

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Technická fakulta**

**Katedra vozidel a pozemních dopravy**



## **Diplomová práce**

**Detekce překážek u aktivních prvků integrované  
bezpečnosti - Euro NCAP**

**Bc. Tomáš Váňa**

© 2020 ČZU v Praze

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Tomáš Váňa

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

**Detekce překážek u aktivních prvků integrované bezpečnosti – Euro NCAP**

Název anglicky

**Detection of barriers in active features integrated safety – Euro NCAP**

---

### Cíle práce

Provedení kvalitativní analýzy v oblasti aktivních a pasivních bezpečnostní prvků u vozidel. Rozbor statických a dynamických modelů pro testování systémů bezpečnosti. Analýza detekčních systémů integrované bezpečnosti s ohledem na aplikační možnosti a potřebný výpočetní výkon ve vozidle oproti běžnému vozidlu.

### Metodika

- 1 Úvod
- 2 Cíl práce
- 3 Metodika práce
- 4 Přehled řešené problematiky
- 5 Praktická část práce
- 6 Zhodnocení výsledků
- 7 Závěr
- 8 Seznam použitých zdrojů
- 9 Přílohy

**Doporučený rozsah práce**

40 – 50

**Klíčová slova**

ISO normy, bezpečnost, testování, asistenční systémy, autonomní řízení

---

**Doporučené zdroje informací**

First J. a kol.: Zkoušení automobilů a motocyklů. ČVUT v Praze a SnT CZ, Praha 2008  
Kovanda J., Šatochin V.: Pasivní bezpečnost vozidel . Vydavatelství ČVUT Praha 2000  
VLK, F. *Koncepce motorových vozidel : koncepce vozidel, alternativní pohony, komfortní systémy, řízení dynamiky, informační systémy.* Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2000. ISBN 80-238-5276-0.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2019/2020 LS – TF

**Vedoucí práce**

Ing. Petr Jindra, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra vozidel a pozemní dopravy

---

Elektronicky schváleno dne 1. 2. 2019

**Ing. Martin Kotek, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 15. 2. 2019

**doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 04. 05. 2021

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Detekce překážek u aktivních prvků integrované bezpečnosti - Euro NCAP vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom že, na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením školitele a uvedl jsem veškerou použitou literaturu. Tištěná a elektronická verze práce se doslovně shodují.

Tomáš Váňa

.....

V Praze dne 10. 1. 2021

## **Poděkování**

Na místě bych rád poděkoval všem, kteří mi pomohli při vytváření této práce, kteří mi byli oporou a dávali inspiraci.

V první řadě bych chtěl poděkovat mé rodině, která mi byla během studia a vypracování této práce oporou. Dále pak mému zaměstnavateli společnosti Digiteq Automotive a.s., že mi bylo umožněno se účastnit zmíněných testů v praktické části a nasbírané vědomosti implementovat do mé diplomové práce. Rád bych také poděkoval i mému vedoucímu práce Ing. Petru Jindrovi Ph.D. za veškerou podporu a věnovaný čas.

## **Abstrakt**

Diplomová práce je zaměřena na detailní pohled systémů aktivní bezpečnosti a detekcí překážek a skládá se z několika částí.

První část práce je věnován bezpečnostním prvkům, které jsou následně rozděleny na aktivní a pasivní, přičemž aktivní prvky jako základ téma diplomové práce jsou rozepsány podrobněji.

V další části jsou probrány jednotlivé snímače z pohledu detekce překážek. Nejvíce pozornosti je zde věnováno senzorům, kterými jsou radar, lidar a kamera, popř. jejich softwarům. Práce pokračuje částí, kde jsou popsány legislativní požadavky a organizace, které se zabývají nejen vývojem ale i následným testováním.

V další kapitole se práce zabývá zhodnocením detekčních systémů a vlivů na úspěšnou detekci z pohledu odrazové plochy, spolehlivosti oblečení a zdvojených cílů, kde se můžeme seznámit s výzkumem japonského vědce pana Naoyuki Yamada.

Závěr práce je pak věnován rozboru statických a dynamických překážek, které imitují chodce nebo automobil. Ty jsou rozděleny dle konkrétních organizací, které je používají.

Práce je pak zakončena praktickou částí, která je zaměřena na výpočetní a energetický výkon u nových vozů a následné testování detekčních systémů v reálném provozu i na polygonu. Experimentální část byla provedena s vozidlem Škoda Enyaq a vozem Škoda Octavia IV.

**Klíčová slova:** ISO normy, Bezpečnost, Euro NCAP, testování, asistenční systémy, autonomní řízení

## **Abstract**

The diploma thesis is focused on a detailed view of active security systems and obstacle detection and consists of several parts.

The first part of the thesis is devoted to security elements, which are then divided into active and passive, while active elements as a basis for the topic of the thesis are described in more detail.

In the next part, the individual sensors are discussed from the point of view of obstacle detection. Most of it is devoted to sensors such as radar, lidar and camera, or their software. The work continues with a section where the legislative requirements and organizations are described, which deal not only with the development but also with subsequent testing.

In the next chapter, the work deals with the evaluation of detection systems and the effects on successful detection in terms of reflective surface, reliability of clothing and double targets, where we can get acquainted with the research of the Japanese scientist Mr. Naoyuki Yamad.

The conclusion of the work is then devoted to the analysis of static and dynamic obstacles that imitate pedestrians or cars. These are divided according to the specific organizations that use them.

The work then ends with a practical part, which is focused on computing and energy performance of new cars and subsequent testing of detection systems in real operation and on the polygon. The experimental part was performed with a Škoda Enyaq vehicle and a Škoda Octavia IV car.

### **Keywords:**

ISO standards, Safety, Euro NCAP, testing, assistance systems, autonomous management

## OBSAH

<b>1. ÚVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. PŘEHLED ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY</b> .....	<b>2</b>
<b>2.1 Aktivní prvky</b> .....	<b>2</b>
<b>2.2 Pasivní prvky</b> .....	<b>3</b>
<b>2.3 Detekce překážek</b> .....	<b>4</b>
2.3.1 <i>Snímače a jejich principy</i> .....	4
2.3.2 <i>Mikrovlnný radar</i> .....	4
2.3.3 <i>Lidar</i> .....	6
2.3.4 <i>Detekce sledování chodců a vozidel</i> .....	8
2.3.5 <i>Filtrování pozadí</i> .....	9
2.3.6 <i>Shlukování objektů</i> .....	10
2.3.7 <i>Přenos dat</i> .....	11
2.3.8 <i>Ultrazvukový snímač</i> .....	11
2.3.9 <i>Videokamera a detekce hran</i> .....	12
2.3.10 <i>Panoramatická kamera</i> .....	16
<b>2.4 Legislativní požadavky</b> .....	<b>17</b>
2.4.1 <i>Normy ISO</i> .....	17
2.4.2 <i>ČSN ISO 15622</i> .....	18
2.4.3 <i>ČSN ISO 22178</i> .....	20
2.4.4 <i>ČSN ISO 15623</i> .....	21
2.4.5 <i>Přehled testování asistenčních systémů dle ISO normy</i> .....	23
2.4.6 <i>Detekce cílů – testování</i> .....	24
2.4.7 <i>Zatáčky – testování</i> .....	25
2.4.8 <i>Rozlišení cílové překážky – testování</i> .....	25
2.4.9 <i>Zastavení – testování</i> .....	25
2.4.10 <i>Předpisy Evropské hospodářské komise</i> .....	26
2.4.11 <i>EHK 130</i> .....	26
2.4.12 <i>EHK 131</i> .....	27
2.4.13 <i>Metodika NCAP</i> .....	27
2.4.14 <i>Vývoj bezpečnosti</i> .....	29
2.4.15 <i>Přehled testování asistenčních systémů u Euro NCAP</i> .....	31
<b>2.5 Detekční systémy</b> .....	<b>33</b>



2.5.1	<i>Radar</i> .....	33
2.5.2	<i>Bas plus</i> .....	36
2.5.3	<i>Účinná odrazová plocha překážek</i> .....	36
2.5.4	<i>Směrová spolehlivost</i> .....	37
2.5.5	<i>Spolehlivost oblečení</i> .....	38
2.5.6	<i>Rozpoznávání zdvojených cílů</i> .....	40
2.5.7	<i>Reálné použití</i> .....	41
<b>2.6</b>	<b>Rozbor statických a dynamických překážek</b> .....	<b>43</b>
2.6.1	<i>Ohodnocení překážek</i> .....	44
2.6.2	<i>Překážka imitující automobil – dynamické</i> .....	44
2.6.3	<i>Překážka imitující chodce – dynamické</i> .....	48
<b>3.</b>	<b>Praktická část</b> .....	<b>50</b>
3.1	<b>Požadavky na výpočetní výkon a energetické náročnost</b> .....	<b>50</b>
3.2	<b>Testování parking asistentu (PLA – Parklenkassistent) – příčné</b> .....	<b>51</b>
3.3	<b>Testování radaru – detekce okolních vozů</b> .....	<b>55</b>
3.3.1	<i>Testování radaru Crosscheck –</i> .....	56
3.3.2	<i>Testování radaru v provozu – Public roads</i> .....	57
<b>4.</b>	<b>DISKUZE</b> .....	<b>61</b>
<b>5.</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>63</b>
<b>6.</b>	<b>SEZNAM LITERATURY</b> .....	<b>64</b>
<b>7.</b>	<b>Přílohy</b> .....	<b>67</b>

# 1. ÚVOD

Od počátku existence člověka je lidstvo provázeno potřebou pohánět nejrůznější stroje a zařízení. Vynález spalovacího motoru, který postupem času nahradil méně efektivní parní automobily, umožnil zvýšit dynamiku rozvoje civilizace do současné úrovně. Díky neustálému vylepšování a rozšiřování působnosti spalovacích motorů v posledním půlstoletí si nelze fungování civilizace bez tohoto zdroje mechanické práce ani představit, a to jak z hlediska zemědělství, dopravy a řady dalších odvětví lidské činnosti.

Hlavní prvkem z hlediska bezpečnosti vozidla byl řidič. Jediný aktivní člen, který řešil následky před a po nehodě. Z důvodu obrovského rozmachu automobilového průmyslu a s ním spojených nehod museli konstruktéři vyřešit, jak těmto nehodám zabránit, předejít, popř. je zmírnit.

Během samotných počátků neměli konstruktéři zdaleka takové možnosti jako dnes. Místo světel byly petrolejové lampy, odpružení vozidel bylo přes ohnuté dřeva a ocelové listové pero. Jako jeden z prvních prvků z hlediska bezpečnosti šlo o bezpečnostní pás, který implementovala do vozu automobilka Ford, a to v sériově vyráběném vozu Trucker Sedan v roce 1948. V roce 1959 zahrnula bezpečnostní pás do svých vozů také automobilka Volvo. Vývoj bezpečnosti se neubíral takovým tempem, jakým by si člověk představoval, proto vznikla v roce 1958 Ženevská dohoda, která kladla důraz hlavně na osvětlení vozidla. Následovala ji smlouva z roku 1969, která podmiňovala nástup pasivních bezpečnostních prvků, jakými byly pásy, pevnost sedadel, opěrky hlavy a testy bočních nárazů apod. Dalším velkým milníkem z hlediska bezpečnosti a brzdného systému byl systém ABS, která si patentovala společnost Bosch v roce 1936, nicméně vyvinut byl až v roce 1978. K dnešní situaci má tento stav velmi daleko. Je až nepředstavitelné porovnat rok 2020 s rokem 1980. Dnes se ve vozidle nacházejí desítky asistenčních systémů, které komunikují s desítkami řídicích jednotek. Aby tyto řídicí jednotky fungovaly bezproblémově, je nutné provádět jejich testování už při vývoji. Při těchto testech by nemělo docházet k poškození vozidla. Cílem této práce je podrobně probrat existující statické a dynamické překážky, detekční systémy a jejich reálnou spotřebu elektrické energie. Motivací pro vznik této diplomové práce byl vývoj, který automobilový sektor prošel za poslední desetiletí.

## 2. PŘEHLED ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Bezpečnostní prvky jsou systémy, technická zařízení a vlastnosti vozu, která pomáhají předejít, zabránit dopravním nehodám a ochránit posádku. Rozdělují se na aktivní a pasivní bezpečnostní prvky. Vybraným bezpečnostním prvkům se budeme věnovat podrobněji dále.

### 2.1 Aktivní prvky

Prvky aktivní bezpečnosti vozidla jsou systémy, zařízení a vlastnosti, které pomáhají zabránit vzniku dopravní nehody. Nejdůležitější prvek v automobilu je účinný brzdový systém, který dokáže ihned zpomalit nebo zastavit vozidlo, dále pak dobré pneumatiky, výhled z vozidla, tlumiče zajišťující v zatáčkách dobrý kontakt pneumatiky s vozovkou a v neposlední řadě světlomety. Moderními prvky jsou také i elektronické systémy ABS, ASR, ESP, TCS, EBA, ACC atd. [1]

U aktivních prvků se můžeme setkat s tímto dělením:

- Systémy varující před srážkou a před neúmyslným vyjetím z jízdního pruhu
- Systémy pro noční vidění
- Adaptabilní tempomat
- Adaptabilní světlomety
- Alkoholový zámek
- Antiblokovací systém brzd ABS
- Protiblokovací systém ESP
- Pohon 4x4
- Antiprokluzový systém ASR
- Asistent jízdy v kolonách
- Asistent rozjezdu do svahu
- Automatické parkovací brzda
- Automatické rozsvícení přepínání dálkových světel, aktivace stěračů
- Kontrola mrtvého úhlu
- Parkovací asistent
- Systém sledování rychlostních limitů
- Systém pro sledování bdělosti řidiče
- Systém rozpoznávání chodců a cyklistů
- BLIS – hlídač mrtvého úhlu
- Podvozkové systémy [1]

## 2.2 Pasivní prvky

Jsou to takové systémy pasivní bezpečnosti, které nám zmírňují následky dopravní nehody. Obecně lze říci, že tyto bezpečnostní prvky reagují až při nehodě. Jejich úkolem je minimalizovat následky. Z toho lze vyvodit, že jde o prvky konstrukce karosérie, opěrky hlavy, bezpečnostní pásy, přepínače bezpečnostních pásů, airbagy, systém proti podklouznutí cestujícího, dětská pojistka. Za posledních 20 let vývoj v pasivních bezpečnostních prvcích zaznamenal obrovský posun a v tomto směru se dále pokračuje. Hlavními požadavky jsou ochrana řidiče, cestujících a nákladu před povětrnostními vlivy, účelnost tvaru a provedení karosérie, příznivá tepelná pohoda pro řidiče a přepravované osoby, omezení hluku, a to jak vnitřního a vnějšího. Dále pak omezení vibrací, správné tvarování sedadel a jejich prodyšnost, dosažitelnost všech ovládacích prvků z místa řidiče, bezpečný výhled z vozidla dopředu, dozadu a do stran, estetika interiéru, bezpečné zpracování a uspořádání interiéru, aby nedošlo k nezaviněnému zranění posádky. V poslední řadě pak estetika a design vnějšího tvaru vozidla. [1]

- Deformační zóny karosérie
- Hlavové opěrky a systémy prevence poranění krku
- Bezpečnostní pásy
- Dětské autosedačky
- Airbagy
- Po nehodový systém eCall [1]

## 2.3 Detekce překážek

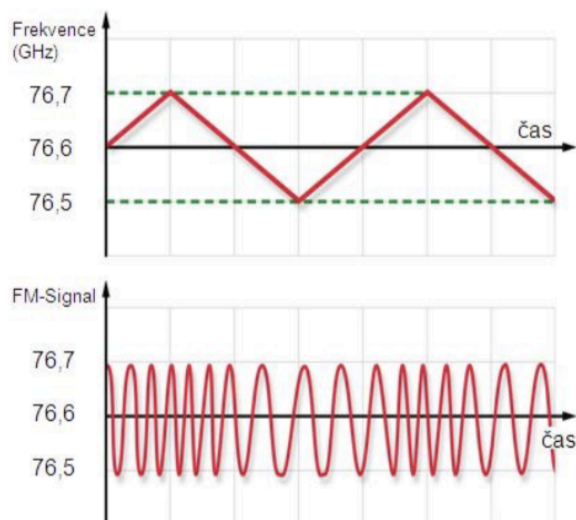
### 2.3.1 Snímače a jejich principy

Základem systémů aktivní bezpečnosti jsou elektronické snímače, které sledují okolí automobilu. Dle fyzikálních principů se jedná o vzdálenost od těsné blízkosti vozidla, až do vzdálenosti 200 m od vozidla. Jedny z nejpoužívanějších senzorů a jejich funkce jsou popsány níže. [2]

### 2.3.2 Mikrovlnný radar

Radar (anglicky Radio Detection and Ranging), často nazývaný radiolokátor, funguje na principu vysílání elektromagnetické vlny, která se následně odráží od nalezených objektů zpět do přijímací části radaru. Předměty, které signál odrážejí musí být kovové nebo z materiálu s vysokou permitivitou. Časem, který uběhne mezi nárazem a návratem signálu zpět je možné spočítat měřenou vzdálenost (čím dále trvá návrat signálu zpět, tím delší je vzdálenost předmětu). K zjištění rychlosti a směru detekované překážky se využívá tzv. Dopplerův jev. Funguje na principu změny frekvence, kdy frekvence vlnění přijatá přijímačem je odlišná od frekvence vlnění vyslané zdrojem signálu v případě, mění-li se vzdálenost mezi radarem a odrazným předmětem v čase. V momentu přibližování předmětu k radaru se frekvence zvyšuje, naopak při oddalování se frekvence signálu snižuje. Detekce předmětu je tedy měřena nepřímým měřením, kdy zjišťujeme frekvenčně modulované kontinuální vlny, kde je nosný signál s frekvencí 76,6 GHz. Změna frekvence je 200 MHz, viz obrázek č.1.

Tvar vysílaného signálu je kužel a jeho intenzita se vzdáleností od vysílače klesá. Pro zvýšení přesnosti detekované překážky je vysíláno více paprsků v různých směrech. [2]



*Obrázek 1 – Změna frekvence [38]*

Mikrovlnný radar se používá na dvou pracovních frekvencích. Radar fungující na frekvenci 77 GHz umí rozpoznat překážku na vzdálenost 200 m a nejčastější umístění montáže je v předním nárazníku nebo masce. V tomto případě se využívá u adaptivních tempomatů a automatických brzdících systémů. Na obrázku č.2 je znázorněn radar od firmy Bosch, který se instaluje do Škody Octavie III. generace. Radar fungující na frekvenci 24 GHz má dosah do 40 metrů a využívá se pro blízké okolí automobilu jako jsou asistenční systémy změny jízdního pruhu. [2]

*Obrázek 8 – Radar [39]*



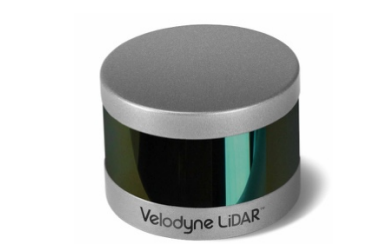
Princip funkce tedy spočívá ve vyslání detekční vlny v úhlu 180 stupňů od modulu a následném detekování ozvěny. Pokud se v měřící vzdálenosti nachází nějaký předmět či osoba, radar po detekci nastaví svůj výstup na logickou jedničku, kterou my můžeme měřit. Tento modul má však tu nevýhodu, že je nastaven tak, že po detekci drží logickou jedničku po dobu 30 vteřin

a až poté znovu detekuje pohyb. S tímto problémem ale náš program počítá a je tak možné detekovat pohyb každou vteřinu. Rozsah napájecího napětí je celkem široký v rozmezí 3,3 až 20 V, klidový proud se pohybuje okolo 4 mA. [3]

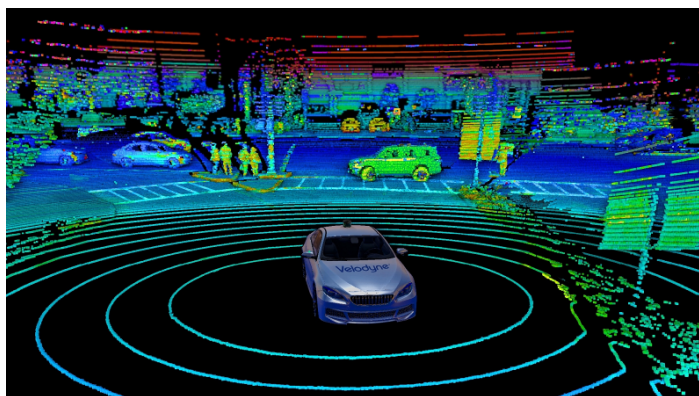
### 2.3.3 Lidar

Lidar (anglicky Light Detection and Ranging) je laserový snímač, který pracuje v infračervení oblasti. Používá se pro měření vzdálenosti, mapování terénu a měření atmosférických jevů. Využívá k tomu laserovou diodu, která skrz optické čočky emituje světelné impulsy. Ty jsou následně po odrazu od detekovaného předmětu přijímány zpět optickým přijímačem. Zjišťovaná vzdálenost je následně vypočtena z času mezi vysláním a přijmutím signálu (součin rychlosti světla a zjištěné doby průletu). Pro zvětšení snímacího rozsahu může být paprsek vychylován rotujícím generátorem. Oproti radaru vysílá lidar užší paprsek, což vede k přesnějšímu měření. [1]

Nejčastěji jde o spektrum 1064–1540 nm, pro batymetrická měření pak cca 530 nm. Výsledkem mapování je shluk/mračno bodů, které lze po zpracování interpolovat do 3D modelu. To nám následně dokáže znázornit budovy, vozidla a předměty v okolí včetně jejich vzdálenosti. Lidar je u vozidel většinou umístěn na čelním okně nad zpětným zrcátkem. [4] Obrázek č.3 ilustruje lidar od firmy Velodyne a obrázek č.4 jeho funkci.



Obrázek 3 – Lidar Velodyne [40]

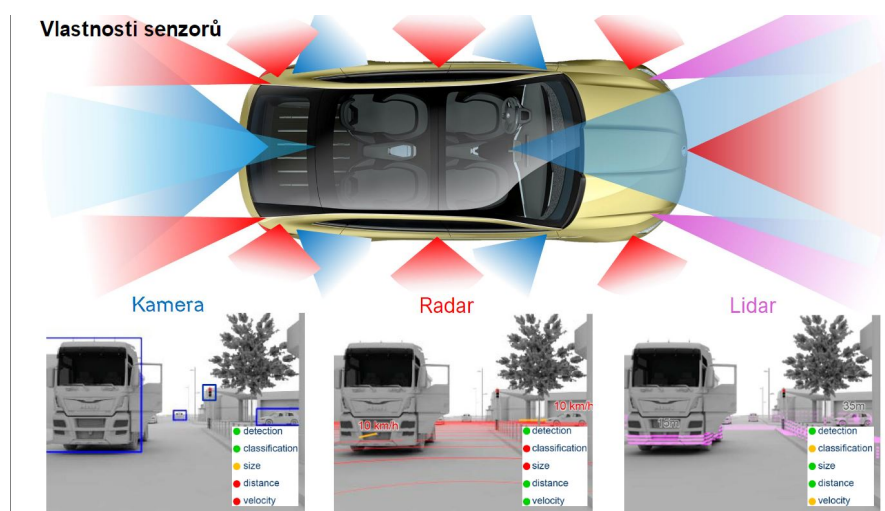


Obrázek 4 – Funkce lidarů [40]

Frekvenci otáčení (obecně 5–20 Hz) senzorů LiDAR mohou uživatelé přizpůsobit. Jeden datový rámec je generován poté, co senzor dokončí 360 °, trojrozměrné (3D) skenování (se vzorem řádkového skenování) a shromážděné mračna bodů jsou uloženy ve formátu zachytávání paketů (\*pcap). Velikost datového souboru je dána dobou sběru dat a počtem a složitostí okolních objektů, v našich experimentech obvykle kolem 2–3 MB/s na jednotku. Výstupní data ze senzoru LiDAR zahrnují umístění každého bodu (v souřadnicích X, Y, Z) a jejich vzdálenost k senzoru, intenzitu, azimut a časové razítko. Na základě polohy GPS senzoru LiDAR a referenčního bodu lze všechny body přiřadit k jejich přesným umístěním v reálném světě. [5]

Na obrázku č.5 níže je přehledně vyobrazeno porovnání senzorů lidar, radar a kamera a jejich možné použití. Kamera umí detekovat objekt, kvalifikovat ho, nicméně obtížně určí velikost, ale neumí zjistit jeho vzdálenost a rychlost přiblížování. Zato radar předmět detekuje, změří rychlost přiblížení i vzdálenost, ale nedokáže správně objekt kvalifikovat a určit jeho velikost. Lidar je pak z těchto systémů nejpřesnější, dokáže vyčíst všechny zmíněné informace. Pro zlepšení kvalifikování objektů následně bere data z kamery. [6]

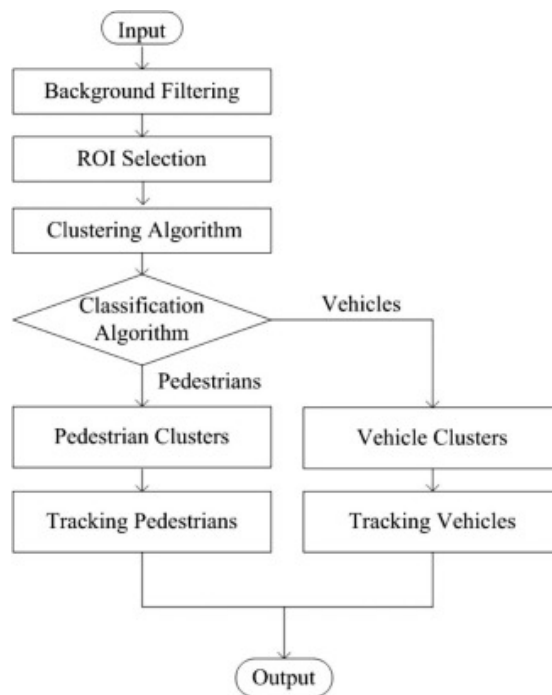




Obrázek 5 – Porovnání radaru, lidarů, kamery [38]

### 2.3.4 Detekce sledování chodců a vozidel

Ve studii z roku 2019 profesor Hao XU a jeho tým uvádí, že jejich LiDAR data byla shromážděná z testovacího místa a zpracována v pořadí následujících kroků: filtrování na pozadí, shlukování, klasifikace objektů a sledování pohybů. Filtrování na pozadí je nezbytným předpokladem, jde ale spíše o nezávislý proces. Vědci vyvinuli modely pro filtrování pozadí, jde o mezilehlý proces pro výběr oblasti zájmu (ROI), aby se bylo možné zaměřit na vybrané oblasti zájmu, jako je segment silnice nebo křižovatka. Tato studie se proto zaměřuje na shlukovací algoritmus, identifikaci chodců a vozidel, sledování a posouzení účinnosti integrovaného přístupu. Vývojový diagram na obr. 6 zobrazuje systematický přístup použitý v tomto výzkumu ke zpracování a analýze silničních dat LiDAR. [5]



Obrázek 6 – Vývojový diagram datového procesu LiDAR [5]

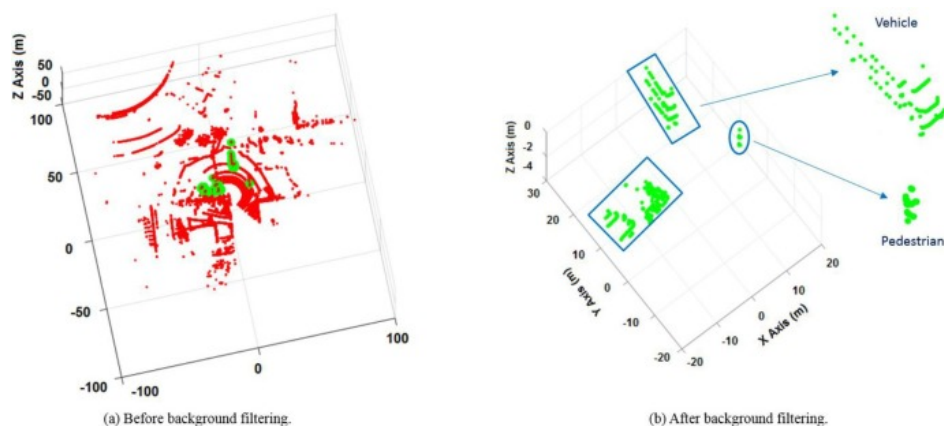
### 2.3.5 Filtrování pozadí

Kompletní sada sesbíraných dat LiDAREm zahrnuje vše, co detekovala, jako jsou budovy, stromy, povrch země a účastníci silnic. Dobrý model filtrování na pozadí by měl udržovat datové body účastníků silničního provozu na maximum a zároveň vyloučit co nejvíce bodů z objektů na pozadí. V rámci tohoto výzkumného projektu byla skupinou výzkumníků ze stejného týmu vyvinuta automatická 3D statistika filtrování pozadí. Samotné filtrování pozadí je poměrně komplikovaný proces, tato část stručně představuje jejich práci s cílem poskytnout čtenářům systematický pohled. [5]

Algoritmus filtrování pozadí zahrnuje shlukování rámců, statistiku bodů, učení prahové hodnoty a filtrování v reálném čase. Začíná to shlukováním několika datových rámců LiDAR a rozděluje 3D prostor na souvislé malé kostky, následně je vytvořena odpovídající 3D matice pro uložení počtu bodů v každé krychli v prostoru. Analýza je poté zaměřena na podrobné prozkoumání krychlí: pokud je počet celkových laserových bodů v krychli větší než automaticky získaná prahová hodnota, bude tato krychle identifikována jako krychle pozadí a identifikované body v pozadí se použijí vyloučení bodů v pozadí. [5]

V dalším intervalu jsou laserové body padající do kostek pozadí vyloučeny. Počet agregovaných datových rámců pro identifikaci pozadí byl 3000. Obr. 7 (a) a (b) prezentují

výkonnost algoritmu zobrazením dat před a po filtrování pozadí. V experimentální studii bylo přibližně 99,2 % základních datových bodů úspěšně vyloučeno ze surových dat. [5]



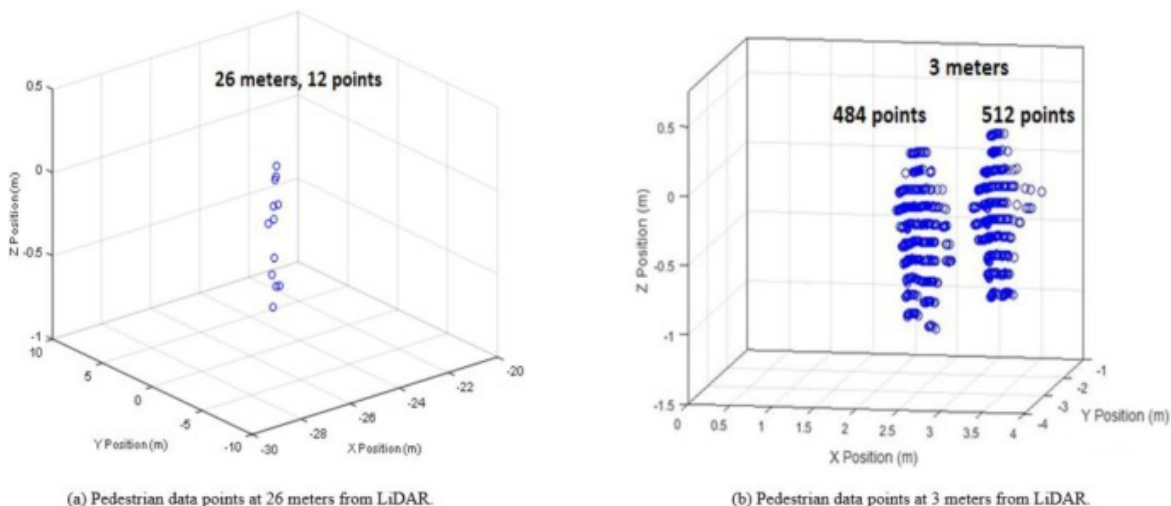
Obrázek 7 Filtrování pozadí (a-před, b-po filtrování) [5]

Po filtrování pozadí byla ROI – oblast zájmu (region of interest) vybrána podle hraničních souřadnic studované oblasti, obvykle podle hranice křižovatky nebo úseku silnice. Procesy filtrování na pozadí a výběru ROI jsou užitečné pro zvýšení přesnosti detekce / klasifikace a snížení výpočetních nákladů. [5]

### 2.3.6 Shlukování objektů

Principem shlukování objektů je možné kategorizovat různé entity do shluků na základě jejich podobností, takže subjekty ve stejném shluku mají více podobných vlastností než ty v jiných shlucích. Vnitřní vztahy mezi body ve shluku mohou být těžiště, hustota, konektivita, distribuce atd. Speciální algoritmus pak musí určit vlastnost, jaký určuje jednotlivý klastr/shluk. Aplikace prostorového shlukování založena na hustotě (DBSCAN) jsou jednou z nejpoužívanějších metod. [5]

Vzhledem k šikmým laserovým paprskům senzorů LiDAR a tvaru/velikosti chodců a vozidel se počet 3D bodů na zmíněných objektech může lišit i ve stejné vzdálenosti od senzoru. Pokud je objekt umístěn v blízkosti senzoru LiDAR, lze sbírat hustší datové body, které poskytují jemný popis objektu. Jakmile se vzdálenost objektu zvětšuje, lze sbírat pouze řídké datové body, zejména pro chodce. Na obrázku č. 8 je znázorněn celkový počet 3D bodů chodců umístěných v různých vzdálenostech: 26 metrů od LiDAR kde je pouze 12 bodů, zatímco další dva chodci jsou jen tři metry daleko a byly vykresleny 484, respektive 512 datovými body. [5]



Obrázek 8 Shlukování bodů (a - chodci ve vzdálenosti 26 m, b - vzdálenost 3 m) [5]

### 2.3.7 Přenos dat

Zásadním problémem u LiDARů ale i jiných senzorů není zpracování dat nýbrž detekce objektů. Problém nastává s umístěním LiDARů tak, aby zaznamenal všechny objekty. Často se totiž stává, že LiDAR přes jiné větší vozidlo (autobus a jiné) potřebný objekt nezaznamená, jelikož je blokován. Řešení spočívá v instalaci více senzorů LiDAR na vozidlo a také jejich instalace do křižovatek, kde pak data předávají vozidlům.

Míra detekce a sledování navrhovaného postupu zpracování dat LiDAREM je i tak nad 95 % v rozsahu do 30 m. [5]

### 2.3.8 Ultrazvukový snímač

Ultrazvukový snímač funguje na podobném principu jako LiDAR s rozdílem použitého signálu. Měří se čas od vyslání akustického signálu do příjmu odraženého signálu, který je o frekvenci 30 kHz. Výhodou je, že zvukové vlny mají u většiny materiálů pozitivní vlastnosti s ohledem na jejich odraz, není žádný problém s detekcí signálu. Rozdíl proti LiDAR je dosah, který je pouze 1,5-3 m a využívají se hlavně pro pomocné asistenční systémy při parkování.

U těchto asistenčních systémů je většinou instalováno větší množství těchto senzorů a vzájemné rušení je zde blokováno pomocí synchronizačního vstupu z jednotky asistenta. Umístění těchto senzorů bývá většinou v náraznících a jejich počet se liší dle výbavy automobilu. [2] Nejčastěji se pohybuje v rozmezí 3 - 8 ks senzorů v jednom nárazníku. Vývoj a zlepšování

ultrazvukových snímačů stále probíhá, kde se vědci zaměřují hlavně na zvětšení vyzařovacích úhlů a na zvýšení detekce na větší vzdálenost. [6]

### **2.3.9 Videokamera a detekce hran**

Videokamera snímá obraz z okolí automobilu a následně dochází k jeho zpracování a vyhodnocení. Automobilové kamery využívají snímací čipy dvou různých technologií. [7]

Jedna z technologií je CCD (Charge-Coupled Device), neboli nábojově vázaná jednotka, které obsahuje křemíkový snímač, ve kterém dochází v závislosti na intenzitě a době osvětlení k vytvoření nosiče náboje. Výstupem z toho čipu je analogový signál, který je možný pouze v řádcích, popř. sloupcích. Z tohoto důvodu je za CCD čipem A/D převodník, kde dochází k digitalizaci obrazu. To však způsobuje větší odběr el. energie a zpomalení průtoku dat. Z hlediska výroby je výroba tohoto čipu poměrně jednoduchá, avšak nákladná. [7]

Další z technologie jsou CMOS senzory (Complementary Metal Oxide Semiconductor). Z hlediska konstrukce je čip CMOS proti CCD čipu složitější, jelikož každá jeho buňka má svůj vlastní tranzistor, který následně zesílí a odvede elektrický signál. I tak jsou náklady na výrobu CMOS čipu nižší než u CCD. Je to dáno tím, že jde o stejnou technologii jako u počítačových procesorů. Výstupy z každé buňky čipu CMOS jsou digitální a ve stejný čas. Jelikož digitalizační obvody jsou součástí buněk. Odpadá tedy problém se sběrnici, která signál zpomaluje a zvyšuje spotřebu elektrické energie. [6] [7]

Hlavním využitím kamer ve vozidle je snímání obrazu před vozidlem, a to do vzdálenosti 50 m. Tyto data následně využívá asistent udržování jízdního pruhu nebo asistent rozpoznávání dopravního značení. Kamera se nejčastěji umísťuje za čelní okno do oblasti zpětného zrcátka. Toto místo bylo zvoleno proto, jelikož je prostor čištěn předními stěrači v období deště a v období zimy je pak následně vyhříván proti námraze a opocení. [6] Obrázek č.9 níže vyobrazuje kameru od firmy Bosch.



*Obrázek 9 Kamera od firmy Bosch [8]*

Ke snímání dopravní situace se používá převážně kamer černobílých s rozlišením 640 x 480 nebo 1024 x 512 pixelů. Druhý typ rozlišení se používá u nových systémů, kde je využito barevné hloubky až 12 bitů a schopnost rozpoznat až 4096 odstínů šedé. Schopností softwaru kamery je také zapnutí infračerveného filtr, který zlepšuje kontrast a tím rozpoznávání překážek. Frekvence snímání bývá zpravidla 60 snímků za sekundu a zorné pole je možné nastavit na 100 stupňů. [8]

Problémem u této kapitoly bylo získání potřebných dat, jelikož si výrobci podrobné informace, jak funguje jejich kamera chrání, dle získaných zkušeností můžeme pouze předpokládat, jak zpracování dat a výpočty probíhají. [6]

Běžně je prvním krokem převod barevného obrazu na černobílý, který ale nyní odpadá, jelikož se pro tyto bezpečnostní systémy používají pouze kamery černobílé, kdy jde rozpoznávání stupně šedi. Dalším krokem tedy může být zaostření obrazu a odstranění šumu. Tím je myšleno nežádoucí předměty, které vznikají díky nepříznivým atmosférickým vlivům. Poté nastává členění obrazu neboli segmentace, kdy jsou pomocí matematických výpočtů z oboru morfologie odstraněny nepodstatné předměty. To následně sníží objem dat a nároky na výpočetní techniku. Nejdůležitějším procesem je vykreslení hran předmětů na základně odlišných odstínů pixelů šedi. [9] Obrázek č.10 znázorňuje, jak poté proběhne klasifikace a popis jednotlivých objektů na základně vnitřní databáze.



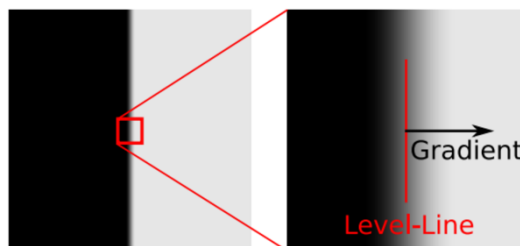
Obrázek 10 Ukázka algoritmu LSD na vykreslení hran .[9]

Aby proces detekce a vykreslení hran proběhl ve vysoké přesnosti, je potřeba pořídit minimálně 2-3 snímky, které jsou následně analyzovány a z nich poté odstraněny falešné předměty a šумы. Výsledkem je pak pro software jasný obraz a směr dané překážky. [9]

Z výkonnostní hlediska jde o poměrně náročný proces, jelikož obraz v rozlišení 1024 x 512 disponuje 524 288 px a každý bod „spotřebuje“ ke svému popisu 1,5 B, velikost takového snímku je následně  $1024 \times 512 \times 1,5 = 0,786 \text{ MB}$ . [10]

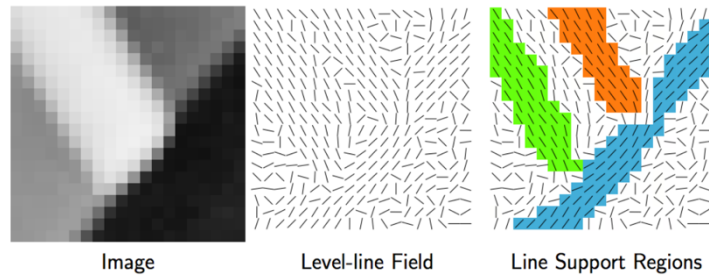
Bereme-li v potaz, že proces odesílání dat po datové sběrnici CAN-bus probíhá 10x za každou sekundu, jde tedy o 100ms, ve kterých musí sběrnice propustit data 3 snímků o velikosti  $3 \times 0,786 \text{ MB}$  dat. [6]

Jak bylo zmíněno výše, zásadním prvkem je algoritmus pro vykreslení hran neboli LSD (Line Segment Detector). LSD je software pro detekci hran, kdy chceme najít, kde nějaký objekt začíná a končí. Ten detekuje rovné kontury na obrázku (části obrázku), kde stupeň šedé přechází do jiné nebo bílé a naopak. Jde o tzn. gradienty funkce s hustotou obrysu hran, které znázorňuje obrázek č.11 níže. [11]



Obrázek 11 Přejchod hran[11]

Proces při výpočtu algoritmem je následující. Proběhne výpočet úhlů každého pixelu vůči sobě, tyto hodnoty se poté uloží do obrazce. Každý jednotkový vektor je dán tak, že všechny další vektory jsou tečnou k vrstevnici, která protíná hlavní bod. Tento shluk pixelů (bodů), které mají podobnou velikost úhlu, spojíme do obrazových oblastí. Oblasti podobných bodů se nazývají supporting region (podpůrné regiony). Spojení těchto bodů můžeme vidět na obrázku č. 12. [11]



Obrázek 12 Spojení bodů [11]

Oblast podpůrných regionů (pixelů) je potenciální hrana předmětu. Algoritmus si následně z databáze zvolí objekt, který nejvíce odpovídá tomuto shluku pixelů. [11]

Pro názornou ukázkou je zde implementována část algoritmu LSD pro výpočet hran.

```

public Mat LSD(Mat inputFrame)
{
    System.gc();
    Mat mat=new Mat();
    Imgproc.cvtColor(inputFrame, mat, Imgproc.COLOR_RGB2GRAY);

    LineSegmentDetector s=Imgproc.createLineSegmentDetector();
    Log.d(this . getClass () .getSimpleName(), "line _segment _detector");
    Mat lines=new MatOfFloat4();
    Log.d(this . getClass () .getSimpleName(), "detekce");
    s.detect(mat, lines );
    Log.d(this . getClass () .getSimpleName(), "konec _detekce");
    s.drawSegments(mat, lines);
}

```



```
Log.d(this . getClass () . getSimpleName(), " vykresleni _hran");  
  
System.gc();  
return mat;  
  
}  
[11]
```

Další z možností použití kamery je v průběhu parkování, kdy kamera snímá oblast za vozidlem a následně promítá na displej řidiči. V tomto případě jde o klasické barevné kamery. Někteří výrobci používají kamery i pro detekci vozidel v mrtvém úhlu vozidla v době předjížděním jiným vozidlem. [6]

### ***2.3.10 Panoramatická kamera***

Jde o systém panoramatických kamer, který se nazývá Top View. Skládá se ze 4 kamer, které vytvoří komplexní obraz okolí. Systém funguje při rychlosti do 15 km/h. Názorná ukázka komplexního obrázku je na obrázku č.13. [12]



*Obrázek 13 Panoramatická kamera . [12]*

## 2.4 Legislativní požadavky

V této kapitole najdeme legislativní požadavky, které by se daly rozdělit na povinné a nepovinné. V kategorii povinné najdeme požadavky a předpisy od Evropské hospodářské komise, jejichž splnění je důležité pro schvalování silničních vozidel, dle zákona č.56/2001Sb ve znění pozdějších předpisů, do provozu. To má v gesci Ministerstvo dopravy České republiky. [6]

Do nepovinných požadavků spadají ISO normy, které jsou pouze doporučujícími normami pro vývoj a testování určitého systému. [6]

Další organizací, která se snaží mít vliv na bezpečnosti a testování vozidel je NCAP. Jde o nezávislou organizaci, která provádí hodnocení testování bezpečnosti vozidel. Jejich testy nejsou pro výrobce vozidel povinné, avšak z hlediska rozhodování zákazníka při koupi vozidla by se dalo říci, že ano. Výrobci se proto už při vývoji vozidla na tato hodnocení a testy zaměřují. [6]

### 2.4.1 Normy ISO

ISO normy vyvíjí Mezinárodní organizace pro normalizaci, která byla založena v Ženevě v roce 1947. ISO nejsou závazné, takže je není třeba dodržovat, pouze doporučují parametry systémů a jejich následné testování. Jejich smyslem je především snaha o sjednocení průmyslu. V kategorii integrovaných bezpečnostních prvků jsou nejčastěji používány tyto ISO normy: [13]

- ČSN ISO 15622 / 2002 - Popis a testy adaptivních tempomatů
- ČSN ISO 15624 / 2008 - Varovné systémy před dopravní překážkou
- ČSN ISO 15623 / 2008 - Varovné systémy předsunutých překážek
- ČSN ISO 17361 / 2007 - Testy zařízení sledujících jízdu v pruzích
- ČSN ISO 17387 / 2008 - Sledování okolí vozu (varování proti předjíždění)
- ČSN ISO 22178 / 2009 - Systém automatické jízdy v koloně nízkou rychlostí
- ČSN ISO 22179 / 2009 - Popis a testy adaptivních tempomatů, které fungují do maximální rychlosti
- ČSN ISO 22840 / 2010 Podpůrné systémy při couvání
- ČSN ISO 17386 / 2011 - Pomoc při manévrování při nízkých rychlostech

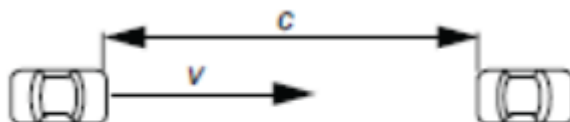
Vzhledem k tématu této práce jsou dále rozepsány pouze požadavky na normy:  
ČSN ISO 15622, ČSN ISO 15624, ČSN ISO 17387, ČSN ISO 22178

## 2.4.2 ČSN ISO 15622

Tato ISO normy je jednou z nejstarších norem v této problematice. Byla zpracována v roce 2002. Jde o adaptabilní tempomat neboli ACC. Jedná se o systém, který řidiči napomáhá a ulehčuje řízení vozidla. Snižuje jeho pracovní zátěž při sledování okolí především při jízdě na silnicích, kde je dopravní proud plynulý a bez velkých proměnných.

Norma může být propojena i o další asistenční systémy jako je systém nouzového brzdění, nebo systém varování před kolizí. [14]

Důležitou hodnotou, kterou norma uvádí je časová ztráta  $\tau$ . Ta se vypočítá jako podíl odstavu vozidel mezi sebou  $c$  a rychlostí vozidla  $v$ . Názorná ukázka normy je na obrázku č. 14. [14]



Zdroj: ISO 15622:2002

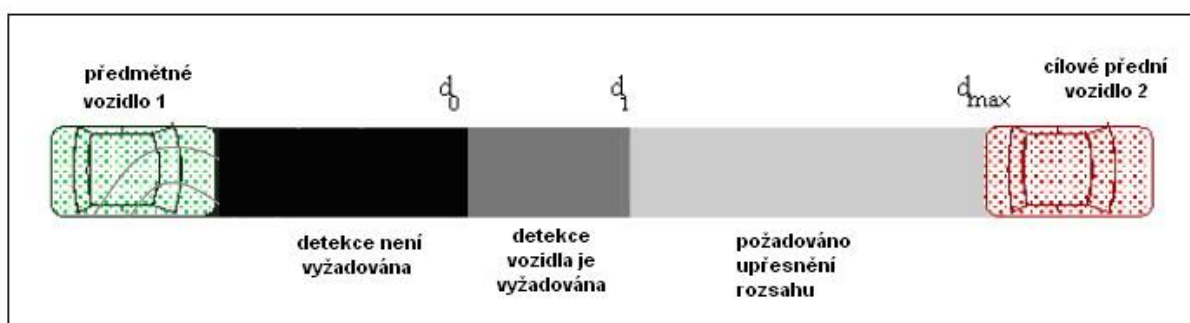
Obrázek 14 Výpočet časové ztráty [14]

Pokud vozidlo nedosáhne minimální požadované rychlosti, která je dána normou, nedojde k přechodu z neaktivního systému na aktivní. Dojde-li k aktivaci systému adaptabilního tempomatu, musí systém dodržovat nastavenou rychlost uživatelem. V případě, že systém detekuje vozidlo, ke kterému se blíží zezadu, musí rychlost snížit a udržovat bezpečnou vzdálenost. Toto celé musí probíhat zcela automaticky. [14]

Minimální časová ztráta  $\tau_{\min}$ . za normálních atmosférických podmínek musí být větší než 0,8 s. Časová ztráta  $\tau$  by pak měla být od 1,5 do 2,2 s. Minimální vzdálenost se vypočítá součinem minimální časové ztráty a aktuální rychlosti vozidla. [14]

## Detekční oblasti systému

ACC musí umět na přímém úseku vozovky detekovat překážku, kterou má před sebou. Detekční oblasti normy ISO 15622 se dělí do třech skupin, které jsou zobrazeny na obrázku č. 15. Je-li vozidlo ve vzdálenosti kratší než  $d_0$ , nemusí adaptabilní systém druhé vozidlo detekovat. Nachází-li se vozidlo v oblasti šedé a světle šedé ( $d_1$  a  $d_{max}$ ), musí systém adaptabilního systému vypočítat maximální vzdálenost rozestupu.



Obrázek 15 Výpočet časové ztráty a detekce ). [14]

Norma ČSN ISO 15622 také mluví o správné detekci a rozlišení cílů. Je-li před vozidlem na komunikaci detekováno více vozidel (cílů), musí být systém schopen detekovat ten cíl, který je v jeho cestě (pruhu). [14]

ACC musí dodržovat řidičem přednastavenou rychlost. K deaktivaci systému musí dojít, jakmile řidič sešlápne brzdový nebo spojkový pedál. Při spontánní akceleraci řidičem nesmí dojít k časové prodlevě při sešlápnutí pedálu plynu. Systém si může sám upravovat časovou ztrátu na základně klimatických podmínek. Například je-li situace na vozovce kluzká (děšť) apod. [14]

V případě je-li vozidlo vybaveno klasickým tempomatem a adaptabilním tempomatem, musí být řidič informován, kdy je ACC aktivní a jaké je jeho nastavené rychlost. Informování řidiče při detekci překážky před vozidlem není dle normy povinné ale doporučené. [14]

Minimální rychlost, která je pro aktivaci systému adaptabilního tempomatu nutná je 5 m/s. Detekuje-li systém překážku v oblasti  $d_1$  a  $d_{max}$ , nesmí dojít k akceleraci, při aktivování brzdového systému tempomatem musí dojít k rozsvícení brzdových světel. Při jakýchkoliv problémech se systémem ACC musí dojít k okamžitému informování řidiče a tato informace musí být zobrazována, dokud nedojde k vypnutí systému. Ten následně nepůjde zapnout, neprovede-li se úspěšný kontrolní test. [14]

### 2.4.3 ČSN ISO 22178

Norma ČSN ISO 22178 je z roku 2009 a zabývá se systémem automatické jízdy v kolonách při nízkých rychlostech (LSF, Low speed Following). Běžněji nazýván STOP and GO. Tento systém by měl být schopen detekovat vozidlo vpředu a zastavit dříve, než dojde k nárazu do něj. Dle normy se rozděluje na 2 druhy. [15]

1. Systém sleduje vozidlo před ním, které detekoval, pokud řidič systém aktivoval. Hledá překážky, i když je deaktivován.

2. Systém sleduje vozidlo před ním, které detekoval, pokud řidič systém aktivoval.

#### **Základní stavy systému STOP and GO jsou:**

- Vyhledávání: v tomto stavu nesmí dojít u 2. typu ke zrychlování
- Sledování: rychlost je řízena automaticky na základně nastavené vzdálenosti od vozidla vpředu. Dojde-li u typu 2 k nalezení nového cíle, ten je vybrán automaticky.
- Hold: V tomto stavu dojde k aktivaci brzdového systému automaticky
- Pohotovostní stav: Do tohoto stavu se systém dostane automaticky při zastavení vozidla, není-li v přechodu do stavu hold. [15]

Je-li detekováno vozidlo mezi body  $d_l$  a  $d_{max}$  (viz. obr.20 ), musí systém STOP and GO měřit vzdálenost, která je mezi vozy. Rozsah detekce do stran by měl být na šířku vozidla. Nachází-li se vozidlo v oblasti obrázku mezi  $d_0$  a  $d_l$ , musí vozidlo detekovat, nemusí ale měřit jeho vzdálenost a vzájemnou rychlost. Nastane-li situace, kdy je vozidlo vpředu detekováno, ale nepodaří-li se změřit vzájemnou vzdálenost, nesmí dojít k zrychlení vozidla. Vzdálenost bodu  $d_l$  se vypočítá dle vzorce č.1. [15]

$$d_1 = c_{min} (v_{min}) \quad (1)$$

Kde:

$c_{min}$  - je minimální vzdálenost pro sledování za ustálených podmínek při rychlostech  $v$ .

$v_{min}$  je minimální provozní rychlost

Je-li předmět ve vzdálenosti menší než  $d_0$  před vozidlem, nemusí docházet k jeho detekci. Dle normy je vzdálenost  $d_0$  stanovena na 2 m.

Při detekci více překážek před vozidlem, musí systém vybrat tu, která je nejbližší vozidlu. Překážky, které systém detekuje a jsou za limitem cílové vzdálenosti  $d_{target\_limit}$ , by neměl vůbec považovat za překážku. Vzdálenost  $d_{target\_limit}$  se vypočte dle vzorce č.2:

$$d_{target\_limit} = MAX \{[\tau_{max}(v) \times V \times 3]; 36\} \quad (2)$$

Aktivace systému proběhne v případě jeho aktivace řidičem, je-li rychlost vozidla vyšší než minimální rychlost, při které je systém schopen fungovat. [15]

V režimu hledání by měl systém udržovat nastavenou vzdálenost mezi vozy, a to v rozmezí rychlosti od  $v_{min}$  do  $v_{max}$ , která by měla být:  $MAX [c_{min}, (\tau_{min} \times v)]$

$\tau_{min}$  je minimální měnitelné časové zpoždění pro všechny rychlosti  $v$  ( $\tau_{min} \geq 1,0 s$ )

$c_{min}$  je min. vzdálenost pro sledování za ustálených podmínek pro všechny rychlosti  $v$  ( $c_{min} \geq 2,0 m$ )

Hodnota rychlosti  $v_{max}$  nesmí být vyšší než 13,9 m/s. a hodnota  $v_{min}$  nesmí přesáhnout 1,39 m/s.

Systém STOP and GO se deaktivuje, překročí-li automobil maximální rychlost  $v_{max}$ , začne-li brzdit řidič nebo klesne-li rychlost vozidla pod  $v_{min}$ . K deaktivaci dojde i tehdy, je-li sledovaný cíl ztracen nebo nenalezen. [15]

#### 2.4.4 ČSN ISO 15623

Jedná se o normu, která říká o požadavcích na funkci systému varování před překážkou. Anglicky FVCWS – Forward Vehicle Collision Warning Systém. Norma je platná z roku 2008. [16]

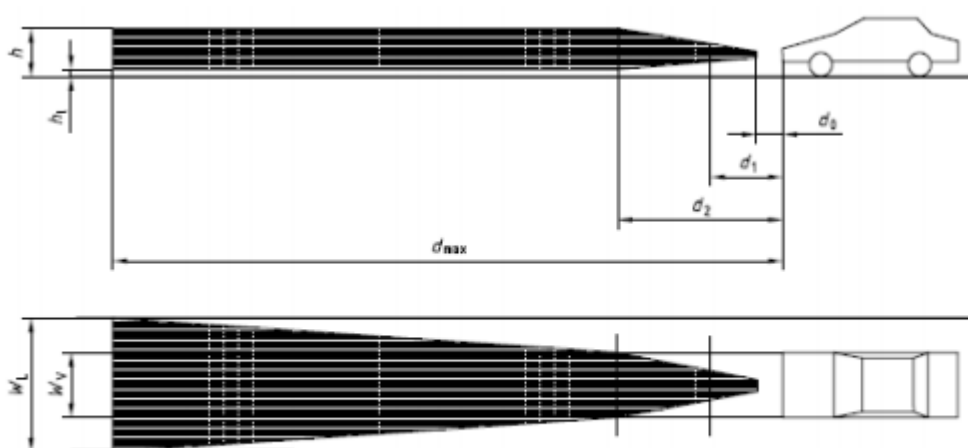
Systém ve vozidle monitoruje prostor před vozidlem a v případě detekce předmětu v malé vzdálenosti od vozidla nebo při rychlém přibližování se k detekovanému vozidlu, systém předběžně informuje řidiče před potenciální kolizí. V případě nereakce řidiče aktivuje 2. stupeň, a to informováním o možné kolizi. [16]

1. stupeň předběžného varování má řidiče pouze informovat před potenciální překážkou a připravit ho na možné kroky, které tomu zabrání. 2. stupeň přichází až následně a informuje řidiče s nutností zásahu. [16]

Systém varování řidiče je pomocí zvukového signálu, nebo haptického (brnění volantu). Haptické varování by se mělo používat pouze u 1. stupně, u 2. stupně se nedoporučuje. Zvukový signál musí být odlišný od ostatních zvukových signálů, se kterými se může řidič potkat (parkovací asistent a pod). Musí být lehce rozlišitelný. [16]

Časy varovných stupňů jsou vypočítány v závislosti na vstupních datech, jakými jsou rychlost vozidla, vzdálenost mezi vozidly, rozdíl rychlostí vozidel.

Na obrázku č.16 níže, jsou zobrazeny vzdálenosti, na které vozidlo překážku detekuje.



Zdroj: ISO 15623:2008

Obrázek 16 Detekční vzdálenosti překážek ). [16]

$d_{max}$  je maximální možná vzdálenost detekce překážky, pro kterou norma požaduje reakci systému. [16]

$$d_{max} = v_{max} \times t_{max} + \frac{v_{max}^2}{2 \cdot a_{min}} \quad (3)$$

Kde:

$v_{max}$  = maximální rychlost vozidla, při které je systém aktivní

$t_{max}$  = doba reakce řidiče mezi detekováním překážky (informování řidiče) a brzděním (jeho reakcí), ideálně 1,5 s

$a_{min}$  = minimální zpomalení při brzdění vozidla (normou navržené 3,6 m/s<sup>2</sup>).

V těchto vzdálenostech by měl systém detekovat překážky v minimální výšce 0,2 m nad vozovkou a do výšky 1,1m v celé šířce jízdního pruhu.

Oblast  $d_2$  je minimální vzdálenost, ve které musí dojít k detekci překážky. [16]

Pro každou třídu je tato vzdálenost jiná viz tabulka č. 1.

výkonová třída systému varování před překážkou	Vzdálenost bodu $d_2$ [m]
I.	10
II.	7,5
III.	5

Tabulka č.1. vzdálenosti bodu  $d_2$

Oblast  $d_1$  je minimální vzdálenost, kterou je schopný systém měřit. Jde o vzdálenost mezi vozidlem a překážkou.

$$\text{Vzorec pro výpočet: } d_1 = t_{min} \times v_{min} \quad (3)$$

$t_{min}$  je minimální doba reakce řidiče mezi varováním a brzděním. Normou navrženo na 0,4 s.

$v_{min}$  = jde o minimální rychlost, kdy je systém aktivní

$d_0$  = min. možná vzdálenost, kdy systém může detekovat překážku, nicméně nemusí změřit její vzdálenost od vozidla. Tato vzdálenost může být max. 2 m. Pro ostatní body na obrázku, nejsou minimální vzdálenosti normou stanoveny. [16]

#### 2.4.5 Přehled testování asistenčních systémů dle ISO normy

Z pohledu testování pro detekci překážky se můžeme bavit o ISO normě 15 622, která je zaměřená na snímače LiDAR a radar. U zkoušky lidarového snímače je zkušební terč, který má min. plochu 20 cm<sup>2</sup> definován infračerveným koeficientem pro testovaný cíl neboli (CTT).



Aby došlo k úspěšnému zakončení testu, musí vozidlo zpomalit, zastavit nebo snížit rychlost na nižší, než je rychlost překážky.

Tento koeficient se vypočte:

$$CTT = \frac{I_{ref}}{E_t} \quad (4)$$

Kde  $E_t$  je intenzita záření z vysílače a  $I_{ref}$  je intenzita záření před přijímačem ve směru z odražené plochy

V normě jsou definovány 2 typy překážek. První typ *alfa* je s difuzní odraznou plochou  $CTT + 2 \text{ m}^2/\text{sr}$  (+10 %) a druhý *beta* pak s  $CTT = 1 \text{ m}^2/\text{sr}$  ( $\pm 10 \%$ ).

U radarových systémů jsou definovány také 2 typy překážek, které se liší odrazovou plochou RCS). První typ má rozměr  $10 \text{ m}^2$  a druhý  $3 \text{ m}^2$ . Norma ISO 22178 stanovuje pro radary pouze překážku č.2.

#### 2.4.6 Detekce cílů – testování

Jedná se proces, u kterého jsou analyzovány reakce a chování asistenčních systémů v daných vzdálenostech (dle ISO  $d_0$ ,  $d_1$ ,  $d_2$  a  $d_{max}$ ) před vozidlem. Do nich se dle ISO norem 15622, 22178 a 22179 umísťuje kolmo na podélnou osu vozidla překážka, která má obdélníkový tvar výškou 0,9m a 0,2m nad zemí. Šířka překážky by měla odpovídat standartnímu vozidlu.

Hlavním detekčním prostorem je považován prostor uvnitř tohoto obdélníku, kam se vkládají různé druhy odrazných ploch, na kterých se zkoušejí testovat různé druhy snímačů. [14]

U testování vzdálenosti  $d_{max}$  se u adaptabilních tempomatů používá typ překážky č.1. Bod  $d_2$  je definován pouze v normě ISO 15622 a 22179 o adaptabilních tempomatech, kde je stanovena jeho vzdálenost na 75 m před vozidlem a pro testování se používá přepážka typu 2. Stejný typ překážek je pak používán i u vzdálenosti  $d_0$  a  $d_1$ .

Dalším testovacím procesem jsou normy ISO 22178 a 15622, kde jsou ve vzdálenostech  $d_1$ ,  $d_2$  a  $d_{max}$  umístěny 3 vertikální překážky, které mají šířku 0,5 m. Systém pak musí být schopen detekovat tyto překážky ve všech vzdálenostech, a to jak při pohybu, tak i když vozidlo i překážky stojí. ISO norma 15622 totiž pohyb nenařizuje. Maximální doba reakce na překážku nesmí být delší než 2 s. [15]

#### 2.4.7 Zatáčky – testování

Na základě zorného pole senzorů, probíhá testování chování tempomatu v zatáčkách. Testování probíhá, jak po směru hodinových ručiček, tak proti. U tohoto testování se používá překážka typu 1, která se umísťuje na zadní část vozidla do výšky 0,6 m.

Vozidlo, které prochází testováním, pak musí následovat cílové vozidlo po dané trase. Jakmile začne cílové vozidlo zpomalovat, vyhodnocuje se reakce testovaného vozidla, které by mělo se snižující se vzdáleností od cílového vozidla začít zpomalovat. A to v době, kdy bude časová ztráta nižší než  $2/3$  max. čas. ztráty  $T_{max}$ . [14] [17]

#### 2.4.8 Rozlišení cílové překážky – testování

U testování rozlišování cílových překážek jsou před testované vozidlo umístěny dvě překážky (vozidla podobného typu), které jedou rychlostí  $V_{vehicle\_start}$ . Mezi podélnými osami těchto vozidel je vzdálenost 3,5 m.

Všechna tři vozidla se pohybují v ustáleném stavu. V průběhu testu začne jedno cílové vozidlo zrychlovat na  $V_{vehicle\_end}$ , kdy testované vozidlo jedoucí za ním by ho při zapnutém asistenčním systému mělo následovat. Okolo druhého cílového vozidla, které jede stále konstantní rychlostí, by mělo testované vozidlo projet. [14] [15]

$$V_{vehicle\_start} = V_{vehicle\_end} - 3 \text{ m/s} \quad (5)$$

#### 2.4.9 Zastavení – testování

Systémy automatické jízdy v kolonách, které fungují při nízkých rychlostech by měli být schopny vozidlo také zastavit.

Pro toto testování se používá překážka typu 1, podobně jako u testování adaptabilního tempomatu v zatáčce. Cílové vozidlo začne zpomalovat zpomalením  $0,5 \text{ m/s}^2$  z rychlosti 10 m/s až do úplného zastavení. [15]

Úspěšně provedená zkouška nastane tehdy, zastaví-li testované vozidlo za cílovým bez nárazu do něj. [15]

#### **2.4.10 Předpisy Evropské hospodářské komise**

Evropská hospodářská komise je orgánem zřízeným OSN (Organizací spojených národů). Hlavní činností této komise je homologace vozidel, kterou stanovuje pomocí EHK předpisů. Každý EHK předpis je zaměřen na konkrétní oblast systémů, kde řeší jak funkční parametry, tak následné odzkoušení. Při pozitivním odzkoušení systému je mu udělen úřední souhlas s použitím a následná homologace. [18]

Vzhledem k tématu DP je rozebrány EHK předpis 131 „*Jednotná ustanovení pro homologaci motorových vozidel z hlediska vyspělých systémů záchranného brzdění (AEBS)*“. A 130 „*Jednotná ustanovení pro homologaci motorových vozidel z hlediska jejich varovného systému při opuštění jízdního pruhu*“. [18]

Platnost těchto dvou předpisů je z roku 2013 a vztahují se na automobily v kategorii M2, N2, M3, N3 + autobusy, nákladní automobily nad 3,5t. Dále o konkrétních EHK předpisech podrobněji. [18]

#### **2.4.11 EHK 130**

Jde o předpis pro systém opuštění jízdního pruhu neboli LDWS.

- Systém musí varovat řidiče v případě překročí-li vozidlo čáru označující jízdný pruh, ve kterém se nachází.
- Systém musí být aktivován min. od rychlosti 60 km/h, není-li deaktivován.
- Při detekci úmyslného vyjetí z pruhu, může být systém utlumen.

Je-li systém deaktivován, musí být řidič informován signalizační kontrolkou žluté barvy.

- Při opuštění jízdního pruhu musí být řidič upozorněn dvěma varovnými signály (akustické, optické, haptické) + indikací o změně směru.
- V případě závady na systému, musí být řidič informován svítící žlutou kontrolkou. [19]

#### **2.4.12 EHK 131**

Jde o předpisy na systém AEBS, které jsou:

- Je-li systém vypnut, musí dojít k aktivování upozorňovacího signálu o vyřazení.
- Systém musí být aktivní od 15 km/h.
- V případě detekce překážky musí dojít k výstražnému signálu a následně záchrannému brzdění.
- Systém AEBS musí umět přerušit proces záchranné brzdění v případě zásahu řidiče.
- Upozorňující signál musí být zajištěn 2 varovnými prvky (haptický, optický, akustický).
- Signalizace musí přijít s předstihem, aby stihl řidič na situaci zareagovat.
- Nesmí docházet k příliš časté signalizaci a obtěžování řidiče.
- Optická signalizace musí být viditelná i za denního světla. [20]

#### **2.4.13 Metodika NCAP**

Mezinárodní organizace NCAP, anglicky New Car Assessment Programme je program, který je zaměřen na podporu bezpečnosti a zdraví ve vozidle. Jeho cílem je informovat potenciální zákazníky a širokou veřejnost o kvalitě daných automobilů a jejich potenciálních rizicích. Jde o informace z hlediska bezpečnosti před, při nehodě a po nehodě. V dnešní době je program NCAP velmi vlivným parametrem, který určuje směr vývoje bezpečnostní prvků ve vozidle. I když se nejedná o legislativní prvek ukotvený v zákoně, výrobci se již při vývoji vozidla na tento program velice zaměřují a snaží se vozidlo konstruovat tak, aby v testech NCAP prošlo ve všech kategoriích s co největším hodnocením. Jde totiž o zásadní marketingový prvek při prodeji. [19]

Automobilový trh z globálního pohledu je velmi odlišný, každý kontinent, stát má odlišný přístup k výbavám, prioritám a předpisům v oblasti bezpečnosti. Z tohoto důvodu vzniklo několik nezávislých sesterských organizací navázaných jednu centrální GNCAP. Konkrétně jde o:

- C-NCAP – čínský NCAP
- ANCAP – australský NCAP
- KNCAP – korejský NCAP
- ASEAN NCAP – NCAP pro Jihovýchodní Asii
- JNCAP – japonský NCAP
- Euro NCAP – evropský NCAP
- Latin NCAP – NCAP pro Latinskou Ameriku a Karibik
- IIHS (pojišťovací institut pro bezpečnost silničního provozu) – nezisková org., která je financovaná pojišťovny. (testování v Severní Americe)
  - NHTSA (Národní org. pro bezpečnost silniční dopravy v Severní Americe) [21]

List s přehledem testování jednotlivých organizací je v příloze č.1 na konci práce.

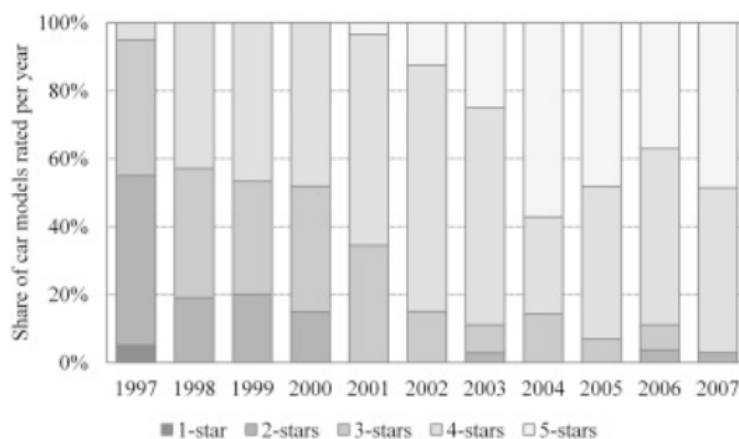
Vzhledem k poloze našeho státu se bude tato část práce zaměřovat pouze na Euro NCAP. Euro NCAP neustále pracuje na inovacích pro své testovací metody. Snaží se totiž docílit toho, aby se výrobci automobilů více zaměřovali i na ochranu chodců a nejen posádky. [6]

Novou škálou pro bezpečnost je donutit výrobce, aby do vozidel instalovali systémy aktivní integrované bezpečnosti. Ty se snaží nehodám zabránit nebo je zmírnit. [6]

Euro NCAP tedy poskytuje motoristickým zákazníkům realistické a objektivní posouzení bezpečnostních vlastností nejoblíbenějších automobilů prodávaných v Evropě. V současné době má organizace 12 členů zastupujících občany a spotřebitele v celé Evropě. Mezi ně patří vlády členských států Spojeného království, Německa, Francie, Švédska, Nizozemska, Lucemburska a regionální vlády Katalánska, Mezinárodní automobilové federace, motoristické kluby (Allgemeiner Deutscher Automobil-Club (ADAC) a Automobile Club d'Italia), Consumers International a Centrum výzkumu oprav motorových vozidel Thatcham. Za 18 let své existence zveřejnil Euro NCAP hodnocení více než 500 různých vozidel, včetně supermini, rodinných a víceúčelových vozidel, roadsterů, sportovních užitkových vozidel, pick-upů, hybridů. [21]

#### 2.4.14 Vývoj bezpečnosti

Od roku 1997 byly přibližně dvakrát ročně publikovány nové série výsledků testů a výrobci automobilů, odložili své původní výhrady, začali sponzorovat testování svých vlastních automobilů. Když nové modely automobilů nahradily již testované, bylo možné jasně vidět zlepšení v hodnocení hvězd cestujících (obrázek č. 17). V červnu 2001 se Renault Laguna stal prvním automobilem, který získal 5 hvězdiček za ochranu cestujících. Po tomto úspěchu viděli výrobci stále častěji 5 hvězdiček, jako cíl pro všechny své nové modely. [22]



Obrázek 17 Před procentuálního zastoupení dle hvězd [22]

Výzkum ukázal, že boční nárazy do sloupů jsou relativně neobvyklé, ale představují nepřiměřeně vysokou míru úmrtí a zranění AIS3+. Koncem devadesátých let začali výrobci automobilů zavádět protiopatření zaměřená na prevenci poranění hlavy a (v menší míře) poranění hrudníku, která společně představují hlavní příčinu úmrtí při těchto nehodách. Vzhledem k tomu, že při bariérovém testu k nárazu hlavy nedocházelo pravidelně, přidal Euro NCAP volitelný test pólů, aby se prokázala výhoda airbagů chránících hlavu při bočním nárazu. Protože v Evropě není vyvíjen žádný vhodný test, byl proveden test bočního nárazu v USA. Pomocí tohoto postupu byly výsledky prvních automobilů zveřejněny v roce 2000. [22]

S nárůstem možností testování bezpečnostních prvků na vozidle začaly přibývat i testy a měření, jako např. simulace zadního nízko rychlostního nárazu, ochrana dětí pomocí bezpečnostních pásů a ochrana chodců. Začaly se tedy do testů dostávat i zkoušky z aktivních prvků bezpečnosti. [22]

Hodnocení pak probíhá na základě vyhodnocení z naměřených, které se pomítnou ve čtyřech kategoriích.

- Ochrana chodců
- Ochrana dětí
- Asistenční systémy
- Ochrana dospělé posádky [22]

Výsledné hvězdové hodnocení probíhá na základě váženého průměru ze zmíněných kategoriích. Pro získání určitého počtu hvězd, musí dosáhnout i předepsaného poměru bodu v jednotlivých kategoriích. Zamezuje se tím to, aby se výrobce zaměřil jen na jednu škálu ochrany a druhou neřešil. Váha těchto bodů z roku 2014 jsou v tabulce č.2 níže. [23]

Rok	2014,2015
Ochrana dospělých cestujících	40 %
Ochrana dětských cestujících	20 %
Ochrana chodců	20 %
Asistenční systémy	20 %

Zdroj: <http://www.euroncap.com>

Tabulka č.2. Váhy bodů

2014	Celkový vážený průměr	Dospělí cestující	Děti	Chodci	Asistenční systémy
5 hvězd	80 %	80 %	75 %	60 %	65 %
4 hvězdy	70 %	70 %	60 %	50 %	55 %
3 hvězdy	60 %	50 %	30 %	40 %	30 %
2 hvězdy	55 %	30 %	25 %	20 %	20 %
1 hvězda	45 %	20 %	15 %	10 %	10 %

Zdroj: <http://www.euroncap.com>

Tabulka č.3. Poměr bodů

V tabulce č.3 je uveden předepsaný poměr bodů, které musí vozidlo obdržet pro získání jednotlivých hvězd.

#### **2.4.15 Přehled testování asistenčních systémů u Euro NCAP**

Testy, které provádí Euro NCAP se v první řadě rozdělují do kategorií podle druhu vozidla, jelikož není možné porovnávat pasivní bezpečnost u luxusního SUV a malého městského vozidla. Rozdělení zobrazuje tabulka níže. Dále se pak rozdělují do tří kategorií pro předcházení dopravním nehodám. Nejprve probíhá testování při nízkých rychlostech, kde probíhá simulace nehody v městském provozu. Dle Euro NCAP totiž tyto nehody představují 26 % všech nehod a způsobují problematické poranění krční páteře. [23]

Ze statistik organizace Euro NCAP dle také zjistit, že 80 % všech poranění krčních páteří je zapříčiněno nehodami do rychlosti 20 km/h. Systémy, které řeší tuto problematiku Euro NCAP nazývá AEB City Systém. [23]

Dále jsou testovány systémy, které jsou zaměřené na vyšší rychlosti v mimoměstském provozu. Ty využívají radarové snímače, kdežto u městských asistentů jde převážně o laserové snímače. [23]

V poslední řadě, jde o testování systému, které jsou zaměřeny na detekci chodců a jiných účastníků silničních provozů (cyklistů, zvířat). Euro NCAP nazývá tento obor AEB Pedestrian Systém a zvedl ho v roce 2016. [23]

V roce 2020 EuroNcap přidal další dva možné scénáře testování, a to chodec přecházející silnici, na kterou odbočuje vozidlo a auto couvající do chodce. [23]

V průběhu testování musí být u vozidel s manuální převodovkou převodový stupeň takový, aby otáčky motoru vozidla nebyly pod hodnotou 1200ot/min. U vozidel s automatickou převodovkou musí být zařazen stupeň „D“. [23]

Kombinovaná funkce AEB (nouzové brzdění) a FCW (varování před kolizí) mohou být namontovány společně nebo každý zvlášť. Testovací rychlost pro kategorii AEB city je od 10 do 50 km/h. [24]

Testování systému FCW je pomocí statické překážky v rychlostech od 30–80 km/h. Takovéto testování pak probíhá v kategorii AEB Inter-Urban, kde se při testu překážka pohybuje konstantní rychlostí 20 km/h. Rychlost testovaného vozidla je v rozmezí od 30 do 70 km/h. U testování před kolizí FCW je rychlost testovaného vozidla od 50 do 80 km/h. [24]

Euro NCAP se také zaměřuje na testy s překážkou, které zpomaluje z rychlosti 50 km/h s rovnoměrným zpomalením 0,2g (u AEB) a 0,6g (u FCW). Vozidlo, na němž probíhá test se pohybuje konstantně 50 km/h a test probíhá na dvou úrovních. Na vzdálenost 12 m, kdy vozidlo i překážka musí mít mezi sebou tuto vzdálenost a rychlost 50 km/h. V momentě, kdy je dosaženo



rychlosti a vzdálenosti, začne překážka brzdít. Druhá úroveň je identická, pouze na vzdálenost 40 m (+-0,5 m). [24]



*Obrázek 18 Systém AEB [24]*

U systému nouzového brzdění AEB se provádí více testů. Nedojde-li k nárazu do překážky nedobrzdním, je zkušební rychlost zvýšena pro další test o 10 km/h. Jestliže poté dojde k nárazu do překážky, provede se další test, kde se rychlost sníží o 5 km/h. [24]

## 2.5 Detekční systémy

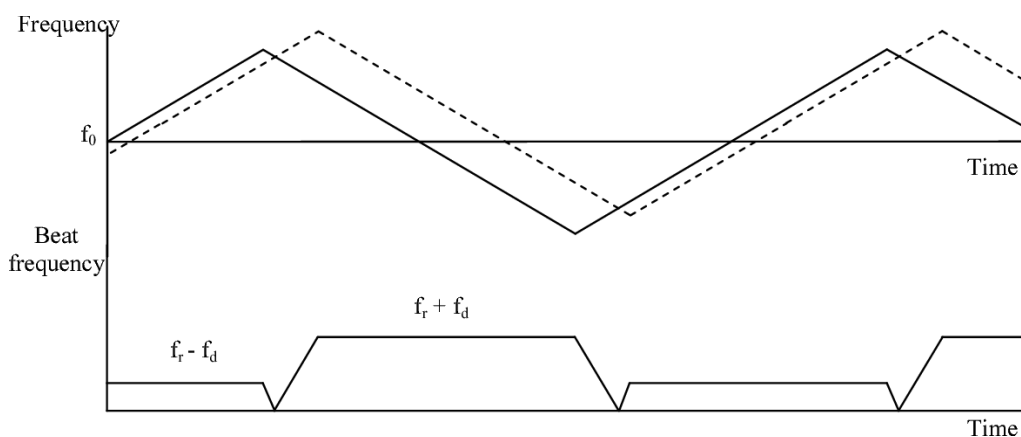
V této kapitole bude věnováno tématu nejčastějších detekčních subsystémů. Mezi ně patří radary a kamerové systémy, které budou probrány níže. [6]

### 2.5.1 Radar

Obecný princip a funkce byly popsány výše v úvodu. V této části práce bude podrobně probírán princip snímače a jeho řídicí jednotka. Poté pak odrazné plochy překážek, které mají zásadní vliv na funkčnost radarů. [26]

Funkce radarů FMCW s frekvenčně proměnným spojitým signálem spočívá v měření vzdálenosti překážky z časové prodlevy odraženého signálu. Algoritmus radaru je i schopen spočítat relativní rychlost překážky na základě Dopplerova jevu. Jde pouze o relativní rychlost, jelikož přesnost měření je ovlivněno rychlostí pohybu vozidla s radarem. [26]

Popsané měření je znázorněno na následujícím obrázku č. 24, kde plná čára znázorňuje vyslaný signál a odražený signál je znázorněn přerušovaně. Ten je díky odrazu posunut v čase a změněn frekvenčně. [25]



Obrázek č.19 Trojúhelníková křivka FMCW [26]

V dolní části obrázku č.19 je znázorněn frekvenční průběh, který znázorňuje vyslaný a zpětně odražený signál, který je ovlivněn Dopplerovým jevem. [25]

Vzorce pro výpočet těchto vztahů jsou: (6)

$$\begin{aligned}f_b^+ &= f_r - f_d \\f_b^- &= f_r + f_d\end{aligned}$$

Kdy  $f_r$  označuje průběh frekvence odraženého signálu,  $f_b^+$  znázorňuje stoupající křivku a  $f_b^-$  klesající. Dopplerův jev je označen  $f_d$ . [25]

Průběh frekvence je tedy dán vztahem: (7)

$$f_r = \frac{f_b^+ + f_b^-}{2}$$

Průběh frekvence Dopplerova jevu lze vyjádřit vztahem: (8)

$$f_d = \frac{f_b^+ - f_b^-}{2}$$

Pro výpočet vzdálenosti radaru od překážky vypočítáme: (9)

$$R = \frac{t_m c}{4 \Delta f} f_r$$

$c$  – rychlost elektromagnetického vlnění (stejně jako rychlost světla) [25]

$t_m$  – délka 1 periody

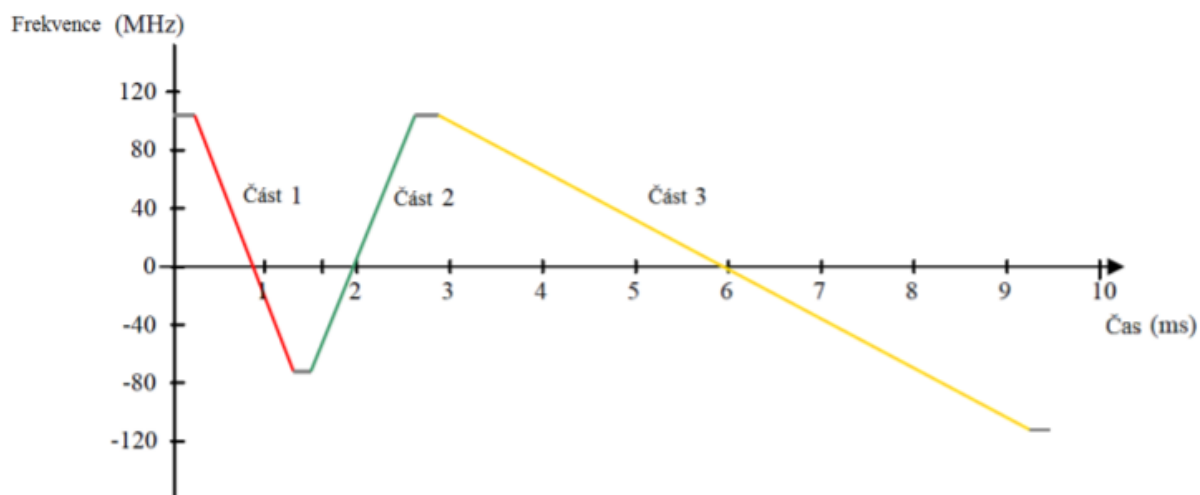
$\Delta f$  – rozsah frekvence vysílaného signálu

Relativní rychlost:  $v_{rel} = \frac{\lambda}{2} f_d$  (10)

Radary o frekvenci 77 GHz mají vlnovou délku 4 mm, a ze vztahu výše dle dojít k závěru, že 1 m/s relativní rychlosti odpovídá 500 Hz. [25]

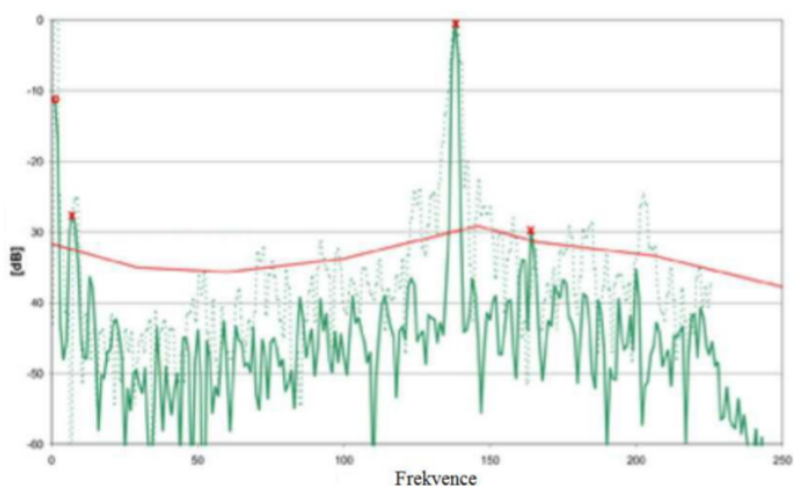
Průběh vysílaného signálu FMCW radaru je znázorněn na obrázku č.20 trojúhelníkovým tvarem, kde průběh signálu je rozdělen do tří částí, které nemají stejnou charakteristiku. První část signálu označená červenou barvou, má délku trvání 1,4 m/s a šířku frekvenčního pásma 180 MHz. Druhá zelená část má stejné parametry. Třetí žlutá část signálu má šířku pásma 200 MHz a délku trvání 6,6 m/s. [27]

Radar disponuje čtyřmi anténami, které vysílají a přijímají signál. Každou anténou následně prochází stejný typ signálu. Porovnání signálu probíhá ve 12 oblastech (4 antény x 3 části), kdy se porovnává přijímaný signál s vysílaným signálem. [26]



Obrázek č.20 Trojúhelníková křivka [26]

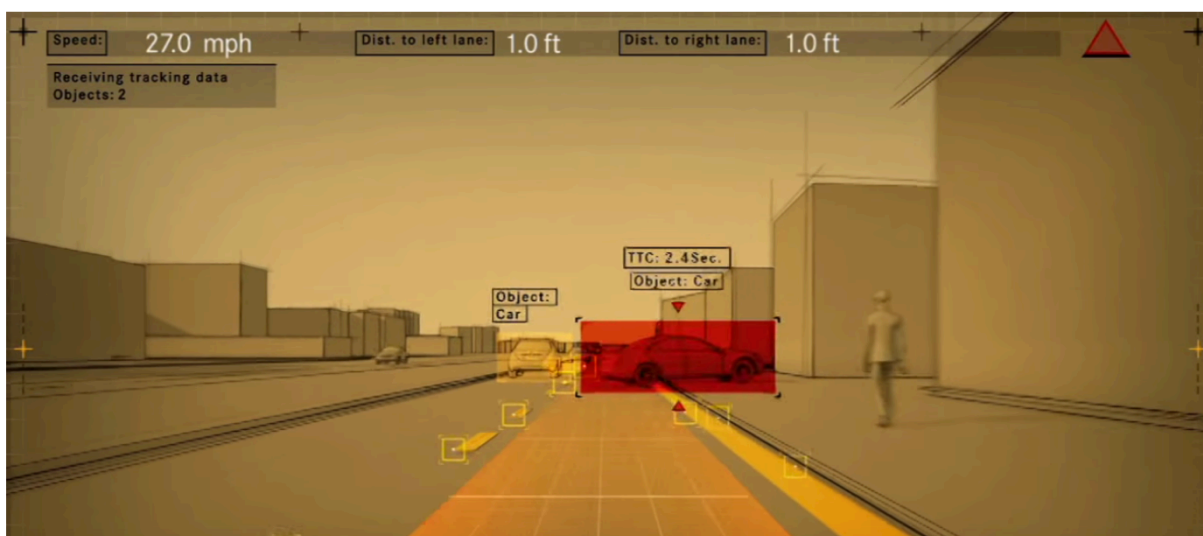
Následně je spektrum analyzováno dle frekvenčního diagramu viz. obrázek č.21, kde jsou zvoleny vrcholy, které jsou umístěny nad prahovou hodnotu. Vše ostatní pod touto prahovou osou představuje rušivé objekty. Body nad čarou představují detekované cíle. [26]



Obrázek č.21 Frekvenční spektrum[26]

### 2.5.2 *Bas plus*

Jde o systém od společnosti Mercedes-Benz, který pracuje v reálném čase a tvoří ho soustava tří stereo kamer a radarů, které mají několik úrovní dosahu (krátkodobý, střednědobý a dlouhodobý). Tento systém umí detekovat všechny druhy objektů, ať už jde o vozidla, chodce, motocykly a předejít tak potenciální srážce. Upozorní totiž řidiče na možnou kolizi v předstihu, popř. vozidlo sám zastaví. Názorná ukázka technologie je vyobrazena na obrázku č.22 níže. [6]



Obrázek č.22 Animace systému *Bas plus* [28]

### 2.5.3 *Účinná odrazová plocha překážek*

Označována písmenem  $\sigma$  a zkratkou RCS (radar cross section) vyjadřuje průměrnou sílu odrazu elektromagnetických vln, které směřují ze všech stran na překážku a její odrazovou plochu. Ideální odrazová plocha by uměla odrazit všechny vlny, které do ní směřují zpět na radar. To se však neděje a toto měření odrazových ploch probíhá v laboratorním prostředí. [26]

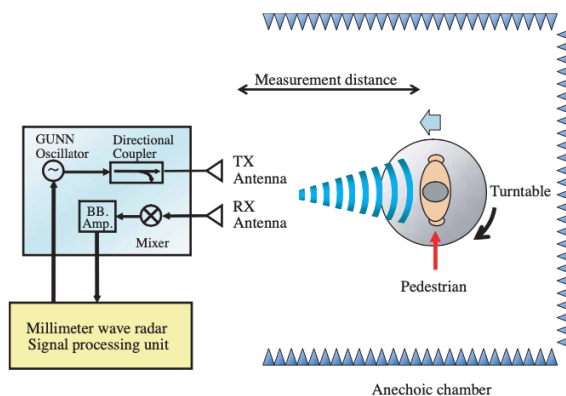
V poslední době se totiž zvyšují nároky kladené na radarové senzory. Ty musí být schopné detekovat nejen vozidla, ale také chodce, jízdní kola a objekty na silnicích. Kromě toho by takový bezpečnostní systém měl být schopen bez jakékoli chyby rozhodnout, zda dojde ke kolizi. Radarový senzor proto musí být schopen detekovat objekty se 100% jistotou bezprostředně před kolizí. [26]

Charakteristiky odrazu rádiových vln od chodce byly měřeny jako součást snahy o zlepšení detekce chodců radarovým senzorem. Intenzita odrazu rádiových vln chodce je nízká, přibližně o 15–20 dB nižší než u zadní části vozidla a může se lišit až o 20 dB. Podrobné

vyhodnocení těchto charakteristik je předpokladem pro vývoj radarového senzoru, který je schopen spolehlivě detekovat chodce. [26]

Intenzita odrazu rádiových vln chodce je ve srovnání se zadní částí vozidla poměrně nízká. Ukázalo se, že intenzita odrazu se značně mění, když chodec stojí na místě. Protože neexistoval žádný systém pro správné měření takových nízkou úrovnových odražených vln, japonský inženýr Naoyuki Yamada navrhl a postavil vlastní systém. Měření rádiové vlny chodce. [29]

Obrázek č. 23 znázorňuje schéma systému. Použitím metody FM-CW jsou vlny, které pocházejí přímo z vysílací antény do přijímací antény odrazem od překážky. Zatímco vlny, které se odrážejí od povrchů anechoické komory, jsou odděleny. Kromě toho jsou vlny, které se odrážejí od jiných objektů, co nejvíce eliminovány prováděním měření v anechoické komoře. Signál zachycený přijímací anténou je vzorkován každých 100 m/s v sekci zpracování signálu a poté převeden A / D převodníkem. Je realizován dynamický rozsah 36 dB a lze pozorovat intenzitu odražené vlny pro rozsah -30 ~ +5 dBsm. [29]

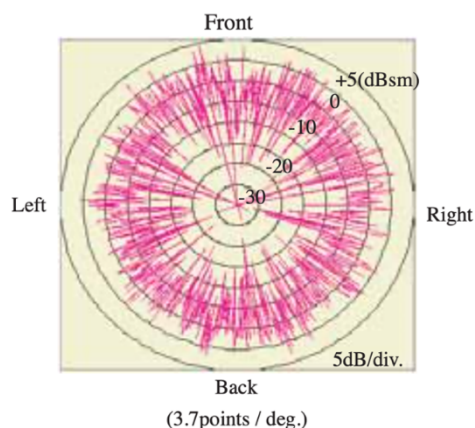


Obrázek č.23 Použití FM-CW metody [29]

#### 2.5.4 Směrová spolehlivost

Abychom správně změřili průměrnou intenzitu odrazu rádiových vln chodce, měřili jsme intenzitu odrazu rádiových vln po celém obvodu chodce. Pro vyhodnocení intenzity odrazu rádiových vln po celém obvodu chodce jsme použili měřicí systém v kombinaci s točnou, na které stál chodec, umístěné 5 m před anténami. Rychlost otáčení točny byla 2,6 stupně / s. Otáčením chodce na točně jsme mohli měřit intenzitu odrazu rádiových vln ze všech směrů. [30]

Obrázek č. 24 znázorňuje vzhled chodce, kterého jsme změřili. Výsledky, které jsme získali pro intenzitu odrazu rádiových vln chodce, jsou uvedeny na obr. 25. Tento obrázek ukazuje graf intenzity odrazu, který byl měřen při 3,7 bodu na jeden úhel. [30]



Obrázek 24 Vzhled chodce [30]

Obrázek 25 Naměřené výsledky rádiových vln[30]

### 2.5.5 Spolehlivost oblečení

V této kapitole popisují poznatky o vlivu oděvů na intenzitu odrazu rádiových vln. Cílem je objasnit vztah mezi intenzitou odrazu rádiových vln chodce a oblečením, které má na sobě.

Nejprve bylo za účelem stanovení vlivu rozdílů v materiálu změřeno pět druhů oděvů zobrazených na obr. 26. Jelikož naším cílem bylo měřit intenzitu odrazu samotných oděvů, oděvy byly zavěšeny na desku ze styrenové pěny. Naměřená intenzita odrazu rádiových vln pro každý z typů oděvů je uvedena na obr. 27. [30]



(1) Under ware  
(cotton : 100%)

(2) T shirt  
(polyester : 50%,  
cotton : 50%)

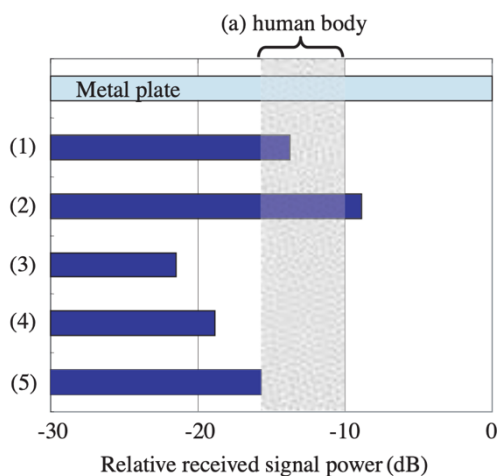
(3) Sweater  
(wool : 100%)

(4) Windbreaker  
(nylon : 100%)

(5) Work wear  
(polyester : 45%,  
cotton : 55%)

Obrázek č. 26 Pět druhů oděvů[30]

Zde porovnáváme intenzitu odrazu oděvů s intenzitou odrazu kovové desky se stejnou povrchovou plochou. Výsledné hodnoty jsou znázorněny na obr. 27. [30]

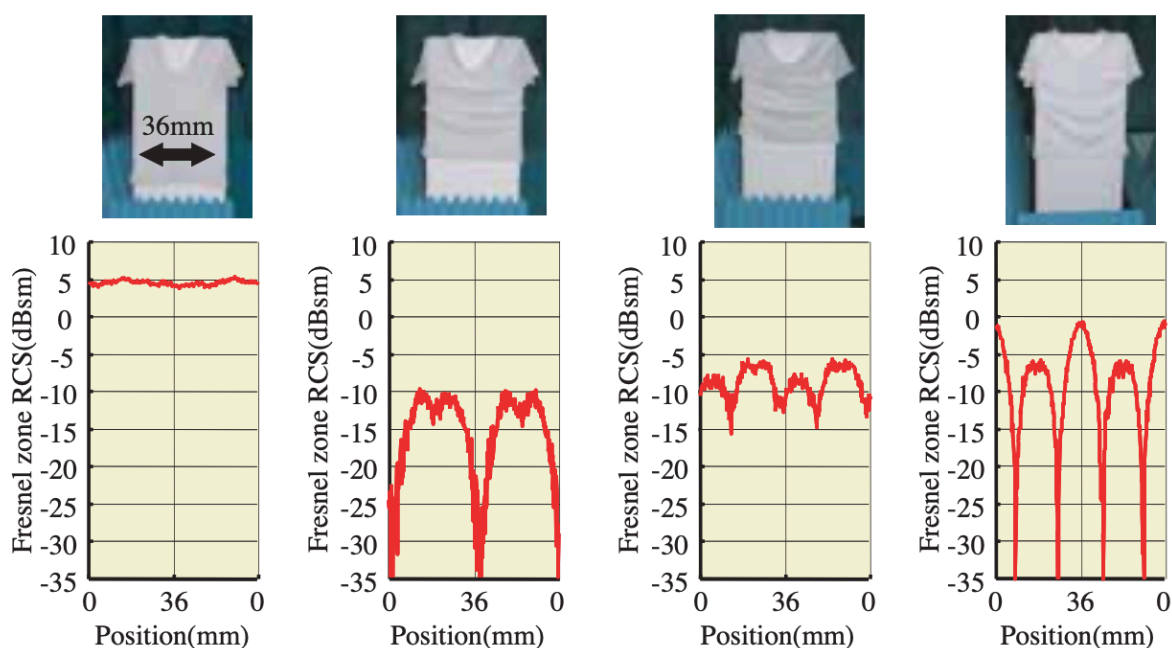


Obrázek č. 27 Výsledné hodnoty měření [30]

Rozdíly v měření intenzity odrazů jsou markantní. Navíc stojí za zmínku, že intenzita odrazu vlněného svetru je nízká ve srovnání s oděvy z jiných materiálů. Zjistili jsme, že intenzita odrazu nahého těla je téměř stejná jako u těchto oděvů s poměrně vysokou intenzitou odrazu rádiových vln, jako je bavlněná košile. [30]

Dále jsme pro jeden daný materiál zkoumali, jak by se změnila intenzita odrazu rádiových vln, kdyby se změnila forma oblečení. Bavlněná košile byla pomačkaná a byla měřena intenzita odrazu rádiových vln získaná při houpání 36 mm doprava a doleva. Obrázek č.28 ukazuje výsledky, které jsme získali. V případě pokrčené košile nedochází k velké změně intenzity odrazu, i když je košile otočena doprava a doleva. U vrásčité košile se však intenzita odrazu při houpání značně mění. Zmačkáním oblečení byly vytvořeny dva nebo více bodových bodů (kde se rádiové vlny silně odrážejí). [30]





Obrázek č.28 Porovnání odrazu signálu u zmačkavosti triku[30]

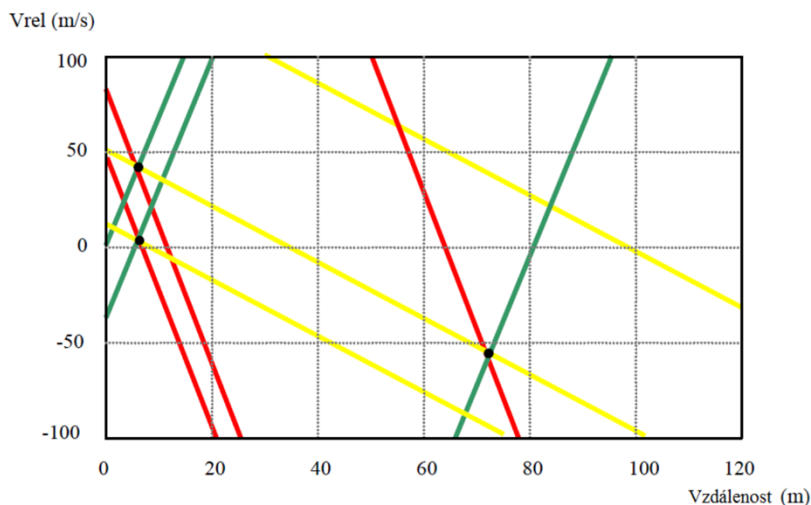
Závěrem lze tedy říci, že systémy jako je FCAAS musejí překážky detekovat se 100% jistotou. Toho mohou docílit přesným měřením a vyhodnocování rádiových vln. Jelikož je intenzita chodce odrazu rádiových vln asi -8 dBsm. To je asi o 15 - 20 dB méně než intenzita odrazu zadní části vozidla. Navíc rozsah fluktuace je asi 20 dB. To přináší problémy chodce rozpoznat a reagovat na něj. Proto by se měla tomuto věnovat další studie. [30]

### 2.5.6 Rozpoznávání zdvojených cílů

Zásadní problém u detekce překážek s pomocí radarových senzorů je rozpoznání předmětu, který chceme detekovat. Problém totiž nastává, v případě je-li více cílů umístěných blízko vedle sebe. Pro správnou detekci těchto cílů, musí být každá překážka v jiné vzdálenosti a pohybovat jinou rychlostí. Pro detekci více cílů naráz využívá radar trojúhelníkový signál, se dělí do třech částí. Ty jsou následně dosazeny do rovnic pro výpočet již zmíněných vzdáleností a rychlostí překážek. [27]

Provede se výpočet pro sestupnou tečnu a následně vzestupnou, kdy jejich protnutím detekuje hledaný cíl. Těchto protnutí je však více viz. obrázek č.29, kde jsou detekovány i fiktivní cíle (virtuální). To je důvodem, proč se využívá třetího výpočtu (žlutá barva) signálu. Tento signál je posunut v čase a má i jiný sklon. Při porovnání s předchozími signály tím získáme třetí

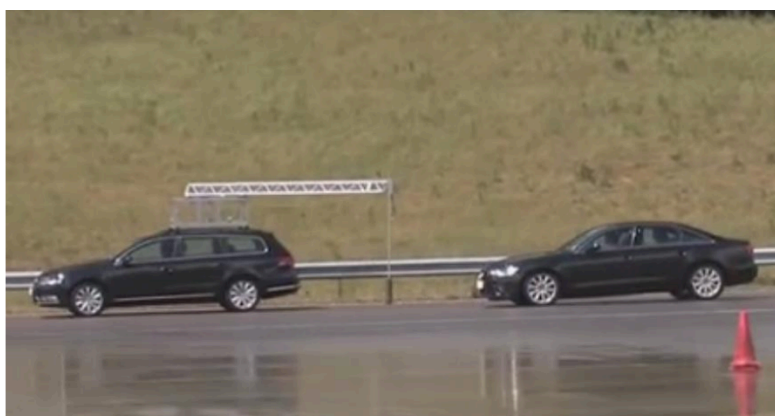
protnutí v jednom místě a právě to jsou reálné cíle, které hledáme. Pro lepší znázornění jsou v obrázku označeny černým bodem. [27]



Obrázek č.29 Nalezení reálného cíle [27]

### 2.5.7 Reálné použití

V reálném provozu se detekční systémy mohou chovat jinak než v laboratorních podmínkách. Jeden z příkladů je experiment, kdy byla na rameno na vozidle umístěna plechovka, které měla představovat nevýznamnou překážku. Znázorněno na obrázku č. 30. Detekční systém na ni však reagoval a detekoval jako možný motocykl/kolo. Z podrobnějších výpočtů však bylo zjištěno, že jeho reakce byla správná, jelikož efektivní odraz - plocha hliníkové plechovky o rozměrech 50 mm a 72 mm dosahuje k 6dBsm v případě přímého odrazu, u odrazu pod úhlem 30 stupňů k 8dBsm. Takže při přesažení od středové osy vozidla o více jak 30 stupňů se může tvářit jako člověk/motocykl/kolo. [31]

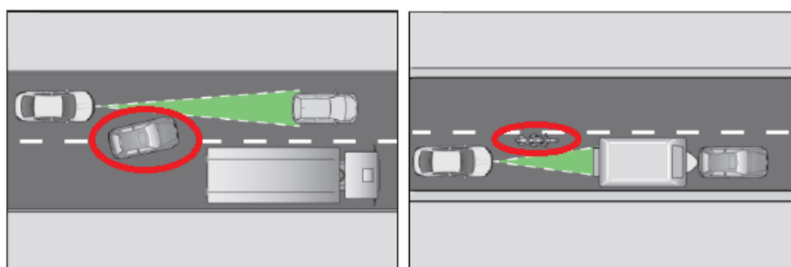


Obrázek č.30 Testování detekce plechovky[31]

Těmto šumivým a nechtěným detekcím můžeme zabránit, jestliže propojíme více detekčních systémů narázů. K radaru, který vysílá signály, které se odrážejí od překážky se nejlépe hodí systém, který by porovnal tvar, velikost překážky. To lze docílit kamerou, která rozpozná překážku a vyhodnotí následnou reakci systému. [31]

Dalším problémem v reálném provozu jsou atmosférické podmínky, které mají vliv na kvalitu signálu. V této části bude představena tato problematika. Podle zdroje International Telecommunication Union, jsou útlumy rozdílné podle frekvence vlny. U frekvencí 77 a 79 GHz je útlum v suchém prostředí minimální a to 0,08 dB/km a ve vlhkém cca 0,29 dB/km. Průměrný útlum těchto frekvencí je tedy 0,37 dB/km. Největší útlum byl zjištěn u frekvence 60 GHz, kde dosahoval 15 dB/km, tato frekvence se ale u aktivních bezpečnostních prvků nevyužívá. Frekvence radarů je 24 GHz a u této frekvence byl útlum signálu ještě menší, dosahoval zde cca 0,185 dB/km. Z tohoto lze vyvodit, že radar měl problém s počasím, ale daleko větší problém měla kamera, která při velkém dešti nedokáže rozpoznat překážku. [32]

Jiné funkční nedostatky pak pramení z nedetekování malé překážky, která se pohybuje na okraji vozovky a objeví se před autem na poslední chvíli. Tzn. že auto okolo ní ještě neprojelo a radar ji nemohl detekovat z důvodu jiné překážky před ní. Jde typicky o motocykl nebo jízdní kolo. Tato situace je prezentována na obrázku č.36 níže. Tento problém se dal vyřešit zvýšením snímaného úhlu radaru, který byl zvýšen až na 85 stupňů. [32]

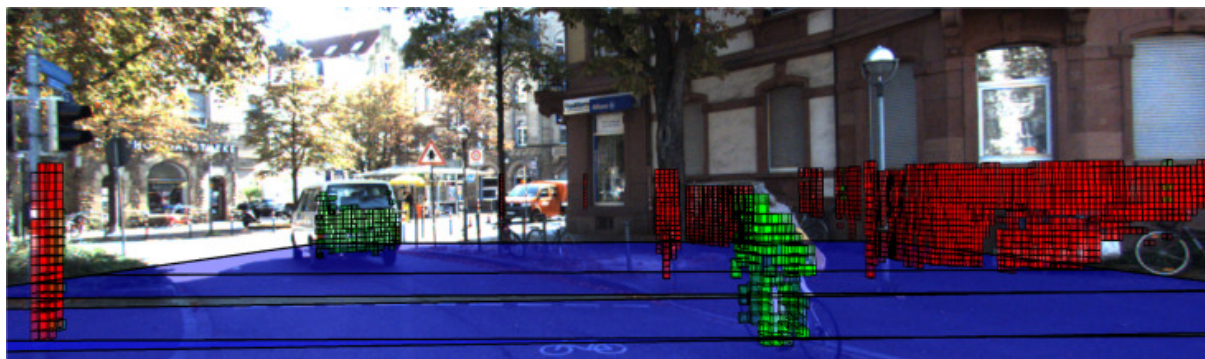


Obrázek č. 31 Mrtvý úhel snímání [32]

## 2.6 Rozbor statických a dynamických překážek

Řešíme problém sledování více osob na základě sledování rušných pěších zón pomocí stereofonní soupravy namontované na vozidle. Konkrétně nás zajímá aplikace takového systému na podporu algoritmů plánování trasy při vyhýbání se dynamickým překážkám. Složitost problému vyžaduje integrované řešení, které extrahuje co nejvíce vizuálních informací a kombinuje je prostřednictvím kognitivní zpětné vazby. Pro detekci těchto překážek je zapotřebí sesbírat informace o polohové kameře, stereofonní hloubku, detekci objektů a trajektorie pouze na základě vizuálních informací. Souhra mezi těmito komponentami je znázorněna v grafickém modelu na obrázku č.32.

Pro každý snímek nejprve odhadneme povrch země společně se sadou detekcí objektů. Na základě těchto výsledků pak řešíme interakce objektů a odhadujeme trajektorie. Nakonec použijeme výsledky sledování k předpovědi budoucího pohybu dynamických objektů a spojíme tyto informace se statickou mapou. Tento přístup je experimentálně vyhodnocen na několika dlouhých a náročných videosekvencích z rušných lokalit ve městech zaznamenaných pomocí různých mobilních nastavení. Výsledky ukazují, že navrhovaná integrace umožňuje stabilní sledování a predikci pohybu, a tím umožňuje plánování cest ve složitých a vysoce dynamických scénách. [6]



Obrázek č.32 Grafický model snímání prostředí [6]

Senzory vozidel by měly být schopni vyhledávat a sledovat osoby/vozidla v městském prostředí i mimoměstském prostředí. Tyto oblasti však obsahují překážky, jako jsou statické překážky (např. stěny, sloupy, stromy atd.) A dynamické překážky (např. ostatní lidé, kteří jdou kolem, projíždějí na kolech, autech atd). [6]

### 2.6.1 Ohodnocení překážek

V této části proběhlo ohodnocení překážek pomocí vícekritériální metody, kde se pro každý typ překážky, ať už imitující automobil nebo osobu stanovily kritéria hodnocení a ty byly následně obodovány dle důležitosti váhami. [6]

### 2.6.2 Překážka imitující automobil – dynamické

Jde o překážky, které by měly co nejvíce odpovídat reálnému automobilu, jejich použití by mělo být snadné a měly by být schopny vícenásobného použití. Byly zvoleny kritéria, které jsou uvedeny v tabulce níže.

Jelikož se hodnocením detekce zabývá více společností a každá používá svůj typ modelu, je v tabulce uvedeno několik druhů modelů vozidla. U všech je pak ve sloupcích uvedena váha důležitosti jednotlivých kritérií. [6]

#### **Jako zásadní je bráno:**

**odrazové plochy** (schopnost detekovat překážku a vyhodnotit jako vozidlo

**5** – dokonale odpovídá vlastnostem vozidla (tvar, barva, odrazová plocha sedí), **4** – téměř odpovídá vozidlu (tvar a barva sedí), **3** – trochu odpovídá (tvar sedí), **2** – spíše neodpovídá (odraz. plocha sedí), **1** – kompletně neodpovídá (nic nesedí). [6]

**absorpce nárazu**, kdy má vozidlo ochraňovat posádku uvnitř a samotné vozidlo, které je u testovaných vozidel v řádech desítek milionů, jelikož jde o prototyp. Opakované použití snižuje mnohonásobně následné náklady. Na absorpci má zásadní vliv materiál z čeho je překážka vyrobena a hmotnost. Stupnice kritérií je stanovena takto: [6]

**5** – překážka bez poškození, **4** – pěna – bez poškození překážky/vozidla, hmotnost max 100kg, **3** – vzduchový vak – slabé poškození překážky (lak a pod) hmotnost max 100kg, **2** – pryž – mírné poškození (plastové díly a pod), váha do 250 kg, **1** – reálné vozidlo – zcela poničeno jako u nehody, **0** – bez hodnocení [6]

Posledním kritériem je **časová náročnost** na přípravu testu a konstrukce k následné opravě. Zde je škála bodů v tomto znění. **5** – příprava do 10min, **4** – příprava do 30min a test do 10min, hmotnost do 100kg, **3** – příprava do 30min ale hmotnost nad 100kg, **2** – příprava i testy do 1h, **1** – příprava +1h, **0** – bez hodnocení [6]

### Tabulka hodnocení dle kritérií

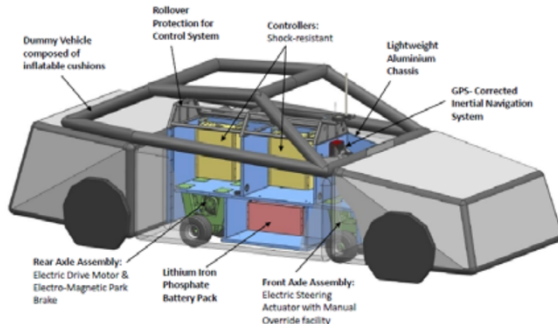
	<b>Obtížnost přípravy</b>	<b>Schopnost pohlit náraz</b>	<b>Odrazová plocha - detekce</b>	<b>Celkem</b>
<b>Váha kritéria</b>	0,27	0,33	0,4	1
ASSESS	4	3	4	3,67
EVITA	5	5	4	4,6
ABD soft	3	2	5	3,47
ABD gst	2	4	4	3,46
ADAC	4	3	5	4,07
Rabbit	5	2	2	2,81

*Tabulka č.4 Hodnocení kritérií [6]*

Celkové hodnocení vyhrála překážka EVITA, jelikož jde o reálnou zadní část vozidla, která je tažena za vozidlem dostala hodnocení 5, pouze u detekce senzory byla váha snížena na 4, jelikož tmavě modrá barva není v seznamu barev ISO normy. Příprava překážky je velmi rychlá a poškození je nulové, jelikož překážka by neměla havarovat díky propracované technice navijení navijákem. Více informací níže o typech překážce níže. [6]

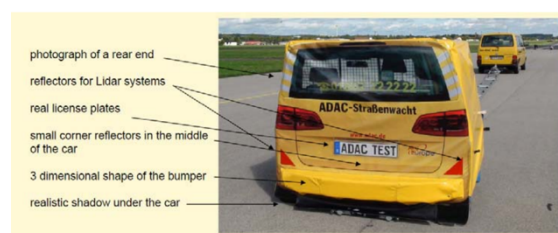
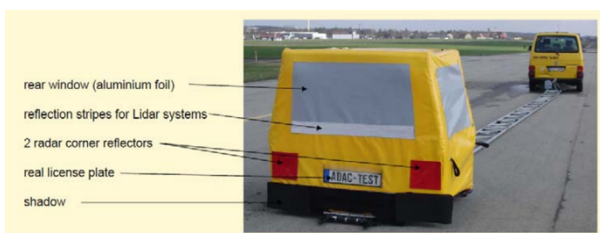
## Typy překážek:

1. ABD - Soft Crash Vehicle měkký testovací vůz od ABD (Anthony Best Dynamics). Překážka vážící 250 kg disponuje hnací skříní pro vlastní pohon a vlastní navigaci (poloha a rychlost). Z důvodu ochrany zkušebního vozidla a skříně pohonu je skříň pohonu obklopena nafukovacími polštáři. Vozidlo má maximální rychlost 65 km / h a může brzdit s přetížením 0,5 g. Vydrží nárazy do 50 kg. Vozidlo lze ovládat na dálku nebo synchronizovat jeho pohyb po trajektorii. Vozidlo je znázorněno na obrázku č.33 níže. [33]



Obrázek č.33 Model ABD [33]

2. Překážka ADAC je tažena podpůrným vozidlem, které se používá k přesunu z a do testovacího místa. Existují dvě generace překážek (viz obrázek 34 a, b). První generace byla trochu přepracována z hlediska radarového odrazu. Maximální rychlost nárazu u druhé generace je zvýšen ze 40 km / h na 50 km / h. [33]



Obrázek č.34 (model a, model b) [33]

### 3. ASSESS

Skládá se z řady trubek a boxů naplněných vzduchem. Překážku o hmotnosti 90 kg lze použít s různými pohonnými systémy a jejím cílem je napodobovat geometrie a fyzikální vlastnosti běžného evropského automobilu střední velikosti (např. Opel Astra). Vozidlo je odolné vůči nárazům až do 50 km / h, kdy dojde pouze k poškození předku. [34]



Obrázek č. 35 Model Assess [34]

### 4. B RABBIT

Vozidlo se skládá z kartového podvozku a zadního gumového nárazníku pro tlumení nárazů. B Rabbit je tažným vozidlem a po uvolnění se pohybuje setrvačnou rychlostí. Disponuje brzdícím systémem na dálkové ovládaní. Pro realistické provedení jsou vzadu k dispozici plně funkční brzdová světla. [34]

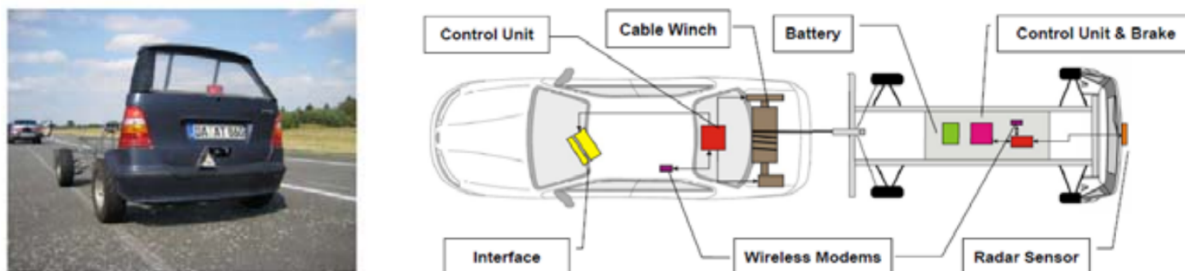


Obrázek č. 36 Model B Rabbit [34]



## 5. EVITA

Je experimentální vozidlo pro neočekávané přiblížení cíle, jde o přívěs, který je spojen s tažným vozem kabelem a navijákem. Maximální rychlost je 100 km / ha zpomalení je nastavitelné až na 9 m/s<sup>2</sup>. Testovací vozidlo by nemělo havarovat, jelikož nemá schopnost pohltit náraz. Evita je vybaven radarovým snímačem vzdálenosti a pokud se testovací vozidlo dostane příliš blízko, senzor upozorní naviják a ten ho přitáhne/odtáhne. Evita je vybaven reálnými brzdovými světly. [34]



Obrázek č.37 Model Evita [34]

### 2.6.3 Překážka imitující chodce – dynamické

Přehled překážek imitující chodce jsou znázorněny v tabulce č.5 níže. Zásadní kritéria jsou zvolena takto: max. rychlost testovaného vozu, možnost automatického vyhýbání, neovlivnění detekčních systémů. [6]

	max. rychlost testovaného vozu	možnost automatického vyhýbání	neovlivnění detekčních systémů	Celkem
<b>Váha kritéria</b>	0,2	0,3	0,5	1
AVCASS	5	5	3	4
Continental	4	2	2	2,4
UFO	5	5	3	3,5
Platforma A	3	1	5	3,4
TRL	5	5	3	4

Tabulka č.5 [6]

Nejlepšího hodnocení dle kritérií se dostalo platforem AVCASS a TRL, které jsou vhodné pro vysoké rychlosti a také pro testy automatického vyhýbání. [6]

### **AVCASS**

Jde o model pěšího cíle, který je nesen na podvozku z důvodu pohybu, jde o dvojici gumových pásů (Autonomous Vehicle for Certification Safety System). Avccass je vybaven autonomním řízením s integrovaným GPS naváděním. Je brán jako ultra-nízký, lehký profil, který je schopen nést v mini verzi chodce, popř. vozidlo. Jeho váha je 15 kg a max. možná rychlost dosahuje 30 km/h. Obě dvě verze mají stejné sw rozhraní a rozměry mini verze jsou 690 x 785 mm a výška 69mm. [35] [36]



*Obrázek č. 38 Model AVCASS [36]*

### 3. Praktická část

Cílem praktické části bylo zjistit hodnoty energetické náročnosti dnešních vozů, a to převážně z odběrů řídicích jednotek. Toto měření proběhlo rozborem nejnovějšího modelu Škoda Auto Enyaq, spočítáním jeho jednotek a zjištěním jejich odběru elektrického proudu. V druhé části je pak zaměřeno na ověřování datasetů u parkovacího asistentu a sbírání nových dat pro uvolnění nového updatu. V další praktické části proběhlo testování a sběr dat pro tvorbu datasetů k radarům a následné funkční ověřování těchto dat v provozu. Tento proces je rozdělen na 2 části, Crosscheck, Public roads. [6]

Praktická část probíhala ve vývojovém týmu v rámci společnosti Digiteq s.r.o., která je jedním z hlavních partnerů z pohledu testování pro Škoda Auto a okrajově pak pro VW, Seat, Audi. [6]

#### 3.1 Požadavky na výpočetní výkon a energetické náročnost

##### Kamera

Elektrický příkon kamer je kolem 20 W. Bereme-li v potaz, že vozidlo disponuje dvěma kamerami, jde o příkon 40 W. [6]

##### Radar

Radar je základním prvkem pro detekci a rozpoznávání překážek, který je po celou dobu jízdy zapnutý. Jeho spotřeba je přibližně 30 W a celkově mohou být na vozidle 3 ks, tzn. 90 W. [6]

##### Další zařízení

Dalšími zařízeními, které během jízdy pracují je vyhřívaná clona před radarem, kamerou, ta může být aktivní v době námrazy nebo zamlžení. Příkon těchto clon může být až 36 W. Dále pak základní MBI jednotka (rádio), která promítá informace od detekčních systémů, tento displej má spotřebu 48 W a infotainment, kde se příkon pohybuje kolem 40 W. Ultrazvukové snímače, kterých je na vozidle cca 10 ks mají příkon 40 W. Řídicí jednotky, kterých může být na autě desítky mají spotřebu cca 25 W/ks. [6]

### **Řídící jednotky (Control Unit)**

V dnešní době se v lépe vybaveném vozidle pohybuje počet řídicích jednotek okolo 20 ks. Každá jednotka je napájena 12V a má proudový odběr 2A, dle vztahu  $P=U \cdot I$  jde tedy o 24 W. U 20 řídicích jednotek jde tedy o max. možnou spotřebu 480W. Na novém vozidle Škoda Enyaq je počet ŘJ 50. [6]

#### **Z pohledu bezpečnosti jde o jednotky:**

řídící jednotka radarů 2ks  
řídící jednotka ultrazvukových snímačů 2ks  
řídící jednotka kamer 2ks  
řídící jednotka regulace odstupu od vozidla  
řídící jednotka asistenta změn jízdy  
řídící jednotka funkce přívěsu  
řídící jednotka nouzového volání  
řídící jednotka asistenta pomoci parkování  
atd. [6]

#### **Celková spotřeba všech zařízení může dosahovat:**

Řídící jednotky u vozidla Enyaq (50ks): 1200 W +/-500 W

Zařízení a snímače: 500 W +/-300 W.

Celkový příkon: 1500-2000 W. [6]

### **3.2 Testování parking asistentu (PLA – Parklenkassistent) – příčné**

Cílem tohoto experimentu bylo najíždění nových a ověřování stávajících datasetů pro systém PLA (parkovací asistent) v příčném parkování. Probíhalo měření, jak daleko od obrubníků a vozidel před a po zůstane vozidlo stát. Ověřovaly se odchylky a možné tolerance. Aktuálně je software vozidla schopen otáčet pouze volantem a řidič šlape na pedál plynu. V nejbližší budoucnosti dojde i k automatizaci tohoto procesu a vozidlo zaparkuje bez zásahu řidiče.

K experimentu bylo použito vozidlo Škoda Octavia IV a jako překážky (parkující vozidla Škoda Scala a Škoda Octavia III RS) a polystyrénové obrubníky o délce 10 m. Z hlediska měřicí techniky šlo o notebook HP Elitebook 850 G5, laserový metr Bosch GLM 30 pro, oba přístroje jsou znázorněny na obrázku č. 39.



*Obrázek č. 39 laserový metr Bosch a notebook HP*

Tento test probíhá na testovacím polygonu, kde se testuje software před uvolněním do výroby, tak také do běžně v provozu. V testovacím polygonu totiž nevádí, když vozidlo lehce narazí do jiného vozidla, což u cizích vozidel problém je. Při tomto testování byl autor diplomové práce přítomen na testovacím polygonu Škoda Auta, na kterém není možno fotit. [6]

Testu se účastní 3 vozidla, budeme je označovat jako A, B, C. Kdy vozidla A a B jsou statická (zaparkovaná) a vozidlo C je naše, které parkuje.

Příprava na test byla provedena na rovné, čisté vozovce, kde byly umístěny atrapy obrubníků z polystyrénu v délce 10 m. Poté k nim bylo umístěno vozidlo A a B, která byla od sebe ve vzdálenosti 6,2 m (mezera na zaparkování), kdy jejich pneumatika byly cca 20-30 cm od obrubníku. Stěžejní byla levá kola směrem do vozovky, která musela být od obrubníku ve vzdálenosti 2 m. Na vozidlo C byly připojeny veškeré diagnostické přístroje jako je parking sensor detection, záznam kamery přední a zadní, záznam z radaru a program na záznam průběhu. Nejdříve bylo potřeba provést kalibraci rozvoru kol, což byla stěžejní hodnota v logaritmech pro parkování.

Na vozovce vedle se označily dva body, které byly od sebe ve vzdálenosti 10 m (označeny H a D). Na práh vozidla byl přilepen laser a proběhlo zaparkování na bod H tak, aby laser směřoval přesně na bod, poté se začalo couvat až do protnutí bodu L). Diagnostický program vypočetl hodnotu, která odpovídá počtu otočení kol, jedno otočení kola odpovídalo hodnotě 86 tiků. Vzdálenost od bodu H k bodu L se provedla 3x proto, aby si vozidlo a jednotky zvykly na konkrétní pneumatiky, jelikož vždy mají jiný tlak, desén, váha vozu. [6]

Testování byla finální fáze, kdy se s vozidlem C přijedeme k vozidlu B, zazní-li zvukový signál, systém vypočetl, že se do dané mezery vozidlo vejde a můžeme začít parkovat. Pustil se volant a zařadil se převodový stupeň R, následně se lehce přidával plyn. Vozidlo začalo samo otáčet volantem, poté se zařadil stupeň D a popojelo vpřed. Jakmile systém uznal, že s vozidlem není již třeba hýbat, zazněl opět zvukový signál (gong). Veškeré informace o tom, jak daleko měl jet řidič dopředu se dozvěděl na infotainmentu. Celkový počet přeřazení pro zaparkování by měl být 4-5 x. Target pro vzdálenost našeho vozu C od obrubníku je 180 mm a tolerance +/- 100 mm. Toto měření opakujeme z levé a pravé celkem 10 x v 10ti rychlost v rozmezí 10 km/h-20 km/h. [6]

V tabulce č.6 níže jsou hodnoty, které náš radar změřil. Tolerance pro hodnoty v metrech je 0,2-0,5 m, tolerance pro hodnoty v mm je 100 mm. [6]

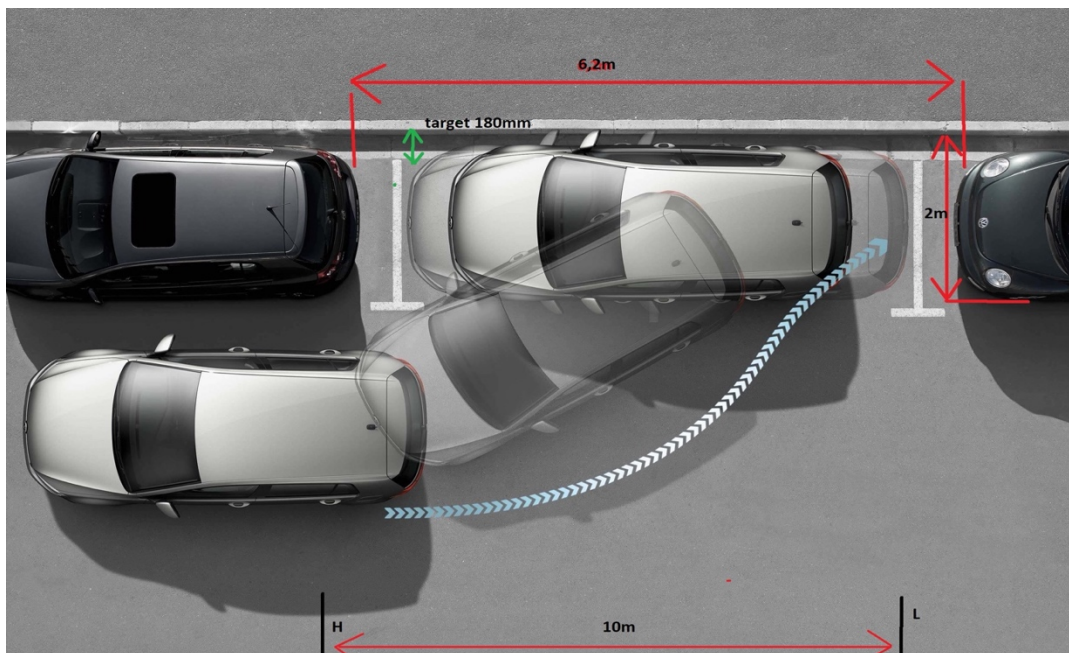
Vzdálenost mezi vozy reálná (m)	Vzdálenost mezi vozy dle radaru (m)	Hloubka místa reálná (m)	Hloubka místa dle radaru (m)	Vzdálenost pneu od obrubníku (mm) přední, zadní	Počet řazení
6,2	5,9	2	1,98	182/190	5
6,2	5,85	2	1,89	210/230	5
6,2	5,98	2	1,80	150/187	6
6,2	6,11	2	2,14	235/210	4
6,2	6,35	2	2,25	205/210	5

*Tabulka č.6 Měření radaru [6]*

Pokud je problém a naše hodnoty přesahují tolerance, je potřeba tyto trace (cesty) zaznamenat a poslat výrobci jednotky (Valeo, Bosh), kteří je vyhodnotí. Během testování se stalo, že na první variantu datasetů vozidlo parkovalo k obrubníku v targetových hodnotách, nicméně vždy při parkování narazilo do vozidla B a pak do vozidla A. Když jsme naflashovali (nahráli) druhou datovou řadu, nedošlo ke kontaktu s jinými vozy, nicméně vzdálenost od obrubníku byla nad targetem a ve větším rozptylu cca 150-230 mm. Tato datová řada pak byla uvolněna pro sériovou výrobu. [6]

Soběstačný parkovací systém, kdy řidič nemusí ovládat brzdu a plyn by měl být uveden do provozu 6/2021. [6]

Na obrázku č.39 je znázorněn test, bohužel pouze ilustračně, jelikož reálné foto nebylo možné pořídit. [6]



Obrázek č. 39 Test parkování a vzdálenosti [6]

### 3.3 Testování radaru – detekce okolních vozů

Jedná se o experiment, který probíhá ve čtyřech fázích, během kterých se najíždějí a ověřují datové sety pro správné fungování radaru, který následně funguje k detekci předmětů v okolí vozidla. Jde například o systémy snímání mrtvého úhlu, vyjíždění z parkovacího místa, předjíždění v provozu, adaptabilní tempomat a jiné. [6]

K tomuto testování bylo použito vozidlo Škoda Enyaq (obrázek č.40) a z pohledu měřicí jednotky notebook HP elitebook 850 G5 a tracovací zařízení BluePirat Mini (obrázek č. 41), které je připojené ke sběrnici CAN a sbírá data od master a slave radaru, kamer apod. Pro čtení dat byl v notebooku použit program radar detection reader, který je speciálně vyvinut k tomuto účelu a program pro záznam kamerového záznamu ze zadní a boční kamery. [6]



Obrázek č. 40 Škoda Enyaq a tracovací zařízení [6] Obrázek č. 41 notebook HP [6]



### **Tento proces testování má 4. smyčky:**

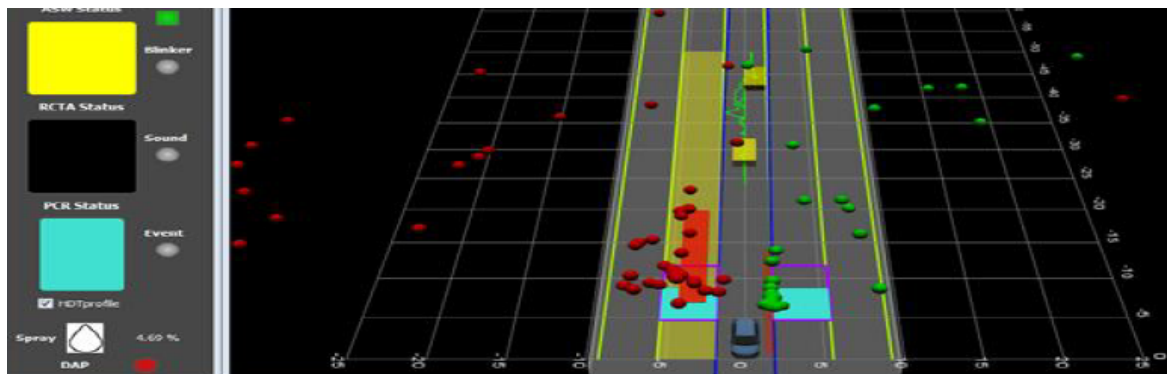
1. Odeslání vozidla do DE (přízpůsobí nastavení radarů dle typu nárazníku), i desetina mm má vliv na funkci radaru. [6]
2. Data akvizice (sběr) – na uzavřeném polygonu se zakamuflovaným vozidlem jsou najížděny scénáře, dle určení dodavatele radaru (předjíždění, podjíždění, 60 km/h, 120 km/h atd). Tato data se následně odešlou výrobci radaru, který ze základního datasetu vytvoří pokročilý. [6]
3. Performance validace – Cross check, dálniční scénáře v provozu, kdy se kontroluje reakce radaru na okolí. Chyby radaru jdou v této fázi testování ještě napravit. Jde většinou o dobu před odtajněním vozu. Testy se tedy najíždění na platformě, která má karosérii z jiného vozu. Nájezd probíhá s SOP vozy (start of production), vozy z předsériové série. [6]
4. Public roads – poslední fáze testování v reálném provozu s reálným vozidlem. Jde většinou o sérii 0S = nultá série, vozy, které jsou určeny na výstavy a VIP zákazníkům. Nájezd pro testy je 2000 km. [6]

#### **3.3.1 Testování radaru Crosscheck –**

Jakmile se s vozidlem vyjede na test do provozu, je potřeba, aby se radary zkalibrovaly. Jde většinou o 5-10 km. V programu k testování, který kontroluje spolujezdec je patrný počet detekovaných předmětů od staru. Toto číslo musí dosáhnout hodnoty 30 000, v této době už jsou radary zkalibrované a je možné začít test. Najíždí se kolem 800 km, kdy se necháváme předjíždět, předjíždíme vozidla, najíždíme zezadu na vozidla, sjíždíme z dálnice apod. Důležitý je parametr, zda vozidlo detekovalo všechny vozy, popř. nedetekovalo vozy mimo silnici, nedetekovalo je příliš brzy atd. [6]

Tento záznam z testu se analyzuje na počítači v kanceláři. Projíždí se jak záznam z radaru, kde jsou shlukovány body, tak kamerový záznam ze zadní a boční kamery, které tam jsou umístěny pouze z důvodu testů. Průběh záznamu se přehrává cca 6x vyšší rychlostí, než byl reálný čas pořízení. Při zjištění chyby se záznam analyzuje s kolegy, zhodnotí se a popř. odešle dodavateli radaru k vyjádření. Jakmile jde o relativní chybu, software opraví a odešle zpět na testování. [6]

Na obrázku č. 42 níže je znázorněn sw pro detekci překážek. Jde o 2D pohled na vozovku, kde červené body jsou detekovány pomocí levého radaru a zelené pomocí pravého radaru. Jakmile dojde ke shlučení bodů, radar je vyhodnotí jako dopravní prostředek a určí pruh, ve kterém se pohybuje. [6]



Obrázek č. 4 Znáznornění sw pro detekci překážek [6]

### 3.3.2 Testování radaru v provozu – Public roads

Tento testovací proces probíhá za reálného provozu a nazývá se public roads, kdy se najíždí kolem 2000 km po několika typech vozovek. Jde o silnice 1., 2., 3. třídy, dálnice, tunely, města. Probíhá závěrečný test z pohledu uživatele, zda vše funguje, tak jak má. Po nájezdu zmíněných km se nastalé chyby odešlou přes VW program KPM (problem management) dodavateli s tím, aby je vyřešil. V této fázi testování bývají ale datasety již v pořádku a většinou se jedná o % chyb, které je zanedbatelné, nebo nelze odstranit. Například úprava nastavení radaru by mohli způsobit ještě více chyb. [6] [38]

**Průběh testování:** Na místě spolujezdce je umístěna stolice (držák) na PC. Řidič tento PC s několika programy sleduje. Má možnost vidět oblast radaru a bodů, které představuje statické nebo dynamické překážky. Dále pak mu běží na pozadí program, který umí záznam nahrát pro analýzu v kanceláři. To se děje v případě, kdy radar detekuje „zvláštní“ předmět (upozorňuje zvukovým signálem i když nic v blízkosti vozidla není), nebo nedetekuje předmět, který tam ale je. Po zmáčknutí klávesy F9 zaznamenávací program dokáže s cash paměti vytáhnout čas 30 s zpětně před chybnou detekcí a 30 s po detekci. Rozbor, co se stalo, pak probíhá v kanceláři. [6] [38]

Další software, který řidič na ploše PC vidí jsou úhly snímaných signálů, vzdálenosti překážek, detekce jízdních pruhů, směry předmětů atd.

### Případné scénáře pro test:

- Podjíždění vozidla na dálnici
- Předjíždění vozidla v rychlosti o 30 km/h větší
- Nechání se předjet vozidlem zleva rychlostí o 15, 30, 40 km/h větší.
- Myška zleva u jiného vozidla
- Dojíždění k vozidlu zezadu
- Vyparkovávání v příčného parkování v provozu
- Vyparkovávání s podélného parkování
- Otevírání dveří směrem do silnice [6]

### Druh radaru k testu:

Radar (HRE 3.0) (obrázek č. 43) Hack radar entry, který má 3 funkce: [38]

**SVA** (detekce mrtvého úhlu a vozidel po bocích). Schopnost detekovat až na vzdálenost 70 m směrem dozadu od vozu (předjíždějící auta). [38]

Stěžejní je detekce vozidla ve správném pruhu, u 3 proudových vozovek se stávalo, že byl detekován vůz, který jel ob jeden pruh od nás tak, že jede hned vedle našeho vozu. [38]



Obrázek č. 43 Znárodnění radarů [37]

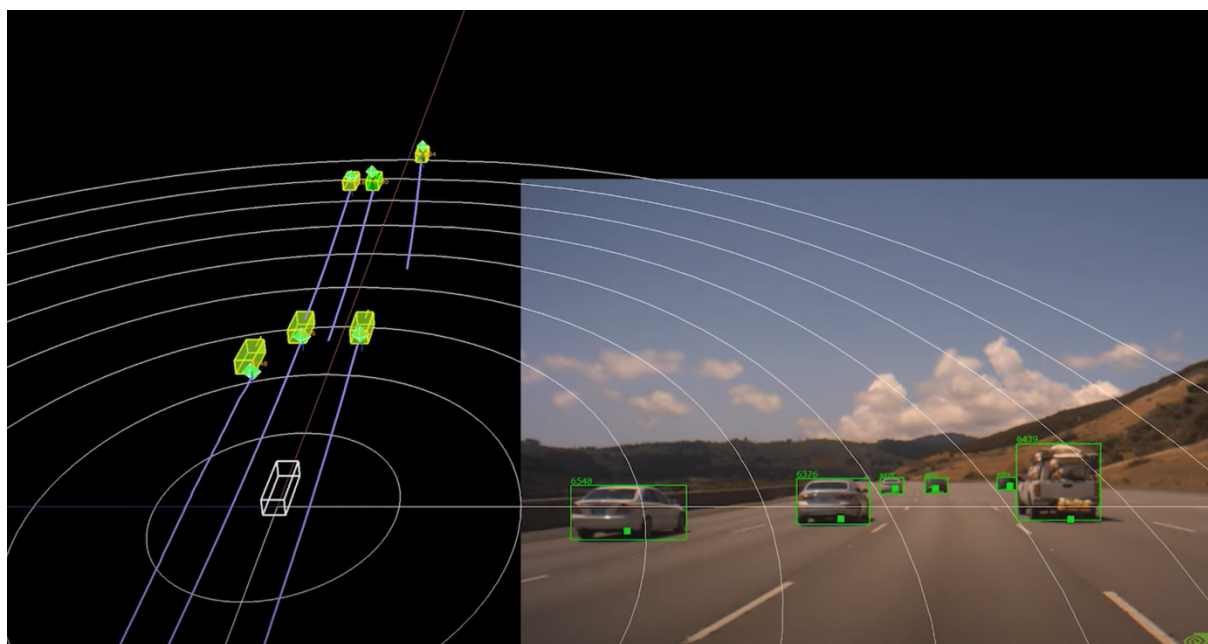
**ASV** (při vystupování z vozu do vozovky, popř. podélné parkování). Jde o detekci vozidel, aby nedošlo k „uražení“ dveří, popř. poranění cyklisty otevírajícími dveřmi. Varování probíhá tonem a světelnou kontrolkou na postranním zrcátku. [38]

**RCTA Real Cross Traffic Allernt** (varování při parkování, radar je umístěn pod zadními světly, na levé straně SLAVE a na pravé MASTER. Slave je podřízen radaru master, ten funguje dominantně. Upozornění o překážce je znázorněna na ABT (radio displej) + zvukový signál. [38]

Tento radar také slouží pro tzv. Pre-crash, který už je u nových vozu Škoda aktivní. Jedná se o přípravu na nehodu, kdy zadní radar vypočte, že překážka, která se k němu blíží nemá šanci tuto dráhu ubrzdít a připraví vozidlo a pasažéry na nehodu. [38]

- Napne pásy
- Připraví airbagy na výbuch
- Další neveřejné úkony ...

Na obrázku č.44, je prezentován výstup, který vidí testovací řidič na monitoru svého PC. Jde o záznam z radaru, kde je vidět 3D pohled na dálnici a detekované vozy, které jsou následně přiřazena do jednotlivých pruhů silnice. [6]



Obrázek č. 44 Vizuální pohled z kamer a radarů

Výsledkem testování detekce radarů jsou pak plně fungující systémy vozidla. Cílem sběru těchto dat je v budoucnu přejít na autonomní řízení, kdy řidič bude pouze jako jistící prvek při náhlých situacích. Při všech testováních, které jsme prošli v praktické části, byly softwary a jejich fungování v pořádku a nevykazovaly nedostatky. [6]



## 4. DISKUZE

V současné době můžeme pozorovat značný společenský tlak požadující zvyšování bezpečnosti vozidel a možnosti maximální výbavy vozu počtem asistenčních prvků, které řidiči ulehčují řízení. Z hlediska diplomové práce je patrné, že výrobci vozidel neberou tuto informaci na lehkou váhu a snaží se zákazníky oslovit těmito výbavami. Každý výrobce si nicméně svoje patenty a nápady chrání, a tak jejich přístup k bezpečnosti a sensorům je rozdílný. Jak je patrné z testování nehod, je možné použít nespočet druhů překážek. Zásadním systémem u moderních vozidel je snímání okolí. Jak je patrné i z měření spolehlivosti oblečení, kde se došlo k závěru, že svetr z vlny nejhůře odráží vlny radaru a je tak nejméně detekovatelný. Kdežto výzkum společnosti Toyota zaměřený na intenzitu zmačkaného oblečení spíše odrazuje od nošení vyžehleného oblečení. Intenzita odrazu signálu se oproti zmačkanému triku liší až o 40dBsm. Tato diplomová práce řeší i problematiku spotřeby energie asistenčních systémů a jejich řídicích jednotek. Podobnému výzkumu se zabýval Bc. Martin Hyrš, který došel ke stejným závěrům, nicméně v době jeho výzkumu nebyla vozidla na tak vysoké výbavové úrovni a s takovým počtem řídicích jednotek. Rešeršní část práce si dala za cíl vysvětlit, jak probíhají testy s překážkami a jak se udělují bodové hodnocení hvězd na našem kontinentu. Podobnému výzkumu věnoval čas Bc. Martin Hyrš z ČVUT, který došel k podobným výsledkům ohledně kritérií u bodového hodnocení překážek. Jeho závěr je shoduje s mým a to tak, že výběr překážky pro testování je stěžejní a úspory při testování vedou k možným problémům v budoucnu. V praktické části práce jsou dále rozebírány dva příklady sběru datasetů, které přispívají výrobcům vozidel k tvorbě funkčních asistenčních systémů. Jedním z příkladů je asistent parkování, kde sběr dat probíhal na uzavřeném polygonu Škoda Auto. V tomto výzkumu jsme se soustředili na přesnost a funkčnost parkovacího pilota při podélném parkování k obrubníku. Podobným výzkumem se zabýval Markus Heimberger a spol. v roce 2017, kteří ověřovali implementaci počítačového sw pro parkovacího pilota a jeho algoritmy. Jejich test probíhal nicméně na příčném parkování i tak zde můžeme narazit na podobné problémy jako u našeho podélného parkování. Dle jejich zjištění je zásadním parametrem pro kvalitní a rychlou detekci parkovacího místa počet rozpoznávacích zařízení. Ideálním řešením by byl systém lidar, nebo tzv. rybí oko (360 ° kamera). V jejich výzkumu je také odkazováno na přesnost zaparkování jako u našeho, kde sledujeme vzdálenost kola od obrubníku. V jejich případě jde o vzdálenost vozidla od vozidla, kde mají toleranci 10-15cm. U našeho parkovacího pilota je cílová tolerance v menších hodnotách, jelikož max. odchylka je 10cm. [41]

Dalším výzkumem, který odkazuje na moji práci s parkováním, je práce prof. Richard Arnott a jeho kolegy Parker Williams z roku 2017. Ten se zabývá praktičností podélných parkovacích míst, jelikož dle jeho výzkumu jsou tyto místa ve větších městech zdroje dopravních zácp, kdy až 30% vozidel jedoucích po komunikaci hledá parkovací stání a při parkování na toto místo musí zastavit a zacouvat do dané mezery. Nastává tedy otázka, zda takovéto místa ve větších místech vytvářet.

Další studií, na kterou se pan prof. zaměřil, byla očekávaná míra obsazenosti míst. Se vzrůstající mírou obsazenosti míst rostla i doba hledání tohoto místa. Tím se i snižovala šance na nalezení optimálního místa pro náš parkovací systém s jeho požadovanými hodnoty. Celkově tak doba hledání a kroužení vozidla v daném bloku exponenciálně rostla. Jelikož optimální rychlost vozidla při hledání parkovacího místa nesmí přesahovat rychlost 20km/h, je patrné, že tento řidič značně zdržuje vozidla za ním vytváří možnou dopravní zácpy. [42]

## 5. ZÁVĚR

Snahou této diplomové práce bylo doplnit a rozšířit znalosti v oblastí aktivních bezpečnostní prvků a překážek, které se pro jejich testování používají. Těch je v dnešní době nespočet a dokážou dokonale simulovat vozidlo nebo chodce. Zásadními faktory u těchto překážek je finanční, časová náročnost nebo schopnost absorpce nárazu. Z hlediska úspor se často volí překážky, které je možné znovu použít, což v diplomové práci vyhrála překážka EVITA. V práci se také zaměřuji na veškeré normy a nařízení, které v tomto oboru panují. Nejznámějšími jsou ISO a EHK normy, které následně prověřují nezávislé organizace reálnými testy vozidel. Nejznámější v našem regionu je organizace NCAP. Její metodika je podrobně probírána v této práci.

Vývoj v tomto sektoru je extrémně rychlý, a tak diplomová práce je pouze malým dílkem skládačky lidského poznání, která sleduje vývoj těchto zařízení a následně i budoucí směr k autonomnímu řízení. Cílem práce bylo shrnout tyto systémy, vyhodnotit jejich funkci a zohlednit, jak probíhá testování crash testů dle organizací, které se jimi zabývají. Z pohledu energetické a výkonné náročnosti se vozidla stávají pojízdnou elektrárnou, která má výpočetní výkon a odběr energie jako herní počítač.

Z pohledu započatých experimentech a měřeních, které probíhaly, jak na uzavřeném polygonu, tak v reálném provozu je patrné, že je nezbytné posbírat obrovské množství dat z radarů, kamer a senzorů, aby vozidlo jednou bylo schopno převzít řízení za řidiče i na delší vzdálenosti.

V poslední praktické části práce šlo o sběr dat pro radar a jeho přesná funkčnost na rychlostních a dálničních silnicích. Když zohledníme, jakou vzdálenost tyto systémy ušly za posledních 5-10 let, je patrné, že vývoj je opravdu rychlý a pro automobilky je opravdu těžké držet s konkurencí krok. Z hlediska samo říditelných vozů jsme ještě hodně daleko od cíle, ale postupnými kroky se blížíme. V nejbližší době určitě bude možné nevěnovat se řízení a přebírat ho pouze v městských částech, popř. za zhoršených atmosférických podmínek.

Z výše uvedených důvodů je zřejmé, že zkoumaná problematika je velice komplexní. Vypracovaná diplomová práce přidává pouze svůj malý díl do celkového objemu znalostí a je dalším krokem k celkovému porozumění problematice asistenčních systémů a funkce systémů, které mají řidiče nahradit.



## 6. SEZNAM LITERATURY

- [1] VÁŇA, Bc. Tomáš. *Prvky aktivní a pasivní bezpečnosti v Euro NCAP*. B.m., 2016. CZU.
- [2] VLK, František. *Automobilová elektronika 1: asistenční a informační systémy*. 1. vyd. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc, 2006, 269 s. ISBN 80-239-6462-3.
- [3] Mikrovlnný radar Doppler | Návod Drátek. Webový magazín o ARDUINU | Návod Drátek [online]. Dostupné z: <https://navody.dratek.cz/navody-k-produktum/mikrovlnny-radar-doppler.html>
- [4] (PDF) Application of lidar in ultraviolet, visible and infrared ranges for early forest fire detection. ResearchGate | Find and share research [online]. Copyright © [cit. 31.01.2021]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/225728124\\_Application\\_of\\_lidar\\_in\\_ultraviolet\\_visible\\_and\\_infrared\\_ranges\\_for\\_early\\_forest\\_fire\\_detection](https://www.researchgate.net/publication/225728124_Application_of_lidar_in_ultraviolet_visible_and_infrared_ranges_for_early_forest_fire_detection) [5] ZHAO, Junxuan et al. Detection and tracking of pedestrians and vehicles using roadside LiDAR sensors. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2019, roč. 100, s. 68–87. ISSN 0968090X. DOI: 10.1016/j.trc.2019.01.007
- [6] Autor Bc. Tomáš Váňa
- [7] Úvod do techniky CCD čipů. [online]. 2011 [cit. 2020-23-11] Dostupné z: <https://www.gxccd.com/art?id=303&lang=405>
- [8] Vision Systems | Veoneer. Creating Trust in Mobility | Veoneer [online]. Copyright © Copyright Veoneer Inc. All rights reserved. [cit. 22.01.2021]. Dostupné z: <https://www.veoneer.com/en/vision-systems>
- [9] HLAVÁČ, V., SEDLÁČEK M.: Zpracování signálů a obrazů. Vydavatelství ČVUT, PRAHA, 2000, ISBN 80-01-02114-9
- [10] Stránky k výuce informatiky – určené nejen pro studenty Gymnázia Vlašim [online]. Dostupné z: <http://www.ivt.mzf.cz/grafika/priklady-na-vypocet-velikosti-obrazku>
- [11] Research and Implementation of LSD (Line Segment Detector) Algorithm - Programmer Sought. Programmer Sought [online]. Copyright © 2018 [cit. 26.01.2021]. Dostupné z: <https://www.programmersought.com/article/1909351597/>
- [12] Surroundings Monitoring System (Area View) | Volkswagen Newsroom. [online]. Copyright © Volkswagen 2021 [cit. 26.01.2021]. Dostupné z: <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/surroundings-monitoring-system-area-view-3665>
- [13] About ISO. ISO [online]. 2013 [cit. 2020-12-11]. Dostupné z: <http://www.iso.org/iso/home/about.htm>
- [14] ISO 15622. Intelligent transport systems: Adaptive Cruise Control systems — Performance requirements and test procedures. 2. vyd. Switzerland: ISO publishing, 2010.
- [15] ISO 22178. Intelligent transport systems: Low speed following (LSF) systems — Performance requirements and test procedures. 1. vyd. Switzerland: ISO publishing, 2009.
- [16] ISO 15623. Transport information and control systems: Forward vehicle collision warning systems — Performance requirements and test procedures. 1. vyd. Switzerland: ISO publishing, 2002.
- [17] ISO 22179. Intelligent transport systems: Full speed range adaptive cruise control (FSRA) systems — Performance requirements and test procedures. 1. vyd. Switzerland: ISO publishing, 2009.
- [18] Evropská hospodářská komise OSN (EHK OSN). [online]. [cit. 2020-12-15]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/cz/evropska\\_hospodarska\\_komise\\_osn\\_unece](http://www.mzp.cz/cz/evropska_hospodarska_komise_osn_unece)
- [19] Organizace spojených národů. Dohoda o přijetí jednotných technických pravidel pro kolová vozidla, zařízení a části: Příloha 129: Předpis č. 130 – Jednotná ustanovení pro homologaci motorových vozidel z hlediska jejich varovného systému při opuštění jízdního pruhu. In: Elektronická knihovna českých verzí mezinárodně platných technických předpisů pro schvalování silniční. Ženeva: Organizace spojených národů, 2013.
- [20] Organizace spojených národů. Dohoda o přijetí jednotných technických pravidel pro kolová vozidla, zařízení a části: Příloha 130: Předpis č. 131, série změn 01 - Jednotná ustanovení pro homologaci motorových

vozidel z hlediska vyspělých systémů záchranného brzdění (AEBS). In: Elektronická knihovna českých verzí mezinárodně platných technických předpisů. Ženeva: Organizace spojených národů, 2014.

[21] Global NCAP: Promoting Safer Cars [online]. 2014 [cit. 2020-12-06]. Dostupné z: <http://www.globalncap.org/>

[22] Michiel van Ratingen, Aled Williams, Anders Lie, Andre Seeck, Pierre Castaing, Reinhard Kolke, Guido Adriaenssens, Andrew Miller, The European New Car Assessment Programme: A historical review, Chines

Journal of Traumatology, Volume 19, Issue 2, 2016, Pages 63-69, ISSN 1008-1275, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1008127516000110>

[23] Euro NCAP [online]. 2014 [cit. 2020-12-12]. Dostupné z: <http://www.euroncap.com>

[24] European new car assessment programme. Test protocol - AEB systems. Version 1.0. Brussels: Euro NCAP, 2013. Dostupné z: <http://www.euroncap.com/technical/protocols.aspx>

[25] KOMARABATHUNI, Ravi V. Performance Assessment of a 77 GHz Automotive Radar for Various Obstacle Avoidance Application. Ohio, 2011. Diplomová práce. Ohio University. Vedoucí práce Chirs G. Bartone.

[26] Tutusaus, M. "EVALUATION OF AUTOMOTIVE COMMERCIAL RADAR FOR HUMAN DETECTION." (2008).

[27] TUTUSAUS, MARC MIR. EVALUATION OF AUTOMOTIVE COMMERCIAL RADAR FOR HUMAN DETECTION. Helsinki, 2008. Diplomová práce. HELSINKI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY. Vedoucí práce Dr. Sampsa Koponen.

[28] BAS PLUS - Radar System for Accident Avoidance | Mercedes-Benz. [online]. Copyright ©2021 Mercedes [cit. 05.01.2021]. Dostupné z: <https://www.mbusa.com/mercedes/technology/videos/detail/title-safety/videoId-20f758b451127410VgnVCM100000ccec1e35RCRD>

[29] GUASCH, Joaquim Fortuny a Jean Marc CHAREAU. Radar cross section measurements of pedestrian dummies and humans in the 24 / establishment of a reference library of RCS signatures of pedestrian dummies in the automotive radar bands. Luxembourg: Publications Office, 2013 [cit. 2020-11-30]. ISBN 978-927-9282-300.

[30] Toyota Central R&D Labs., Inc. [online]. Copyright © [cit. 15.01.2021]. Dostupné z: [https://www.tytlabs.com/english/review/rev394epdf/e394\\_046yamada.pdf](https://www.tytlabs.com/english/review/rev394epdf/e394_046yamada.pdf)

[31] TREML, Markus, FEGER a Christoph WAGNER. UNIVERSITY LINZ. Radar Cross Section Prediction and Measurement at 77 GHz. 2009.

[32] INTERNATIONAL TELECOMMUNATION UNION. Attenuation by atmospheric gases [online]. Geneva, 2013 [cit. 2021-01-29]. Dostupné z: [https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.676-4-199910-S!!PDF-E.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.676-4-199910-S!!PDF-E.pdf)

[33] Vehicle and Pedestrian Soft Crash Targets. Anthony Best Dynamics [online]. 2014 [cit. 2020-11-30]. Dostupné z: [http://www.abd.uk.com/en/adas\\_soft\\_targets](http://www.abd.uk.com/en/adas_soft_targets)

[34] ERIKSSON, H., J. JACOBSON a J. HÉRARD. Dissemination of Performance Testing Methods for Active Safety Functions in Road Vehicles. In: . First workshop summary [online]. 2011 [cit. 2021-01-15]. Dostupné z: <http://www.activetest.eu/pdf/activetest-111031-d21-final.pdf>

[35] Product Development: AVCASS. AEDESIGN. AEDesign [online]. 2014 [cit. 2020-10-20]. Dostupné z: <http://www.aedesign.com.pk/productDevelopment.html>

[36] EUROPA - TRIMIS | Transport Research and Innovation Monitoring and Information System - European Commission. EUROPA - TRIMIS | Transport Research and Innovation Monitoring and Information System - European Commission [online]. Dostupné z: <https://trimis.ec.europa.eu/>

[37] [online]. Dostupné z: <https://eportal.skoda.vwg/confluence /display/SW/Coding> [cit. 2020-10-20].

[38] [online]. Dostupné z: [https://digipedia.dg.skoda.vwg/pages/viewpage.action?spaceKey=DQTOandlitle\\_testEnyaq\\_Cross](https://digipedia.dg.skoda.vwg/pages/viewpage.action?spaceKey=DQTOandlitle_testEnyaq_Cross) [cit. 2020-10-20].

[39] Bosch Mid Range Radar (MRR) Sensor - System Plus Consulting. Home - System Plus Consulting [online]. Copyright © Copyright 2021 SYSTEM PLUS CONSULTING SARL | Tous droits réservés | [cit. 31.01.2021]. Dostupné z: <https://www.systemplus.fr/reverse-costing-reports/bosch-mid-range-radar-mrr-sensor/>

[40] Velodyne's Guide to Lidar Wavelengths | Velodyne Lidar. Smart Powerful Lidar Solutions | Velodyne Lidar [online]. Copyright © Velodyne Lidar, Inc. 2021 All Rights Reserved [cit. 31.01.2021]. Dostupné z: [https://velodynelidar.com/blog/guide-to-lidar-wavelengths/?utm\\_source=rss&utm\\_medium=rss&utm\\_campaign=guide-to-lidar-wavelengths](https://velodynelidar.com/blog/guide-to-lidar-wavelengths/?utm_source=rss&utm_medium=rss&utm_campaign=guide-to-lidar-wavelengths)

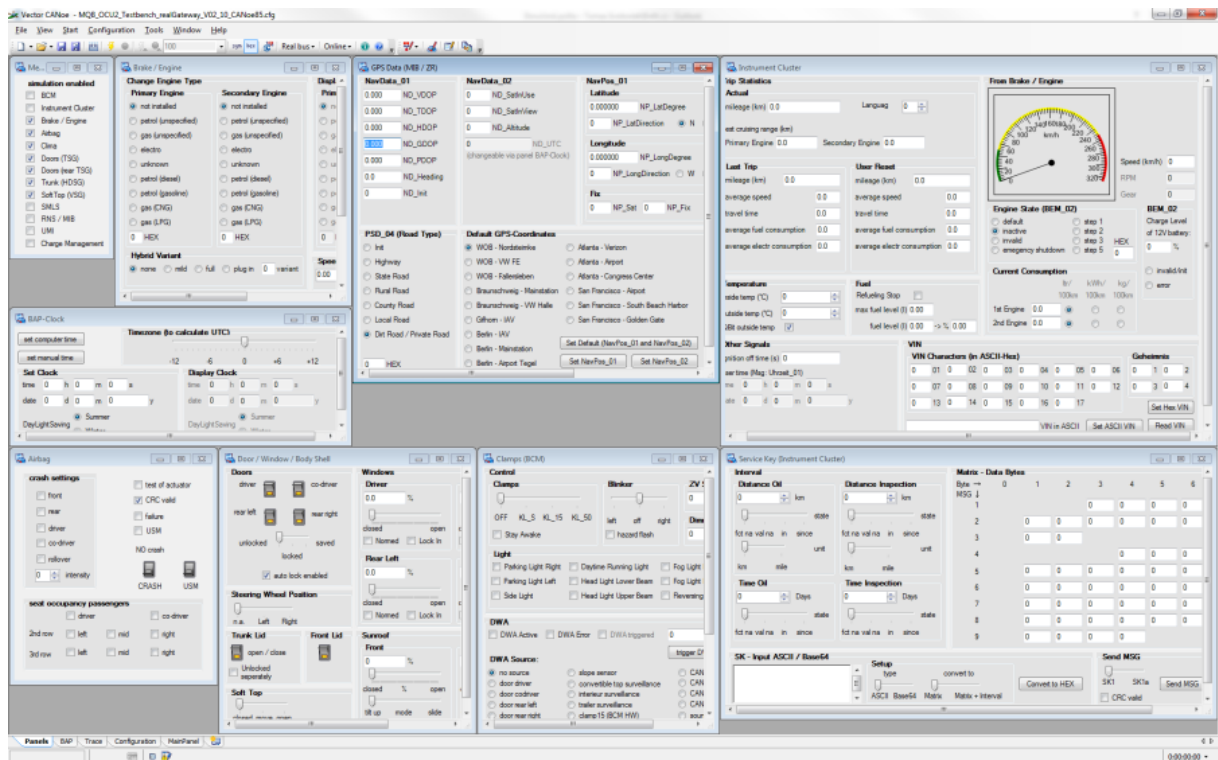
[41] Markus Heimberger, Jonathan Horgan, Ciarán Hughes, John McDonald, Senthil Yogamani, Computer vision in automated parking systems: Design, implementation and challenges, Image and Vision Computing, Volume 68, 2017, Pages 88-101, ISSN 0262-8856, [cit. 01.04.2021]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0262885617301105>

[42] Richard Arnott, Parker Williams, Cruising for parking around a circle, Transportation Research Part B: Methodological, Volume 104, 2017, Pages 357-375, ISSN 0191-2615, [cit. 01.04.2021]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0191261516309882>

## 7. Přílohy



*Příloha č.1. Čtení dat z jednotek ve vozidle pomoci diagnostické hlavy a programu ODIS na vozidle Superb III.*



Příloha č.2. představuje program CANoe, kdy jde o simulační program, kde technik může na stojícím vozidle, popř. pouze na konkrétní jednotce nastavit takové data, jako kdyby se vozidlo pohybovalo. Příkladem jde o nastavení konkrétní rychlosti, otáček, otevření dveří, vybuchlých airbagů, prázdní nádrže apod. Může tedy otestovat detekci nárazu, vybuchlých airbagů a zda vozidlo (gateway) aktivovala OCU jednotku a zkontaktovala pomocí eCall záchrannou službu.