

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
TECHNICKÁ FAKULTA

KATEDRA VOZIDEL A POZEMNÍ DOPRAVY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Kalibrace datové základny dopravních průzkumů a jejich
praktická implementace**

PRAHA 2011

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Miroslav Růžička, Csc.

Diplomant:

Eva Pechová

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci na téma „Kalibrace datové základny dopravních průzkumů a jejich praktická implementace“ vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.

V Praze dne 6. dubna 2011

.....

podpis diplomanta

PODĚKOVÁNÍ

Abstrakt

Cílem této práce je seznámení se s různými druhy přístrojů, které se využívají ke sčítání dopravy, s detailním zaměřením na přístroj NC – 30X od firmy Nu – Metrics.

V literární rešerši jsou shrnuty druhy dopravních průzkumů. Dále jsou zde popsány jednotlivé druhy detektorů, jejich princip a využití v praxi.

V další části je podrobná charakteristika přístroje NC – 30X, jeho ovládání, instalace na vozovku a jsou zde zmíněny možné závady a jejich případné řešení.

Následuje část praktická, ve které je popsán průběh získávání dat v terénu. Jsou zde uvedeny naměřené hodnoty a jejich vyhodnocení.

V poslední části je vyhodnocena přesnost přístrojů NC – 30X a jsou zde uvedeny možnosti jejich využití v praxi.

Klíčová slova: dopravní průzkum, sčítač dopravy, přesnost měření

Abstract

The aim of this work is to get acquainted with different types of devices that are used for traffic counting, with detailed focus on the machine NC - 30X produced by NuMetrics.

In the literature search are summarized types of transport surveys. There are also described various types of detectors and their application in principle and practice.

The next part is a detailed device characterization NC - 30X, its control, installation of the road and are mentioned possible faults and their possible solutions.

The following is a practical part, which describes the process of data collection in the field. There are given readings and evaluating them.

In the last section evaluated the accuracy of NC machines - 30X and mention the possibility of their use in practice.

Keywords: traffic survey, **traffic counter**, **accuracy**

Obsah

Úvod.....	7
1 Obecné seznámení s problematikou sčítání dopravy.....	8
1.1 Dopravní proud.....	8
1.2 Rozdělení dopravních průzkumů.....	8
1.3 Sledované veličiny dopravních průzkumů.....	11
2 Způsob provádění dopravních průzkumů.....	13
2.1 Senzory/Detektory.....	13
2.2 Ruční záznam.....	15
2.2.1 Manuální sčítání.....	15
2.2.2 Ruční záznamové přístroje.....	15
2.3 Detektory zasahující do vozovky.....	15
2.3.1 Indukční detektory.....	16
2.3.2 Magnetometry.....	21
2.3.3 Indukční magnetometry.....	23
2.3.4 Magnetické detektory.....	24
2.3.5 Pneumatické detektory.....	24
2.3.6 Piezoelektrické detektory.....	26
2.3.7 Detektory s vláknovou optikou.....	28
2.3.8 Bending Plate.....	29
2.4 Detektory nezasahující do vozovky.....	29
2.4.1 Mikrovlnné detektory.....	30
2.4.2 Mikrovlnný radar.....	31
2.4.3 Infračervené detektory (aktivní).....	32
2.4.4 Infračervené detektory (pasivní).....	33
2.4.4.1 Infračervené detektory přijímací tepelné záření.....	34
2.4.4.2 Optické detektory na principu změny kontrastu.....	35
2.4.5 Ultrazvukové detektory.....	36
2.4.6 Pasivní detektory hluku.....	37
2.4.7 Videodetekce.....	38
2.4.8 Kombinované detektory.....	40
2.4.9 Porovnání jednotlivých druhů detektorů.....	40
2.5 Detektory umístěné ve vozidle.....	41
3 Popis automatických sčítačů Nu-Metrics NC – 30X.....	42
3.1 Základní parametry.....	42
3.2 Obsluha sčítače.....	44
3.2.1 Nastavení sčítače.....	44
3.2.2 Zahájení sčítání.....	47
3.2.3 Zobrazení nasbíraných dat.....	47
3.2.4 Přenos dat do počítače.....	48
3.3 Instalace na vozovku.....	49
3.3.1 Polotrvalá instalace.....	49
3.3.2 Přenosná instalace.....	51
3.4 Nefunkční sčítač.....	52

3.4.1 Řešení nejčastějších chyb.....	52
4 Zhodnocení přesnosti automatických sčítačů NC – 30X.....	53
4.1 Průběh zkoušky.....	53
4.2 Instalace sčítače.....	54
4.3 Naměřené hodnoty a výpočty.....	54
4.4 Přesnost dalších druhů měření.....	59
4.5 Využití sčítačů NC – 30X v praxi.....	60
4.6 Výhody sčítačů NC – 30X.....	61
4.7 Nevýhody sčítačů NC – 30X.....	61
5 Metodické pokyny pro sčítání pomocí přístroje NC – 30X.....	62
5.1 Výběr místa instalace.....	62
5.2 Instalace sčítače.....	62
5.3 Přenos dat do počítače.....	63
Závěr.....	64
Použitá literatura.....	65
Elektronické zdroje.....	66
Seznam obrázků.....	68
Seznam tabulek.....	69

Úvod

Dopravní průzkumy zjišťují současné objemy přepravy, intenzity dopravních a přepravních proudů a dopravní poměry na stávajících dopravních zařízeních. Současně tvoří podklad pro dopravní plánování a odvozuji se z nich výhledové potřeby. Poskytují důležité informace o stavu dopravy a dopravních zařízeních.

Informace z dopravních průzkumů jsou využívány pro lepší využití dopravního prostoru, zlepšení plynulosti, bezpečnosti, pohodlí a hospodárnosti dopravy. Dále jako podklady pro modernizaci stávajících sítí a řešení provozních, organizačních a ekonomických problémů.

Nesmíme zapomenout na to, že slouží také jako podklady pro vyhodnocení vlivu dopravy na životní prostředí.

K jejich pořízení jsou používány různé metody od ručního sčítání až po strojní zpracování dat z různých typů detektorů.

V mé práci jsem se zabývala sčítačem NC – 30X od firmy Nu – Metrics.

Hodnoty získané přístrojem NC – 30X byly porovnávány s manuálně naměřenými hodnotami. Z těchto dat byla zjištěna chyba přístroje.

Závěry této práce napomohou uživatelům k přesnějšímu vyhodnocení dat získaných přístrojem NC – 30X.

1 Obecné seznámení s problematikou sčítání dopravy

1.1 Dopravní proud

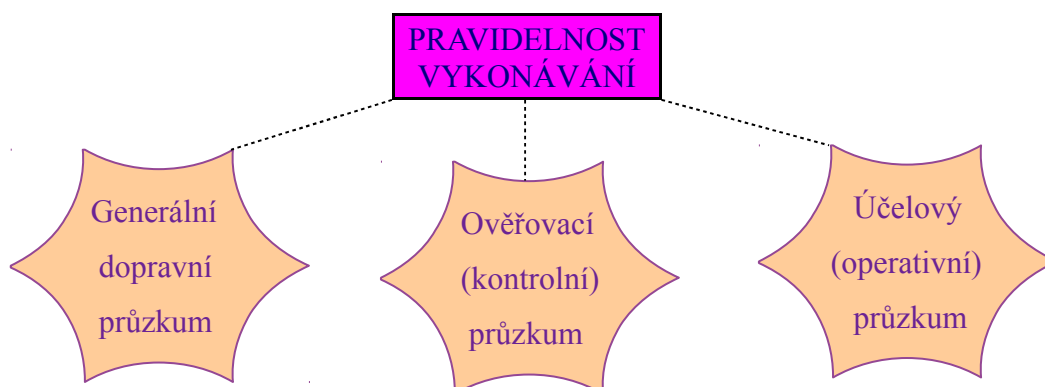
Doprava v sídelním útvaru (města) realizovaná prostřednictvím pozemních komunikací v dopravních proudech vozidel nebo chodců vyjadřuje z hlediska života sídelních útvarů (měst) realizaci hybnosti osob nebo materiálu, tedy jejich přemístění od zdrojů k cílům.

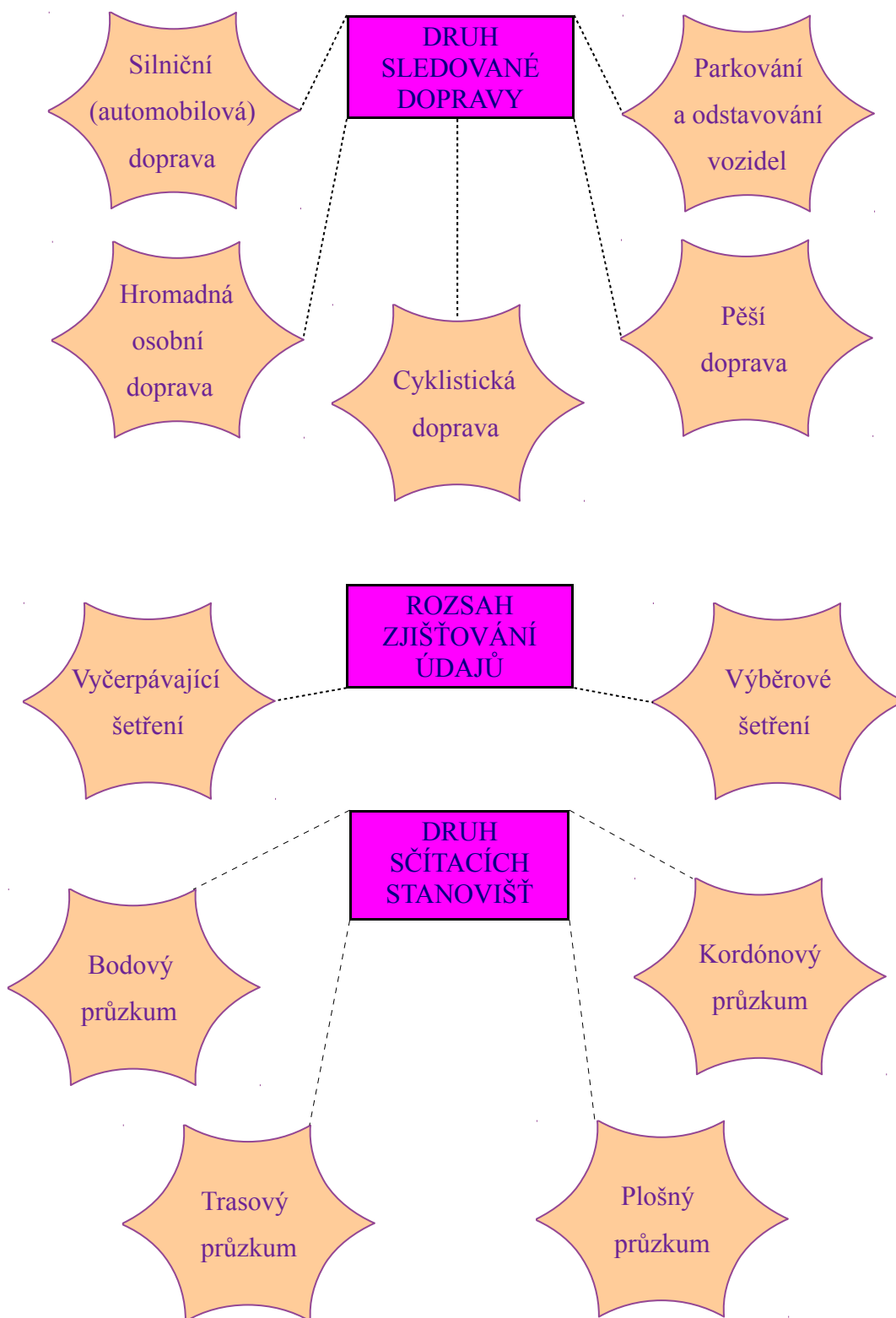
Teoreticky lze chápat dopravní proud jako proud složený z různých druhů vozidel, která mají své specifické vlastnosti. Tyto vlastnosti ho odlišují od podobných jevů (proudů) známých například z fyziky, a proto je k jeho zkoumání nutno přistupovat speciálně.

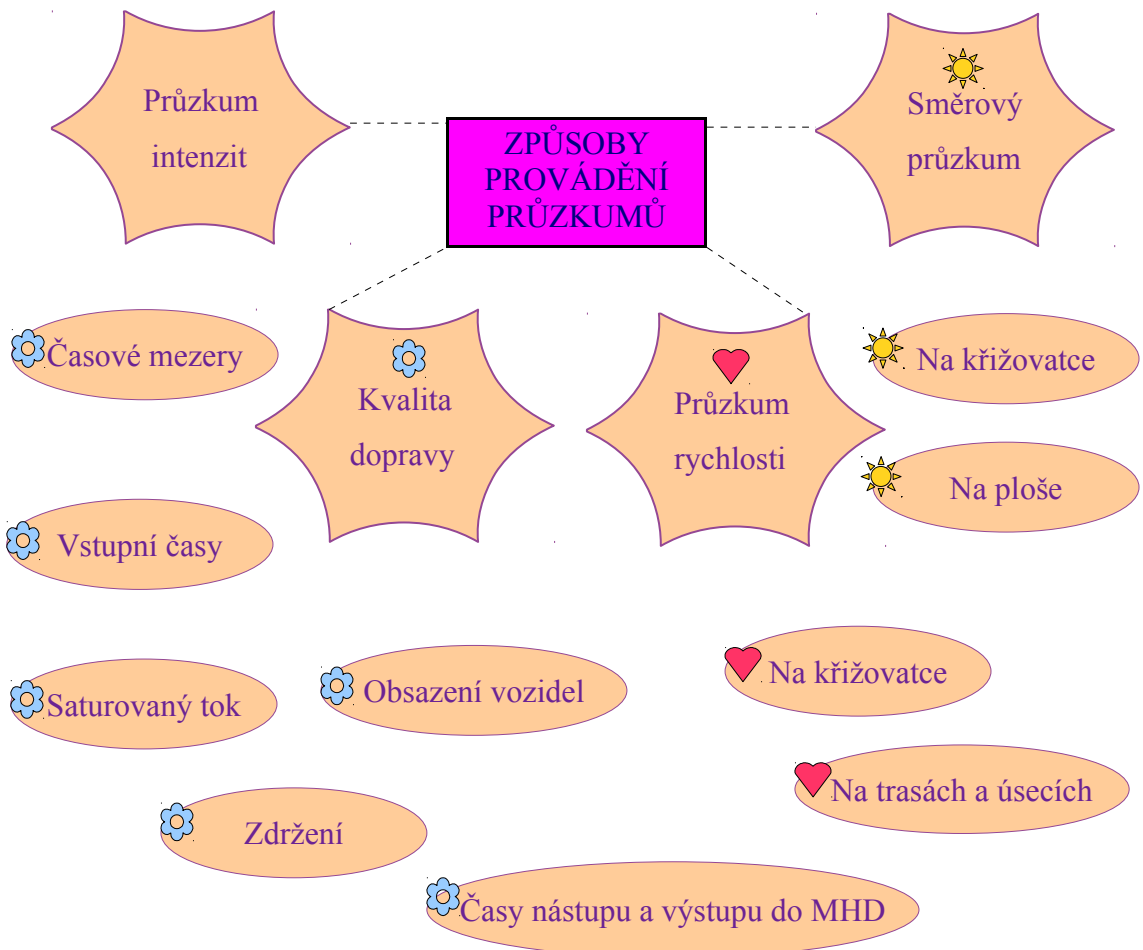
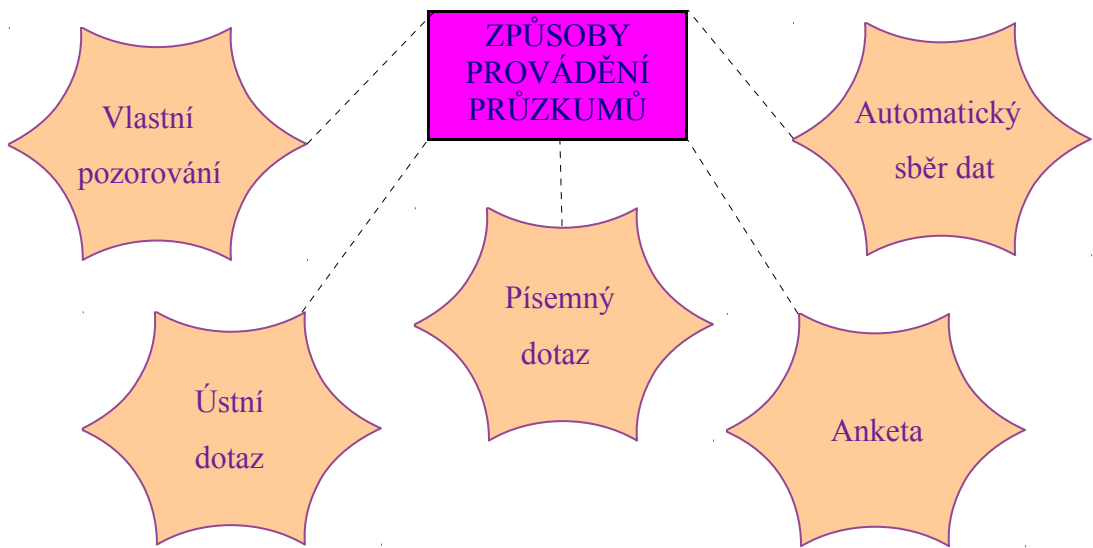
Na dopravní proud působí celá řada faktorů, ale na druhou stranu i dopravní proud svým chováním ovlivňuje své okolí jak kvantitativně tak i kvalitativně.

Dopravní proud je sled všech vozidel (nebo chodců) pohybujících se v jednom pruhu buď za sebou nebo v pruzích vedle sebe v jednom směru. Může se skládat z více jízdnicích nebo chodeckých proudů. *Zdroj: [7]*

1.2 Rozdělení dopravních průzkumů

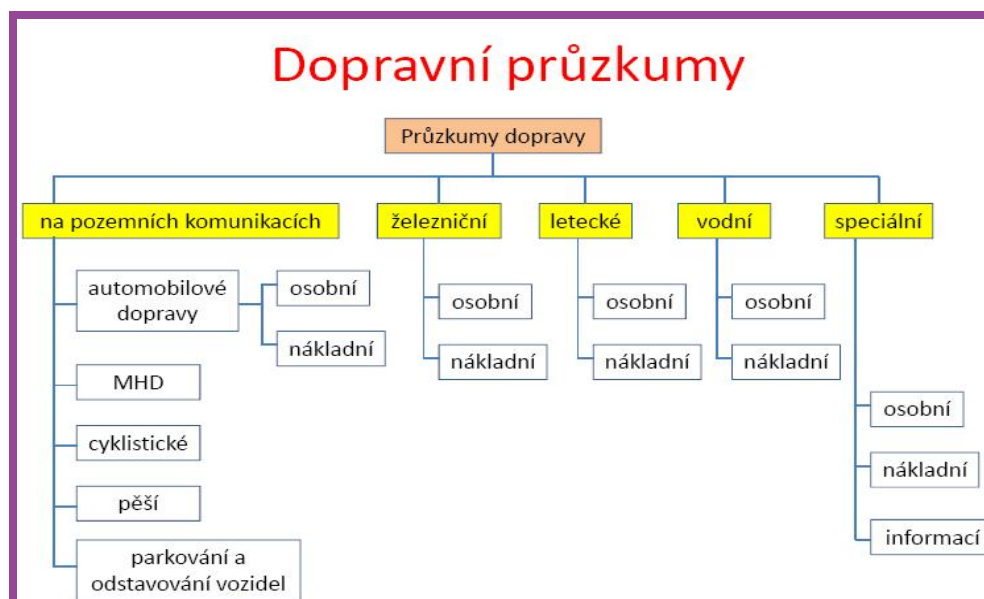






Zdroj: Zdroj: [1] + [6]

1.3 Sledované veličiny dopravních průzkumů



Obr.č. 1: Rozdělení dopravních průzkumů [2]

★ **Běžné veličiny**, které jsou měřeny téměř při každém dopravním průzkumu:

★ **Intenzita dopravního proudu** [voz/h]:

- je hlavním měřítkem vytížení komunikace,
- nejčastěji se udává tzv. roční průměr denních intenzit (RPDI) pro daný úsek komunikace v obou směrech v počtu vozidel za 24 hodin,
- může se měřit jak sčítáním ručním, tak i automatickým,
- v pětiletých cyklech (naposledy v roce 2010) probíhá celostátní sčítání dopravy v celé ČR,
- k získání dat se využívá i automatických sčítačů dopravy, které jsou osazeny na vybraných úsecích dálniční a silniční sítě,
- sčítání dopravy mohou zajistit také moderní telematické systémy,
- v rámci sčítání se monitorují i údaje o typech projíždějících vozidel (osobní, lehká nákladní, těžká nákladní atp.).

Zdroj: [8]

★ Skladba dopravního proudu [%]:

- Druhy vozidel, které se v průzkumu objevily, vyjádřené v procentech (osobní, nákladní, autobusy, motocykly, apod.)

★ **Speciální veličiny:**

★ Čas [s]:

- časové odstupy vozidel, časová mezera, apod.

★ Rychlost [km/h]:

- důležitý parametr měřený v jednom řezu komunikace či v celém jejím profilu
- střední bodová (okamžitá) rychlost, úseková rychlost, průměrná rychlost, atd.

★ Obsazenost vozidel [osob/voz]:

- je počet osob ve vozidle

★ Hustota dopravního proudu [voz/100m]:

- je koncentrace vozidel na komunikaci
- vyjádřena jako počet vozidel na jednotku délky

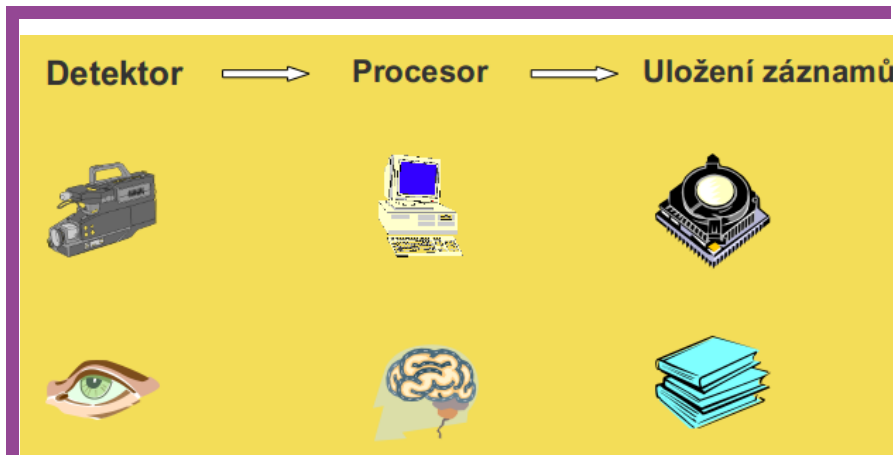
★ Okamžitá hmotnost [t]

★ Imise [mg/m³]

★ Hluk a vibrace [dB]

★ Obsazenost parkovišť [voz]

2 Způsob provádění dopravních průzkumů



Obr.č. 2: Způsob provádění dopravních průzkumů [20]

2.1 Senzory/Detektory

Ke sběru dat jsou zapotřebí senzory (detektory). Senzor je funkční prvek tvořící vstupní část měřicího řetězce v přímém styku s měřeným prostředím. Senzor snímá sledovanou veličinu (fyzikální, chemickou, biologickou) a transformuje ji na měřicí veličinu (nejčastěji elektrickou).

Technologicky lze prostředky pro získávání dopravních dat rozdělit na 4 kategorie:

- *Manuální sčítání*
- *Detektory zasahující do vozovky*
- *Detektory nezasahující do vozovky*
- *Detektory umístěné ve vozidle*

Dle transformace signálu můžeme detektory rozdělit na tyto 2 skupiny:

★ *Aktivní*

- ★ senzor se působením snímané veličiny chová jako zdroj elektrické energie

★ *Pasivní*

- ★ senzor u kterého je nutné elektrickou veličinu (indukčnost, odpor,...) dále transformovat na napěťový či proudový signál
- ★ měřicí veličinou je pak amplituda, kmitočet, fáze,...
- ★ u těchto senzorů je nezbytné napájení

Dle vykonávané funkce při řízení dopravy dělíme detektory na:

★ *Strategické*

- ★ používají se pro řízení dopravy na úrovni oblasti
- ★ jsou umístěny alespoň (100 – 160) m před křižovatkou
- ★ umožňují měřit přítomnost vozidla, ale i hodnotu obsazenosti

★ *Prodlužovací a výzvové*

- ★ používají se pro dopravně závislé řízení na úrovni uzlu
- ★ umístěny těsně před křižovatkou
- ★ např.: prodlužovací detektory (prodlužují signál volno), výzvové detektory

Zdroj: [1]

2.2 Ruční záznam

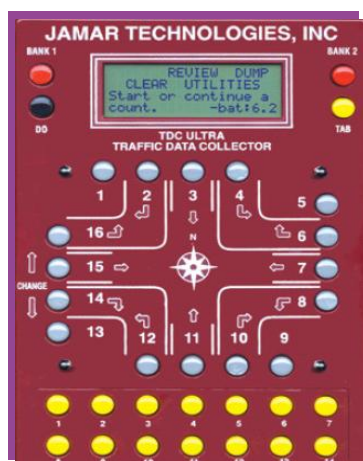
2.2.1 Manuální sčítání

Fyzická osoba zaznamenává počty do formuláře (např. čárkováním). Rozlišuje druhy vozidel (lehké nákladní automobily, těžké nákladní automobily, osobní automobily, motocykly,...). Metoda není moc přesná.



Obr.č. 3: Manuální sčítání [1]

2.2.2 Ruční záznamové přístroje



Obr.č. 4: Ruční záznamový přístroj Jamar [12]

Tyto přístroje poskytuje například firma JAMAR Technologies, Inc. (USA) pod názvem Hand-held Traffic Data Collectors.

Model TDC8 je vhodný pro křižovatky, kruhové objezdy a lze zde navolit až 14 tříd (např. druhy vozidel, výjezdy z křižovatek, atd.).

Zdroj: [12]

2.3 Detektory zasahující do vozovky

Detektory zasahující do vozovky, někdy nazývané také „destruktivní“ (angl.: embedded, intrusive), obsahují konstrukční prvky které jsou umístěny na nebo pod povrchem vozovky. Fyzicky tedy zasahují do zóny kterou projíždí vozidla.

Dají se rozdělit na *přenosné a nepřenosné*.

★ *Patří mezi ně:*

★ Indukční smyčky

★ Magnetometry

★ Magnetické detektory

★ Pneumatické trubkové detektory

★ Piezoelektrické detektory

★ Detektory s vláknovou optikou

★ Mechanické detektory – Bending plate WIM (Weigh-in-Motion)

Zdroj: [6]

2.3.1 Indukční detektory



Obr.č. 5: Indukční smyčky ve vozovce [20]

Jedná se o nejrozšířenější typ dopravního detektoru za účelem řízení dopravy. Jejich konstrukce je jednoduchá a spolehlivě funguje. Indukční smyčky jsou (1 – 3) m dlouhé a (2 – 2,5) m široké. Speciální smyčky mohou být dlouhé až 30 metrů.

★ *Využití pro měření:*

★ intenzity [voz.h^{-1}]

★ obsazenosti [%]

★ klasifikace vozidel

★ rychlosti vozidel

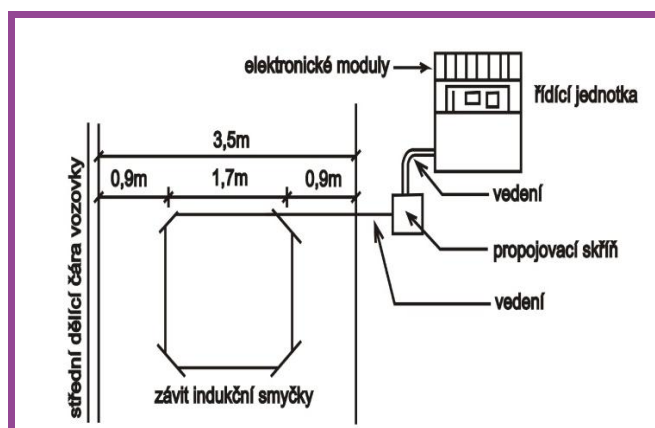
★ rozlišování směru jízdy

★ Složení detektoru:

- ★ jeden nebo více závitů izolovaného metalického vodiče
- ★ kabel mezi smyčkou a propojovacím boxem
- ★ propojovací box
- ★ řídicí jednotka (zesilovač)



Obr.č. 6: Indukční smyčka [20]



Obr.č. 7: Zapojení indukční smyčky [1]

★ Princip činnosti:

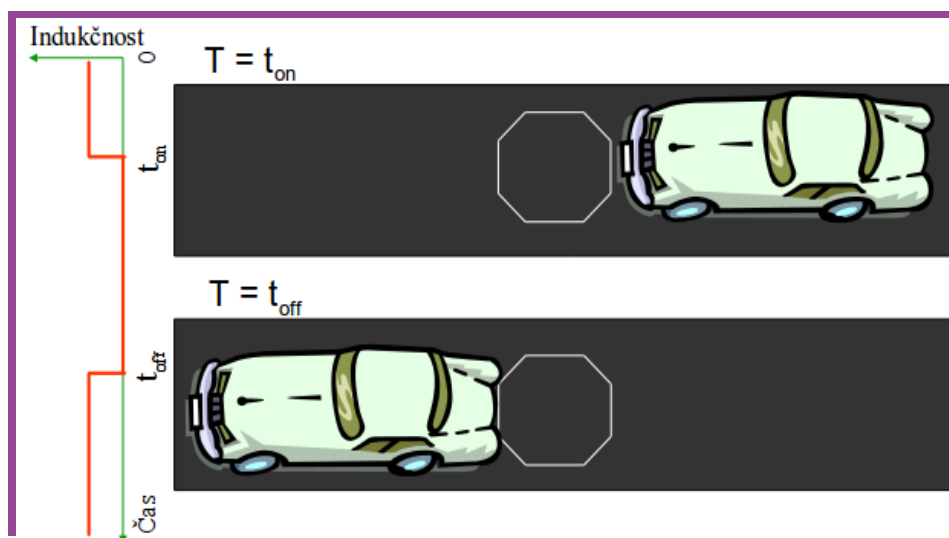
- ★ vodivé kabely zafrézované do vozovky fungují na principu cívky, kdy je průjezdem kovového vozidla (jádro) přes smyčku (vinutí) indukován proud vytvářející měřitelný impuls



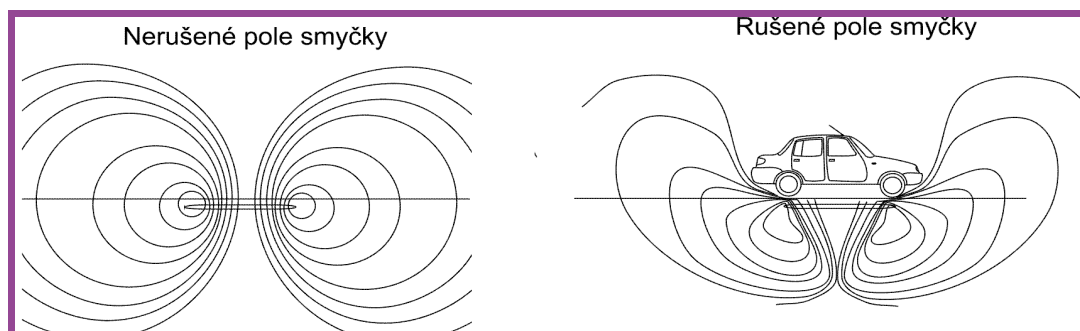
Obr.č. 8: Indukční smyčka - vozovka [20]

- ★ cívka je napájena pomocí přizpůsobovacího členu z oscilátoru (20 – 150) kHz
- ★ okolo závitů je vytvořeno homogenní magnetické pole, které je narušeno přítomností kovové karosérie vozidla a vyvolaná změna (rozladění) je vyhodnocována v detektoru

★ Záznam vozidla:



Obr.č. 9: Indukce - záznam [20]



Obr.č. 10: Rušené pole smyčky [15]

★ Rozladění:

- ★ změna (rozladění) je vyvolána vířivými proudy ve vodivých částech vozidla
- ★ způsobuje vzrůst ztrátového odporu cívky a zhoršen její kvality (induktivní / ztrátový odpor)

★ Citlivost (velikost rozladění) závisí na:

- ★ překrytí smyčky vozidlem (optimálně úplné překrytí)
- ★ hloubce uložení: čím hlouběji, tím nižší citlivost
- ★ délce přívodu: indukčnost přívodu v sérii s indukčností cívky
- ★ armování vozovky: citlivost klesá o 5-50% (smyčky mají mít odstup od kovových předmětů, jako např. kanálů minimálně 30 cm)
- ★ materiálu vozovky, který by měl být elektricky nevodivý (např. aluminiové izolace)

★ Detekce

- ★ detektory vyhodnocují jednu nebo více změn vyvolaných přítomností vozidla (tyto změny vycházejí ze změny indukčnosti cívky):
 - ★ změna amplitudy (přítomnost vozidla – menší amplituda)
 - ★ posuv fáze díky přítomnosti vozidla
 - ★ změna kmitočtu (přítomnost vozidla – vyšší kmitočet)
 - ★ výše uvedené změny mohou být poměrně malé a proto je nutné věnovat pozornost i ztrátám na přívodním kabel *Zdroj: [1]*

★ Výhody:

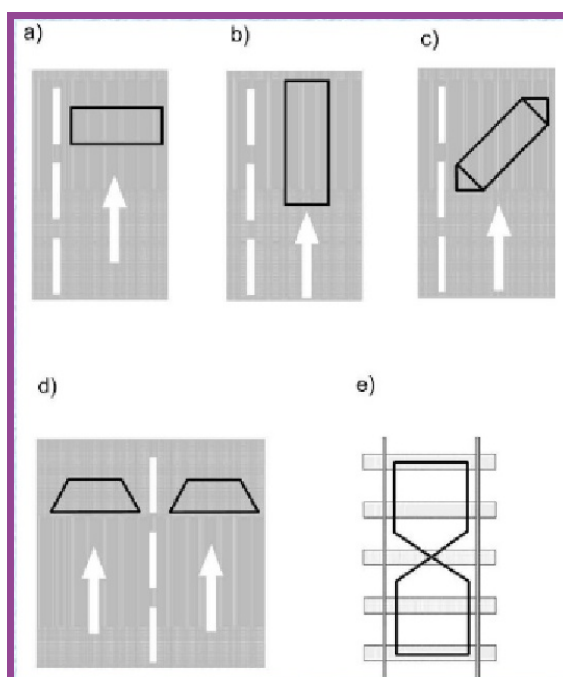
- | | |
|--|--|
| ★ přesnost, cena, spolehlivost | ★ nejsou ovlivněny počasím, fungují i ve špatných podmínkách |
| ★ schopnost odladění se v případě trvalého obsazení nevhodně zaparkovaným vozidlem | ★ poskytují základní dopravní parametry |
| ★ minimální náklady na údržbu | ★ osvědčená a funkční technologie |

★ Nevýhody:

- ★ omezené možnosti použití (nevhodné například v místě kolejí, železobetonových konstrukcí)
- ★ vyšší náklady na odstraňování poruch, úpravy a odladění
- ★ náchylnost k přetržení, nutnost kvalitního provedení smyčky
- ★ závislost na kvalitě vozovky (vyjeté koleje mohou způsobit potrhání smyček)
- ★ nutnost jejich obnovy při rekonstrukci povrchu
- ★ narušení dopravy při instalaci a údržbě (uzavření jízdního pruhu)
- ★ snižuje životnost vozovky
- ★ stálé nároky na údržbu

Zdroj: [16] + [17]

★ Druhy indukčních smyček



- ★ pravoúhlá krátká smyčka (nejběžnější použití)
- ★ dlouhá smyčka (pro identifikaci kolon)
- ★ šikmá smyčka (vhodná pro detekci cyklistu, dává největší rozladění)
- ★ trapézová smyčka (poměrně málo ovlivňována vedlejším jízdním pruhem, hodí se v případě úzkých jízdních pruhu)
- ★ osmičková smyčka (pro detekci kolejových vozidel)

Obr.č. 11: Druhy indukčních smyček [15]

Zdroj:[15]

2.3.2 Magnetometry

Magnetometry jsou také nazývány jako SVPD detektory (two axis flux gate magnetometer). Byly vyvinuty jako alternativa ke smyčkovým detektorům v případě instalace detektoru na speciálních místech.

★ Využití pro měření:

★ počtu vozidel [voz.h⁻¹]

★ obsazenosti [%]

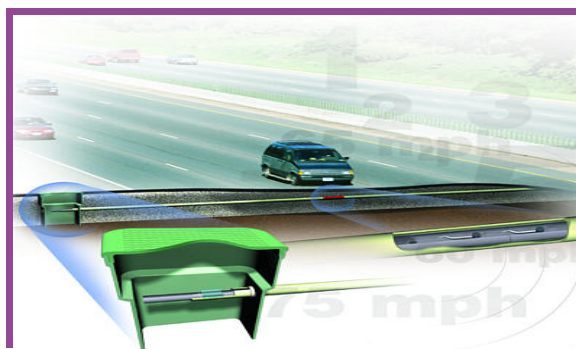
★ intenzity

★ rychlosti vozidla (2 detektory)

★ přítomnosti vozidel

Zdroj: [6]

★ Složení detektoru:



Obr.č. 12: Magnetometr [20]

★ jedna nebo více válcových sond
zapuštěných do vozovky

★ kabel spojující sondy s
propojovacím boxem

★ propojovací box

★ řídicí jednotka, napájecí jednotka

★ vše v jednom Zdroj: [1]

★ Princip činnosti:

Princip činnosti spočívá v měření změny magnetického pole Země, ke které dojde přítomností vozidla v blízkosti detektoru. Malé válcové sondy se nainstalují do navrtaných děr ve vozovce o hloubce 30 cm. Sondy mají průměr (5 – 11) cm. Magnetometr detekuje změnu v hustotě siločar magnetického pole (pod vozidlem) jako přítomnost vozidla.

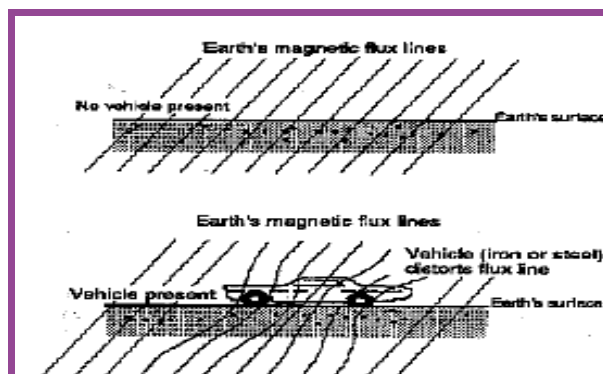
Po stranách vozidla dochází ke snížení a pod/nad vozidlem ke zvýšení hustoty siločar.

★ Výhody:

- ★ na rozdíl od indukční smyčky:
- ★ lze použít i na mostech, které obsahují velké množství ocelové výztuže
- ★ menší ovlivnění dopravy při instalaci

★ Nevýhody:

- ★ u některých modelů je malá zóna detekce



Obr.č. 13: Narušené magnetické pole Země [6]

- ★ mají magnetometry vyšší mechanickou odolnost
- ★ nízká cena

- ★ při instalaci nutná uzavírka pruhu

Zdroj: [1]

2.3.3 Indukční magnetometry

Jedná se o nenáročné, odolné a levné zařízení, které lze používat i za velmi nízkých teplot a při velkých mrazech, přičemž dochází k minimálním zásahům do vozovky.

★ Využití pro měření:

- ★ intenzity
- ★ přítomnosti
- ★ obsazenosti
- ★ rychlosti vozidla (2 detektory)

★ Složení detektoru:

- ★ detektor ve tvaru projektilu s magnetickým stabilním jádrem, na kterém je namotáno několik vinutí v sérii, který je tunelem nemagnetického materiálu zaveden pod vozovku
- ★ propojovací kabel mezi smyčkou a řídicí jednotkou
- ★ řídicí jednotka, napájení

★ Princip činnosti:



Obr.č. 14: Indukční magnetometr [1]

- ★ stejný princip jako magnetometr
- ★ měření změny magnetického pole Země v případě pohybu vozidla v blízkosti detektoru
- ★ pokud vozidlo projíždí prostorem senzoru, tak jeho kovová masa mění hustotu siločar magnetického pole
- ★ do vinutí se indukuje velmi nízké napětí, které je dále zesíleno a vyhodnoceno

2.3.4 Magnetické detektory

★ Magnetické střídavé detektory

- ★ tvoří je cívka se železovým jádrem a detektor je napájen střídavým proudem
- ★ vyhodnocují se změny elektromagnetického pole vyvolané přítomností kovové karosérie vozidla.

2.3.5 Pneumatické detektory

Pro aplikaci telematiky se dnes pneumatické detektory vestavěné do vozovky prakticky nevyužívají, ale pro účel operativního měření intenzit (méně rychlostí), se pneumatické hadice připevňují na povrch vozovky.

★ Využití pro měření:

- ★ z hlediska dopravních průzkumů jsou tyto přístroje vhodné zejména na měření intenzit dopravy
- ★ rychlosti vozidel (2 detektory)
- ★ skladbu dopravního proudu
- ★ obsazenost
- ★ při správné aplikaci více hadicových detektorů je možné s omezenými možnostmi zjišťovat:

★ Složení detektoru:

- ★ ochranný kryt při měření ve více pružích
- ★ propojovací kabel mezi senzorem a měřicí elektronikou
- ★ řídicí jednotka, napájení

★ Princip činnosti:

- ★ pod tlakem kol vozidla se zmenší objem vzduchu a zvýší tlak v trubičce
- ★ tato změna je registrována tlakovým spínačem
- ★ senzor hadice je umístěn přes vozovku a je spojený s vyhodnocovacím a záznamovým zařízením, které je umístěno podél silnice



Obr.č. 15: Pneumatický detektor [11]

Zdroj: [5]

★ Výhody:

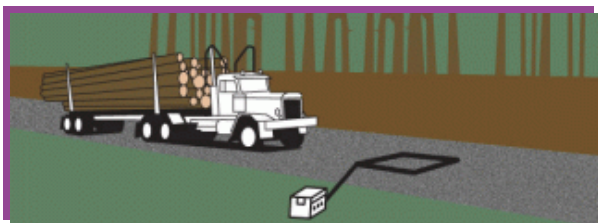
- ★ rychlá instalace pro dočasné měření
- ★ nízké napěťové nároky
- ★ nízké náklady

★ Nevýhody:

- ★ nepřesné počítání náprav při vyšších intenzitách dopravy nebo při nízké rychlosti vozidel
- ★ citlivost na změny teploty
- ★ nepoužitelnost při sněhu, dešti, ...
- ★ snadné porušení pláště (kolem, vandalismem,...)

2.3.6 Piezoelektrické detektory

Principem těchto detektorů je indukce napěťové špičky vlivem tlaku (tzv. Piezoeffekt). Tyto detektory dokáží rozlišit přejetí nápravy vozidla. Používají se však i pro dynamické vážení automobilů. Pro různé materiály jsou totiž známy závislosti mezi velikostí napěťové špičky a tlaku, který ji vyvolal. Této skutečnosti je využíváno ve váhových systémech. *Zdroj: [5]*



Obr.č. 16: Piezoelektrické detektory [9]

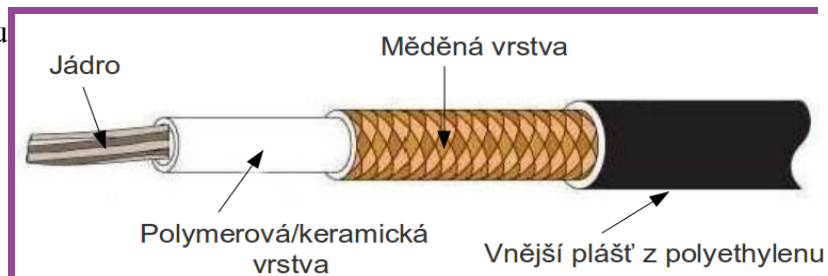
Vzhledově se neliší od koaxiálního kabelu, ale místo standardního vnitřního izolátoru je použit právě piezopolymer.

Nejčastější konfigurace přenosných piezodetektorů se skládá ze 2 paralelních

senzorů položených napříč vozovkou. Tyto senzory se umísťují do drážek vyfrézovaných

do vozovky, jsou zalaty epoxidem a někdy mohou být přikryty vrstvou asfaltu.

Provozní teploty jsou od -40°C do 125°C .



Obr.č. 17: Piezoelektrické detektory - senzor [14]

★ Dělí se:

★ dle použitého materiálu:

★ keramické

★ polymerové

★ dle konstrukce:

★ piezoelektrické kabely

★ piezoelektrické plochy (pláty)

★ Využití pro měření:

★ intenzita [voz.h-1]

★ klasifikace vozidel

★ váha vozidla

★ obsazenost [%]

★ počet náprav

★ rychlost a směr vozidla

★ Složení detektoru:

★ senzor položený do podélné drážky vyfrézované do vozovky

★ propojovací kabel mezi senzorem a měřicí elektronikou

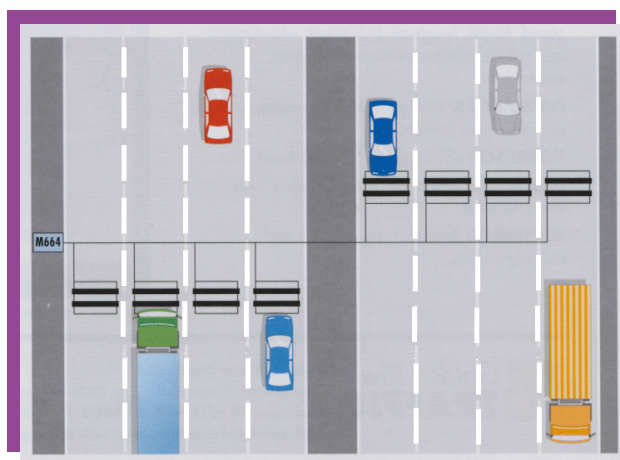
★ řídicí jednotka, napájení



Obr.č. 18: Piezoelektrické detektory - praxe [21]

★ Princip činnosti:

- ★ ke stlačení sondy dojde nápravou vozidla
- ★ napětí generované senzorem je úměrné síle nebo váze (kola, nápravy), která působí na senzor
- ★ elektrické napětí je vytvářeno nábojem opačné polarity, který se objeví při stlačení na protilehlých površích piezoelektrického zařízení



Obr.č. 19: Použití přístroje Marksman 662 [12]

Například přístroj Marksman 662 od firmy Golden River TRAFFIC, Ltd. (Anglie) lze použít ke zjištění rychlosti, intenzity, skladby, odstupu a hmotnosti až v osmi pruzích.

★ Výhody:

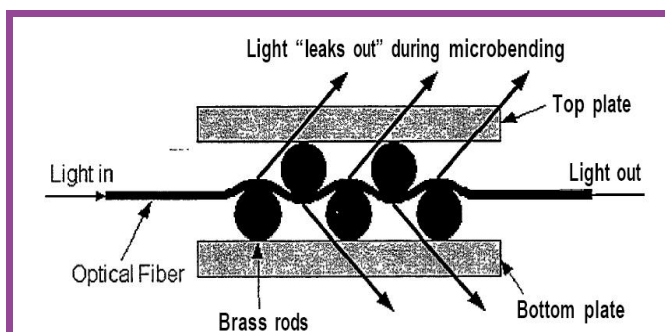
- ★ detektory lze použít pro detekci jednoho senzoru vozidla v různých pruzích za použití
- ★ měření váhy vozidla

★ Nevýhody:

- ★ některé piezoelektrické materiály jsou citlivé na teplotu, což znamená, že funkce v mrazivém počasí bývá omezena
- ★ senzory nemohou být použity v oblastech kde je pomalá doprava (minimální rychlost 15 km/h)
- ★ narušení vozovky, čímž se snižuje její životnost

2.3.7 Detektory s vláknovou optikou

Jedná se o celkem novou technologii. Používáme zde optický kabel, který je položen na kulatinách, které se při stlačení pohnou směrem k sobě, ohnou vlákno a dojde tak k emisi světla.



Intenzita smyčky je měřena na konci smyčky. Obr.č. 20: Detektory s vláknovou optikou [6]

★ Výhody:

★ nízká cena

★ vysoká přesnost

★ imunita vůči elektromagnetické interferenci

2.3.8 Bending Plate

★ Využití pro měření:

★ monitorování provozu

★ plánování údržby silnic

★ zjišťování přetížení

★ statistické účely



Obr.č. 21: Bending Plate [21]

★ Složení detektoru:

- ★ základ je pevný ocelový plech a na spodní hraně jsou vyfrézované dva otvory pro zabudování drátu tenzometru
- ★ napájecí napětí a výstupní signál jsou vedeny v zastíněném čtyřvodičovém kabelu s vodotěsnou montáží
- ★ celá měřicí plocha je pokryta neoprenem
- ★ pro dobré upevnění je plocha měřicí desky zkosena na obou podélných okrajích a vsazena do základového rámu, který má taktéž tyto hrany zkosené
- ★ základ rámu je v silnici upevněn zvláštním postupem instalace

★ Výhody:

- ★ vynikající dlouhodobá stabilita
 - ★ robustní
 - ★ dlouhá životnost
- Zdroj: [11]*

2.4 Detektory nezasahující do vozovky

Též nazývané jako „neintrusivní“. Jsou to detektory, které nezasahují do vozovky. Dají se snadno přemístit a sejmout. Tím pádem nedochází k ničení vozovky a je tak zaručena její delší životnost. S měřeným objektem nemusí přijít do styku, aby ho zaznamenaly. Zachytí ho pomocí elektromagnetického vlnění (rádiové vlny, mikrovlny, infračervené světlo, viditelné světlo, ultrafialové světlo, rentgenové záření, gama paprsky) či mechanického vlnění (zvukové vlny, ultrazvuk). *Zdroj: [1]*

★ Dělí se na:

- ★ mikrovlnné detektory (radary)
 - ★ pasivní detektory hluku (zvuku)
 - ★ infračervené detektory
 - ★ video – detekce (zpracování obrazu)
 - ★ aktivní
 - ★ kombinované detektory
 - ★ pasivní
- Zdroj:[6]*
- ★ ultrazvukové detektory

2.4.1 Mikrovlnné detektory



Obr.č. 22: Mikrovlnné detektory [18]

Elektronické zařízení pracující na principu vysílání a příjmu směrově orientovaných radarových paprsků a jejich vyhodnocení. Radarem lze spínat elektronické dopravní zařízení.

- ★ Využití pro měření:
- ★ aktivace světelné signalizace
- ★ pro vyhodnocování počtu průjezdů vozidel
- ★ může sloužit jako náhrada za indukční smyčku bez zásahu do terénu a vozovky

Mikrovlnné detektory se využívají hlavně v případech, kdy je nutné provádět měření více dopravních parametrů na nedestructivní bázi. Jejich použití je např. vhodné na úsecích s betonovou vozovkou, která je armována dvojitým sítím, přičemž horní síť je cca 120 mm pod povrchem. Pro tak silné feromagnetické stínění se samozřejmě snižuje i citlivost indukčních smyček. Detektor vysílá do prostoru, kde má být detekováno vozidlo spojitě elektromagnetické vlnění v pásmu K (24,125 GHz) nebo i v pásmu X (10,525 GHz). Vlnění je vazební clonou přivedeno z oscilátoru do vlnovodu spojeného s anténou obvykle tvaru trychtýře. Měřicí obvod zpracovává záření odražené od objektu a je tvořen směšovačem, zesilovačem a měřičem kmitočtu.

★ Výhody:

Mikrovlnné detektory mají některé výhody oproti optickým, ultrazvukovým či infračerveným detektorům a to:

- ★ vyšší přesnost a odolnost proti změnám vnějších fyzikálních podmínek (vítr, prach, hluk, mlha, vlhkost)
- ★ vyzařovaný výkon je nepatrný a pohybuje se řádově v desítkách mV Zdroj: [5]

2.4.2 Mikrovlnný radar

Při měření radarem je využíváno odrazu od předmětu - jedoucího vozidla (Dopplerův princip) obdobně jako u měření ultrazvukem. Pulsní Dopplerův radar může identifikovat a monitorovat do vzdálenosti až 1000 m. Lze použít za libovolné viditelnosti. Omezení – nemožnost zpětné analýzy situace (žádný obrazový záznam). *Zdroj: [5]*



Obr.č. 23: Mikrovlnný radar [19]

★ Využití pro měření:

(radar RTMS Model X1 od firmy EIS Electronic Integrated Systems)

- ★ monitoruje až 8 jízdních pruhů
- ★ rychlost pro každý jízdní pruh
- ★ intenzita obsazenosti
- ★ detekuje s 5% přesností
- ★ počet nákladních vozidel

★ Výhody:

- ★ boční instalace bez omezení dopravy
- ★ operace ve dne i v noci
- ★ nenáročné na údržbu
- ★ poskytuje přímé měření rychlosti
- ★ možnost bezdrátového přenosu dat
- ★ vhodný k použití na více jízdních pruzích
- ★ necitlivý ke špatnému počasí

★ Nevýhody:

- ★ Dopplerův senzor nedetekuje stojící vozidla
- ★ není vhodný pro sčítání vozidel
- ★ při instalaci na straně vozovek může docházet k blokování a tudíž k úniku některých vozidel *Zdroj: [1] + [4]*

2.4.3 Infračervené detektory (aktivní)

Mohou sloužit k aktivnímu přenosu informací mezi vozidlem a majákem, ale mohou být také využity jako jednoduché světelné závory (přerušení paprsku).

★ Princip činnosti:

- ★ vysílají paprsek, přijatou energii (ve formě záření) přeměňují na elektrický signál a měří dobu, za kterou se vrátí zpět odražený paprsek je možné měřit přítomnost vozidla, rychlost a délku vozidla

★ Instalace detektoru:

- ★ zařízení je instalováno při okraji vozovky na sloupu
- ★ na umístění senzoru závisí úspěšnost monitorování požadovaného počtu pruhů komunikace
- ★ nastavení trvá kolem dvou hodin
- ★ ruční provedení (např. ProLaser III od firmy LIDAR)



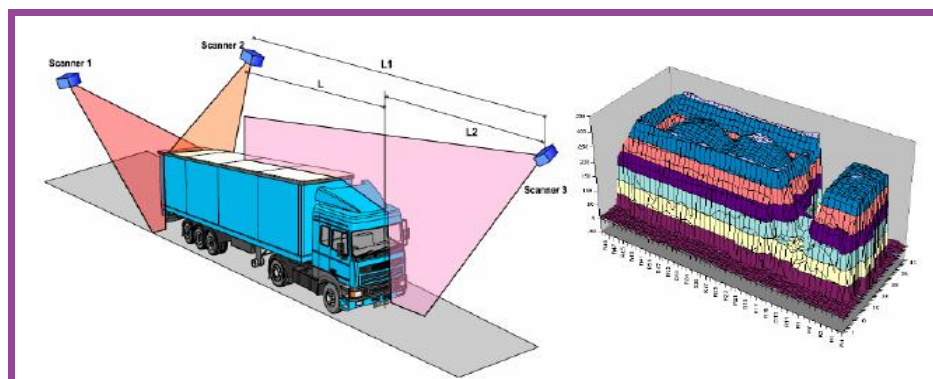
Obr.č. 24: Infračervené detektory (aktivní) [13]

★ Výhody:

- ★ nedestruktivní
- ★ operace na více jízdních pruzích

★ Nevýhody:

- ★ funkce značně ovlivněna počasím (déšť, mlha, sníh,...)
- ★ při nevhodné instalaci může dojít k blokování vozidel



Obr.č. 25: Infračervené detektory (aktivní) - záznam [6]

Aktivní infračervené senzory emitují neviditelné infračervené paprsky a analyzují signály odražené od lesklého povrchu vozidla. Zdroj: [6]

2.4.4 Infračervené detektory (pasivní)

Pasivní detektory se vyznačují tím, že měřená vlastnost u nich vyvolá změnu, která se projeví jako proudový nebo napěťový výstup. Dokáží zjistit lidi, zvířata a jiné předměty v měřené oblasti.

2.4.4.1 Infračervené detektory přijímací tepelné záření

★ Využití pro měření:

★ zjišťování přítomnosti vozidla

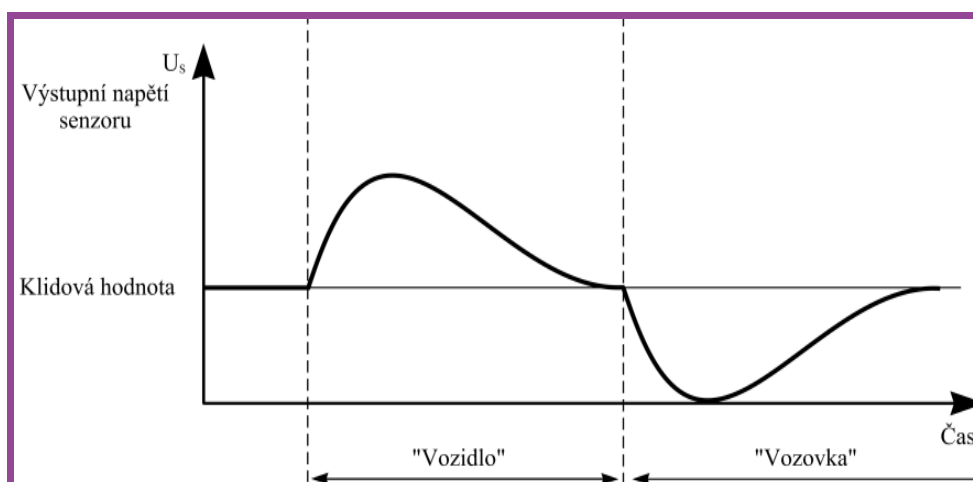
★ délky vozidla

★ rychlosti vozidla

★ detekce chodců

★ Princip činnosti:

- ★ detektor nevysílá žádné paprsky
- ★ princip je založen na výměně tepla zářením mezi zjišťovaným objektem a vozovkou
- ★ přístroj reaguje již na rozdíl 1°C v měřeném poli
- ★ jelikož tepelné záření vysílají i jiné zdroje (např. Slunce, lampy, atd.), tak je měřič opatřen senzory, které se snaží omezit působení těchto vedlejších zdrojů
- ★ k přesnosti měření je také důležité správné umístění detektoru
- ★ vzdálenost měření nepřesahuje 8 m *Zdroj: [5]*



Obr.č. 26: Infracervené detektory přijímající tepelné záření [1]

2.4.4.2 Optické detektory na principu změny kontrastu

- ★ Využití pro měření:
- ★ přítomnosti vozidla
- ★ rychlosti vozidla

★ Princip měření:

- ★ k měření je využit laserový nebo infračervený paprsek, méně často i viditelné světlo
- ★ detektor analyzuje kontrast dvou referenčních bodů na vozovce

★ Výhody pasivních infračervených detektorů:

- ★ neintrusivní
- ★ pracuje ve dne i v noci
- ★ vlnová délka infračerveného světla proniká deštěm, mlhou a sněžením mnohem lépe než kratší vlnové délky viditelného světla

★ Nevýhod pasivních infračervených detektorů:

- ★ výkon je ovlivněn změnami teplot a výrazným prouděním vzduchu
- ★ jeden detektor je potřeba na jeden jízdní pruh
- ★ složitá kalibrace

2.4.5 Ultrazvukové detektory

Ultrazvukové detektory vysílají vysokofrekvenční zvukový signál mimo slyšitelné spektrum lidí a většiny živočichů. Vozidlo pohybující se na nebo přes detekční oblast odráží signály zpět do detektoru. Na rozdíl od PIR nebo radarových senzorů, které vyžadují pohyb, může být tímto měřičem zaznamenána i přítomnost stojícího vozidla. To také umožňuje přesné sčítání a klasifikaci vozidla i při kombinaci s jinými technologiemi.

Zdroj: [23]

★ Využití pro měření:

- ★ počet vozidel
- ★ přítomnost a obsazenost vozidel
- ★ rychlost vozidel
- ★ délku a výšku vozidel

Zdroj: [1]

★ Princip měření:

- ★ v pravidelných intervalech je vyslána tlaková vlna zvukové energie a měří čas kdy se odražená vlna vrátí do detektoru
- ★ když je naměřen jiný čas, než ten který odpovídá vzdálenosti k povrchu vozovky, tak je to vyhodnoceno jako přítomnost vozidla

Zdroj: [23]

★ Výhody:

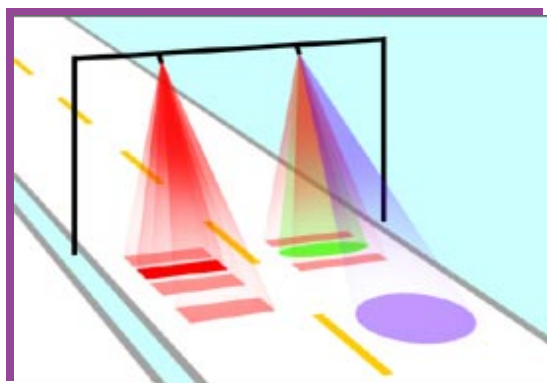
- ★ neintrusivní
- ★ umožňuje aplikaci na více jízdnicích pruhů

★ Nevýhody:

- ★ změny teploty a extrémní poryvy větru mohou ovlivnit vlastnosti (některé modely kompenzují rozdíly teplot)
- ★ dlouhé intervaly mezi vyslanými signály mohou omezit přesnost měření obsazenosti pro vyšší rychlosti vozidel

Zdroj: [1]

Na obrázku níže můžeme vidět porovnání různých druhů snímačů při sběru dat.



Obr.č. 27: Porovnání detektorů [20]

- mikrovlnný detektor
- infračervený detektor
- ultrazvukový detektor

2.4.6 Pasivní detektory hluku

Jedná se o poloautomatický akustický detektor – historicky první detektor vozidel na světě.

★ Využití pro měření:

- ★ přítomnosti vozidla
- ★ průjezdu vozidla
- ★ rychlosti vozidla

★ Princip činnosti:

- ★ měření časového rozdílu přicházející zvukové vlny mezi krajními částmi detektoru namířeného do detekční zóny

★ časové zóny jsou:

- ★ *v zóně*: minimální
- ★ *přijíždějící do zóny*: zkracující se
- ★ *odjíždějící ze zóny*: prodlužující se

Zdroj: [1]

2.4.7 Videodetekce

Základní předností videodetekce je, že ji lze použít pro celé zorné pole kamery. Zatímco indukční smyčky a ostatní detektory měří dopravní parametry v bodě. Samozřejmostí je nutnost co nejvyššího umístění kamery a nutnost respektování perspektivy obrazu. Videodetektory lze však použít i pro zpracování zaznamenaného obrazu. Správná funkce videodetektorů je omezena viditelností (tma, sníh, mlha, oslnění objektivu při svítání či západu slunce, apod.).

Základní funkcí videodetekce je detekce kolon a nebezpečné situace na vozovce – zastaveného vozidla. *Zdroj: [5]*

★ Využití pro měření:

★ hustoty

★ délky kolon

★ shluků vozidel

★ rychlostních profilů podél komunikace

★ Princip činnosti:

Fyzikální podstata spočívá v digitalizaci obrazu, který vytváří mnohorozměrný vícebitový vektor. Projíždějící automobil změni hodnoty barev a jasu na virtuálním detektoru, čímž je identifikován. Po nastavení kamery a jejím spojením s videodetekčním zařízením je možné na obrazovce vytvářet libovolné tvary virtuálních detektorů, ale je možné jim přiřazovat i různé funkce (detektor přítomnosti, rychlosti, apod.). Navíc nad každým detektorem nebo nad skupinou detektorů lze pracovat s matematickými a statistickými funkcemi (součty, rozdíly, střední hodnoty, rozptyly ...) nebo s logickými funkcemi.

★ Detekce kolony vozidel



Zdroj: [8]

Jako příklad zde uvádím základní charakteristiku systému UNICAM od firmy CAMEA umožňujícího detekci kolon a nebezpečných situací na vozovce – zastaveného vozidla s alarmovým výstupem pro upozornění operátora.

Na prvním obrázku si můžeme prohlédnout detekci kolony vozidel. Ta je indikována alarmem operátorovi. Snímek kolony (vlevo) a detekovaná kolona (vpravo) je červeně a jednotlivá vozidla bíle.

★ Detekce zastaveného vozidla

Detekce zastaveného vozidla je indikována alarmem operátorovi. Na obrázku je snímek zastaveného vozidla (vlevo) a detekované zastavené vozidlo (vpravo) je červeně a jedoucí vozidla bíle. Zdroj: [8]

★ Den:



★ Noc:



Obr.č. 28: Záznam detekce kolon a stojícího vozidla - 6 obrázků [8]

2.4.8 Kombinované detektory

U těchto detektorů se jedná o spojení mikrovln, ultrazvuku a pasivního infračerveného záření. Přesnost u počítání vozidel i u snímání rychlosti vozidel jsou $\pm 3\%$. Měření lze provádět od zhruba od $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

★ Využití pro měření:

★ určení klasifikace vozidla

★ přítomnosti vozidla

★ počet všech druhů vozidel

★ dopravní zácpy

★ rychlosti vozidel

★ obsazení a časového odstavu vozidel

2.4.9 Porovnání jednotlivých druhů detektorů

V této tabulce jsou vyznačeny měřitelné parametry jednotlivých druhů detektorů.

Technologie	Intenzita	Přítomnost	Rychlost	Obsazenost	Klasifikace	Více j.p.	Šířka pásma	Cena
Indukční smyčky	x	x	x*	x	x			
Magnetometr	x	x	x*	x				
Magnetický det.	x	x	x*	x				
Mikrovlnný radar	x	x	x	x	x	x		
Aktivní IR	x	x	x	x	x	x		
Pasivní IR	x	x	x	x				
Ultrazvukový	x	x		x				
Akustický	x	x	x	x		x		
Video processing	x	x	x	x	x	x		

Tabulka 1: Porovnání detektorů [1]

* znamená, že byly použity dva detektory při definované vzdálenosti

Zdroj: [1]

2.5 Detektory umístěné ve vozidle

Nejkvalitněji lze dopravu sledovat tzv. časoprostorovým měřením, kdy máme informace o pozici vozidla v daném čase. Tyto informace přenášejí právě vozidla vybavená GPS jednotkou. Informace jsou přenášena většinou každých 200 m. Tato vozidla jsou vybavena GPS/GSM/GPRS modemem, který online vysílá informace o pozici, rychlosti a čase vozidla. Jak se počet takto vybavených vozidel neustále zvyšuje, tak jsou i poskytovaná data pro modelování dopravy stále vhodnější a hlavně sledování dopravy je kvalitnější. *Zdroj: [22]*

★ Využití pro měření:

★ rychlosti vozidel

★ vzdálenosti

★ času

★ identifikace kongescí a úzkých míst

★ Výhody:

★ zvýšená přesnost

★ zvýšená produktivita

★ přenosnost

★ sběr dat je daleko méně pracný

★ snadná instalace v jakémkoli vozidle

★ eliminace chyb v záznamech

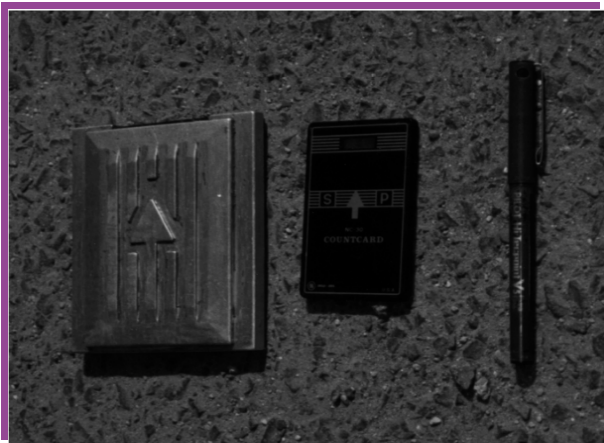
★ nízké pořizovací náklady

GPS data mohou být výhodně využita pro kalibrování dopravních modelů.

Zdroj: [4]

3 Popis automatických sčítačů Nu-Metrics NC – 30X

3.1 Základní parametry



Obr.č. 29: Měřicí přístroj NC - 30X od firmy Nu - Metrics [24]

a spustí NC-30X. NC-30X zobrazuje celkový počet na LCD displeji a zaznamenávání spustí nebo zastaví ve stanovené době. *Zdroj: [24]*

Měřicí přístroj NC - 30 X, který je vyráběn firmou Nu – Metrics (USA), je znázorněn na fotce níže. Měřicí karta je řízena pomocí dvou tlačítek („S“ a „P“), která jsou umístěna na její přední straně.

Na fotce je i pevná destička, do které se měřicí přístroj umisťuje.

Uživatel zadá klíčové údaje, například interval měření (př. 15 minut/60 minut) délku měření (např. 1 den, 7 dní), a pak

Sčítač pracuje na principu technologie VMI (Vehicle Magnetic Imaging)magnetického snímání projíždějících vozidel. Je tedy poskytována analýza dopravy v daném místě měření. Je chopen zaznamenávat a klasifikovat hustotu dopravy a rychlost projíždějících vozidel.

Tento sčítač se velmi snadno ovládá. pod 6ti - místným LCD displejem jsou dvě písmena. (S = krok, P = program). "Program" vám umožňuje potvrdit určitý krok a vstoupit a vystoupit z jednotlivých počítačových programů. "Step " vás provede jednotlivými funkcemi v rámci každého programu. načtená data jsou elektronicky zasílána na PC. Šipka na destičce určuje směr, ve kterém by měly vozidla přejíždět přes sčítač.

I když sčítač měří velice přesně, existují situace, ve kterých nejsou rychlost a počet nákladních automobilů snímány přesně.

- ★ Mezi tyto situace patří:
- ★ silnice pouze s kamiony
- ★ doprava náhle zpomalí (křižovatky, náhlé přetížení)
- ★ málo vozidel v časovém období

Pokud se provádí měření rychlosti, doporučuje se sčítat s hodinovou časovou základnou.

★ Průměrná životnost baterie

Životnost baterie závisí na délce studii, objemu dopravy a teplota. Průměrná životnost se pohybuje mezi 30 až 45 dny, maximálně 90 dnů. Nízká teplota může výrazně ovlivnit sčítání. Napětí lithiové baterie se v nízkých teplotách sníží až o 10% a někdy může dojít dokonce i k vypnutí počítače. Výrobce doporučuje výměnu baterie po 10ti dnech pokud je sčítací jednotka v provozu při teplotě nižší než 0°C (32F)

★ Specifikace:

- | | |
|--|--|
| ★ <i>Mikrořadič:</i> CMOS MPU w/4096 ROM, 1024RAM, systém LCD | ★ <i>Životnost baterie:</i> ≥ 90 dní |
| ★ <i>Display:</i> LCD displej, který je schopen zobrazit 6 znaků | ★ <i>Provozní teplota:</i> -20 °C až +70 °C |
| ★ <i>Zesilovač:</i> Dual CMOS | ★ <i>Skladovací teplota:</i> -30 °C až +85 °C |
| ★ <i>Senzor:</i> Vehicle Magnetic Imaging (VMI) | ★ <i>Materiál:</i> Vysoce odolný polykarbonát, který obsahuje 10 % skleněné výplně |
| ★ <i>Hodiny:</i> Quartz Crystal | ★ <i>Rozměry:</i> 85 mm x 54 mm x 5.1 mm |
| ★ <i>Sériový výstup:</i> 8 bitů | ★ <i>Váha:</i> 54 g |
| ★ <i>Baterie:</i> 3V CR – 2025 | |

Zdroj: [24]

3.2 Obsluha sčítače

3.2.1 Nastavení sčítače

Když dojde ke správnému uložení baterie do sčítače, provede se 10ti vteřinový test a poté se na displeji zobrazí „P0“ a sčítač je připraven k použití. Pokud se tak nestane, doporučuje se zmáčknout tlačítko „P“ a vyčkat až se „P0“ na displeji objeví. V tabulce níže je popsáno co jednotlivé zkratky, které se mohou objevit na displeji znamenají.

P0	Start nebo vyvolání
P1	Nastavení časové základny měření
P2	Nastavení délky měření
P3	Nastavení začátku měření
P4	Nastavení nebo prohlédnutí času
P5	Nastavení funkce do modu sensor nebo modu manual
P6	Seřízení řídicího času
P7	<i>není k dispozici na tomto typu</i>
P8	Sériový přenos dat
P9	Nastavení sčítání rychlosti

Tabulka 2: Základní programy přístroje NC - 30X [24]

★ P0:

★ Začátek.

★ P1:

- ★ V této funkci nastavíme délku intervalu měření. Máme na výběr 15 minut, 60 minut nebo 1 den. Maximální počet automobilů v jednom časovém období je 9999 vozidel.
- ★ Při nastavení intervalu 15 nebo 60 minut začne sčítač počítat na počátku žádané hodiny. Při nastavení intervalu jednoho dne začne sčítač pracovat v půlnoci (00:00).

- ★ Maximální doba měření je pro:
 - ★ interval 15 minut 1 den,
 - ★ interval 60 minut jsou to 4 dni,
 - ★ pro interval 1 den je to 30 dní.
- ★ Výběr intervalu provedeme tlačítkem „S“ a potvrdíme „P“ a automaticky jsme přesměrováni do programu „P2“.

★ P2:

- ★ Touto funkcí nastavíme délku měření.
- ★ Sčítač můžeme nastavit na nepřetržitý provoz nebo lze nastavit automatické vypnutí po uplynutí nastavené doby (1, 6, 12 hodin nebo 1 až 7 dní).
 - ★ Pokud dojde k sejmutí sčítače před uplynutím nastaveného intervalu sčítání, měření bude nepřesné.

★ P3:

- ★ Nastavení času začátku měření.
- ★ Pro nastavení počátku doby sčítání na 00:00 zmáčkne jednou „S“.
- ★ Počátek měření lze nastavit od 00:00 do 24:00.

★ P4:

- ★ Nastavení a kontrola hodin.
 - ★ Čas musí být nastaven po každé výměně baterií.

★ P5:

- ★ Nastavení přístroje do módu automatického nebo ručního sčítání (U - Push).

★ P6:

★ Headway time

★ Pokročilé nastavení času.

★ Pro velmi pomalou nebo rychlou jízdu a speciální aplikace nastavíme přístroj dle níže uvedené tabulky.

Headway time	Rozpětí rychlosti [MPH]	Rozpětí rychlosti [km/hod]
H – 3000 (3000 ms)	Pro parkování	
H – 1500 (1500 ms)	Garáže	
H – 0800 (800 ms)	4 - 20	6 - 32
H – 0600 (600 ms)	6 - 30	10 - 48
H - 0500 (500 ms)	8 - 50	13 - 80
H - 0300 (300 ms)	12 - 70	19 - 112
H - 0200 (200 ms)	16 - 90	26 - 144
H - 100 (100 ms)	20 -100 a vyšší	32 - 161 a vyšší

Tabulka 3: Nastavení "headway time" [24]

★ P7: Není na tomto typu k dispozici.

★ P8:

★ Přenos dat do počítače.

★ K přenosu dat do PC používáme rozhraní CIP – 30 COUNTCARD Interface Adapter a CDM – 20/30 Software.

★ P9:

★ Nastavení sčítání vozidel a záznamu rychlosti.

★ V tomto programu můžeme nastavit dva druhy měření, a to:

★ Měření rychlosti + sčítání vozidel („Speed“), kde se nám hodnoty o počtu vozidel zobrazí přímo na displeji sčítače, ale hodnoty o naměřených rychlostech musí být přeneseny do PC.

★ Pouze sčítání vozidel („Car“), zobrazení možné na displeji i na PC.

3.2.2 Zahájení sčítání

- ★ Po stisknutí tlačítka „P“ se na displeji zobrazí „PC:--“
- ★ Po dvojnásobném stisknutí „S“ se na displeji zobrazí „-CLEAR“
- ★ Po stisknutí klávesy „P“ tuto klávesu ještě přidržíme a současně zmáčkne „S“, následně se nápis „-CLEAR“ změní na „---run“.

Po uvolnění obou kláves se na displeji objeví „:0000“. Tím je sčítač naprogramován a připraven k instalaci. Pro zrušení aktivace přidržíme klávesu „P“ a následně i klávesu „S“. *Zdroj: [24]*

3.2.3 Zobrazení nasbíraných dat

★ Krok 1:

- ★ Držíme klávesu „P“ dokud se na displeji nezobrazí „P0:--“.

★ Krok 2:

- ★ Po zmáčknutí tlačítka „S“ se na displeji zobrazí celkový naměřený počet vozidel.
- ★ Pokud chceme zobrazit počet vozidel v jednotlivých periodách, tak pokračujeme stiskem tlačítka „S“. Pokud ne, tak se stiskem „P“ navrátíme do „P0“

★ Krok 3:

- ★ Stisknutím „S“ se na displeji začnou přepínat hodnoty časových period měření a počtem vozidel v nich naměřených. Stiskem tlačítka „P“ prohlížení zastavíme.

★ Krok 4:

★ Stiskem „P“ se můžeme přejít do programu „P1“.

★ Pokud bude měření přerušeno nebo budeme resetovat sčítač, tak musíme po dobu 3 sekund přidršet klávesu „P“, jedině tak dojde k uložení naměřených údajů do paměti. *Zdroj: [24]*

3.2.4 Přenos dat do počítače

★ Postup:

★ Opakovaným stiskem „P“ se na displeji zobrazí „P8:---“.

★ Dále stiskneme dvakrát „S“ a na displeji se nám zobrazí „SER---“.

★ Poté vložíme kartu do čtečky CIP – 30.

V balíčku s tímto přístrojem je dodáván i Software CDM 20/30, který pracuje pouze v DOSu, ale je plně dostačující k přenosu dat z přístrojů do počítače a k ukládání naměřených hodnot. *Zdroj: [24]*

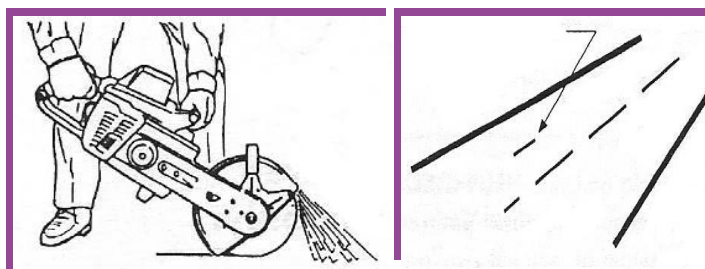
3.3 Instalace na vozovku

Před každou instalací bychom měli chránit kryt baterie a kontakty PVC páskou, aby nedocházelo k vniknutí vlhkosti a v důsledku toho ke vzniku koroze.

3.3.1 Polotrvalá instalace

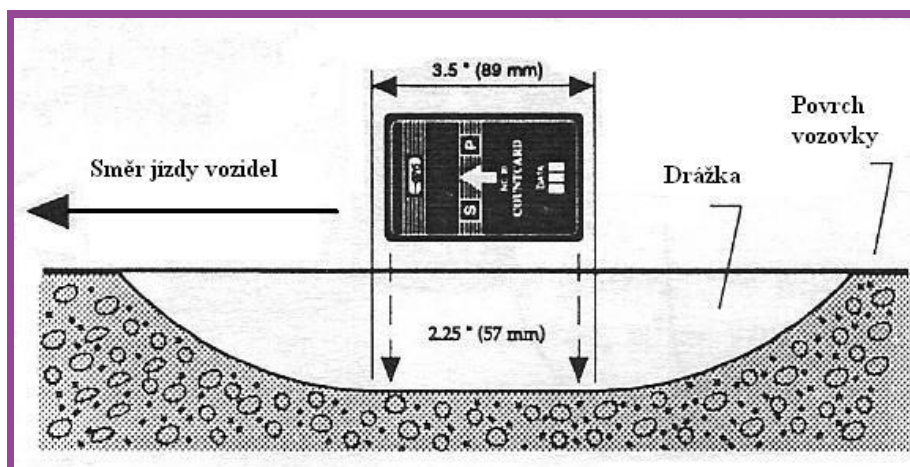
★ Postup instalace:

★ Vyříznutí drážky do silnice: Řezným kotoučem o průměru 305 mm a šířce 6 mm vyřízneme do vozovky drážku o délce 400 mm. Zdroj: [24]

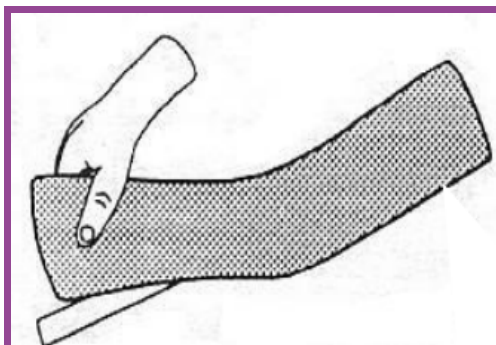


Obr.č. 30: Polotrvalá instalace - vyříznutí drážky do silnice [24]

★ Vložení karty: Do vyčištěné drážky vložíme měřicí kartu a to tak, že klávesa „P“ je blíže k povrchu vozovky, než klávesa „S“ a šipkou ve směru jízdy vozidel.



Obr.č. 31: Polotrvalá instalace - uložení sčítače do drážky [24]



Obr.č. 32: Polotrvalá instalace - překrytí lepící páskou [24]

Kartu můžeme před vložením do drážky opatřit statickým sáčkem, či jinou ochranou, kterou považujeme v dané situaci za vhodnou. Kartou bychom měli umístit do hloubky maximálně 254 mm pod povrch vozovky. Zdroj: [24]

3.3.2 Přenosná instalace



Obr.č. 33: Měření [osobní archiv]

★ *Překrytí lepící páskou:* Drážku, do které jsme vložili kartu, překryjeme asfaltovou lepící páskou, aby se zamezilo vniknutí vlhkosti měřící kartě.

★ *Postup instalace:*

★ Měřící kartu vložíme do ochranného hliníkového pouzdra tak, aby šipka na kartě, i šipka na krycím pouzdru, ukazovaly ve stejném směru.

★ Hliníkový kryt uzavřeme.

★ Sčítač umístíme doprostřed jízdního pruhu tak, aby šipka na pouzdru směřovala ve směru jízdy vozidel.



Obr.č. 34: Gumový kryt [osobní archiv]

- ★ Umístíme ochranný gumový kryt přes sčítač.
- ★ Gumový kryt přišroubujeme k silničnímu povrchu.
- ★ Při odstraňování gumového krytu použijeme páčidlo v místech, ve kterých je kryt přivrtán k povrchu. Pokud bychom páčidlo používali na jiných místech, mohlo by dojít k poškození ochranného krytu.

Zdroj: [24]

3.4 Nefunkční sčítač

Pokud se vyskytne jakýkoli problém a sčítač nebude fungovat správně, zkusíme nejprve zkontrolovat baterii a případně ji vyměnit za novou. Slabé napětí na baterii může vyvolat nepřesnosti v měření. *Zdroj: [24]*

3.4.1 Řešení nejčastějších chyb

V řádcích níže jsem uvedla nejčastěji se objevující chyby. U každé z nich jsou vždy vypsány možnosti, které mohly danou poruchu v měření způsobit a odkaz na program, ve kterém můžeme chybu opravit.

- ★ *Měřicí jednotka nesčítá vozidla:*
 - ★ špatné nastavení programu (záměna „Sensor“ za „U-Push“) → „P5“
- ★ *Měřicí jednotka nereaguje na klávesy („S“ a „P“) nebo neběží čas:*
 - ★ slabá baterie → výměna baterie
- ★ *Měřicí jednotka má abnormálně vyšší/nížší výsledky sčítání vozidel:*
 - ★ špatné nastavení headway time → „P6“
 - ★ slabá baterie → výměna baterie
- ★ *Měřicí jednotka začne sčítat ve špatný čas:*
 - ★ špatně nastavený čas → nutno seřídít → „P4“
 - ★ špatně nastavený počátek sčítání → „P3“
- ★ *Nebude fungovat přesun dat ze sčítače do PC:*
 - ★ špatně zvolený sériový port k PC → dodávaný manuál CDM 20/30
 - ★ špatně nastaven program „P8“ → na displeji se musí zobrazit „SER---“
 - ★ slabá baterie → výměna baterie
- ★ *Sčítač přestane měřit v průběhu měření:*
 - ★ špatně nastavený sčítač → nutnost kontroly nastavení celého programu
 - ★ slabá baterie → výměna baterie
- ★ *Krycí asfaltová lepicí páska nedrží na povrchu vozovky:*
 - ★ povrch vozovky vlhký či mokrá
 - ★ nízká teplota vozovky → nutno pásku před použitím předeřít
- ★ *Měřicí jednotka nedrží na vozovce:*
 - ★ nutno použít druhý způsob umístění → polotrvalá instalace
- ★ *Sčítač sčítá sám od sebe:*
 - ★ slabá baterie → výměna baterie *Zdroj: [24]*

4 Zhodnocení přesnosti automatických sčítačů NC – 30X

V měření byly použity automatické sčítače, typ NC – 30X od firmy Nu – Metrics a současně bylo prováděno sčítání manuální. Tyto hodnoty se poté porovnávaly.

4.1 Průběh zkoušky

Měření, ve kterém jsem sama působila jako manuální sčítač, bylo dlouhodobé povahy, kdy sumarizace dat byla nastavena po hodinách.

Měření bylo provedeno v ulici Kamýcká. Jedná se o silnici II. třídy číslo 241, směr z Prahy na Velké Přílepy. Přístroje na vozovku nainstalovala Technická správa komunikací hlavního města Prahy. Sčítač byl na komunikaci umístěn po dobu jednoho týdne. Sčítání bylo zahájeno dne 24. 05. 2010 (pondělí) v 19:00 a bylo ukončeno dne 31. 05. 2010 (pondělí) v 18:00.

Sčítání probíhalo převážně v deštivém počasí a teplota se pohybovala během dne až okolo + 30 °C a během noci kolem + 15 °C.

4.2 Instalace sčítače

★ *Postup instalace:*

- ★ Karta sčítače byla nastavena dle potřebných požadavků a dle návodu, který je uveden v předchozích kapitolách. Poté byla karta umístěna do hliníkového pouzdra.
- ★ Hliníkové pouzdro s kartou bylo přikryto gumovým krytem a následně bylo vše přivrtáno k povrchu vozovky v ose jízdního pruhu.

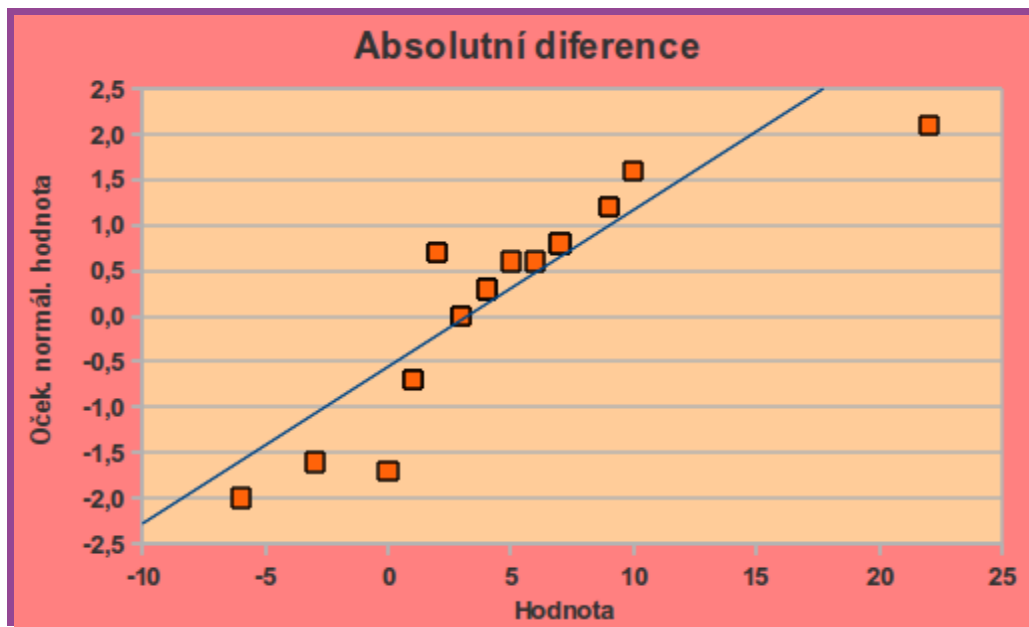
4.3 Naměřené hodnoty a výpočty

Číslo měření	Sčítač	Kontrolní	Diference	
	[voz/h]		[%]	
1	286	284	2	2,6
2	339	335	4	2,6
3	369	369	0	0,0
4	361	359	2	1,6
5	481	474	7	5,7
6	539	535	4	8,7
7	316	319	-3	-2,5
8	536	531	5	6,1
9	510	506	4	2,7
10	717	708	9	7,7
11	846	840	6	4,9
12	728	725	3	2,4
13	835	834	1	0,8
14	465	462	3	7,7
15	539	535	4	8,7
16	327	326	1	1,0
17	339	335	4	2,6
18	295	286	9	6,3
19	285	278	7	14,6
20	300	299	1	0,6
21	465	443	22	18,6
22	327	323	4	8,9
23	483	482	1	0,8
24	367	363	4	9,1
25	323	329	-6	-3,9
26	469	467	2	4,1
27	362	352	10	24,4
28	284	334	1	0,8
29	150	141	9	18,0
30	155	154	1	0,8

Tabulka 4: Naměřené hodnoty

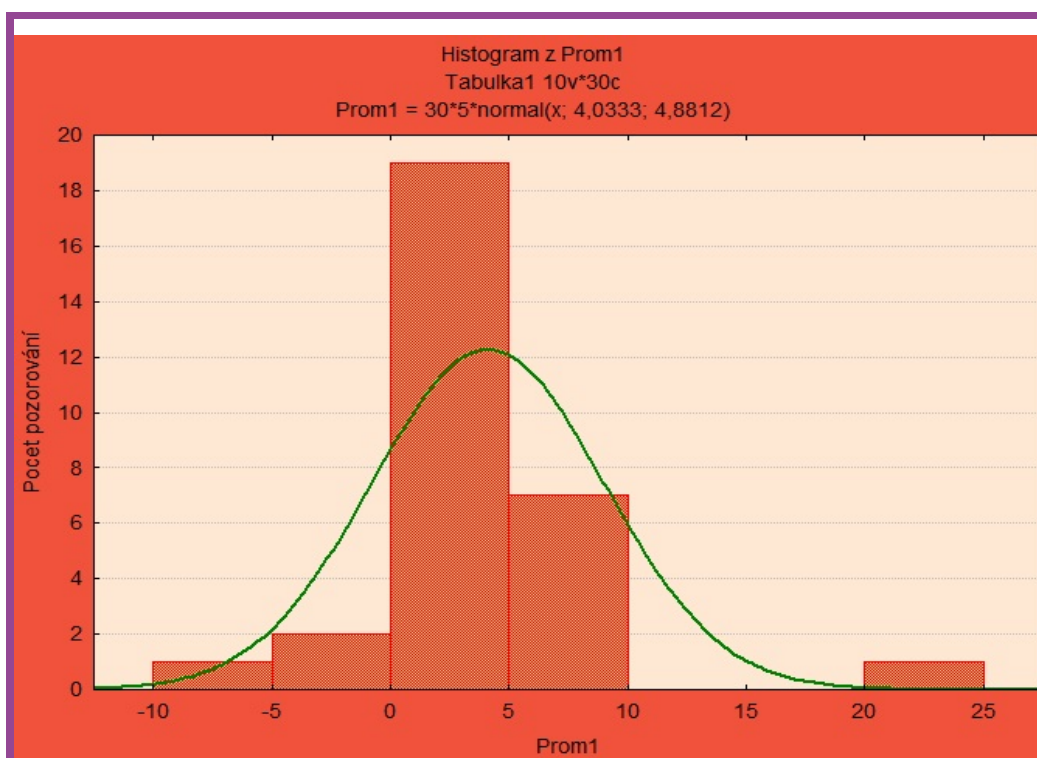
★ Ověření normality rozdělení:

Na statistické výpočty byly použity programy pro zpracování statistických údajů SPSS a STATISTICA 9.



Obr.č. 35: Absolutní diference

Pomocí pravděpodobnostního grafu jsme našli hodnotu měření, která je odlehlá od ostatních hodnot, proto dojde k jejímu vyloučení z následujících analýz. Důvodem vzniku je nejspíše chybné měření manuálního sčítače.



Obr.č. 36: Histogram

Hladina významnosti vyšla větší než 0,05, takže difference mají normální rozdělení. A protože naměřené intenzity mají normální rozdělení, můžeme při testování statistických hypotéz použít parametrický test.

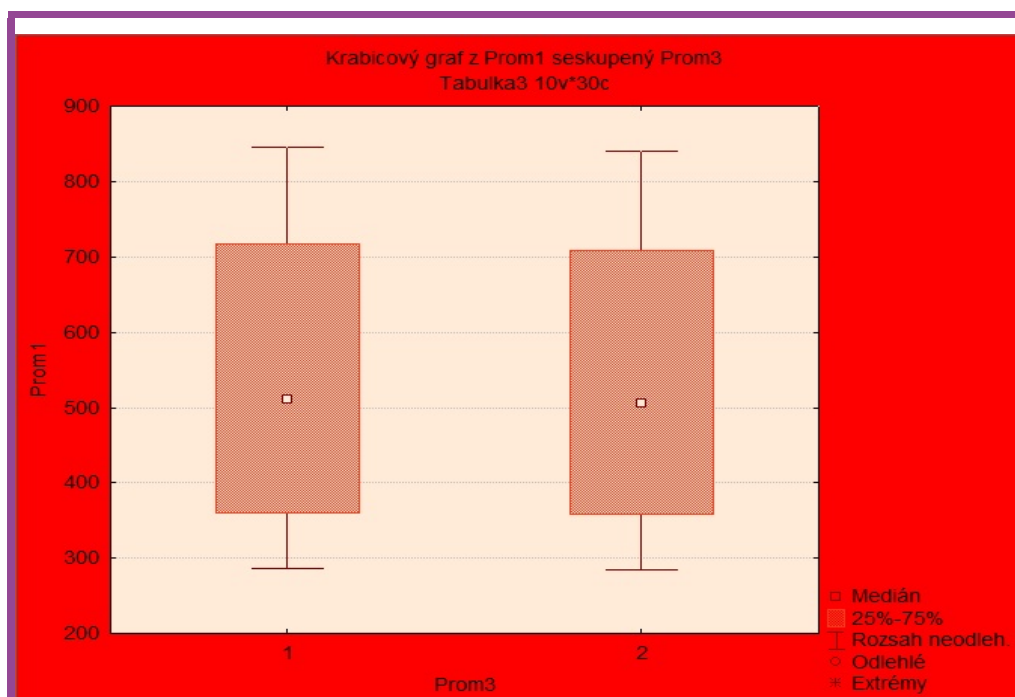
★ Parametrický t- test pro závislé vzorky:

Nulová hypotéze H_0 nám říká, že hodnoty získané sčítačem a kontrolním sčítáním budou shodné. Alternativní hypotéza H_A říká, že hodnoty získané sčítačem a kontrolním sčítáním se budou lišit. Hladina významnosti $\alpha = 0,05$, počet hodnot $n = 29$.

Výsledkem t – testu je hodnota $p < 0,05$, proto zamítáme H_0 a přijímáme H_A . Znamená to, že počty získané sčítačem a kontrolním sčítáním se statisticky významně liší. Čím je větší rozdíl mezi 0,05 a hodnotou p, tím je tento výrok jednoznačnější.

	N	Mean	SD	p
sčítač	29	434,100	173,856	0,000

Tabulka 5: T-test



Obr.č. 37: Krabicový graf

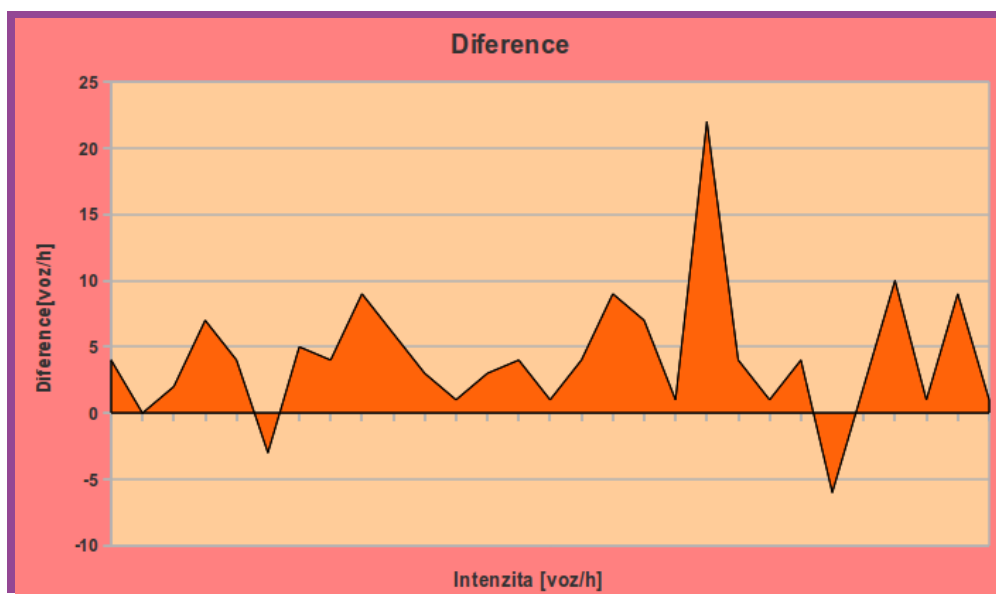
Krabicový graf nám poskytuje informaci o maximální a minimální hodnotě v souboru naměřených hodnot, o mediánu a horním a dolním kvartilu. Horní a dolní strana základního obdélníka odpovídají dolnímu a hornímu kvartilu, vodorovná čára uvnitř „krabice“ odpovídá mediánu souboru. Výška „krabice“ mezikvartilové rozpětí. Dolní svislá úsečka - „dolní fous“ - odpovídá hodnotám, které leží pod krabicí ve vzdálenosti nejvýše rovné 1.5-násobku výšky krabice.

Konec fousu odpovídá nejmenší hodnotě. Obdobně je to u horního fousu. Fousy tedy odpovídají těm hodnotám, které nejsou mezi kvartily a jsou od nich vzdáleny nejvýše o 1.5-násobek mezikvartilového rozpětí.

Mimo fousy (pod nimi a nad nimi) se znázorňují body, odpovídající případným tzv. odlehlým hodnotám (na obrázku čtvereček nahoře).

Čtverečkem uvnitř krabice je znázorněn aritmetický průměr ze všech naměřených hodnot.

V tomto případě vyčteme z grafu, že poloha dat, získaných ze sčítačů a z manuálního záznamu, se mírně liší.



Obr.č. 38: Diference

★ Závěr zkoušky:

Sčítače vykazují statisticky významnou chybu. Z měření a z grafů je patrné, že sčítače ve většině případů lehce přidávají počty vozidel.

4.4 Přesnost dalších druhů měření

Výsledky přesnosti měření rychlosti dopravního proudu a kvalifikace vozidel (viz. Níže), kterých byly zjištěny Ing. Ondřejem Láskou, který se touto problematikou zabýval ve své diplomové práci. Použití výsledných hodnot v mé práci je autorem schváleno.

★ Přesnost měření rychlosti dopravního proudu:

- ★ do 40 km/h velmi dobrá
- ★ přesnost měření u každé karty individuální¹

¹ Láska, 2006, str. 43

★ *Přesnost funkce klasifikace vozidel:*

★ špatná klasifikace lehkých a těžkých nákladních vozidel²

4.5 Využití sčítačů NC – 30X v praxi

Sčítač Nu – Metrics NC – 30X slouží k získávání důležitých údajů při dopravních průzkumech. Jedná se například o zjišťování skladby a rychlosti dopravního proudu. Tento přístroj plně nahrazuje fyzickou osobu provádějící ruční záznam, čímž se dosáhne nejen ekonomické úspory.

Další výhodou je úspora časová. Na rozdíl od manuálních sčítačů, kteří by museli být nasazeni v terénu po celou dobu sčítání, pro sčítač NC – 30X stačí pouze jedna osoba, která přístroj nainstaluje (cca 1 hodina). Mnoho času je ušetřeno také převodem dat do PC. Přenos dat ze sčítače trvá přibližně pět minut, kdežto z ručního zápisu může převod trvat i několik hodin.

Jak se můžeme přesvědčit z této diplomové práce, tak nepřesnost sčítačů je staticky významná, přesto může být jejich přesnost v mnoha měřeních vyhovující. Některým nepřesnostem v měření můžeme předejít, když se budeme držet doporučení, která jsou uvedena v návodu k tomuto přístroji. Jedná se hlavně o kontrolu nabití baterie.

Při měření, které je delší než 4 dny a ve kterém je nastavena hodinová perioda sumarizace, musí dojít k výměně sčítače v průběhu měření. Nebo také můžeme naměřená data uložit do PC a následně vynulovat hodnoty ze sčítače. Toto řešení ovšem znamená minimálně hodinový výpadek v měření celkového počtu vozidel a minimální dvouhodinový výpadek v měření klasifikace vozidel, neboť klasifikace vozidel začíná sčítat až ve druhé periodě sumarizace dat od začátku měření.

K přístroji NC – 30X dodávala firma Nu – Metrics také software, který je plně dostačující k prováděným měřením. Je to systém, do kterého se dají ukládat veškeré naměřené hodnoty a slouží také k přenosu dat do PC. Tento software je použitelný bohužel jen v programech Windows 95 a Windows 98, které se v této době již tolik nepoužívají. Samotný program nemá ani moc kvalitní grafiku, tudíž nevzbuzuje dojem

² Láška, 2006, str. 46

moderního softwaru. Lepší řešení je využít dodávaný software pouze pro přenos dat do PC a data zpracovávat v jiném programu.

4.6 Výhody sčítačů NC – 30X

- ✓ Požití pro běžné dopravní průzkumy
- ✓ nižší cena (cca 20 000 Kč/ks)
- ✓ malé rozměry
- ✓ vlastní zdroj napětí
- ✓ snadná manipulace a obsluha
- ✓ rychlá a snadná instalace
- ✓ přenosný sčítač
- ✓ jednoduchý a přehledný software

4.7 Nevýhody sčítačů NC – 30X

- ✗ Zastaralý software
- ✗ zastaralý samotný přístroj
- ✗ nespolehlivost automatického spuštění sčítání
- ✗ nespolehlivost přenosu dat do PC
- ✗ malá paměť přístroje (při sumarizaci dat po 15 minutách pouze 1 den)
- ✗ přesnost sčítání je závislá na okolní teplotě
- ✗ citlivost na vlhko a mokro

Zdroj: [3]

5 Metodické pokyny pro sčítání pomocí přístroje NC – 30X

5.1 Výběr místa instalace

Snímač je vhodné instalovat na přímém úseku komunikace, kde nedochází k zastavování vozidel a není zde možnost vyhnouti se sčítači. Dále by měl být přístroj umístěn tak, aby se u něj nehromadila voda. Sčítač by také neměl být instalován v zatáčke a v místech, ve kterých by docházelo k častému brzdění vozidel, neboť zde hrozí větší riziko poškození a nepřesnosti měření.

Sčítač by měl být umístován na taková místa, ve kterých řidiči nemají moc velkou možnost ho objet, či tam kde vozovka postrádá vyznačenou středovou čáru, což by mohlo způsobit přejíždění sčítače, který má sčítat vozidla v opačném směru jízdy.

5.2 Instalace sčítače

Před prováděním samotného instalování sčítače na povrch vozovky je nutné zajistit bezpečnost osoby, která bude samotnou instalaci provádět. Hlavně by měla být dobře viditelná, například oblečena do reflexní vesty. Dále by měli být řidiči zavčas informováni o práci na vozovce. Může se to provést například další osobou, která odkloní provoz, nebo výstražným trojúhelníkem, či jinou pevnou překážkou, která se umístí tak, aby nezakrývala pracovníka, jenž instalaci provádí.

Instalace sčítače přesně do osy jízdního pruhu není zcela vhodná. Nejlepší je umístit sčítač do dvou třetin šířky jízdního pruhu od krajnice. Přenosná instalace je časově méně náročná a není proveden tak velký zásah do vozovky jako při instalaci polotrvalé. U přenosné instalaci se do vozovky navrtají pouze čtyři malé otvory, které slouží pro šrouby, kterými se připevní gumový kryt sčítače k vozovce. Tyto otvory lze použít i u dalších měření. Na a vrtání otvorů je vhodná vrtačka s přiklepem a vrták do betonu (my jsme při instalaci zničili dva). Instalace jednoho sčítače trvá kolem 10 minut.

5.3 Přenos dat do počítače

Po dokončení měření se sčítač sám uvede do klidového režimu, ve kterém musím být ponechán až do přenosu dat do PC. Data můžeme odečíst také přímo ze sčítače.

Baterie by se ze sčítače měla vyjmout až po přenosu dat do PC, protože jakmile dojde k vyjmutí baterie, dojde i ke ztrátě naměřených údajů.

Závěr

Úkolem této diplomové práce bylo obecné shrnutí používaných druhů detektorů, které jsou využívány k dopravním průzkumům. Větší pozornost byla věnována sčítači NC – 30X od firmy Nu – Metrics.

V první části jsou popsány základní druhy detektorů, jejich princip měření i jejich výhody a nevýhody. Tato část je rozdělena na čtyři kapitoly a to dle technologického rozdělení detektorů. Konkrétně na manuální sčítání, na detektory, u kterých jejich instalace způsobí zásah do vozovky, detektory, kde je instalace prováděna bez zásahu do vozovky a na detektory, které jsou umístěny ve vozidle.

V další části je detailněji popsán přístroj NC – 30X. Jsou zde uvedeny jeho základní parametry, popis jeho ovládání, nastavení a v neposlední řadě i instalace na vozovku. Také v této části nalezneme nejčastější poruchy tohoto přístroje, které mohou být příčinou chyb v měření. Samozřejmě i s jejich řešením.

Dále byla vyhodnocena přesnost sčítání přístroje NC – 30X a byla doplněna o zhodnocení přesnosti měření klasifikace a rychlosti vozidel. Na závěr je vypracována metodika pro práci se sčítačem v terénu.

Sčítač NC – 30X od firmy NU – Metrics je starší měřicí přístroj, který byl u většiny dopravních průzkumů nahrazen novějšími typy. To ovšem neznamená, že by byl zcela zapomenut. Nadále se při spoustě měření používá a to pro jeho nesporné výhody, které jsou také uvedeny v této práci.

Tato práce slouží jako obecný přehled detektorů v dopravě. Také slouží jako detailní návod k práci s měřicím přístrojem NC – 30X. Dle zde uvedených informací, o přesnosti měření tohoto sčítače, se mohou řídit jak vývojáři nových typů sčítačů, tak i osoby, které o použití tohoto přístroje pouze uvažují.

Použitá literatura

- [1] BUREŠ, P. - PŘIBYL, O. *Přednášky Měření a zpracování dat v dopravě*, Praha: České vysoké učení technické Praha. Fakulta dopravní. Ústav aplikované matematiky. <http://euler.fd.cvut.cz>, 2010
- [2] DORDA, M. *Přednášky Metody dopravního prognózování*, Ostrava: Vysoká škola báňská. Institut dopravy. <http://homel.vsb.cz>, 2010
- [3] LÁSKA, O. *Automatické sčítače dopravy Numerics NC – 30X*. Praha, 2006. 62 s. Diplomová práce na Technické fakultě České zemědělské univerzity na katedře vozidel a pozemní dopravy. Vedoucí diplomové práce ng. Patrik Břečka, Ph.D
- [4] LANDA, J. - DOBIÁŠ, J – VOLFOVÁ, Z. *Zjišťování kapacity pozemních komunikací a návrhy na odstranění kongescí*. Praha: CityPlan. 1999
- [5] PŘIBYL, P. - MACH, R. *Řídící systémy silniční dopravy*. Praha : ČVUT, 2003
- [6] RŮŽIČKA, M. *Přednášky Dopravní inženýrství I.*, Moodle TF ČZU Praha, <http://moodle.tf.czu.cz>, průběžně aktualizováno, 2009
- [7] TICHÝ, J. *Přednášky Dopravní inženýrství*, Ostrava: Technická univerzita Ostrava. Fakulta stavební. Katedra dopravního stavitelství, <http://kds.vsb.cz>, 2010

Elektronické zdroje

- [8] CAMEA [online]. Dostupné z: <http://www.unicam.cz/cz/produkty/videodetekce/>
- [9] DIAMOND traffic products [online]. Dostupné z: <https://www.diamondtraffic.com/productlist/150>
- [10] České dálnice [online]. Dostupné z: <http://www.ceskedalnice.cz/odborne-info/intenzity-dopravy>
- [11] International road dynamics south asia Pvt. Ltd. [online]. Dostupné z: http://www.irdsa.com/traffic_data_collection.htm
- [12] Jamartech [online]. Dostupné z: <http://www.jamartech.com/TMBs.html>
- [13] LAVET, speciální elektronika [online]. Dostupné z: www.lavet.cz
- [14] Measurment specialities [online]. Dostupné z: <http://www.meas-spec.com/traffic-sensors.aspx>
- [15] Ministerstvo dopravy České Republiky [online]. Dostupné z: <http://www.mdcv-vyzkum.cz/YYYYY/eProjekty>
- [16] POUZAR, V. Vozidlové *detektory – typy, rozdělení, funkce* [online]. Publikováno 26. 08. 2010. Dostupné z: <http://www.svsmp.cz/svetelna-signalizace/vozidlove-detektory-typy-rozdeleni-funkce.aspx>
- [17] Preference pražských tramvají [online]. Dostupné z: <http://preference.prazsketramvaje.cz/showpage.php?name=technika>
- [18] RAMET C.H. M. a.s. [online]. Dostupné z: <http://www.rametchm.cz/index.php?typ=RMA&showid=1>
- [19] Roadtraffic-technology.com [online]. Dostupné z: <http://www.roadtraffic-technology.com/>

- [20] STEVE, M. *Traffic Detection Systems* [online]. Dostupné z: <http://courses.washington.edu/cee320w/>
- [21] U. S. Department of Transportation [online]. Dostupné z: <http://www.fhwa.dot.gov/policy/ohpi/hss/presentations/truckweight.htm>
- [22] WOSYKA, J. *Využití GPS jednotek firemních vozidel pro modelování dopravy na liových komunikacích* [online]. Publikováno 16. 08. 2010. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/vyuziti-gps-jednotek-firemnich-vozidel-pro-modelovani-dopravy-na-liovych-komunikacich/>
- [23] XTRALIS [online]. Dostupné z: <http://xtralis.com/p.cfm?s=22&p=381>
- [24] Příručka Nu – Metrics, model no. NC – 30X

Seznam obrázků

Seznam ilustrací

Obr.č. 1: Rozdělení dopravních průzkumů [2].....	11
Obr.č. 2: Způsob provádění dopravních průzkumů [20].....	13
Obr.č. 3: Manuální sčítání [1].....	15
Obr.č. 4: Ruční záznamový přístroj Jamar [12].....	15
Obr.č. 5: Indukční smyčky ve vozovce [20].....	16
Obr.č. 6: Indukční smyčka [20].....	17
Obr.č. 7: Zapojení indukční smyčky [1].....	17
Obr.č. 8: Indukční smyčka - vozovka [20].....	17
Obr.č. 9: Indukce - záznam [20].....	18
Obr.č. 10: Rušené pole smyčky [15].....	18
Obr.č. 11: Druhy indukčních smyček [15].....	20
Obr.č. 12: Magnetometr [20].....	21
Obr.č. 13: Narušené magnetické pole Země [6].....	22
Obr.č. 14: Indukční magnetometr [1].....	23
Obr.č. 15: Pneumatický detektor [11].....	24
Obr.č. 16: Piezoelektrické detektory [9].....	25
Obr.č. 17: Piezoelektrické detektory - senzor [14].....	26
Obr.č. 18: Piezoelektrické detektory - praxe [21].....	26
Obr.č. 19: Použití přístroje Marksmann 662 [12].....	27
Obr.č. 20: Detektory s vláknovou optikou [6].....	28
Obr.č. 21: Bending Plate [21].....	28
Obr.č. 22: Mikrovlnné detektory [18].....	30
Obr.č. 23: Mikrovlnný radar [19].....	31
Obr.č. 24: Infračervené detektory (aktivní) [13].....	32
Obr.č. 25: Infračervené detektory (aktivní) - záznam [6].....	33
Obr.č. 26: Infračervené detektory přijímající tepelné záření [1].....	34
Obr.č. 27: Porovnání detektorů [20].....	36
Obr.č. 28: Záznam detekce kolon a stojícího vozidla - 6 obrázků [8].....	39
Obr.č. 29: Měřicí přístroj NC - 30X od firmy Nu - Metrics [24].....	42
Obr.č. 30: Polotrvalá instalace - vyříznutí drážky do silnice [24].....	49
Obr.č. 31: Polotrvalá instalace - uložení sčítače do drážky [24].....	49
Obr.č. 32: Polotrvalá instalace - překrytí lepící páskou [24].....	50
Obr.č. 33: Měření [osobní archiv].....	50
Obr.č. 34: Gumový kryt [osobní archiv].....	51
Obr.č. 35: Absolutní diference.....	55
Obr.č. 36: Histogram.....	56
Obr.č. 37: Krabicový graf.....	57
Obr.č. 38: Diference.....	58

Seznam tabulek

Seznam tabulek

Tabulka 1: Porovnání detektorů [1].....	40
Tabulka 2: Základní programy přístroje NC - 30X [24].....	44
Tabulka 3: Nastavení "headway time" [24].....	46
Tabulka 4: Naměřené hodnoty.....	54
Tabulka 5: T-test.....	56