zpracována na základě pečlivě vybraných a posouzených odborných textů a internetových zdrojů včetně publikací České zemědělské univerzity a Českého vysokého učení technického. Jednotlivé kapitoly obsahují obecné i nejnovější informace. Byl proveden popis dopravní infrastruktury České republiky se zaměřením na silniční infrastrukturu. Byl zpracován přehled jednotlivých aktivních a pasivních prvků a systémů bezpečnosti tak, jak jsou popsány v normách a předpisech. Vysvětluje jejich princip, účel, funkci a další technická řešení. Jednotlivé kapitoly byly doplněny o názorné obrázky a přehledné tabulky. Bylo provedeno hodnocení a posouzení daného tématu z hlediska technického, ekonomického, organizačního, ekologického a legislativního. V poslední kapitole byly podány informace o předpokládaných a očekávaných vývojových trendech a možnostech bezpečnosti na dopravní infrastrukturu v České republice.

## **3 Doprava a dopravní infrastruktura v ČR**

### **3.1 Doprava**

Doprava je hospodářské odvětví. Je to způsob pohybu nebo přemístování objektů z jednoho místa na druhé pomocí dopravních prostředků vykonávajících pohyb v daný okamžik, tj. vozidlem, letadlem, železnicí nebo lodí. Objekty přemístování mohou být osoby, zvířata, předměty, ale také energie nebo informace. [13]

#### **3.1.1 Základní pojmy z dopravy**

Dopravní infrastruktura: Část národohospodářského sektoru, který zajišťuje presumpci pro celkový rozvoj ekonomiky.

Dopravní bod: Poloha, kde se nachází počátek nebo konec přepravy.

Dopravní cesta: Dráha, kudy probíhá doprava, propojuje dva či více koncových bodů.

Dopravní linka: Trasa, po které se pohybuje stálá pravidelná doprava dle předem stanoveného jízdního řádu.

Dopravní prostředek: Prostředek, který slouží k přepravě osob nebo nákladu.

Dopravní uzel: Pozice, kde se propojuje několik druhů dopravních cest.

Dopravní síť: Vzniká spojením jednotlivých dopravních bodů dopravními cestami, které jsou vzájemně propojené a tvoří tak dopravní síť.

Přeprava: Cílevědomá činnost s vlastním vykonáváním dopravy.

IDS: Integrovaný dopravní systém je uspořádání dopravní obsluhy dané oblasti, které začleňuje více typů dopravy (železniční, městská, silniční)

ITS: Dopravní telematika (Intelligent Transport System) spojuje telekomunikační technologie s dopravním inženýrstvím za účasti souvisejících oborů (ekonomika, systémové inženýrství, teorie dopravy), s cílem zvýšit výkon a efektivitu dopravy.

MHD: Městská hromadná doprava je soustava linek osobní veřejné dopravy stanovených k zajištění dopravní obsluhy v daných částech města hromadnými dopravními prostředky.[13]

### **3.1.2 Členění dopravy**

Dopravu dělíme podle typu dopravní cesty na silniční, železniční, leteckou, vodní, cyklistickou, pěší, a dopravu v klidu.

Dopravu pak dále dělíme podle druhu pohonu na pohon motorový (parní, dieselový, reaktivní, elektrický), pohon větrem, pneumatický nebo pohon hydraulický, pohon samospádem nebo převahou váhy, doprava lidskou silou a doprava zvířecí silou. Další rozdělení může být dle kapacity dopravních prostředků a to na individuální a hromadnou dopravu. V neposlední řadě lze dělit na neveřejnou a veřejnou dopravu, ale také na mezistátní a vnitrozemskou. [1]

#### **3.1.2.1 Silniční doprava**

Silniční doprava patří k nejmladším druhům především individuální dopravy po silnicích či cestách. Uplatnění nachází ve vnitrostátní i v mezinárodní dopravě především díky své rychlosti a flexibilitě. Dopravními prostředky jsou motorová vozidla, konkrétně automobily, autobusy, motocykly a trolejbusy. Z hlediska bezpečnosti je tento druh dopravy díky častým nehodám nejméně bezpečný. Z energetického a finančního hlediska jde o relativně nákladný druh dopravy. Ve srovnání s jinými druhy jsou motorová vozidla schopna se dostat do míst, kam nevede např. železnice. [13], [21]

#### **3.1.2.2 Železniční doprava**

Železniční doprava, jinými slovy kolejová nebo drážní doprava, je využívána pro přepravu lidí a předmětů. Umožňuje přepravovat zejména rozměrné předměty nebo větší množství osob na velké vzdálenosti. Dopravním prostředkem jsou vlaky. Ve srovnání se silniční dopravou má železniční doprava nižší spotřebu energie na tunokilometr. Z hlediska ekonomiky je levnější a představuje výhodu pro přepravu na velké vzdálenosti. Železniční doprava je jeden z vůbec nejstarších typů dopravy.[13]

### **3.1.2.3 Letecká doprava**

Letecká doprava je nejrychlejší a relativně nejbezpečnější druh dopravy. Má zásluhu o rozvíjení mezinárodních vztahů a spolupráce. Je to doprava velmi nákladná z hlediska spotřeby paliva, složitému zázemí a drahých technologií, které s ní souvisí. Rozděluje se na nákladní a osobní. Dopravním prostředkem je letadlo, vznášedlo či vrtulník. Rychlost letadel se běžně pohybuje okolo 850 km/h. [16], [21]

### **3.1.2.4 Vodní doprava**

Vodní dopravou se rozumí plavba po mořích a oceánech, řekách, jezerech a rybnících. Jako dopravní prostředky jsou využívány čluny, lodě, velké trajekty či tankery. Velké lodě jsou zejména poháněné diesellovými motory i pomocí plachet. Z energetického hlediska je nejefektivnějším druhem dopravy a dochází zde k velmi malým energetickým ztrátám. Oproti letecké dopravě je vodní doprava výrazně levnější. Nevýhodou je však velmi nízká rychlost. Je využívána obzvláště v mezinárodní nákladní dopravě pro přepravu velkoobjemových nákladů, sypkých hmot a kontejnerů, především surovin a ropy. Lidé se v dnešní době vodní dopravou přepravují spíše na kratší vzdálenosti mezi pobřežím a ostrovy. Cílem dopravy je zpřístupnění a zkvalitnění vodních cest, budování a modernizace přístavů. V České republice není tento typ vodní dopravy v současné době využíván v takovém množství jako v jiných zemích. [16], [21]

### **3.1.2.5 Cyklistická doprava**

Tento typ dopravy je považován za nezávislou dopravní oblast. Dopravním prostředkem je kolo. Velkou výhodou cyklistické dopravy je přátelský vztah k životnímu prostředí, malá prostorová náročnost a finanční nenáročnost. Cyklistická doprava nemá problém s parkováním a vyznačuje se dobrou ochranou před civilizačními chorobami. Pokud se kombinuje s hromadnou dopravou, umožňuje dosažení poměrně velkých vzdáleností. K nevýhodám patří především ohrožení automobilovou dopravou při pohybu po vozovce, ohrožení dýchacích cest člověka vlivem výfukových plynů, špatné počasí a obavy z odcizení kola. [12]

### **3.1.2.6 Pěší doprava**

Je nedílnou součástí dopravního systému. Při každém použití jiného druhu dopravy probíhá pěší doprava např. přemístění mezi autobusem a vlakem. Pro pěší provoz slouží komunikace zvané chodníky, nadchody, podchody, stezky a pěší zóny. Jsou to komunikace, na kterých je zakázán nebo omezen pohyb motorových vozidel. Pěší pohyb dělíme do dvou odvětví a to samostatné nebo kombinované s jiným druhem dopravy. [12]

### **3.1.2.7 Doprava v klidu**

Je součástí dopravního systému a její řešení významně ovlivňuje prvky dopravy ve městech. Zahrnuje především parkování vozidel, zastavení a stání. Nároky na řešení dopravy v klidu jsou rozsah a charakter zdrojové a cílové dopravy. Z hlediska placeného parkování se ve městech rozdělují na zóny s odstupňovanou sazbou. Do této oblasti dopravy zařazujeme telematické služby, jako jsou naváděcí systémy na parkoviště, systémy parkovacích automatů, informační systémy v hromadných garážích a další technologická zařízení, jimiž jsou parkoviště vybavena. [10]

### **3.1.3 Udržitelná doprava**

Je to taková doprava, jejíž snahou je snížit dopad na životní prostředí a také lépe využívat zdroje energie či obnovitelné zdroje energie. Typickým příkladem udržitelné dopravy je chůze, jízda na kole, veřejná doprava nebo sdílení automobilů. Doprava má velký vliv na životní prostředí, díky spotřebě energií a emisím oxidu uhličitého. Ve všech sférách spotřeby energie se především v dopravě zvyšuje produkce skleníkových plynů. Silniční doprava je hlavním původcem smogu a nadměrného hluku. Čím více je dopravy, tím více se zvyšuje nehodovost. Cílem je tyto negativní vlivy potlačit nebo úplně odstranit a to hlavně omezením samotné dopravy, především změnou a renovováním dopravního plánování. [12], [21]

## **3.2 Dopravní infrastruktura**

Hlavním významným faktorem regionálního rozvoje je dopravní infrastruktura. Zajišťuje spojitost mezi hospodářskými subjekty a obyvatelstvem. Česká republika je zemí s vysokou hustotou sítě pozemních komunikací a železnic. [22]

### **3.2.1 Státní fond dopravní infrastruktury**

Státní fond dopravní infrastruktury (dále SFDI) je založen zákonem: „104/2000 Sb.“. Smyslem státního fondu dopravní infrastruktury je údržba, rozvoj, výstavba a modernizace dálnic, silnic, železničních dopravních cest a vodních cest ve vnitrozemí. Fond dopravní infrastruktury poskytuje finanční plnění na různé objednané a schválené průzkumy a projekty, studie a expertní činnosti v rámci celé dopravní infrastruktury. [26]

Orgán fondu je sestaven z devítičlenné komise v čele s ministrem dopravy a dalšími vládou do funkce jmenovanými členy na dobu čtyř let. Činností Fondu je schvalování navrhovaných rozpočtů, příjmy, výdaje a jejich časový plán, odvolávání a přijímání členů a ředitele Fondu. Působí zde pětičlenná dozorčí rada, kterou volí Poslanecká sněmovna s funkční periodou čtyř let. Tato dozorčí rada kontroluje a schvaluje činnost a hospodaření Fondu. [26]

Příjmy SFDI jsou i příspěvky Evropské komise prostřednictvím Evropských fondů. Do příjmů Fondu je také nutné zahrnout výnosy ze silniční daně, podíly z výnosů spotřební daně, do které jsou zařazena uhlovodíková paliva a maziva a poplatky za využití dálniční sítě. Příjmy, které zůstanou v daném roce nevyužité, jsou na konci kalendářního roku převedeny do následujícího kalendářního roku. [26]

### **3.2.2 Infrastruktura silniční dopravy**

Dopravní infrastrukturu silniční dopravy tvoří dálnice a silnice. Spojují města a vesnice a tím vytvářejí síť silniční dopravy, obr. 1. Silnice se rozdělují do tříd podle svého významu. Silnice první třídy, pod které spadají i rychlostní silnice, tvoří skoro jednu devítinu celkové sítě, tabulka 1. Hustotou silniční sítě je Česká republika srovnatelná s jinými zeměmi Evropy. Naopak hustota dálnic v ČR je oproti Evropským zemím malá. Hlavním a společným cílem silniční dopravy je renovování, vylepšování bezpečnostních i technických parametrů a modernizace nevyhovujících sektorů silniční sítě. Předností je zkvalitnění dopravního spojení v daných oblastech pomocí napojování silnic nižšího řádu do nadřazené sítě a současně napojení těchto sítí do stejných nebo jiných sítí vyššího řádu. [6]

Tabulka 1 Vývoj délky silnic a dálnic v km

	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Délka silnic a dálnic celkem	55 509,8	55 653,6	55 718,5	55 751,9	55 742,0	55 716,5
z toho evropská silniční síť typu E	2 600,9	2 604,2	2 603,1	2 635,8	2 634,0	2 634,3
Dálnice v provozu	564,4	690,5	728,7	733,9	745,1	751,2
Rychlostní komunikace <sup>1)</sup>	322,3	359,7	370,1	422,3	427,0	442,1
Silnice	54 945,5	54 963,1	54 989,8	55 018,0	54 996,9	54 965,3
v tom silnice I. třídy	6 153,8	6 209,7	6 198,4	6 254,6	6 254,1	6 250,1
silnice II. třídy	14 667,6	14 592,3	14 622,7	14 634,8	14 626,2	14 542,9
silnice III. třídy	34 124,1	34 161,1	34 168,7	34 128,6	34 116,6	34 172,3
Místní komunikace	72 927,0	74 919,0	74 919,0	74 919,0	74 919,0	74 919,0

Zdroj: [4]

Obr. 1 Silniční síť ČR



Zdroj: [28]

Dálnice jsou nejvyšším typem pozemních rychlostních komunikací pro silniční motorová vozidla s maximální povolenou rychlostí 130 km/h a splňují požadované technické parametry. Staví se na místech s vysokou dopravní vytižeností zejména na vnitrostátních a mezinárodních dopravních tazích. Značení dálnic je v Česku označováno písmenem D, obr. 2. [13]



Obr. 2 Mapa dálnic a rychlostních silnic ČR

stav k 1. 1. 2014



Zdroj: [29]

Silnice pro motorová vozidla, jinými slovy rychlostní silnice, jsou z hlediska nákladů na výstavbu a údržbu levnější variantou ovšem s nižší kvalitou vozovky, kratšími poloměry zatáček a užšími jízdními pruhy. Pro označení rychlostních silnic se používá písmeno R, obr. 2. [13]

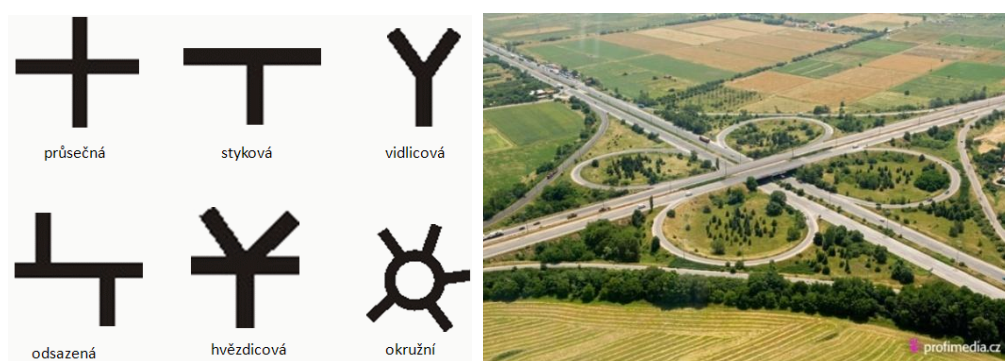
Od roku 1995 bylo užívání rychlostních silnic a dálnic zpoplatněno formou nákupu dálničních známek pro dané časové období. Pro dálkovou a vnitrostátní dopravu jsou vedle dálnic a rychlostních silnic také určeny silnice I. třídy. Křížení silnic I. třídy je z velké části mimoúrovňové a výšková i směrová vedení komunikace jsou povolná. V současné době je 71 pozemních komunikací I. třídy. Silnice II. třídy tvoří alespoň jeden samostatný pruh pro každý směr. Jízdní trasa je zpravidla méně plynulá a dochází zde ke křížení vozovek stejných úrovní. Silnice III. třídy kopírují terén a šířka vozovky je volená tak, aby vozidlo projelo v jednom směru. Křižovatky jsou zde také pouze úrovňové. [13], [22]

### 3.2.2.1 Křižovatky

Křižovatky jsou nejnáročnějším a nejcitlivějším prvkem silniční infrastruktury. Mezi hlediska při posuzování křižovatek řadíme bezpečnost, kapacitu, plynulost a

hospodárnost silničního provozu. „Křižovatka je místo, v němž se pozemní komunikace protínají nebo stýkají a alespoň dvě z nich jsou vzájemně propojeny“ [5]. Členíme je na křižovatky úrovňové, podle ramen křižovatky dělíme na průsečné, stykové, vidlicové, odsazené, hvězdicové a okružní, obr. 3a. A na mimoúrovňové, které jsou nejlepším řešením z hlediska bezpečnosti a plynulosti provozu, obr. 3b. Nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady a větší nároky na pozemky. [5]

**Obr. 3 a) Typy úrovňových křižovatek, b) mimoúrovňová křižovatka**



Zdroj: [30], [31]

Podle řízení provozu křižovatky dělíme na neřízené a řízené s tzv. světelným signalizačním zařízením (dále SSZ). Pro světelné signalizační řízení nejsou vhodné křižovatky složitých tvarů s přídatnými pruhy a ostrůvky, obr. 4b. Víceramenné křižovatky potřebují SSZ výhradně z bezpečnostního hlediska a to i v situacích, kdy není příliš velká intenzita dopravy. Podle stupně usměrnění dělíme křižovatky na prosté a usměrněné. Nároky, které by křižovatka měla splňovat, jsou jednotnost, rozpoznatelnost, přehlednost, srozumitelnost, sjízdnost a průchodnost. [12]

Obr. 4 a) Okružní křižovatka, b) čtyřramenná křižovatka se SSZ



Zdroj:[32], [33]

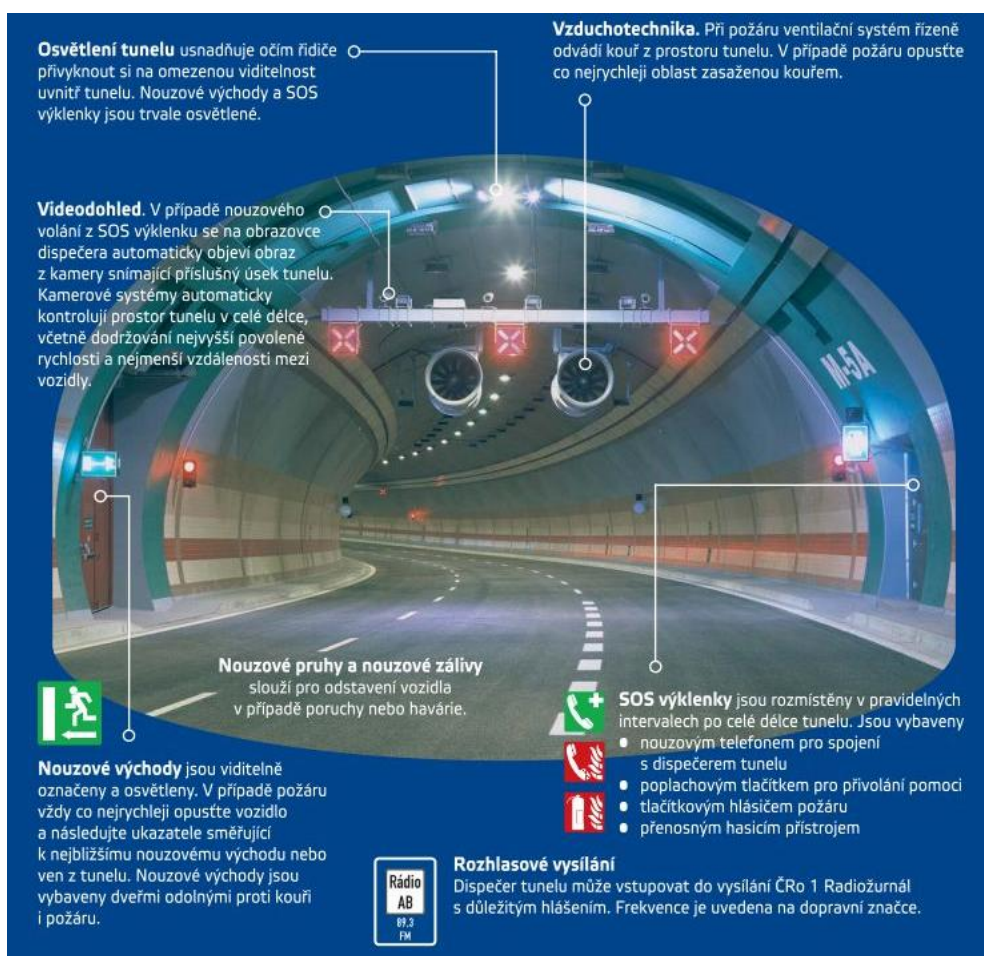
Z dopravních hledisek se budují křižovatky okružní, obr. 4a, pokud se v jednom uzlu protínají více než čtyři ramena nebo když možnost odbočení doleva je vyšší než 20%, v dopravním uzlu dochází k homogenosti dopravních proudů a v řešeném místě je potřeba snížit rychlost. Vzhledem k vysoké vytíženosti dopravních tahů je hlavním požadavkem homogenost dopravních proudů a to především o víkendech, kdy je jedno z ramen křižovatky vysoce zatížené a tvoří se kongesce. [5]

### 3.2.2.2 Tunely

Tunel je dopravní stavba, vedená pod zemí skrz vyvýšenou krajinu, pod mořem či říčním tokem a také pod městem a slouží pro silniční, kolejovou a pěší dopravu. Nejdelším tunelem v České republice je tunelový komplex Blanka o délce 5,5 km. [3]

Řešení bezpečnosti provozu v tunelech se skládá ze dvou hlavních odvětví a tím jsou bezpečnostní prvky a systém tunelu, obr. 5 (technické a organizační vybavení) a lidský činitel (činnost všech účastníků provozu včetně operátorů a záchranných týmů). Bezpečnostní systém tunelu ovlivňují konstrukční parametry, technické vybavení, řízení provozu, řízení dopravy a řízení záchranného systému. Jednotlivé činitele jsou vysvětleny v příloze 1. [3]

Obr. 5 Průřez tunelem a jeho bezpečnostní prvky



Zdroj:[34]

### 3.2.2.3 Mosty

Most je dopravní stavba, která umožňuje převést silnici, železnici nebo pěší trasu přes překážku představující např. vodní plochu (řeka, jezero, rybník, moře), terénní nerovnost (sráz, údolí, rokle) nebo město (městský okruh). Bez mostů by nebylo možné mimoúrovňové křížení s jinými dopravními tahy silnicemi, železnicemi atd. Mosty se rozdělují podle konstrukce (konzolový, visutý, obloukový, zavěšený, trámový nebo pohyblivý) nebo podle použitého materiálu (dřevěné, kamenné, ocelové, betonové, plastové a jejich kombinace). V neposlední řadě se rozdělují dle účelu na železniční, silniční, chodecké a cyklistické, ekodukty, akvadukty a mosty pro průmyslové instalace. [17]



V České republice je celkem 25 mostů o délce nad 500 m. Nejdelším silničním mostem je Estakáda přes údolí Vltavy a Berounky u Lahovic o délce 2291 m, obr. 6. [17]

**Obr. 6 Most u Lahovic**



*Zdroj:[35]*

### 3.2.3 Infrastruktura železniční dopravy

Železniční síť v ČR patří mezi nejhustší na světě, přestože jsou přepravní výkony podprůměrné. Oproti dálnicím se nové železniční tratě v ČR nestaví, ale pouze modernizují. Délky tratí se v uplynulých letech příliš nemění, tabulka 2. [22]

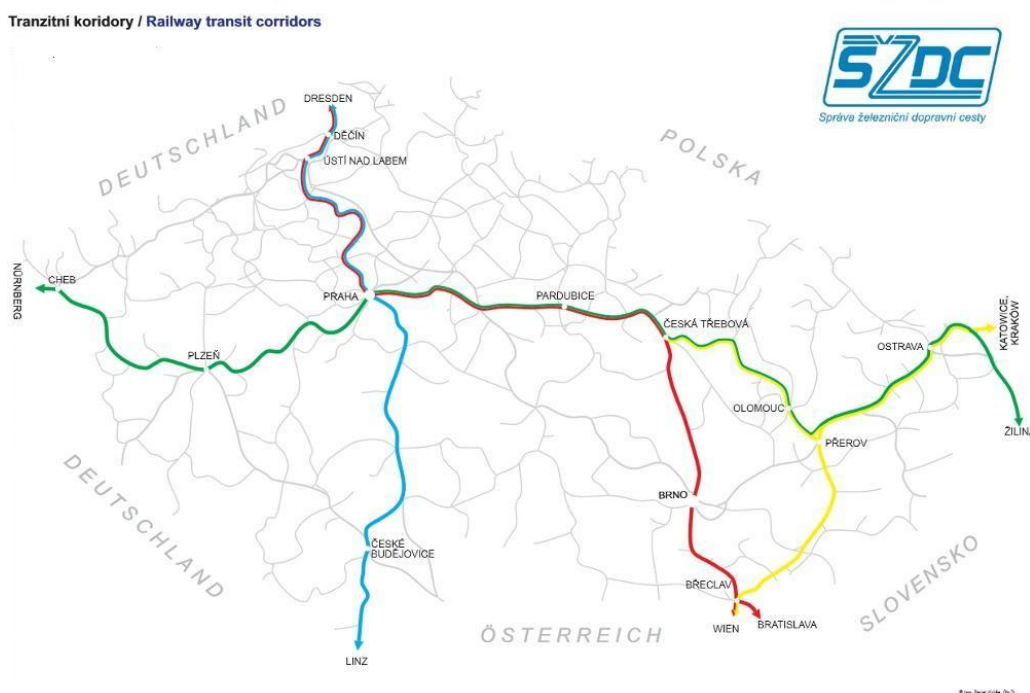
**Tabulka 2 Vývoj délky neelektrizované a elektrizované železnice**

	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Stavební délka kolejí celkem	16 156	15 716	15 677	15 666	15 656	15 636
<i>podle typu trakce</i>						
neelektrizované	9 730	9 071	8 974	8 851	8 761	8 733
elektrizované	6 426	6 645	6 703	6 815	6 895	6 903

*Zdroj:[4]*

Koridorové tratě o délce cca 1400 km se řadí k evropskému železničnímu systému, obr. 7. Tyto tratě se postupně rekonstruuji pro provoz vyšších rychlostí. Dnes je cca 700 km tratí přizpůsobeno pro rychlost 160 km/h a 300 km pro rychlost od 120 do 159 km/h. Počet mostů činí 6122 a počet tunelů je 156. Nejdelší Březenský tunel měří 1758 m. [22]

Obr. 7 Mapa železničních koridorů ČR



Zdroj:[36]

### 3.2.4 Infrastruktura letecké dopravy

Hlavním cílem letecké dopravy je výstavba regionálních a mezinárodních letišť, jejich správa, modernizace a rekonstrukce (bývalá vojenská letiště). Dalšími cíli jsou kvalita bezpečnostního vybavení a technických zařízení a především napojení letištních prostor na další druhy dopravy (železniční, silniční). [13], [22]

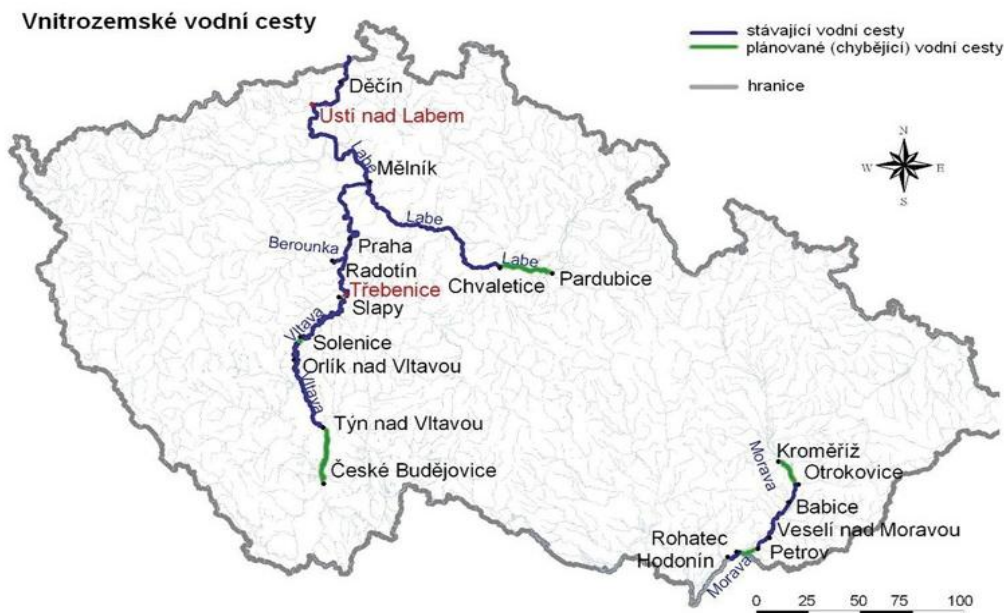
Civilní letiště, kterých je v České republice 91, je možno rozdělit do 3 skupin. Jednou skupinou jsou letiště celostátního významu v hlavní město Praha, druhou skupinou jsou větší regionální letiště v Brně, Ostravě, Karlových Varech a Pardubicích a třetí skupinou jsou menší regionální letiště, které využívají sportovní kluby a aerokluby. [13], [22]

### 3.2.5 Infrastruktura Vodní dopravy

Vodní doprava v ČR je limitována celkovou délkou plavebních cest v délce 676 km na řekách Labi, Vltavě a Moravě, obr. 8, nádrže a jezera. Délka labsko-vltavské vodní cesty je 315,2 km. Budování a údržba plavebních cest nejsou příliš nákladné.

Některé stavební úkony (prohlubování dna, plavební komory) jsou však v rozporu se zájmy ochrany přírody. Díky těmto úkonům je možné narušení říčního ekosystému. [13], [22]

**Obr. 8 Vnitrozemské vodní cesty ČR**



Zdroj:[37]

## 4 Prvky a systémy bezpečnosti na dopravní infrastruktuře

### 4.1 Pasivní prvky a systémy

Charakteristika pasivní bezpečnosti spočívá v co největší minimalizaci následků dopravních nehod. Mezi prvky patří únikové zóny, svodidla, zábradlí, tlumiče nárazů a ostatní prvky, kterými jsou konstrukce sloupů a značek, ochrany jednotlivých překážek, ale rovněž odvodňovací žlaby a provedení krajnice. [11]

#### 4.1.1 Svodidla

Svodidla jsou záchytné systémy, které mají usměrnit nebo zachytit neovládané vozidlo při nehodě. Zajišťují přiměřenou míru bezpečnosti cestujících ve vozidle i ostatních účastníků provozu na pozemních komunikacích. Svodidla se nejčastěji instalují vedle pozemní komunikace v místech srážu či překážky, na mosty, na vnější stranu zatáček, na rychlostní komunikaci a také u chodníků pro ochranu chodců. [11]

Svodidla především dělíme na schválená, podle umístění, výrobce nebo technických parametrů, obr. 9 a jiná jako individuální řešení. Dále dle použitého materiálu na ocelová, betonová, dřevocelová a lanová svodidla. [11]

**Obr. 9 Betonová a ocelová svodidla**



*Zdroj:[38], [39]*

#### **4.1.2 Tlumiče nárazu**

Tlumiče nárazů jsou silniční záchytné systémy, které mají za účel tlumit nebo snižovat kinetickou energii vozidla. Úkolem těchto prvků je zajistit bezpečnost jak cestujících ve vozidle, tak i dalších účastníků provozu. Tyto prvky se instalují před pevné překážky nebo na místa častých nehod, kde není z bezpečnostních a prostorových důvodů možné umístit svodidlo. [11]

Tlumiče nárazů se dělí na vodící a nevodící. Vodící tlumiče se používají na místech s předpokládaným bočním nárazem a nevodící na místech, kde je předpokládán pouze náraz čelní. [11]



**Obr. 10 Tlumič nárazů mezi komunikacemi**



*Zdroj:[40]*

Tlumič nárazu viz obr. 10. Konstrukcí tlumičů nárazu je mnoho typů, ale v zásadě jsou stejné. Na přední části je umístěn nárazový čelní díl a za ním jsou tzv. tlumící boxy naplněné nemrznoucí kapalinou nebo vzduchem. Tyto boxy jsou navzájem propojeny. Vodící tlumiče mají navíc na stranách umístěny svodnice. Konce tlumičů jsou pevně uchyceny k pozemní komunikaci. [11]

#### **4.1.3 Zábradlí**

Tento bezpečnostní prvek se využívá na místech s rizikem pádu, uklouznutí nebo zabránění vstupu osob do zakázaných či nebezpečných míst komunikace, obr. 11. Specifikace zábradlí jsou popsány slovy: *„Zábradlí tvoří záchytný nebo vodící systém pro chodce nebo cyklisty, který je součástí vybavení pozemních komunikací a je určen k osazení na těleso a objekty pozemních komunikací“*. [14], [11]

Členit zábradlí lze hned z několika úhlů pohledu. Z materiálového hlediska jsou zábradlí ocelová, betonová, dřevěná a z dalších materiálů či jejich kombinací. Z hlediska hendikepovaných chodců se dělí na zábradlí s vodící a nevodící funkcí. [11]

**Obr. 11 Červenobílé zábradlí**



Zdroj:[41]

#### **4.1.4 Únikové zóny pro vozidla**

Pro zvýšení bezpečnosti všech účastníků provozu se únikové zóny zřizují na dlouhých úsecích komunikace s větším podélným sklonem, které jsou zakončené místem vyžadujícím pomalejší jízdu jako např. vjezd do obce, křižovatky, nepřehledný nebo zúžený úsek či směrový oblouk. Na těchto místech je vysoká pravděpodobnost přehřátí brzd nebo jejich úplného selhání, díky silnému brzdění vozidel. Cílem únikové zóny je zabezpečit poškozené vozidlo a minimalizovat možné zranění osob či poškození vozidla, nákladu. [11]

**Obr. 12 Únikový pruh v levotočivé zatáčce**



Zdroj:[42]

Únikové zóny se umísťují na vnější straně levotočivé zatáčky. Umístění únikové zóny jsou popsány slovy: „*Úniková zóna se navrhuje pouze v případě, že již neexistuje jiné ekonomicky výhodnější a dopravně bezpečnější řešení např. převedení těžké nákladní dopravy do jiné trasy nebo vybudování zcela nové komunikace pro veškerý provoz*“. [15]. Jednotlivé části únikové zóny se skládají z testovacího úseku, kde řidič

zjišťuje stav brzdového systému vozidla, stabilizačního úseku, který řidič využije k nasměrování vozidla a únikového pruhu, obr. 12, který se skládá z náběžného a záchytného úseku. [11]

#### **4.1.5 Ostatní prvky pasivní bezpečnosti**

Ostatními prvky pasivní bezpečnosti jsou vodící stěny, ochrany překážek, konstrukce sloupů i značek. [11]

Vodící stěny neboli malá svodidla jsou jak aktivním tak i pasivním prvkem bezpečnosti. Jejich cílem je vést dopravu a tím aktivně ovlivňovat řidiče. Používají se k přesměrování dopravy při uzavírkách. [11]

Překážky jako např. stromy představují vysoké riziko nebezpečí, proto se zřizují ochrany překážek, které chrání před střetem vozidla se samotnou překážkou. Tyto ochrany jsou tvořeny speciálními typy svodidel nebo kombinací např. ojetými pneumatikami. [11]

Konstrukce sloupů a značek je tvořena z lehkých kovů a je uchycena k zemi pomocí lehce odlomitelných spojů. Nárazem do sloupu či značky se konstrukce ulomí a neklade vozidlu žádný odpor. [11]

#### **4.2 Aktivní prvky a systémy**

Aktivní systémy bezpečnosti na dopravní infrastruktuře zajišťují aktuální informace o dopravní situaci přímo v zorném poli řidiče. *„Vzhledem k vizuální orientaci člověka se nabízí způsob sdělování dopravních informací, včetně příkazů a zákazů, přímo z povrchu vozovky prostřednictvím systémů aktivní bezpečnosti“*. [2]

Systémy pracují na základě propojení detekčních subsystémů, jejichž vnitřní elektronické systémy předávají důrazně včas a srozumitelně informace o aktuální dopravní situaci chodců a vozidel. Informace jsou zpracovávány ve zlomcích času a vytvářejí naprogramované odezvy světelných výstražných zařízení. Výstražná světelná zařízení využívají výkonných světelných prvků požadované barvy a intenzity světla s ohledem na jejich umístění v prostoru. [2]

Mezi stávající nejpoužívanější zařízení patří semaforová návěstidla, zemní zápusťná návěstidla či speciální úpravy dopravních značek a informačních tabulí. [2]

#### 4.2.1 Zařízení pro zvýšení bezpečnosti chodců na přechodech

*„Vidět a být viděn je zásada bezpečného provozu na pozemních komunikacích“.*

[2]

##### 4.2.1.1 Osvětlení

Jednou ze zásad jak zvýšit bezpečnost na přechodech pro chodce je dobré a výkonné osvětlení především v hodinách se zhoršenou viditelností. Vhodná intenzita, směr a barva světla, obr 13, nasvítí chodce na přechodu tak, aby byl ve vhodném kontrastu na tmavém pozadí snadno zpozorován řidičem jedoucího vozidla ve směru jízdy. [9]

**Obr. 13 Osvětlení přechodů**



*Zdroj:[43]*

##### 4.2.1.2 Návěstidla s technologií LED

Přechody pro chodce s technologií LED jsou návěstidla zapuštěná v zemi a umístěná v řadě přímo uprostřed přechodů pro chodce, obr. 14. Systém optiky těchto návěstidel směřuje světelnou energii do kužele, kde dosahuje v daném směru velmi vysokou intenzitu světelného toku. Pro bezpečnost silničního provozu světelná zařízení svírají úhel s vozovkou méně než 10°. Světlo je ve vzdálenosti 30 – 50 m od přechodu

velmi výrazné. Tato návěstidla působí v celé šíři vozovky a jejich světelný zdroj svítí rovnoběžně s pruhy v obou směrech. Velmi dobře plní svoji funkci i za snížené viditelnosti. Umístění návěstidel je situováno do středu ZEBRA pruhů. Pro zvýraznění pruhů pro chodce se používá barva světelných zdrojů bílá. [9]

**Obr. 14 Přechod s LED technologií a zapuštěné LED svítidlo**



*Zdroj:[44]*

#### **4.2.1.3 Zvýraznění funkcí 3D**

Další možností zvýraznění přechodů pro chodce je funkce 3D. Ta spočívá v jednoduché barevné úpravě vodorovného dopravního značení bez nutnosti provedení stavebních úprav, obr. 15. Podstatou systému je optický klam, který z pohledu řidiče způsobuje domněnku, že je na vozovce překážka. Vznik klamu je dosažen speciálním tvarem a vzájemným kontrastem barevných ploch, které lze různě kombinovat. Z materiálového hlediska výroby přechodu je použit velmi odolný termoplast s dlouhou životností. [9]

**Obr. 15 Zvýraznění přechodů 3D technologií**



*Zdroj:[45]*

#### 4.2.1.4 Chodecký semafor s odpočtem času

Slouží k řízení pohybu chodců po přechodech. Stožár se SSZ je umístěn na chodníku uprostřed přechodu. Světelná signalizace je umístěná svisle na stožáru, obr. 16. Obsahuje 3 LED diodové čočky. Dvě z nich zobrazují signály dvou barev červená „stůj“ a zelená „volno“ s grafickým tvarem stojícího nebo jdoucího panáčka. Třetí čočka zobrazuje zbývající čas do zelené a červené. Na stožáru je také umístěné tlačítko pro chodce, jehož účelem je přizpůsobit signální plán chodci. [20]

Obr. 16 Chodecký semafor s odpočtem



Zdroj:[46]

Výchozí stav světelné signalizace pro vozidla je zelený signál a pro chodce červený signál. Chodec, který chce použít přechod pro chodce, stiskne tlačítko. V okamžiku se stav signalizace změní, pro vozidla se objeví červený a pro chodce zelený signál. [20]

#### 4.2.1.5 Zařízení pro handicapované spoluobčany

Jedním ze zařízení pro handicapované občany jsou akustické signály sloužící nevidomým bezpečně přecházet silnice a vlakové přejezdy. Tyto signály jsou provázány světelnou signalizací a upozorňují nevidomé příslušnými akustickými signály na umístění přechodu a na bezpečný přechod komunikace, jinými slovy fáze „stůj“ je ohlášena akustickým signálem o kmitočtu 8 Hz (přibližně 10 tepů za sekundu) a fáze „volno“ kmitočtem 1,5 Hz (přibližně 2,5 tepů za sekundu). Další již elektronické zařízení je přímo ve slepecké holi. Toto malé zařízení (jednotka) komunikuje prostřednictvím signálů se světelným signalizačním zařízením. V situaci, kdy se slepec blíží k přechodu, SSZ zachytí signál z jednotky a upraví dobu signálu volno tak, aby nevidomý mohl

v klidu přes přechod přejít. Účinnost tohoto systému zvyšuje Instalace CCTV kamer. Jednotky ještě vyšší úrovně umožňují i komunikaci s řidičem prostředku hromadné dopravy např. nástup a výstup z autobusu nebo tramvaje. [9], [27]

#### **4.2.2 Varovná zařízení při překročení rychlosti**

K omezení nebo zabránění nedovolené rychlosti, což je nejčastější dopravní přešůpek řidičů, se postupně do dopravní infrastruktury zavádějí dynamické systémy, jejichž částí jsou dopravní senzory pro měření rychlosti a proměnné dopravní značky varující řidiče před možným nebezpečím nebo upozorňující na dopravní přešůpek. Z hlediska inteligentních systémů jsou relativně novou epochou varovná zařízení, která využívají spolupráce telematických systémů, jako jsou spojení vozidlo-vozdlo nebo vozidlo-infrastruktura. Včasné informují a varují vozidlo o nadcházejícím nebezpečí. [9]

Dopravními senzory pro měření rychlosti jsou dvojice indukčních smyček, mikrovlnné detektory, infradetektory a videodetekce, jejichž principy a funkce jsou vysvětleny v příloze 2. [9]

Pro zobrazení možného nebezpečí či informací o provozu se používají různé typy proměnných dopravních značek a displejů, jako jsou světlovodné značky, LED technologie a segmentové displeje, jejichž funkce a principy jsou vysvětleny v příloze 3. [9]

##### **4.2.2.1 Zařízení využívající proměnné dopravní značení**

Bezpečnostní zařízení ve formě proměnných dopravních značek s technologií LED blíže vysvětlené v příloze 3 upozorňující účastníky provozu na povolenou rychlost, se např. instaluje 120 m před tabulí s označením názvu začátku obce. Dvojice indukčních smyček, příloha 2, která měří aktuální rychlost, je instalována ve vzdálenosti 120 m před proměnnou dopravní značkou. Další dvojice smyček pro měření rychlosti je instalována 20 m za značkou. Tato druhá dvojice smyček vyhodnocuje účinnost proměnné značky. Je statisticky dokázáno, že při zapnutém zařízení do obce vjíždí více než 92% řidičů rychlostí nižší než 60 km/h, kdežto při vypnutém zařízení se tento podíl sníží na 41%. Výsledky vyhodnocení tohoto systému jsou zobrazeny v tabulce 3. Je zde zcela prokazatelné, že dynamický systém ve velké míře ovlivňuje rychlost řidičů. [9]



**Tabulka 3 Vliv proměnného dopravního značení na rychlost**

Rozsah rychlosti	Vypnuté zařízení	Zapnuté zařízení
pod 50 km/h	8,6%	65,1%
pod 60 km/h	32,4%	27,1%
pod 70 km/h	36,0%	6,3%
pod 80 km/h	17,1%	1,2%
pod 100 km/h	5,9%	0,3%
přes 100 km/h	0,4%	0,0%

*Zdroj:[9]*

**Obr. 17 Proměnná dopravní značka před zatáčkou**



*Zdroj:[47]*

Tyto proměnné dopravní značky se také používají pro snížení rychlosti před zatáčkami, obr. 17, či jako varování před nebezpečnými křižovatkami. Značky se mohou střídát tak, aby řidič vozidla byl informován jak o maximální přípustné rychlosti, tak i o příčině jejího omezení, např. střídání značek A8 „nebezpečí smyku“ a B20a „Nejvyšší dovolená rychlost“ 50 km/h. Při občasném dohledu policie je k této značce doplněn i nápis „RADAR“. [9]

Tato zařízení se v zahraničí využívají také jako varování účastníků provozu o možné jízdě v opačném směru. K tomu dochází zejména v nočních hodinách díky statickému značení v nepřehledném místě vjezdu na rychlostní komunikaci. Tento systém využívá dvojici indukčních smyček od sebe vzdálených 5 metrů. Díky pořadí protnutých smyček systém zjistí, zda vozidlo v místě nájezdu jede ve správném směru (smyčky 1 - 2) nebo v protisměru (smyčky 2 – 1). Řidič, který vjede do protisměru, je automaticky varován proměnným značením zákazu vjezdu a informativním nápisem o

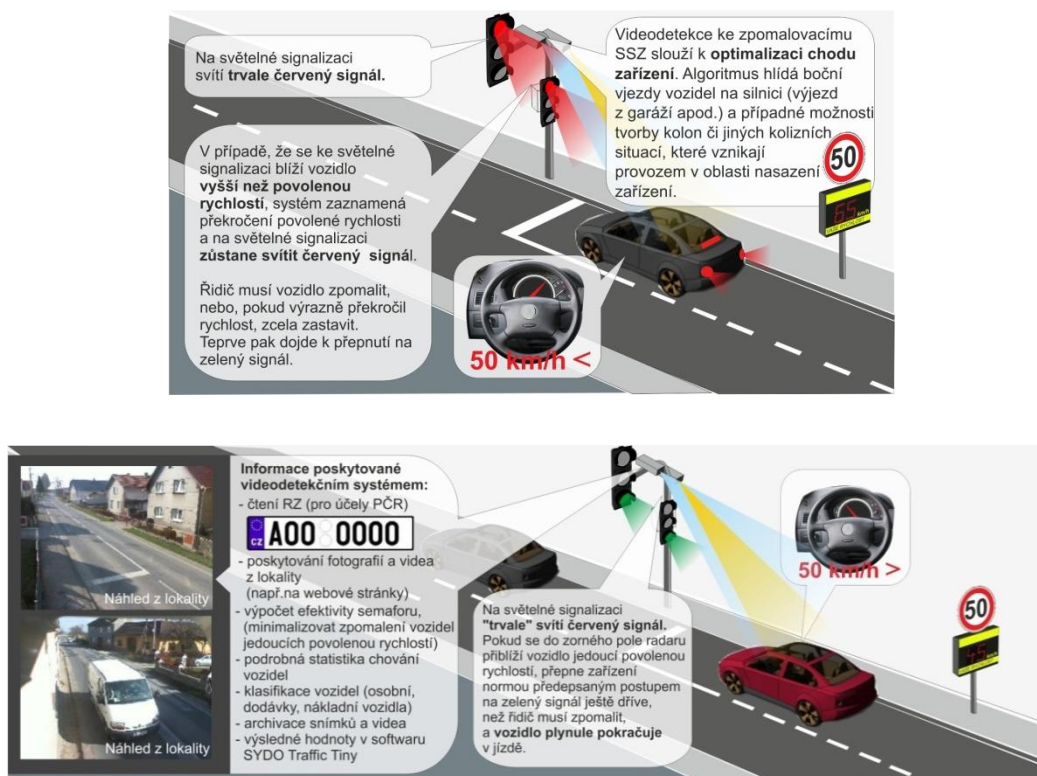


jíždě v opačném směru. Telematickými systémy se informace dostává do příslušného dopravně-informačního centra, které vysílá ostatním účastníkům provozu varovné hlášení s nejvyšší prioritou. [9]

#### 4.2.2.2 Dynamický zpomalovací semafor s videodetekcí

Dynamický zpomalovací semafor je zařízení omezující rychlost vozidel, která překračují povolený rychlostní limit. Systém zařízení poskytuje informace o počtu vozidel, jejich rychlosti a rozlišuje malá a velká vozidla. Systém je plně automatizovaný, pracuje bez zásahu člověka. Princip a funkce semaforu je popsána na obrázku, obr. 18. [23]

Obr. 18 Funkce dynamického zpomalovacího semaforu



Zdroj:[48], [49]

Instaluje se na výložníkový stožár nebo jako mobilní verze k okamžitému přemístění. Na vodorovné části stožáru je umístěná LED diodová čočka o průměru 300 mm a na svislé části je LED diodová čočka o průměru 200 mm. Dále jsou na stožáru umístěny detektory, rozvaděč a kamera včetně videodetekce, příloha 2. Stožár je

umístěn tak, aby nezasahoval do průjezdového profilu komunikace. Ve vzdálenosti 3 m od SSZ je v jízdním pruhu umístěná stop čára o šířce 0,5 m z plastické barvy a ve vzdálenosti cca 200 m (dle technických podmínek) je umístěná svislá značka A10 „světelná signalizace“. [23]

#### 4.2.2.3 Zařízení využívající proměnné dopravní displeje

Informační displeje mají podobný princip, ale jejich účelem je zklidňování dopravy. Tato zařízení se z velké části instalují v blízkosti škol, frekventovaných přechodů pro chodce a na místech, kde se předpokládá zvýšená rychlost, obr. 19. Na těchto místech se používají segmentové a LED displeje, příloha 3. [9]

**Obr. 19** Měření rychlosti v obci



*Zdroj: [50]*

Funkcí tohoto zařízení je upozornit řidiče na jejich aktuální rychlost. Na segmentovém displeji s nápisem „Vaše rychlost je“ se zobrazuje proměnný údaj o konkrétní rychlosti. Senzory pro tato zařízení jsou většinou mobilní infra či mikrovlnné detektory, příloha 2, které se mohou přemisťovat a tím zlepšovat bezpečnost v širším okolí. [9]

#### 4.2.3 Zařízení pro měření fyzikálních podmínek

Zařízení pro měření fyzikálních podmínek zjišťují momentální stav komunikace, viditelnost a kvalitu povrchu. Podle měření fyzikálních veličin se zařízení rozdělují na měření veličin sloužící ke kontrole životního prostředí, mimořádné stavy v tunelech, kontrolu stavu vozovek a hodnocení viditelnosti na vozovce. Tato měření jsou součástí

telematického systému a jsou založena na široké škále fyzikálních principů. Účastníci provozu jsou podle situace na vozovce varováni proměnným dopravním značením. [8]

#### **4.2.3.1 Měřiče námrazy**

Vznik námrazy na vozovce je indikován měřičem námrazy, který vyplývá z teploty vzduchu, teploty povrchu vozovky, teploty vozovky pod povrchem, relativní vlhkostí a stavu povrchu vozovky, jestli je suchá či mokrá. Místo, kde se provádí měření, je nejčastěji vybaveno lokálním měřicím systémem. Tento systém posílá do nadřazeného systému základní vyhodnocení. Vznik námrazy a jeho věrohodná predikce je základním požadavkem na systém. Některé systémy dokáží vyhodnotit situaci a varovat zimní údržbu i účastníky provozu tři hodiny předem o blížící se námraze. [8]

#### **4.2.3.2 Měřiče výšky vody na vozovce**

Tyto systémy měří výšku vody na vozovce a vysílají signály nadřazeným systémům, které aktivují příslušná zařízení. Tato zařízení pak vyhodnotí situaci a upozorní řidiče o stavu vozovky a dovolené rychlosti. Pro měření se využívají senzory zabudované ve vozovce. [8]

#### **4.2.3.3 Měření účinků větru**

Účinky větru se měří na místech, kde je přechod z uzavřeného do otevřeného prostranství např. u výjezdu z tunelu nebo vjezdu na most. Přístroje, které měří rychlost větru, jsou anemometry, obr. 20, kde počet otáček je úměrný rychlosti otáčení větrné růžice. Další měřicí přístroje fungují na bázi ultrazvuku. Rozsah větrné rychlosti je 0 až 20 m/s. [8]

**Obr. 20 Anemometr**



*Zdroj:[51]*

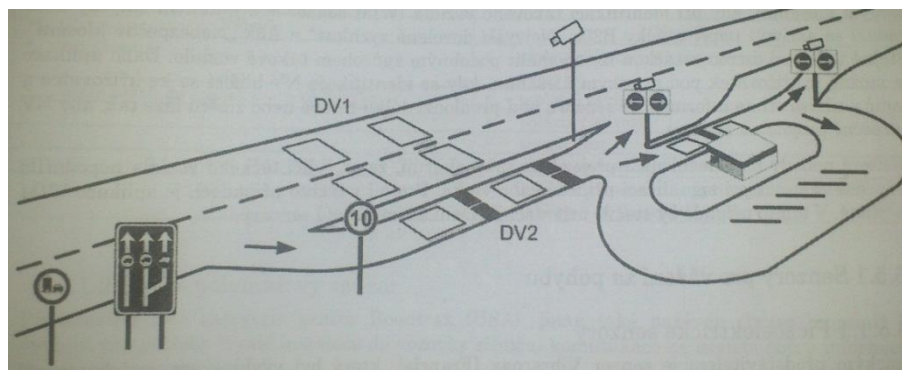
#### **4.2.3.4 Měření viditelnosti**

Senzory pro měření viditelnosti jsou spojeny s řídicím systémem, který vyhodnocuje signály ze sensorů a posílá další signály, které aktivují proměnné dopravní značení. Toto dopravní značení pak upozorňuje účastníky provozu na zhoršenou viditelnost. Senzory pracují na základě reflexe světla od částic vody nebo mlhy. Princip zařízení spočívá v intenzitě přijímaného světla, které je závislé na hustotě mlhy nebo deště. Viditelnost se měří v délkovém rozsahu 20 až 500 m. [8]

#### **4.2.4 Vážení vozidel za jízdy**

Na hraničních přechodech jsou statické systémy pro vážení vozidel, ale jejich nevýhodou je časová náročnost. Proto se zavádí technologie, která umožňuje vážení vozidel za jízdy „Weigh-In-Motion“ (dále WIM). [8]

**Obr. 21 Konfigurace vážení vozidel za pohybu**



*Zdroj:[9]*

Technologie WIM je typickým telematickým zařízením. Toto zařízení využívá proměnné dopravní značení spolu s příslušnými detektory a přenosovými systémy, příloha 2. Na některých komunikacích jsou systémy pro vážení, obr. 21, označeny proměnným dopravním značením. Tyto značky upozorňují řidiče na povinnost vážení nákladních vozidel. Vozidla musí odbočit z hlavní komunikace do vyhrazeného pruhu pro vážení. Indukční smyčky umístěné kousek za odbočovací pruhem odhalí každé nákladní vozidlo, které neodbočilo k vážení. V odbočovací pruhu jsou ve vozovce umístěné tenzometrické snímače, které vozidlo zváží. Po projetí vah systém okamžitě vyhodnotí, zda vozidlo nepřekračuje povolenou hmotnost. [8]

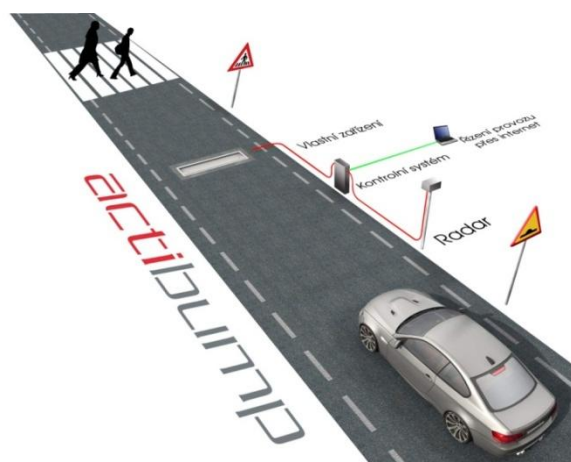
Cílem tohoto zařízení je snižování negativních účinků na zhoršování kvality povrchu silnic, což nejvíce zapříčiňují přeložená nákladní vozidla. [8]

## **5 Vize, možnosti a předpokládaný vývoj**

### **5.1 Aktivní zpomalovací práh Actibump**

Do České republiky míří nová technologie, která slouží ke zvýšení bezpečnosti na pozemních komunikacích. Tímto zařízením je aktivní zpomalovací práh. Jeho cílem je ochrana osob na přechodech, zpomalení vozidel v obcích a celkové zvýšení plynulosti provozu. Pro bezpečnost chodců se práh instaluje před přechod ve vhodné vzdálenosti tak, aby mohl ovlivnit rychlost přijíždějícího vozidla a tím maximálně snížit pravděpodobnost střetu s chodci. Zpomalí každé vozidlo, které překračuje povolenou rychlost, přičemž neovlivní průjezd vozidel, které jedou ve stanoveném rychlostním limitu. Dalším cílem aktivního prahu je zvýšení plynulosti provozu. Práh umístěný na pozemní komunikaci ve frekventovaných částech měst vybírá jednotlivá vozidla jedoucí nad rychlostním limitem a zároveň je zpomaluje. Tímto se na řešených místech zvýší plynulost dopravy, sníží se hluk, exhalace a spotřeba pohonných hmot. [19]

Obr. 22 Konfigurace systému Actibump



Zdroj:[52]

Aktivní zpomalovací práh je zařízení, které se instaluje do vozovek a vytváří tak mírnou prohlubeň pro zpomalení vozidel. Systém obsahuje jednotlivé části, obr. 22. Hloubka prohlubně je nastavena tak, aby upozornila řidiče na překročenou rychlost a zároveň aby nepoškodila vozidlo. Řidič díky své pozornosti zaznamená nerovnost na vozovce, nedochází k leknutí a prudkému brzdění. Řidič reaguje volným zpomalením vozidla. Pokud je práh v aktivní poloze, jeho přejezd připomíná výmol ve vozovce. V případě neaktivní polohy prahu jeho přejezd připomíná přejezd správně instalované dilatační spáry před vjezdem na most. [19]

Funkce prahu je systém určitých kroků. Nejprve je změřena rychlost přijíždějícího vozidla, pokud je jeho rychlost vyšší než povolená, Actibump zareaguje. Vytvoří se tak 60 mm hluboká překážka. Po přejetí sníženého Actibumpu řidič plynule zpomalí. Vozidla nepřekračující povolenou rychlost nejsou dotčena. [19]

## 5.2 Chytré semaforey

„ Když chceme, aby se ve městech jezdilo plynuleji, máme dvě možnosti: stavět nové silnice, mimoúrovňově křižovatky a tunely, což není většinou v reálných možnostech, nebo upravit systém, který dopravu ve městech řídí. Takové řešení je levnější a často efektivnější“. [24] Tento systém je možné upravit pomocí tzv. chytrých semaforů, které dokáží reagovat na aktuální situaci nejen v jejich bezprostředním okolí,

ale také i v celém kontextu města. V současné době reaguje 90 % ze všech světelných křižovatek částečně jen na provoz v okolí. [24]

V dohledné době budou semaforey samy dopravu plánovat. V situacích, kdy vznikne kongesce nebo se stane nehoda, by měly semaforey ve městě přizpůsobit dopravu dané situaci. Přijíždějící vozidla k dopravní nehodě budou odkláněna přes objízdné trasy nebo bude upraven cyklus SSZ tak, aby se kolona rychleji rozjela. V budoucnu se počítá s inteligentním dopravním systémem, který bude sám předvídat až 30 min dopředu. Bude umět vyhodnocovat místa, kde hrozí kolony a následně na ně reagovat. V neposlední řadě by tento systém také mohl lépe upřednostňovat městskou hromadnou dopravu. [24]

Obdobné systémy jsou v provozu jinde ve světě. Např. v Pekingu systém pracuje tak, že semaforey upraví stavy křižovatek a dají přednost jednomu jízdniému pruhu před druhým. K tomu jsou samozřejmě potřeba proměnná dopravní značení nebo informační tabule. Tyto informační tabule poskytují řidiči informace o plynulosti dopravy v hlavních úsecích. V budoucnu tyto tabule budou zakreslovat velikost přetížených úseků silnic do grafů. To ovšem vyžaduje znalost měst. [24]

Cílem chytrých semaforů je zrychlit dopravu v hlavních tazích měst zvláště v období prázdnin, kdy je hustota automobilové dopravy ve městech na minimu. [24]

### **5.3 Rozšíření prvků bezpečnosti díky zprovoznění tunelu Blanka v Praze**

K otevření nové části dopravní infrastruktury patří také zřízení nových prvků a systémů bezpečnosti. Po otevření tunelového komplexu Blanka bude potřeba některá místa v Praze více zabezpečit. Na těchto místech se budou zřizovat nové semaforey, přechody pro chodce a někde se budou i rovněž zužovat silnice. [18]

### **5.4 Nové možnosti jak zvýšit bezpečnost chodců na silnicích**

Technická fakulta Liberecké univerzity představila nový systém jak zvýšit bezpečnost chodců, především dětí, na silnicích. Tento systém obsahuje optická vlákna, která se umísťují na oblečení, batohy a dětské kočárky. Výhodou je, že k osvětlení optických vláken stačí jen jediná LED dioda napájená tužkovými bateriemi. Tato optická vlákna jsou na rovné komunikaci vidět do kilometrové vzdálenosti.

S kombinací reflexních vest by tato nová technologie mohla přinést nový rozměr pro bezpečnost chodců. [25]



## 6 Závěr

Potřeba efektivního a bezpečného transportu vede k neustálému zlepšování dopravní infrastruktury. Dopravní sektor je z globálního pohledu jedním z nejrychleji se rozvíjejících hospodářských odvětví.

Doprava umožňuje pohyb objektů pomocí dopravních prostředků na dopravní infrastrukturu. Člení se podle typu dopravní cesty na dopravu silniční, železniční, leteckou, vodní, cyklistickou, pěší a dopravu v klidu. Celosvětově nejrozšířenější dopravou je silniční, přestože za nejbezpečnější je považována doprava letecká. V rámci snižování negativního dopadu na životní prostředí se stává trendem tzv. udržitelná doprava. Udržitelná doprava preferuje využívání obnovitelných zdrojů energie a tím napomáhá ke snižování emisí. Jedná se např. o jízdu na kole či pěší chůzi.

Dopravní infrastruktura zajišťuje spojení mezi obyvatelstvem a hospodářskými i dalšími významnými subjekty. Ekonomickou stránku dopravní infrastruktury tvoří Státní fond dopravní infrastruktury. Poskytuje finanční plnění projektů, údržbu, rozvoj, výstavbu a modernizaci dopravní infrastruktury. Základními dopravními stavbami infrastruktury jsou mosty, tunely a křižovatky. Stále se rozšiřující silniční infrastruktura, konkrétně hustota silnic a dálnic v České republice, je srovnatelná s jinými zeměmi Evropy. U železniční infrastruktury nedochází ke vzniku nových tratí, ale k modernizaci již stávajících koridorů. Železniční síť v České republice totiž patří mezi nejhustší na světě, ale její přepravní výkony jsou prozatím podprůměrné.

Bezpečnost na dopravní infrastrukturu zajišťují prvky a systémy bezpečnosti. Dělí se na aktivní a pasivní prvky a systémy. Pasivní prvky (svodidla, zábradlí atd.) slouží k minimalizování následků dopravních nehod. Aktivní prvky a systémy zaznamenávají informace o aktuální dopravní situaci a přímo informují řidiče. Každý prvek má svá detekční zařízení (indukční smyčky, infradetektory, videodetekce atd.) pro zjišťování aktuálních informací, které jsou systémem vyhodnoceny a přeneseny do výstražných světelných zařízení (proměnné značky, proměnné displeje atd.). Nejpoužívanějšími prvky a systémy jsou systémy pro měření rychlosti. Statistika prokázala, že při používání bezpečnostního systému upozorňujícího účastníky provozu na povolenou

rychlost, vjíždí řidiči do obcí rychlostí nižší než 60 km/h ve více než 92% případů. Není-li zařízení použito, tento podíl se snižuje na 41%. V posledních letech se pozornost zaměřuje na bezpečnost chodců. Díky lepším světelným technologiím vznikají nové typy nebo jsou upravovány dosavadní přechody pro chodce. Vedle účinných zařízení pro měření rychlosti či detekci osob existují rovněž zařízení pro měření fyzikálních podmínek (měřiče větru, viditelnosti, námrazy atd.). Dalšími prvky bezpečnosti jsou systémy vážení vozidel za jízdy a zařízení pro hendikepované občany.

Bezpečnost člověka je nejdůležitějším faktorem ve všech oblastech dopravy. Vzhledem k současnému stavu dopravní infrastruktury a zvyšujícím se nárokům na pozemní komunikace, dopravní prostředky i účastníky provozu zejména ve velkých městech České republiky, je nezbytné zlepšovat stávající a především zavádět nové efektivní bezpečnostní prvky. V zahraničí jsou s úspěchem používány některé bezpečnostní systémy, které jsou v České republice doposud ve fázi testování např. zpomalovací práh Actibump. Do budoucna se rovněž uvažuje o variantě automatizovaných semaforů, které jsou schopny dopravu řídit samostatně na základě aktuální dopravní situace.

## 7 Seznam použité literatury

- [1] BRINKE, Josef. Úvod do geografie dopravy. Praha: Karolinum, 1999, 112 s. ISBN 80-7184-923-5
- [2] Elektrotechnika v praxi: odborný elektrotechnický časopis. Vydání 5-6/2009. Ostrava: BAEL, 2009- . Vychází dvouměsíčně.
- [3] HAMATA, Václav. Analýza a řízení rizik tunelů pozemních komunikací. První vydání. Praha: ČVUT, 2001. 45 s.
- [4] KASTLOVÁ, O. – BRICH, M. Ročenka Dopravy České Republiky 2012. První vydání. Praha: Ministerstvo dopravy, 2013. 157 s. ISSN 1801-3090
- [5] KŘIVDA, Vladislav. Křižovatky. Podklady z přednášek a cvičení. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2011
- [6] NOK-MMR. *Dopravní infrastruktura spolufinancovaná ze SF/FS a národních zdrojů*. První vydání. Praha: Ministerstvo pro místní rozvoj, 2011. 20 s.
- [7] PŘIBYL, P. – MACH, R. Řídicí systémy silniční dopravy. První vydání. Praha: ČVUT, 2003. 212 s. ISBN 80-01-02811-9
- [8] PŘIBYL, P. – SVÍTEK, M. Inteligentní dopravní systémy. První vydání. Praha: BEN, 2001. 543 s. ISBN 80-7300-029-6
- [9] PŘIBYL, Pavel. Inteligentní dopravní systémy a dopravní telematika 2. První vydání. Praha: ČVUT, 2007. 254 s. ISBN 978-80-01-03648-8
- [10] PŘIBYL, Pavel. Inteligentní dopravní systémy a dopravní telematika. První vydání. Praha: ČVUT, 2005. 182 s. ISBN 80-01-03122-5
- [11] SKÁLA, Jiří. Pasivní prvky bezpečnosti na pozemních komunikacích. První vydání. Brno: Mendelova Univerzita v Brně, 2013. 53 s.
- [12] SLABÝ, P. – DLOUHÁ, E. Dopravní stavby a systémy 20, 30. Dotisk prvního vydání. Praha: ČVUT, 2005. 161 s. ISBN: 80-01-02453-9
- [13] TKADLČÍKOVÁ, Petra. Analýza dopravní infrastruktury v olomouckém kraji. První vydání. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2010. 65 s.
- [14] TP 186. Zábradlí na pozemních komunikacích. Praha: Pragoprojekt, a.s., 2007
- [15] TP 57. Speciální bezpečnostní zařízení na pozemních komunikacích – Únikové zóny. Praha: Pragoprojekt, a.s., 2008
- [16] ZURYNEK, Josef., a kol. Dopravní procesy v cestovním ruchu. Praha: ASPI, a.s., 2008. 255 s. ISBN 978-80-7357-335-5.
- [17] České dálnice. *Ceskedalnice.cz* [online]. Vytvořeno 2002 - 2014 [cit. 2014-02-01]. Dostupné z: <<http://www.ceskedalnice.cz/dalnicni-sit/mosty-nad-500-m>>
- [18] ČTK. *Idnes.cz* [online]. Publikováno 7. 10. 2013, [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: <[http://praha.idnes.cz/po-zprovozneni-blanky-pribudou-v-praze-nove-semafory-a-prechody-pxr-/praha-zpravy.aspx?c=A131007\\_1985330\\_praha-zpravy\\_sfo](http://praha.idnes.cz/po-zprovozneni-blanky-pribudou-v-praze-nove-semafory-a-prechody-pxr-/praha-zpravy.aspx?c=A131007_1985330_praha-zpravy_sfo)>
- [19] Dragoun, Aleš. *Auto.cz* [online]. Vytvořeno 17. 9. 2013 [cit. 2014-03-12]. Dostupné z: <<http://www.auto.cz/ridici-plzni-pozor-chysta-vas-aktivni-zpomalovaci-prah-76761>>

- [20] Drbal, Vít. *Pravá Praha* [online]. Vytvořeno 31. 10. 2013, [cit. 2014-03-06]. Dostupné z: <<http://www.pravapraha.cz/cs/clanek/odpocitavajici-semafony-jsou-hezke-ale-nejsou-bezpecne>>
- [21] ESF, Cenia. *Vítejte na zemi* [online]. ©2013, [cit. 2014-1-15]. Dostupné z: <<http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=jak-se-doprava-deli&site=do-prava>>
- [22] ESF, Cenia. *Vítejte na zemi* [online]. ©2013, [cit. 2014-1-18]. Dostupné z: <<http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=doprava-u-nas&site=doprava>>
- [23] Gemos.cz. *Dynamický semafor.cz* [online]. Publikováno 21. 8. 2012 [cit. 2014-03-06]. Dostupné z: <<http://www.dynamickysemafor.cz/dynamickysemafor.cz/zpomalovaci-semafor-menu>>
- [24] Paclíková, Adéla. *Idnes.cz* [online]. Publikováno 29. 11. 2012, [cit. 2014-03-13]. Dostupné z: <[http://praha.idnes.cz/semafony-v-praze-mohou-zrychlit-provoz-f02-/praha-zpravy.aspx?c=A121129\\_1860767\\_praha-zpravy\\_sfo](http://praha.idnes.cz/semafony-v-praze-mohou-zrychlit-provoz-f02-/praha-zpravy.aspx?c=A121129_1860767_praha-zpravy_sfo)>
- [25] Pluhař, Adam. *idnes.cz* [online]. Publikováno 27. 2. 2013, [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: <[http://liberec.idnes.cz/opticka-vlakna-technicke-univerzity-v-liberci-fq0-/liberec-zpravy.aspx?c=A140227\\_123218\\_liberec-zpravy\\_tm](http://liberec.idnes.cz/opticka-vlakna-technicke-univerzity-v-liberci-fq0-/liberec-zpravy.aspx?c=A140227_123218_liberec-zpravy_tm)>
- [26] Státní fond dopravní infrastruktury. *Zákon o SFDI* [online]. Vytvořeno 4. 4. 2013, [cit. 2014-02-15]. Dostupné z: <<http://www.sfdi.cz/poskytovani-informaci/zakon-o-sfdi/>>
- [27] Tyflo-centrum Brno. *Bariery.centrumpronevidome.cz* [online]. Vytvořeno 5. 11. 2011 [cit. 2014-03-12]. Dostupné z: <<http://bariery.centrumpronevidome.cz/bariery/akusticke.htm>>
- [28] Silniční doprava [online]. [cit. 2014-03-20], Dostupné z: <[http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/Zdopr/02\\_SD.pdf](http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/Zdopr/02_SD.pdf)>
- [29] Ředitelství silnic a dálnic [online]. [cit. 2014-03-20], Dostupné z: <<http://www.silnice.info/Rozvoj-dalnicni-site.php>>
- [30] Městské komunikace a křižovatky [online]. [cit. 2014-03-20], Dostupné z: <<http://kds.vsb.cz/mkk/pocet-ramen.gif>>
- [31] Profimedia.cz [online]. [cit. 2014-03-20], Dostupné z: <<http://media.novinky.cz/046/170465-original1-bh30a.jpg>>
- [32] Město Jablonec [online]. [cit. 2014-03-20], Dostupné z: <<http://www.mestojablonec.cz/galerie/obrazky/image.php?img=1454&x=480&y=398>>
- [33] Idnes.cz [online]. [cit. 2014-03-20], Dostupné z: <[http://i.idnes.cz/13/093/cl6/KHR4e1af6\\_115117\\_3799463.jpg](http://i.idnes.cz/13/093/cl6/KHR4e1af6_115117_3799463.jpg)>
- [34] Brněnské komunikace a.s. [online]. [cit. 2014-03-20], Dostupné z: <<http://www.bkom.cz/documents/bezpecne-tunelem.pdf>>

- [35] Aerolux protihlukové stěny [online]. [cit. 2014-03-20], Dostupné z: <<http://www.aerolux.cz/ir/images/Gallery2Module/standalone/29050.igallery.image0000034--1280x1024.jpg>>
- [36] Správa železniční dopravní cesty [online]. [cit. 2014-03-20], Dostupné z: <<http://www.szdc.cz/soubory/mapy/koridory-zjednodusene.pdf>>
- [37] Silnice-železnice [online]. [cit. 2014-03-20], Dostupné z: <[http://www.silnice-zeleznice.cz/PublicFiles/UserFiles/images/SZ/2009/S309/800x800\\_vodnici07.jpg](http://www.silnice-zeleznice.cz/PublicFiles/UserFiles/images/SZ/2009/S309/800x800_vodnici07.jpg)>
- [38] Somaro dopravní značení [online]. [cit. 2014-03-20], Dostupné z: <<http://www.somaro.cz/fotky/deltabloc.jpg>>
- [39] Top kontakt [online]. [cit. 2014-03-20], Dostupné z: <[http://s.topkontakt.cz/images/img\\_product/original/03250/03250044\\_foto\\_dff285ce59.jpg](http://s.topkontakt.cz/images/img_product/original/03250/03250044_foto_dff285ce59.jpg)>
- [40] Renanova.cz [online]. [cit. 2014-03-20], Dostupné z: <[http://www.renanova.cz/data/shop/wysiwyg/images/tau\\_100l\\_d1\\_km\\_187\\_ls.jpg](http://www.renanova.cz/data/shop/wysiwyg/images/tau_100l_d1_km_187_ls.jpg)>
- [41] MB noviny [online]. [cit. 2014-03-20], Dostupné z: <<http://www.mbnoviny.cz/images/galleries/874/138148727551816400.jpg>>
- [42] Automobil revue [online]. [cit. 2014-03-20], Dostupné z: <<http://www.automobilrevue.cz/obrazek/4ff2a9599d10a/10.jpg>>
- [43] Policie [online]. [cit. 2014-03-20], Dostupné z: <<http://www.policie.cz/clanek/krajske-reditelstvi-policie-pdk-informace-osvetlene-prechody-ulevi-chodcum-i-ridicum.aspx>>
- [44] Bezpečné přechody [online]. [cit. 2014-03-20], Dostupné z: <<http://www.bezpecneprechody.cz>>
- [45] Bezpečné přechody [online]. [cit. 2014-03-20], Dostupné z: <<http://www.bezpecneprechody.cz>>
- [46] Idnes.cz [online]. [cit. 2014-03-20], Dostupné z: <[http://i.idnes.cz/12/081/cl6/ELI44eaf3\\_semafory\\_bmp.jpg](http://i.idnes.cz/12/081/cl6/ELI44eaf3_semafory_bmp.jpg)>
- [47] Swarco.com [online]. [cit. 2014-03-20], Dostupné z: <[http://www.swarco.com/var/em\\_plain\\_site/storage/images/media/images/210-vms-variable-message-signs/swarco\\_vms\\_vms-007\\_250x250rgb/4607-1-eng-US/SWARCO\\_VMS\\_VMS-007\\_250x250rgb\\_795x530px.jpg](http://www.swarco.com/var/em_plain_site/storage/images/media/images/210-vms-variable-message-signs/swarco_vms_vms-007_250x250rgb/4607-1-eng-US/SWARCO_VMS_VMS-007_250x250rgb_795x530px.jpg)>
- [48] Gemos [online]. [cit. 2014-03-20], Dostupné z: <<http://www.dynamickysemafor.cz/dynamickysemafor.cz/sites/default/files/pictures/letak/letak%20SEMAFOR%20032012.jpg>>
- [49] Gemos [online]. [cit. 2014-03-20], Dostupné z: <<http://www.dynamickysemafor.cz/dynamickysemafor.cz/sites/default/files/pictures/letak/letak%20SEMAFOR%20032012%202.jpg>>
- [50] Vlastní zpracování. [online] Dostupné z: <<https://maps.google.cz/>>
- [51] OBS Úpice [online]. [cit. 2014-03-20], Dostupné z: <<http://www.obsupice.cz/new/data/obr/meteo/anemometr.jpg>>

- [52] Actibump [online]. [cit. 2014-03-20], Dostupné z: <[http://www.actibump.cz/wp-content/uploads/2013/01/Upravena\\_grafika\\_1.jpg](http://www.actibump.cz/wp-content/uploads/2013/01/Upravena_grafika_1.jpg)>
- [53] VŠB-TU [online]. [cit. 2014-03-20], Dostupné z: <<http://kds.vsb.cz/mkk/img3C.jpg>>
- [54] Systémy pro silniční dopravu [online]. [cit. 2014-03-20], Dostupné z: <<http://www.azd.cz/admin/files/Dokumenty/pdf/Produkty/Silnicni/Dopravni-detektory.pdf>>
- [55] Systémy pro silniční dopravu [online]. [cit. 2014-03-20], Dostupné z: <<http://www.azd.cz/admin/files/Dokumenty/pdf/Produkty/Silnicni/Dopravni-detektory.pdf>>
- [56] AF Cityplan [online]. [cit. 2014-03-20], Dostupné z: <[http://www.af-cityplan.cz/res/dwe-files/n\\_1404044515.png](http://www.af-cityplan.cz/res/dwe-files/n_1404044515.png)>
- [57] All-biz [online]. [cit. 2014-03-20], Dostupné z: <<http://www.cz.all.biz/img/cz/catalog/57944.jpeg>>
- [58] NWK technology [online]. [cit. 2014-03-20], Dostupné z: <[http://www.nwk-tech.com/upload.cs/4/486f11d4-s\\_3-ivr10.png](http://www.nwk-tech.com/upload.cs/4/486f11d4-s_3-ivr10.png)>

## 8 Seznam zkratek

3D – Trojrozměrný obraz

CCTV – „Closed Circuit Television“ - Uzavřený televizní okruh

IDS – Integrovaný dopravní systém

ITS – „Intelligent Transport System“ - Inteligentní dopravní systém

LED – „Light-Emitting Diode“ - Dioda emitující světlo

MHD – Městská hromadná doprava

SFDI – Státní fond dopravní infrastruktury

SSZ – Světelné signalizační zařízení

WIM – „Weigh in Motion“ - Vážení vozidel za jízdy

## 9 Seznam obrázků

Obr. 1 Silniční síť ČR .....	8
Obr. 2 Mapa dálnic a rychlostních silnic ČR.....	9
Obr. 3 a) Typy úrovnových křižovatek, b) mimoúrovňová křižovatka.....	10
Obr. 4 a) Okružní křižovatka, b) čtyřramenná křižovatka se SSZ.....	11
Obr. 5 Průřez tunelem a jeho bezpečnostní prvky .....	12
Obr. 6 Most u Lahovic.....	13

Obr. 7 Mapa železničních koridorů ČR .....	14
Obr. 8 Vnitrozemské vodní cesty ČR.....	15
Obr. 9 Betonová a ocelová svodidla .....	16
Obr. 10 Tlumič nárazů mezi komunikacemi .....	17
Obr. 11 Červenobílé zábradlí .....	18
Obr. 12 Únikový pruh v levotočivé zatáčce .....	18
Obr. 13 Osvětlení přechodů.....	20
Obr. 14 Přechod s LED technologií a zapuštěné LED svítidlo .....	21
Obr. 15 Zvýraznění přechodů 3D technologií .....	21
Obr. 16 Chodecký semafor s odpočtem .....	22
Obr. 17 Proměnná dopravní značka před zatáčkou .....	24
Obr. 18 Funkce dynamického zpomalovacího semaforu .....	25
Obr. 19 Měření rychlosti v obci .....	26
Obr. 20 Anemometr.....	28
Obr. 21 Konfigurace vážení vozidel za pohybu.....	28
Obr. 22 Konfigurace systému Actibump.....	30
<u>Obrázky v přílohách:</u>	
Obr. 23 Homogenní magnetické pole smyčky a jeho narušení vozidlem .....	II
Obr. 24 Mikrovlnný detektor .....	IV
Obr. 25 Infračervené detektory .....	IV
Obr. 26 Možnosti umístění komponentů světelné závory .....	V
Obr. 27 Videodetekce na rychlostní komunikaci.....	VII
Obr. 28 Značka se světlovanými kabely.....	IX
Obr. 29 LED značka .....	X
Obr. 30 Segmentový displej.....	XI

## 10 Seznam tabulek

Tabulka 1 Vývoj délky silnic a dálnic v km .....	8
Tabulka 2 Vývoj délky neelektrizované a elektrizované železnice .....	13
Tabulka 3 Vliv proměnného dopravního značení na rychlost .....	24

## 11 Seznam příloh

Příloha 1 - Tunely .....	I
Příloha 2 - Dopravní detektory .....	II
Charakteristika .....	II
Indukční smyčky .....	II
Mikrovlnné detektory .....	III
Infračervené detektory .....	IV
Optické detektory .....	V
Videodetekce .....	VI
Senzory pro vážení vozidel za jízdy WIM .....	VIII
Ostatní druhy dopravních detektorů .....	VIII
Příloha 3 - Proměnné dopravní značení .....	IX
Značky se světlovodnými kabely .....	IX
Značky využívající technologii LED .....	X
Segmentové displeje .....	XI



## Příloha 1 - Tunely

Mezi důležité konstrukční parametry patří šířka dopravního pruhu, průjezdná výška, výhybky v tunelu, šířka 90 cm a délka 10 m únikového chodníku, zvýšení chodníku, barvy dopravního značení a protipožární izolace. [3]

Do technického vybavení tunelu se zařazují bezpečnostní systémy pro měření viditelnosti, obsahu CO a NO, počtu vozidel, rychlost průjezdu a námrazy. Umístění světelných závor v portálu a v tunelu. Osvětlení tunelů musí být náhradní i nouzové. Systém větrání při provozu a při požáru. Nouzová hlášení telefony, rádiovými nebo mobilními telefony, místním rozhlasem. Kamerový dozor v portálech na vjíždějící vozidla a tunelech na nehody a odstávky vozidel. Protipožární zajištění pro detekci požáru, hasicí přístroje, hydranty a vodovod. V neposlední řadě je odvod vody, který se řeší pomocí kanalizace v tunelu a filtrace nebezpečných látek. [3]

Pro řízení provozu je nutnost identifikace provozovatele, místo řízení provozu a údržby, provozní doba, provozní řád, havarijní plán, Spojení mimo tunel díky integrovanému systému záchrany pro zdravotní služby. [3]

Řízení dopravy se sestává z útvaru řízení dopravy, stabilních a příkazových dopravních značek, světelné signalizace dopravní trasy při vjezdu do tunelu a rozřazení na osobní a nákladní vozidla, světelná signalizace omezení rychlosti, odstupů a požáru. Dopravní značení pro jízdu v pruzích a omezení průjezdu. Stabilní, proměnné informační tabule a zamezení chybného nájezdu pomocí zátarasů. [3]

Řízení záchranného systému závisí na spojení pro vyhlášení alarmu, dojezdový čas, dosažitelnost místa nehody. [3]

## Příloha 2 - Dopravní detektory

### 11.1 Charakteristika

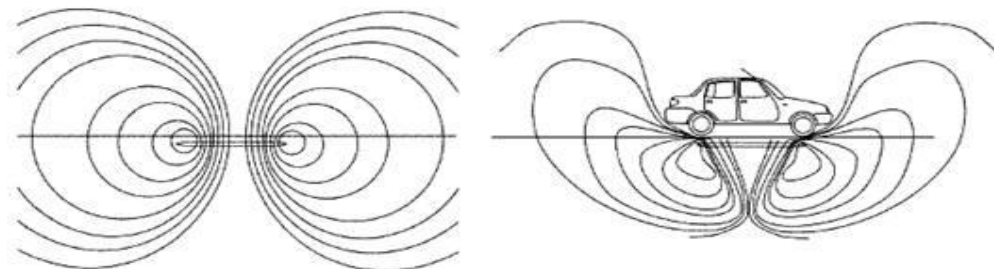
Základním kritériem pro řízení dopravních procesů je znalost vstupních veličin. V této kapitole budou vysvětleny jednotlivé typy a principy detektorů používaných v systémech bezpečnosti. Dopravní senzory se využívají ve třech základních oblastech. První oblastí jsou dopravní průzkumy, druhou jsou dopravní parametry např. rychlost nebo intenzita měřená on-line a ve třetí oblasti se využívají ke speciálním účelům detektory pro zjišťování tvorby kongescí. [7]

Základními detektory používanými na pozemních komunikacích jsou indukční smyčky, mikrovlnné, infračervené nebo optické detektory a videodetekce. [7]

#### Indukční smyčky

Indukční smyčky jsou dopravní detektory, nejčastěji spojené s dopravními radiči. Procesory, které jsou elektronickou částí detektorů, umožňují uplatňovat funkce, které automaticky mohou přeladit nebo nastavit úroveň kmitočtu. Pro detekování obsazenosti nebo přítomnosti vozidel se používá uspořádání s jednou smyčkou, oproti měření rychlosti vozidel, při kterém se používají smyčky dvě. Pomocí dvou smyček lze také zjistit, zdali pohybující vozidlo je vozidlem nákladním či osobním. „Rychlost se počítá z časového odstupu náběžných hran obou smyček, při jejich konstantní vzdálenosti“. [7]

**Obr. 23 Homogenní magnetické pole smyčky a jeho narušení vozidlem**



Zdroj: [53]

Činnost smyčky a její princip, obr. 1, vychází z indukčnosti, kde je cívka prostřednictvím členu z oscilátoru o 20-150 kHz přizpůsobována. Přítomnost kovového

předmětu (karoserie vozidla) narušuje homogenní magnetické pole, které je vytvořeno okolo závitů smyčky. [7]

K podstatným výhodám indukčních smyček patří relativně nízká cena, spolehlivost a jednoduchá aplikace. Nevýhodami jsou narušení vozovek drážkami o rozměrech 10 x 30 mm vlivem instalace a jejich poměrně nákladná údržba, především na místech jako jsou křižovatky, kde dochází k častému brzdění těžkých vozidel a následnému deformování asfaltu na vozovce. [7]

### **Mikrovlnné detektory**

Tento typ detektorů se používá zvláště v místech s nutností současného měření více parametrů na nedestruktivní bázi. Principem detektoru je vysílání spojitého elektromagnetického vlnění v pásmu K (24,125 GHz) nebo v pásmu X (10,525 GHz) do prostoru, průjezdu sledovaných vozidel. Mikrovlnné záření vychází z oscilátoru s Gunnovou diodou, umístěnou v rezonátoru s dutinou o rozměrech vyhovujících kritériím požadované vlnové délky. Z oscilátoru do vlnovodu, spojeného s anténou ve tvaru trychtýře, se vlnění přivádí přes vazební clonu. Celý měřicí obvod dohromady tvoří směšovač, zesilovač a měřič kmitočtu. Tento obvod zpracovává záření, které je odraženo od sledovaných vozidel. [7]

Výhodou mikrovlnných detektorů oproti optickým, infračerveným nebo ultrazvukovým je vyšší přesnost měření a odolnost oproti změnám vnějších fyzikálních podmínek. [7]

Tyto detektory měří rychlost, délku vozidla a počet průjezdu vozidel za danou časovou jednotku. Instalují se často nad jízdní pruh proti směru pohybu dopravního proudu na sloupech do příslušné výšky. Příklad umístění viz obr. 2. [7]

**Obr. 24 Mikrovlnný detektor**



*Zdroj: [54]*

### **Infračervené detektory**

Infračervené detektory (dále IR) jsou určeny pro detekci chodců či vozidel, měření rychlosti a délky vozidel. Snímače pracují na základě výměny tepla zářením mezi detektorem a zjišťovaným objektem. Přijímané záření vlnové délky v rozsahu 8–14  $\mu\text{m}$  se dobře šíří mlhou i deštěm. Lidské oko jej nedokáže rozpoznat. Například lidské tělo vyzařuje IR záření v oblasti pouze 10  $\mu\text{m}$ . [7]

**Obr. 25 Infračervené detektory**



*Zdroj: [55]*

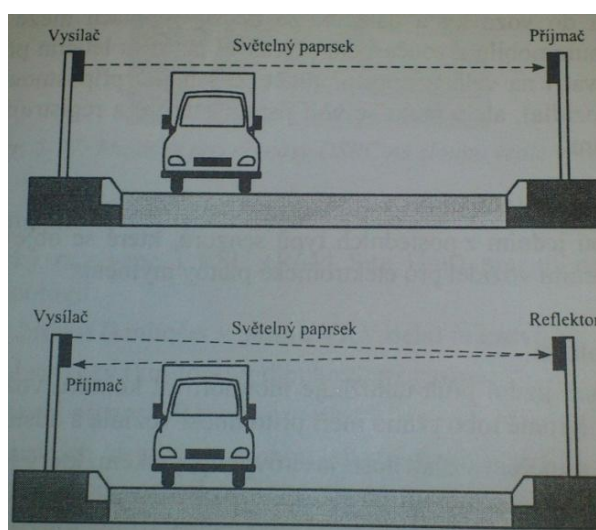
IR detektor je pasivní a nevysílá žádné paprsky. Naopak objekty (vozidla, lidé) tepelné záření vyzařují. Velikost záření závisí na ploše, energii a emisním koeficientu. Pasivní IR detektor je schopen v přesně vymezeném poli reagovat na rozdíly až 1°C. Záření objektu je velmi slabé, proto senzory používají velmi dobrou optiku tvořenou kvalitními filtry a systémy čoček pro zaostření do měřicího pole. Měření infračerveného záření ovlivňuje tepelné záření slunce a pouličního osvětlení. Této situaci se dá předejít vhodným umístěním detektoru a úpravou jeho technologie. Zařízení se instalují do příslušné výšky na konstrukce sloupů, viz na obr. 3. [7]

Tyto detektory dělíme na přítomnostní s krátkým a velkým dosahem, měřící s krátkým dosahem a chodecké detektory. [7]

## Optické detektory

Optické detektory slouží k zjištění přítomnosti vozidel v měřené oblasti. Znovu se jedná o pasivní detekci. „Detektor analyzuje kontrast dvou referenčních bodů na vozovce s automatickou adjustací v závislosti na okolním osvětlení.“ Nejčastěji se používají dva fototranzistory pro zachycování vlnových délek 400 a 1100 nm a dvě ohniska 72 a 106 mm. Zesilovač kompenzuje zisk v rozsahu cca 35dB a doba odezvy je kolem 30 ms. [7]

Obr. 26 Možnosti umístění komponentů světelné závory



Zdroj: [5]

Tyto optické detektory se používají jako světelné závory, pro zjišťování výšek vozidel a méně často pro měření rychlosti. Hlavní části světelné závory jsou vysílač a přijímač, popřípadě reflektor. Vysílač emituje světelný paprsek, který je přijímán přijímačem nebo směřován využitím reflektoru. Rozhodnutí jak instalovat tento systém na pozemní komunikaci je o dvou možnostech, první možností je vysílač a přijímač umístit zvlášť na každý sloup. Jednodušší variantou je však umístit přijímač a vysílač z hlediska napájení na jeden sloup a reflexní element na sloup druhý, obr. 4. Pro měření se používá laserový nebo infračervený paprsek občas i viditelné světlo. Na překonání větší vzdálenosti je výhodnější použít paprsek laserový. Funkce přesnosti těchto detektorů je ovlivňována vnějšími fyzikálními podmínkami (déšť, sníh, mlha). Světelné závory se používají jako výšková kontrola vozidel před tunely, podjezdy a na mosty. Za sebou umístěnými dvěma světelnými závorami lze zároveň měřit i rychlost. V rámci výškové kontroly se používají dvě uspořádání. První možností jsou dvě světelné závory za sebou ve stejné výšce. Tento systém využívá logické funkce a to pokud jsou oba paprsky přetnuty najednou, je vyhlášen poplach. Výhodou je nedestruktivní montáž ve vztahu k vozovce, ale nevýhodou je vzdálenost závor (600 – 1000 mm). Druhou možností je světelná závora s indukční smyčkou ve vozovce, a nevýhodou montáž do povrchu vozovky. [7]

## **Videodetekce**

V souvislosti s budováním telematiky se rozvíjí další technologie senzorů konkrétně videodetekce. Na rozdíl od indukčních smyček a ostatních detektorů, které měří dopravní parametry v bodě, lze měřit více parametrů jako hustotu provozu, shluky vozidel, délku kolon a rychlost vozidel díky využití celého zorného pole kamery, obr. 5. Pro získání kvalitnějších měřících vlastností je nutné kameru umístit vysoko nad komunikaci. [7]

Obr. 27 Videodetekce na rychlostní komunikaci



Zdroj: [56]

Prvním zařízením, pracujícím na principu videodetekce bylo zařízení AUTOSCOPE. Vývoj tohoto zařízení započal roku 1984 v Minnesotě. Od roku 1989 se tato zařízení začala výrazně komerčně využívat. Videodetekční zařízení v současnosti vyrábí a dodává řada renomovaných dodavatelů a neustále se vylepšují jejich technické vlastnosti. Důležitou vlastností tohoto zařízení je rychlá identifikace zastavení vozidla tzv. Video Tracking, jehož funkcí je označení každého vozidla vstupujícího do zorného úhlu kamery neviditelným terčem a jeho vyhodnocení. Podstatou je digitalizace CCTV obrazu, který vytváří mnohorozměrný více bitový vektor. Automobil projíždějící zorným polem je identifikován změnou jasu a barevné hodnoty na virtuálním detektoru. Spojením videodetekčního zařízení s kamerou je na obrazovce možné vytvářet virtuální detektory jako je detektor přítomnosti či rychlosti a následně jim přiřazovat různé další matematické, statistické a logické funkce. K výhodám videodetekce patří možnost vyhodnocování více dopravních parametrů najednou. Obrazy videokamer mohou být využity k zobrazení reálné situace na monitorech. Náklady na údržbu smyčkových detektorů odpadají. Umístění detektorů může zákazník postupně optimalizovat a při rekonstrukcích a stavebních úpravách křižovatek lze operativně měnit jejich polohu a nastavení. Nevýhodou jsou vyšší pořizovací a provozní náklady. Při extrémním počasí, mlze nebo dešti, je možný výskyt určitých problémů kdy

videodetekční zařízení rozpozná díky příslušným sensorům špatné klimatické podmínky a přepne se do předem nadefinovaného stavu. Kamery se nejčastěji umísťují nad střed dopravního proudu ve výšce 10 m. Boční i podélné zastiňování vozidel je důležité omezit kvůli správné barevné perspektivě a to z důvodu možnosti nerozlišení vozidel díky tzv. barevnému splynutí. „Snímkový kmitočet obrazu je 25 obr/s, což znamená, že je každých 40 ms zpracováván jeden snímek. Při rychlosti 50 km/h ujede vozidlo za 40 ms vzdálenost 0,6 m.“ Pro zabránění tvoření chyb v měření je důležité, aby byla viditelná délka mezery mezi vozidly větší než 0,6 m. „Pro rychlost 100 km/h je mezera větší než 1,2 m, pro rychlost 150 km/h je 1,8 m a pro 200 km/h je mezera 2,4 m“. [7]

### **Senzory pro vážení vozidel za jízdy WIM**

Typickými senzory pro zjišťování váhy vozidel jsou kapacitní sondy. Výchozí základní kapacita je závislá na ploše elektrod, jejich vzájemnou vzdáleností a používaným dielektrikem. Jestliže vozidlo vjede na váhy, sonda se zatíží a dielektrikum se stlačí a tím vzroste kapacita. Hodnoty kapacity při velikosti sondy 1,8 x 0,5 m jsou 22 nF. Tyto senzory jsou velké a těžké a snesou zatížení kolem 20 000 kg. Hodnoty dynamického měření se může odchylovat 3% od skutečnosti, kdežto hodnoty statického měření se může odchylovat 0,5%. [7]

Dalšími senzory jsou piezokeramické kroužky, které jsou zapuštěné do vozovky. Tyto kroužky jsou většinou obdélníkového průřezu a jsou umístěné v aluminiovém U-profilu. Kvůli silným horizontálním zatížením se sondy při vkládání do vozovky vybavují gumovými tlumícími profily. [7]

V neposlední řadě se používají Tenzometrické snímače. [7]

### **Ostatní druhy dopravních detektorů**

Mimo detektory, měřící parametry dopravního proudu, existuje další řada detektorů, které jsou na některých místech pozemní komunikace nezbytné. Mezi tato zařízení patří ekologické detektory, které dokáží měřit koncentraci škodlivých látek a údaje o povětrnostních podmínkách. Zařízení pro měření škodlivin je instalováno především v tunelech a v garážích, ale také i v exponovaných centrech měst. Zařízení



pro měření povětrnostních podmínek se používá nejčastěji na mostech a otevřených prostranstvích. [7]

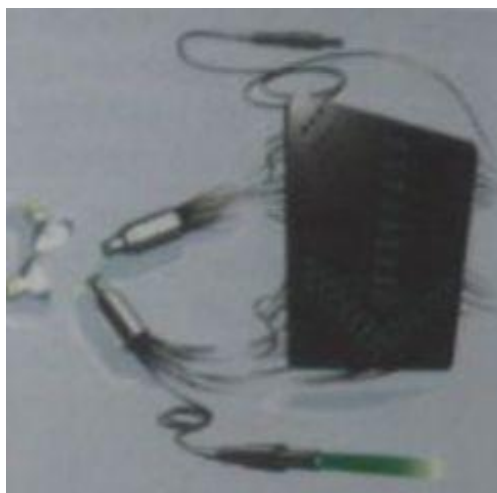
Mezi další druh detektoru patří ultrazvukové detektory. Tyto detektory mají však nižší přesnost měření dopravních parametrů. Uplatňují se jako detektory pro měření přítomnosti. Pro generování a detekování ultrazvukových vln se používá reverzní piezoelektrický jev. Ultrazvukové vlny jsou vytvářeny elektrostrikcí, což je kmitání piezokeramického elementu, který je rozkmitáván střídavým napětím. [7]

## **Příloha 3 - Proměnné dopravní značení**

### **Značky se světlovodnými kabely**

Značky se světlovodnými kabely jsou tvořeny halogenovým světelným zdrojem. Světelný tok, který tento zdroj vyzařuje, prostupuje přes až 350 skleněných nebo plastových světlovodných vláken. Světlovody z plastu jsou výrazně levnější, ale naopak mají větší světelný útlum. Na jednom konci světlovodů je halogenový zdroj a na druhém konci jsou světlovody zakončeny speciální čočkou, obr. 6. [9]

**Obr. 28 Značka se světlovodnými kabely**



*Zdroj: [6]*

Pomocí počítačové animace a optimalizace se na matici o rozměrech 1000x1000 mm předem navrhnu plně grafické nebo alfanumerické symboly. Na jedné matici může být umístěno až 15 světelných vyobrazení dopravních značek. [9]

V tomto systému se výhradně používá jeden svazek světlovodů se dvěma žárovkami, z toho první žárovka je primární a druhá záložní, která se rozsvítí pouze v případě poruchy té první. Elektrický přepínač, který zajišťuje přepnutí z jedné žárovky na druhou, zároveň vyše automaticky nadřazenému systému signál o poruše primární žárovky. Díky této konstrukci systém pracuje s takřka dvojnásobnou životností. Dle typu halogenových žárovek je střední doba mezi poruchami od 16000 do 24000 hodinami. [9]

### **Značky využívající technologii LED**

Technologie LED využívající světlo emitujících diod se oproti technologii světlovodných kabelů rozšiřují díky vývoji stále se zvětšujícího poměru vyzářeného světla/příkonu. Nejčastější umístění LED diod je vetknutí do optického elementu, který vyzářuje pod potřebným úhlem. Méně časté je umístění diod přímo na matrici. LED potřebných barev se uspořádají tak, aby mohly vytvářet obrazy daných značek, obr. 7. Několikanásobně dražší variantou jsou plně grafické displeje, které vytvářejí ostatní barvy a jejich odstíny z komplementárních barev. Při návrhu značek s touto technologií je třeba respektovat tepelnou závislost, jelikož se jedná o polovodičový prvek. Tento prvek má snesitelnou teplotu krystalu kolem 100°C, je tedy v zásadě nutné snížit tuto teplotu, která má za následek snižování životnosti. Životnost LED při optimálních podmínkách dosahuje až 100 000 hodin. [9]

**Obr. 29 LED značka**



*Zdroj: [57]*

## Segmentové displeje

Zobrazení dvojbarevných piktogramů nebo jakýchkoliv čísel v rozmezí 10 – 100 km/h není v předchozích případech možné, proto zavádíme technologii segmentových displejů, které mají možnost zobrazit kterékoliv číslo. [9]

Obr. 30 Segmentový displej



Zdroj: [58]

Nejčastějším případem jsou bistabilní elementy, u kterých se elektrickým impulzem překlápí aktivní plocha z retroreflexního povrchu a pasivní plocha z černého povrchu. Segmentový displej je vidět na obr. 8. [9]

