



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

**MODERNÍ BEZPEČNOSTNÍ PRVKY OSOBNÍCH VOZIDEL**

MODERN SECURITY SYSTEMS OF PASSENGER CARS

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Lukáš Benek

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

Ing. Martin Beran

**BRNO 2017**

# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství  
Student: **Lukáš Benek**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení  
Vedoucí práce: **Ing. Martin Beran**  
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Moderní bezpečnostní prvky osobních vozidel

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Hlavním úkolem práce je zpracovat pohled vystihující problematiku bezpečnostních prvků osobních automobilů. Zaměřit se zejména na moderní systémy aktivní a pasivní bezpečnosti. Vysvětlit jejich funkční princip a zhodnotit jejich vliv a význam na ochranu zdraví posádky vozidla, případně dalších účastníků silničního provozu. Naznačit, jakým směrem by se tato oblast mohla vyvíjet v blízké budoucnosti a zejména to, jak se může změnit způsob vnímání osobní dopravy oproti tomu, jak ji známe dnes.

Provést základní výpočetní rozbor sil působících na tělo člověka při nárazu. Porovnání sil působících na člověka při nárazu dokonale tuhého vozidla s vozidlem s nárazem utlumeným deformací karoserie.

### Cíle bakalářské práce:

Vypracovat pohled shrnující problematiku bezpečnostních prvků osobních vozidel.

Pojednat o moderních trendech v oblasti bezpečnostních systémů osobních vozidel pro ochranu cestujících, případně ostatních účastníků silničního provozu.

Popsat princip funkce vybraných systémů aktivní a pasivní bezpečnosti moderního osobního automobilu.

Provést výpočtovou studii sil působících na tělo člověka při nárazu. Porovnat síly působící na tělo člověka při nárazu dokonale tuhého vozidla s vozidlem, kde je náraz utlumen deformací karoserie.

Závěrečné zhodnocení.

### Seznam doporučené literatury:

KASANICKÝ, Gustáv, KOHÚT, Pavol a LUKÁŠIK, Martin. Teória pohybu a rázu pri analýze a simulácii nehodového deja. Bratislava: Bratislavská univerzita, 2001. ISBN 80-7100-597-5.

VLK, František. Automobilová elektronika. Brno: František Vlček, 2006. ISBN 80-239-6462-3.

JAN, Zdeněk a DÁNSKÝ, Bronislav. Automobily (4): Příslušenství. Brno: Avid, spol. s r.o., 2009. ISBN 978-80-87143-08-7.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Václav Pítek, DrSc.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se věnuje problematice aktivních a pasivních prvků bezpečnosti osobních vozidel. Je zde vypracován přehled moderních systémů monitorující okolí vozidla. Dále se práce věnuje změně způsobu osobní přepravy v budoucnosti oproti dnešku. Závěrem je proveden základní zjednodušený výpočetní rozbor nárazu vozidla do tuhé bariéry.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Bezpečnost, elektronické systémy, aktivní prvky, pasivní prvky

## ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the issue of active and passive elements of personal vehicle safety. It contains an overview of modern systems monitoring vehicle's surroundings. Further, the thesis deals with the change of the way of personal transport in the future compared to nowadays. At the end, a basic simplified computational analysis is performed on the collision of a vehicle to a rigid barrier.

## KEYWORDS

Safety, electronic systems, active safety features, passive safety features

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Břenek, L. *Moderní bezpečnostní prvky osobních vozidel*. Brno, 2017. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství, 2017. 41s. Vedoucí diplomové práce Martin Beran

## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Martina Berana a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 26. května 2017

.....

Lukáš Břenek

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu této práce Ing. Martinu Beranovi za jeho shovívavost a zajímavé poznatky o tématu.

## OBSAH

Úvod .....	10
1 Bezpečnost silničního provozu .....	11
2 Aktivní bezpečnost .....	12
2.1 Asistenční systémy pro bezpečnou jízdu vozidla .....	12
2.1.1 Protiblokovací systém ABS .....	12
2.1.2 Protiprokluzový systém ASR .....	13
2.1.3 Elektronická stabilizace jízdy ESP .....	14
2.1.4 Elektronická uzávěrka diferenciálu EDS .....	15
2.1.5 Multikolizní brzda MCB .....	16
2.2 Asistenční systémy podporující řidiče .....	16
2.2.1 Adaptivní světlomety AFL .....	17
2.2.2 Tempomat CC, ACC .....	18
2.2.3 Varování při vybočení z jízdního pruhu LDW .....	18
2.2.4 Hlídkání mrtvého úhlu BLIS .....	20
2.2.5 Systém detekce chodců .....	20
2.2.6 Head-up displej HUD .....	21
2.2.7 Kontrola řidiče DAC .....	23
2.2.8 Systém detekující řidičův stav DADSS .....	24
3 Pasivní bezpečnost .....	25
3.1 Karoserie .....	25
3.1.1 Deformační část .....	25
3.1.2 Prostor pro posádku .....	26
3.2 Aktivní opěrka hlavy .....	26
3.3 Whips .....	26
3.4 Aktivní přední kapota .....	27
3.5 Snímání možnosti převrácení a bočního nárazu .....	28
3.6 eCall .....	28
4 Budoucnost provozu .....	30
4.1 Autonomní řízení .....	30
4.2 Vehicle-to-Vehicle .....	30
5 Výpočtová studie .....	32
5.1 Vozidlo s tuhou karoserií .....	32
5.1.1 Kinetická energie vozidla $E_k$ .....	32
5.1.2 Zpomalení vozidla $a_1$ .....	33
5.1.3 Setrvačná síla působící na tělo člověka $F_1$ .....	33



---

5.2	Vozidlo s deformací karoserie .....	33
5.2.1	Zpomalení vozidla $a_2$ .....	33
5.2.2	Deformace karoserie $x$ .....	34
5.2.3	Energie pohlcená deformací $E_p$ .....	34
5.2.4	Celková energie vozidla při nárazu $E_c$ .....	34
5.2.5	Setrvačná síla působící na tělo člověka $F_2$ .....	34
5.3	Zhodnocení .....	34
Závěr	.....	36
Seznam použitých zkratk a symbolů	.....	41

## ÚVOD

Od roku 1885, kdy Karl Benz vyrobil svůj první automobil, přes začátek masové produkce kolem roku 1930, se technologie posunula obrovským krokem dopředu. Tímto vývojem prošly i systémy pro zachování maximální bezpečnosti všech účastníků silničního provozu od řidiče vozidla až po chodce. Tehdy se totiž nekladly velké nároky na bezpečnost, ale spíše na vývoj motorů, karoserie a jiných základních prvků. Vždyť první sériově vyráběné vozy, se základní bezpečnostní výbavou v podobě tříbodového pásu a airbagů, vyjely až v roce 1959, resp. 1972.

Není proto divu, že v současnosti hlavním požadavkem budoucího majitele vozu nebývá hodnota výkonu, nebo zrychlení, ale právě fakt, jestli vozidlo dokáže co nejvíce ochránit veškeré účastníky silničního provozu. Vždyť nehody, které zahrnují vozidlo, jsou stále hlavní příčinou úmrtí související se zraněním. Různé analýzy a statistiky dokazují, že až devadesát procent havárií motorových vozidel je způsobeno lidskou chybou. Z toho plyne, že budoucnost provozu bude záležet hlavně na technologii, která se toto číslo bude snažit redukovat. Jejím cílem je zejména předcházení nehodám. Například automobilka Volvo, jejíž vozy jsou pravděpodobně nejbezpečnějšími na světě, si dává za úkol vymýtit dopravní nehody ze silnic do roku 2020.

# 1 BEZPEČNOST SILNIČNÍHO PROVOZU

Bezpečnost silničního provozu se dělí do 4 kategorií: člověk, vozidlo, silnice, lékařské ošetření. Tato práce se zaměřuje zejména na kategorii vozidlo. Ta se dá dále dělit na provozní a mimoprovazní bezpečnost. A právě mezi provozní bezpečnost můžeme zařadit prvky aktivní a pasivní bezpečnosti.[1]

Aktivní bezpečnost se skládá z prvků, jež se snaží zamezit kolizi. To se snaží zařídit spousta kamer, radarů a senzorů umístěných na autě. Prvky pasivní bezpečnosti pak mají za úkol co nejvíce minimalizovat riziko poranění posádky vozidla, případně dalších účastníků silničního provozu, pokud dojde k nehodě vozidla.[1]



Obr. 1 Bezpečnost silničního provozu[1]

## 2 AKTIVNÍ BEZPEČNOST

Aktivní bezpečnost vozidla zajišťují zejména asistenční systémy řidiče (DAS), a to jak výstražné, tak i aktivně zasahující do řízení. Základem mnoha těchto systémů je elektronické sledování okolí vozidla. To znamená, že auta jsou vybavena snímači a systémy, které hlídají jeho okolí a poskytují o něm informace. Obecně lze o aktivní bezpečnosti říci, že jsou to takové prvky a systémy, které se snaží zabránit nehodám.[4,5]

Asistenční systémy aktivní bezpečnosti můžeme rozdělit do dvou skupin:

- Asistenční systémy pro bezpečnou jízdu vozidla;
- Asistenční systémy podporující řidiče.

Některé asistenční systémy jsou rozšířeny ve všech cenových třídách vozidel, a to z důvodu významného vlivu na bezpečnost provozu. Asistenční systémy, které zvyšují jízdní bezpečnost za přítomnosti drahých snímačů a elektroniky se vyskytují zejména u vozidel vyšších tříd.[4,5]

### 2.1 ASISTENČNÍ SYSTÉMY PRO BEZPEČNOU JÍZDU VOZIDLA

V případě nutnosti tyto systémy působí přímo bez možnosti zabránění jejich aktivace řidičem. Působí v pozadí tak, že řidič jejich účinky považuje za normální, anebo je vůbec nepoznává. Systémy pro bezpečnou jízdu vozidla musejí pracovat rychle a precizně, proto jsou řízeny mikro počítači.[4,5]

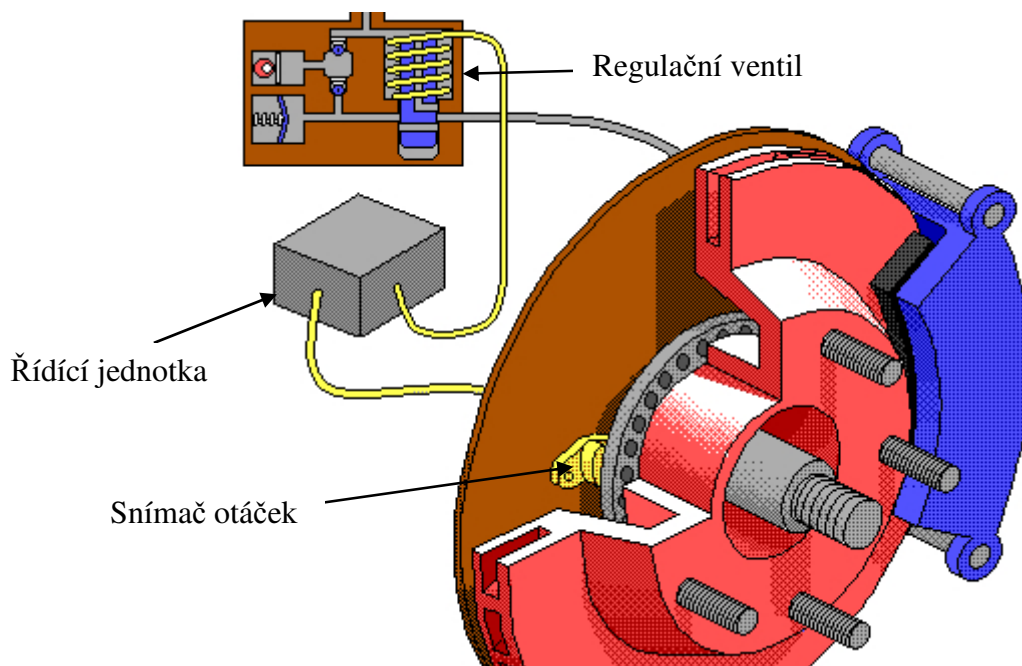
#### 2.1.1 PROTIBLOKOVACÍ SYSTÉM ABS

Největší brzdná síla mezi pneumatikou a povrchem vozovky je přenášena na mezi adheze. Po překročení této hranice prudce klesá. Úkolem systému ABS je proto zabezpečit, aby při plném brzděném účinku nedošlo k zablokování kol (čili ztrátě trakce) a v důsledku toho ztráty kontroly nad ovládáním vozidla. ABS tak zaručuje maximální brzdňý účinek při většině podmínek.[6]

Systém se skládá ze snímače otáček kol, hydraulické pumpy (jednotky), ventilů a elektronické řídicí jednotky. Celé to funguje na jednoduchém principu – zároveň s kolem se na poloose otáčí i ozubené kolo, na základě kterého se v indukčním snímači generuje napětí. Toto měnící se napětí (informace o rychlosti) je posílané do řídicí jednotky, která vyhodnotí, zda se některé z kol neotáčí výrazně pomaleji než ostatní. To by znamenalo, že je zablokované (ztrácí trakci). V takovémto případě se pomocí hydraulické jednotky sníží brzdňý tlak, dokud se kolo neuvolní. Tímto se nouzové brzdění přibližuje ideálu na hranici adheze. Tento děj se

periodicky opakuje (až několikrát za vteřinu) a to až do minimální rychlosti, většinou 4 km/h, kdy se systém ABS sám odpojuje. Aby mohl snížený tlak nabýt zpět požadované hodnoty, systém využívá hydraulické pumpy.[6,13]

Během funkce ABS dostává řidič vozidla zpětnou vazbu tzv. „kopáním“ od brzdového pedálu. V současnosti dostávají upozornění také řidiči, jedoucí za nouzově brzdícím vozidlem a to v podobě rychle blikajících brzdových a výstražných světel. [13]



Obr. 2 Základní části systému ABS [13]

### 2.1.2 PROTIPROKLUZOVÝ SYSTÉM ASR

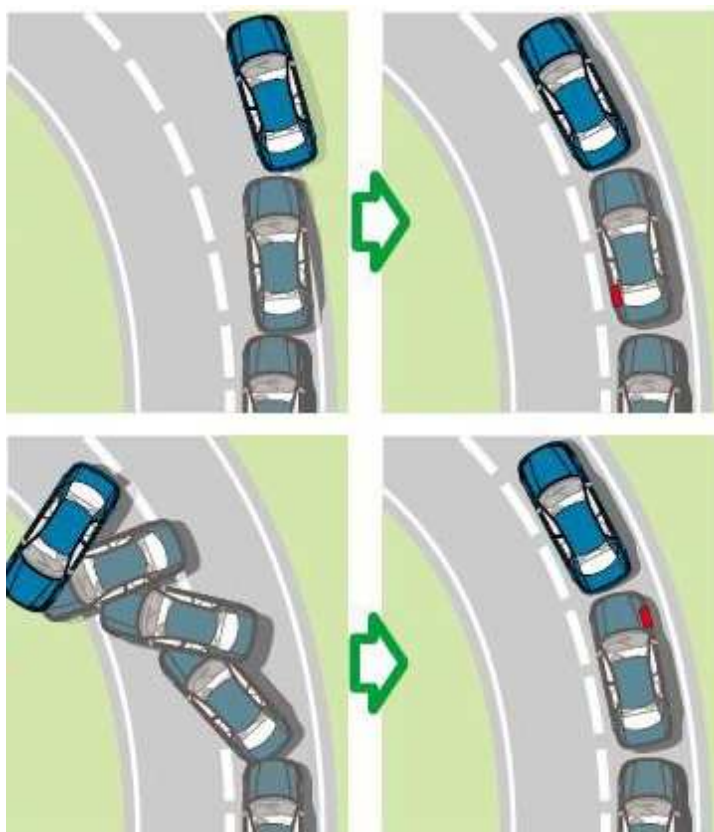
Jedním z dalších pomocníků při řízení je protiprokluzový systém. Má podobný význam jako ABS - zamezit prokluzování kol a udržení co nejlepší trakce. Rozdíl je však v tom, že se o to pokouší při jízdě, resp. akceleraci. Pro zabránění nežádoucího prokluzu využívá části systému ABS - brzděním jednotlivých kol zamezuje tomu, aby se přenášel výkon na kolo, které nemá trakci. Dokáže si vypomoci i redukováním výkonu motoru (ubírání plynu, přísunu paliva).

Někdy je však tato funkce kontraproduktivní, např. při pohybu v hlubším sněhu. Novější systémy si dopomáhají snímačem akcelerace, náklonu, atd. a jsou schopny pomoci i v tomto případě. Dále dokáží rozdělit krouticí moment mezi kola v situaci, kdy jedno je na kluzkém povrchu a jedno na pevném. Dobré by bylo mít možnost tento systém vypnout, ale tato postupně z aut mizí. [5,6]

### 2.1.3 ELEKTRONICKÁ STABILIZACE JÍZDY ESP

Tento systém má pomoci řidiči zabránit vzniku smyku, případně pomoci s jeho vyrovnáním. ESP vyhodnocuje stav jízdní stability 30x častěji než řidič a s využitím jízdních vlastností až na samé hraně fyzikálních zákonů tak může okamžitě zasáhnout.[7]

Princip systému je založen na dvou typech snímačů, které zjišťují, kam řidič vozidlo směřuje a kam vozidlo skutečně jede. Pokud se tyto hodnoty liší, řídicí jednotka vyhodnotí situaci jako kritickou a zasáhne. Nejčastěji se se zásahem systému do řízení setkáváme u smyku (nedotáčivost a přetáčivost). Nedotáčivost se projevuje neochotou vozidla zatočit při smyku přední nápravy. Pro vyrovnání auta ESP sníží tah motoru a poté přibrzdí zadní kolo na vnitřní straně zatáčky. U přetáčivosti je ve smyku zadní náprava, kde se zadní část vozidla snaží dostat před přední. ESP tentokrát přibrzdí přední kolo na vnější straně zatáčky, případně krátkodobě přidá plyn.[6,7]



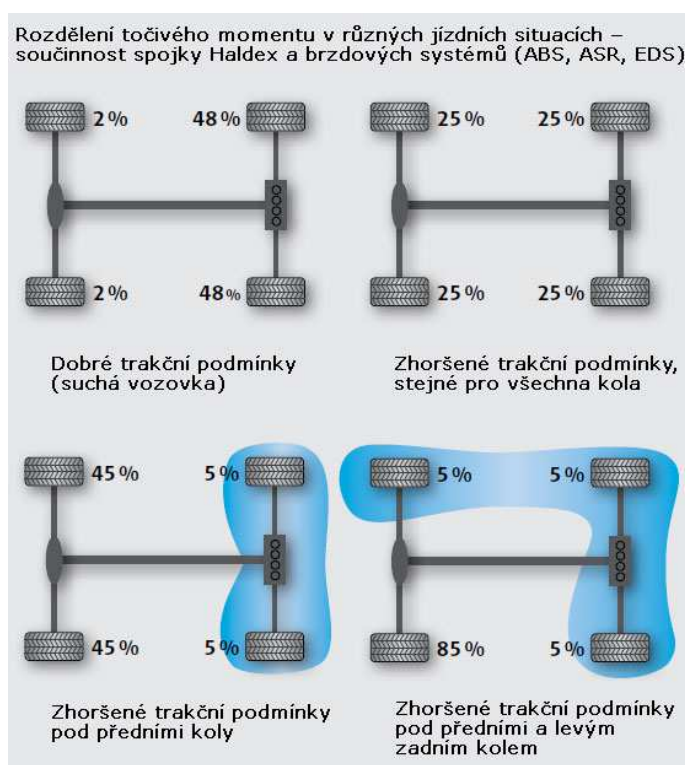
Obr. 3 Funkce ESP při nedotáčivosti (nahore) a přetáčivosti (dole) [14]

Nejnovější generace systému také udržují brzdové kotouče a obložení v suchu a čistotě, aby byly schopny podávat okamžitý plný brzdící výkon. Pokud během deště řidič po delší dobu nesešlápne brzdový pedál, brzdové destičky se v naprogramovaných intervalech samy zlehka přitlačí ke kotoučům, čímž se vysuší.[7,8]

### 2.1.4 ELEKTRONICKÁ UZÁVĚRKA DIFERENCIÁLU EDS

Dalším prvkem, který pomáhá udržet nezbytnou stabilizaci vozidla na silnici je elektronická uzávěrka diferenciálu. Tento systém řidič využije nejvíce v zimním období při rozjezdu s jedním kolem na zasněženém povrchu a při jízdě po silnici se špatnou adhezí. Opět zde dochází ke spolupráci se systémem ABS.

Obecně diferenciál rozděljuje hnací moment v poměru 50:50 na hnaná kola. Pokud však jedno z kol není schopno přenést hnací moment na vozovku, sníží se velikost přenášeného momentu na obou kolech současně. Jestliže dojde k překročení hranice přilnavosti na jednom kole, začne se protáčet a přenáší menší krouticí moment, který může v závislosti na adhezních podmínkách dojít až k nule. To znamená, že ani kolo na dobrém povrchu nemůže přenášet sílu a rozjet vozidlo. Tady nastupuje systém elektronické uzávěrky diferenciálu. Řídicí jednotka EDS začne přibrzďovat protáčeující se kolo, čímž vyvolá brzdový moment, který je opačný k hnacímu momentu a tudíž dorovná momentový poměr na nápravě. V této chvíli je pak kolo na povrchu s vyšší adhezí schopné přenášet sílu na vozovku a nedochází k prokluzu[12]



Obr. 4 Rozdělení točivého momentu při různé adhezii [14]

### 2.1.5 MULTIKOLIZNÍ BRZDA MCB

Je to prvek ochrany, který používá brzdy k zabránění nebo zmírnění následného nárazu, jestliže bylo vozidlo součástí kolize. Pokud je v reakci na primární srážku aktivován airbag, je tato informace zaslána elektronickému systému řízení stability (ESC) aby vozidlo brzdil. Když je brzdový systém dostatečně funkční pro bezpečné a účinné brzdění, je vozidlo automaticky zpomalováno na rychlost 10 km/h zrychlením zhruba  $-6\text{m/s}^2$  proto, aby další náraz, např. do protijedoucího vozidla, byl přinejmenším méně závažný. Během brzdění se rozblíkají výstražná a brzdová světla, po zastavení vozidla výstražná světla blikají až do vypnutí. V případě vážné primární srážky, nebude pravděpodobně řidič schopen ovládat vozidlo a multikolizní brzda tak působí autonomně. Nicméně pokud je řidič schopen a usoudí, že brzdění by bylo po nárazu nebezpečné, může být funkce brzdy potlačena sešlápnutím plynového pedálu. Podle odhadů by stoprocentní nasazení tohoto prvku v Evropě snížilo počet smrtelných úrazů o 8%. [11]



Obr. 5 Zastavení vozidla po nárazu pomocí MCB [16]

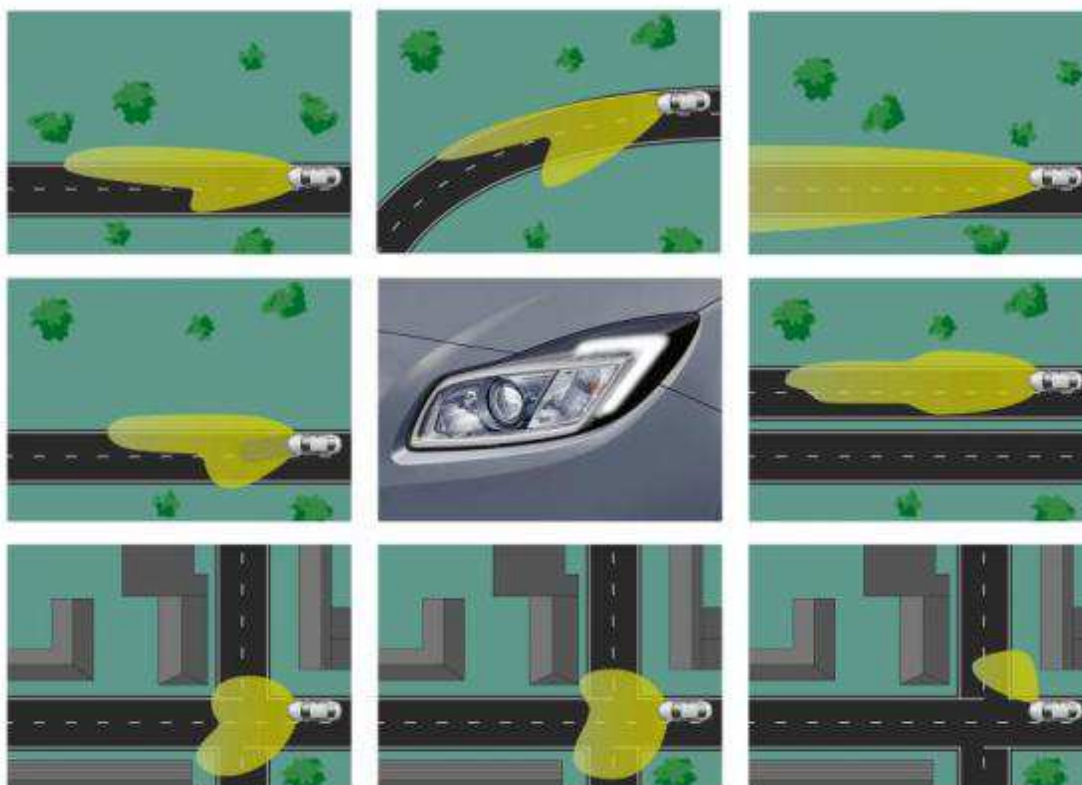
## 2.2 ASISTENČNÍ SYSTÉMY PODPORUJÍCÍ ŘIDIČE

Pomáhají řidiči informováním o aktuální situaci a varují před nebezpečím. Na základě těchto informací řidič získává větší přehled a může se lépe rozhodnout. Tyto podpůrné systémy si může řidič nastavovat podle individuální potřeby. [4,5]



### 2.2.1 ADAPTIVNÍ SVĚTLOMETY AFL

Bezpečnost silničního provozu se řídí heslem „vidět a být viděn“. Funkci „vidět“ plní světlomety nové generace, které mění své vlastnosti podle jízdních podmínek. Např. na dálnici je při vyšších rychlostech důležité, aby paprsek osvětloval vozovku dále před vozem, než při pomalejší jízdě. Velká pozornost se klade na osvětlení vozovky a okolí při jízdě městem. Tady je třeba eliminovat tzv. „slepá“ místa, ležící bokem ke směru jízdy, např. okolí přechodu při odbočování apod. Také při jízdě do zatáčky tento systém pomáhá ke zlepšení viditelnosti. Při nižších rychlostech se naklápí pouze vnitřní světlomet, vnější svítí přímo. Při vyšších rychlostech se v závislosti na poloze volantu natačí oba světlomety a osvětlují tak místo na vozovce, kde se auto ocitne zhruba za tři sekundy. Další možností je tzv. přídatný světlomet, který je umístěn buď v tělese hlavního světlometu, nebo je součástí mlhového světla. Při použití dálkových světel je čidlo schopno detekovat protijedoucí auto a světla ztlumit. Problém však nastává, pokud se auta k sobě blíží přes horizont. Řidič vozidla bez automatických světel vidí, že se z druhé strany kopce blíží auto a dálková světla sám vypíná. Ovšem automat z druhé strany toto nerozpozná a dochází tak k nepříjemnému ozáření řidiče protijedoucího vozidla při vyjetí na vrchol kopce. V budoucnu bude tento elektromechanický systém zvládat své funkce mnohem lépe po propojení se satelitními navigačními systémy i za pomoci komunikace mezi vozidly.[1,2]



Obr. 6 Ukázka osvětlení při různých situacích (Opel)[17]

### 2.2.2 TEMPOMAT CC, ACC

Tempomat je zařízení, které umožňuje nastavení a automatické udržování nastavené rychlosti. Veškeré ovládání, které je velmi jednoduché, je buď na volantu, nebo na páčce pod volantem v závislosti na typu značky auta. Řidič jednoduše pomocí tlačítek zvolí rychlost a automatika ji pak udržuje, nehledě na to, zda auto jede z kopce či do kopce. Pokud je automobil vybaven automatickou převodovkou, může při jízdě do kopce dojít i k podřazení. Tempomat se vypíná dotykem brzdy, tlačítkem, či u aut s manuální převodovkou i sešlápnutím spojky.[10]

Rozšířením klasického tempomatu je tzv. adaptivní tempomat, který se dokáže přizpůsobit změnám v okolí jedoucího vozidla. Pomocí mikrovlnného, nebo laserového radaru monitoruje situaci před vozidlem a vyhodnocuje rychlost překážky. Ve většině případů je to pomaleji jedoucí vozidlo. Na základě zjištěných údajů o rychlosti dokáže adaptivní tempomat sám bez zásahu řidiče zpomalit a udržovat stejnou rychlost jako má pomalé vozidlo. Ve vzdálenosti od tohoto vozidla, kterou si řidič může nastavit, pak tuto rychlost udržuje až do chvíle, kdy vpředu jedoucí vozidlo odbočí, či zrychlí. Poté vozidlo zrychlí na řidičem původně nastavenou rychlost.[10,25]

Dalším vylepšením je systém ACC Plus. Dokáže auto plně zastavit a poté, se svolením řidiče, i rozjet. Pracuje i ve velmi nízkých rychlostech (např. v koloně), kde také často dochází k drobným nehodám. U některých typů aut si může řidič navolit program na udržování odstupu od vpředu jedoucího vozidla. Sport – malý odstup, po uvolnění cesty dynamické zrychlení na cestovní rychlost, další programy umožňují plynulou jízdu v kolonách, cestu po venkovských silnicích, nebo jízdu s přívěsem. [10,25]

Pokud systém vyhodnotí, že se překážka před vozidlem přibližuje příliš rychle a může dojít k nárazu, tak upozorní řidiče (zvukově, opticky), připraví brzdy na prudké brzdění, přitáhne opěrky hlavy a poté začne i sám zpomalovat. Systém nemusí rozpoznat motocykly, nebo jiná malá vozidla, nereaguje ani na auta v protisměru. Sám se vypíná u většiny vozidel při přesáhnutí rychlosti 180km/h.[10,25]

### 2.2.3 VAROVÁNÍ PŘI VYBOČENÍ Z JÍZDNÍHO PRUHU LDW

Systém LDW upozorňuje řidiče, pokud auto přejíždí z průběžného jízdního pruhu do jiného bez použití indikačních světel. Toto je základní myšlenka, kterou však následuje už několik verzí této technologie. Všechny ale spojuje použití nízkonákladové kamery připevněné na čelním skle v blízkosti zpětného zrcátka, která nepřetržitě monitoruje plné i přerušované značení jízdních pruhů na silnici před vozidlem. Pokročilé systémy monitorují situaci i na bočních stranách vozidla.[26]

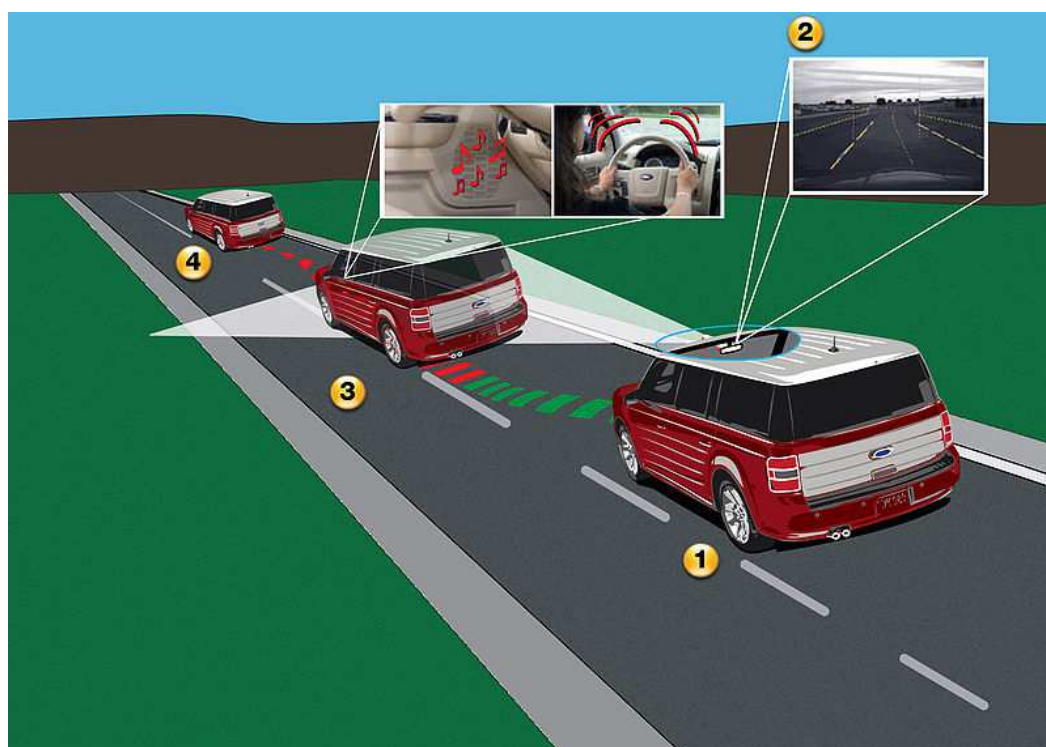
V současnosti jsou k dispozici tři hlavní formy varování při vybočení z jízdního pruhu:

LDW – tato konfigurace se stará pouze o upozornění řidiče (vibrování volantu, či sedadla), pokud nechá auto přejet přes značení. Tudiž je pouze na řidiči, aby své vozidlo uvedl zpět do jízdního pruhu. Systém nefunguje, pokud jsou špatné viditelnostní podmínky, pokud cesta nemá žádné značení, nebo už je značně vybledlé.

LKA – pokud je auto vybaveno asistentem pro udržení se v jízdním pruhu, je schopno strhnout řízení zpět od značení. Řidič poté musí ustálit pohyb vozidla v jízdním pruhu.

LCA – jedná se zatím o nejnovější a nejlepší proaktivní systém, který se sám snaží udržet auto v mezích jízdního pruhu. Nesmí se zapomínat na to, že tento systém lze překonat vlastní silou při zatočení volantem.[26]

U naprosté většiny aut je nastaven tak, aby začal fungovat až při rychlostech od 45 km/h. To se hodí zejména při jízdě v kolonách, či popojíždění ve městech, kdy je varování nežádoucí. Pokud je vůz vybaven adaptivním tempomatem a systémem LCA, je to základ k tzv. autonomnímu řízení.[26]



Obr. 7 Ukázka funkce systému LDW[18]

### 2.2.4 HLÍDÁNÍ MRTVÉHO ÚHLU BLIS

Výrobci aut se snaží, aby měl řidič co možná nejlepší rozhled ze svého místa na dění kolem vozidla. I přesto je tu ale místo v zorném poli řidiče tzv. mrtvý úhel, kam řidič i s pomocí zpětných zrcátek nevidí. Právě toto místo sleduje systém BLIS, který upozorňuje řidiče na výskyt okolních vozidel. Oblasti mrtvých úhlů sledují dvě kamery, umístěné pod bočním zrcátkem. Pokud kamery detekují pohybující se vozidla v oblasti řidičova mrtvého úhlu, rozsvítí se varovná kontrolka v příslušném zrcátku. Když se v tomto případě řidič rozhodne použít indikátor odbočení na stranu, ve kterém se pohybuje vozidlo v mrtvém úhlu, kontrolka se rozbliká, čímž ještě více přitáhne řidičovu pozornost na přibližující se nebezpečí. [27,28]

Součástí informačního systému o mrtvém úhlu mohou být i radarové senzory či kamery umístěny v rozích předního i zadního nárazníku. Tato skutečnost se hodí zejména při vyjíždění z parkovacího místa. Pokud je vozidlo zaparkováno svísele, řidič často nevidí přes vedle stojící auta na cestu, na kterou chce vyjet. Proto kamery (senzory) detekují situaci na cestě a řidiči pomocí obrazu, nebo zvuku tuto informaci přenášejí.[27,28]



Obr. 8 Systém BLIS v praxi[19]

### 2.2.5 SYSTÉM DETEKCE CHODCŮ

Nebezpečím pro řidiče pohybujícího se vozidla po městě jsou všudypřítomní chodci a cyklisté. Ti nezodpovědní mohou vběhnout do cesty, aniž by dávali pozor na jedoucí auta. Řidič má v té chvíli pouze krátkou chvíli na to, aby zareagoval, a to i při nízkých rychlostech. Automobilky, zejména Volvo, se tedy snaží předejít těmto zbytečným srážkám inovativní funkcí detekce chodců. Ta používá radar a kameru s vysokým rozlišením pro snímání vozovky před autem. Pokud systém vyhodnotí, že dojde ke střetu, nejprve řidiče varuje

akustickým signálem společně s blikajícím světlem v head-up displeji a současně připraví brzdy na plné brzdění. Pokud řidič nereaguje, nové systémy jsou schopny automaticky zahájit brzdění. Podle švédské automobilky může tato funkce zcela zabránit kolizím s chodci do rychlosti 35km/h. Pokročilejší systémy se v dalších letech budou schopny samy vyhnout v případě, že brzdná dráha nebude dostatečně dlouhá.[29,30]



Obr. 9 Detekce chodců a varovné světlo v head-up displeji (Volvo)[20]

### 2.2.6 HEAD-UP DISPLEJ HUD

Další součástí bezpečnosti na cestách je fakt, že řidič by se měl neustále koncentrovat na jízdu, tudíž i na situaci před vozidlem. Jenže ve světě dotykových obrazovek na středovém panelu a chytrých telefonů to není tak jednoduché. Řidič snadno sklouzne pohledem na tato elektronická zařízení a ztratí tím svou pozornost upřenou na silnici. Zabránit této skutečnosti se snaží tzv. head-up displej neboli HUD. Tento zobrazovač virtuálního obrazu může snížit dobu, kterou řidič za jízdy stráví kontrolováním navigace, mobilního telefonu, či rádia.[22]

Jednoduše řečeno, HUD je digitální průhledný obraz, který je promítán na čelní sklo automobilu a zobrazuje řidičem navolené informace z navigace či palubní desky. To může zahrnovat aktuální rychlost, otáčky motoru až po různé měřiče teploty a nastavení tempomatu. Slouží také k varování řidiče před vybočením z pruhu, nebo nutností okamžitého brzdění. Myšlenkou tohoto bezpečnostního prvku je to, že zobrazení těchto dat je v místech, kam by se měl řidič dívat na vozovku před sebou. Virtuální obrázek obsahující informace se objeví na čelním skle zhruba dva metry před řidičem, 15-20 centimetrů nad přístrojovou deskou.[22]



Obr. 10 Umístění HUD na čelním skle (BMW)[21]

V současnosti je několik možností, jak vytvořit virtuální obraz na čelním skle. Pokud má auto tento prvek zabudovaný, jeho princip je jednoduchý. Uvnitř přístrojové desky je umístěn silný světelný zdroj, který přes průhledný TFT displej a speciálně tvarovaná zrcadla přenáší obraz na čelní sklo, které má v této chvíli úlohu projekční plochy. Do čelního skla je vložena tenká folie, která zajišťuje, aby se obrazy nepřekrývaly a byly ostré. Výhodou zabudovaných displejů je přenášení informací o autě v reálném čase bez nutnosti asistence GPS, která pracuje se zpožděním.[22]

Další možností je stažení HUD aplikace do chytrého telefonu, který pak po položení na přístrojovou desku promítá obrácený obraz rychlosti a navigace na čelní sklo. Nutností je ale spolupráce s GPS v mobilu a tudíž nepřesné informace spojené s malým zpožděním. Výhodou je však bezplatné stažení a následující aktualizace.[22]



Obr. 11 Zobrazení informací pomocí telefonu[22]

Třetím a zároveň nejnovějším zobrazovačem virtuálního obrazu je tzv. samostatná jednotka HUD. Ta je položena na přístrojové desce a pomocí vlastní GPS, nebo po propojení s mobilem, získává a poté promítá žádané informace. Velký rozdíl oproti mobilu je v tom, že se můžou zobrazit hovory nebo přijaté zprávy, které se dají přijmout pouhou gestikulací. Řidič tedy koncentruje svojí pozornost na cestu a bez nutnosti odvrácení pohledu se může dozvědět obsah přijaté zprávy. Tato technologie se ovšem pořád zdokonaluje, a i když je dostupná na trhu už nyní, ne vždy funguje tak, jak má.[22]

### 2.2.7 KONTROLA ŘIDIČE DAC

Až 90% všech nehod způsobují unavení a nepozorní řidiči. Tyto nehody mají tendenci být obzvláště závažné, protože ospalý nebo nepozorný řidič nemá šanci zareagovat. Proto je nutné, aby byl řidič odpočatý a věnoval se řízení. Jeho chování monitoruje právě systém DAC. Pozoruje například nepravidelné pohyby volantu a odchýlení od jízdních pruhů, zde spolupracuje se systémem LDW. Dokáže také rozpoznat situaci, kdy se řidič příliš věnuje svému telefonu nebo dětem na zadních sedadlech. Pokud se vozidlo pohybuje nad rychlostí 40 km/h, průběžně vyhodnocuje také řidičovu reakci na dopravní signály (semaforey, značky). Jestliže vyhodnotí, že řidič začíná ztrácet koncentraci a potřebuje přestávku, upozorní jej přes zobrazení na displeji a varovným zvukovým signálem. Systém je dokonce schopen řidičovu únavu vyhodnotit na pětiškálové stupnici. U různých výrobců aut se také můžeme setkat s opětovným upozorněním v rozsahu několika minut.[31]



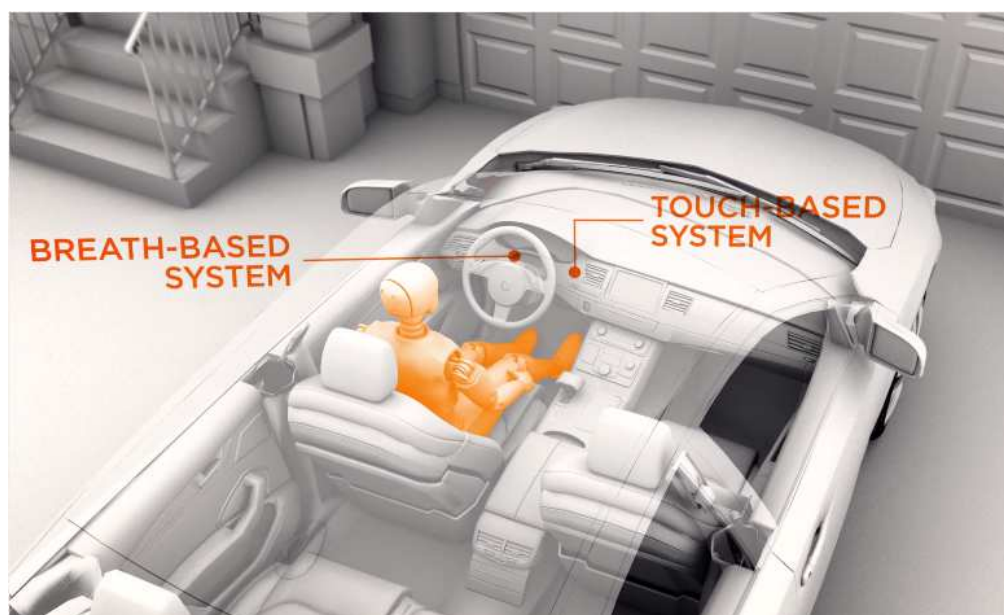
Obr. 12 Zobrazení doporučení na přestávku[23]

### 2.2.8 SYSTÉM DETEKUJÍCÍ ŘIDIČŮV STAV DADSS

Další velkou část nehod na silnicích způsobují opilí řidiči. Je tedy na snaze zabránit těmto řidičům vůbec rozjet vozidlo. O to se snaží právě systém detekující stav alkoholu v těle řidiče. Spousta řidičů je sice vybavena ručním přenosným alkohol testerem, ale málo z nich si preventivně po požití alkoholu zkontroluje svůj stav. Tomuto problému se bude snažit zamezit technologie, která kontroluje řidičův stav před nastartováním vozidla.[24]

První možností je kontrola dechu. Systém nasává vydechaný dech řidiče do senzoru, který měří koncentraci alkoholu a oxidu uhličitého. Znamé množství oxidu uhličitého v lidském dechu slouží jako indikátor stupně zředění koncentrace alkoholu ve vydechaném vzduchu. Primárním umístěním tohoto systému je volant. Avšak po studiích proudění dechu od případných cestujících v kabině se toto umístění může měnit. Alternativou jsou dveře řidiče nebo sloupek řízení. Dalším zvažovaným přístupem je strategické umístění více senzorů po kabině vozidla. Senzor si musí být jist, že se jedná o dech řidiče, nikoliv cestujícího.[24]

Druhou variantou, jak zamezit řízení vozidla opilému řidiči, je dotykový systém. Ten využívá spektroskopii k měření alkoholu v tkáni a analyzuje alkohol nalezený pod povrchem kůže (přesněji v kapilárách). K měření dochází pomocí infračerveného světla, které ozáří kůži řidiče a pohybuje se do tkáně. Část světla se poté odráží zpět na povrch pokožky, kde se shromažďuje pomocí dotykové podložky. Toto světlo obsahuje informace o chemických vlastnostech pokožky, včetně koncentrace alkoholu. Dotyková deska je instalována na místě, kde se může vyskytnout přirozený řidičův dotyk (tlačítko nastartování vozidla, řadicí páka) a může tak zabránit jízdě pod vlivem alkoholu, zatímco bude pro řidiče neviditelná.[24]



Obr. 13 Umístění senzorů; vlevo na dech, vpravo na dotyk[24]



### 3 PASIVNÍ BEZPEČNOST

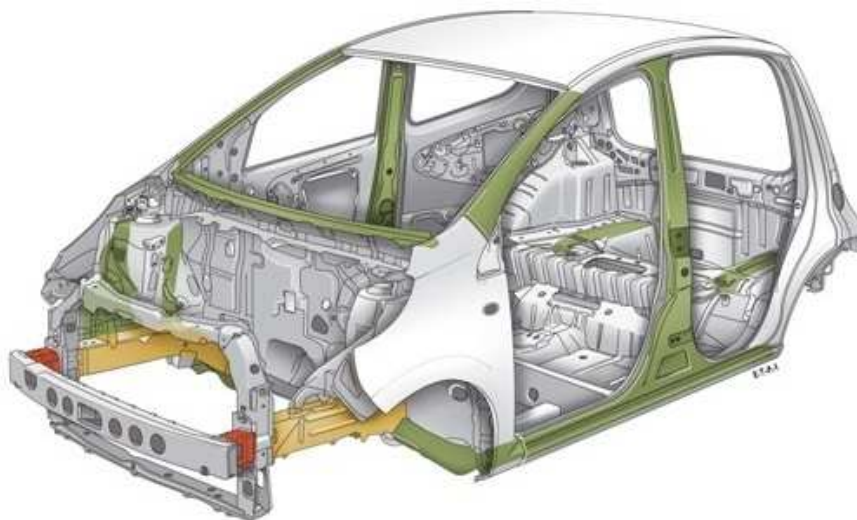
Pasivní bezpečnost vozidla je souhrn konstrukčních opatření, která mají za úkol ochranu jak cestujících ve vozidle, tak i všech dalších účastníků silničního provozu před poraněním. Nastupuje ve chvíli, kdy prvky aktivní bezpečnosti nemohou zabránit nehodě a dojde k nárazu. Tato skutečnost se musí vzít do úvahy už při návrhu nového vozidla. K tomu je třeba znát mechanismy poranění, deformační charakteristiky vozidla, pevnostní a absorpční charakteristiky vybraných částí vozidla apod. Před uvedením nových vozidel do provozu je potřeba splnit náročný schvalovací proces na základě mezinárodních platných předpisů. Značná část těchto předpisů řeší právě problematiku pasivní bezpečnosti vozidel.[3]

#### 3.1 KAROSERIE

Karoserie vozidla je nejdůležitějším prvkem při ochraně posádky. Je to část vozidla, která jako první pohlcuje náraz a snaží se zabránit zraněním posádky. V závislosti na typu vozidla se skládá ze stovek kusů a funkčně je rozdělena na dvě části.[9]

##### 3.1.1 DEFORMAČNÍ ČÁST

Má za úkol pohltit a ztlumit energii nárazu (přední a zadní část auta). Velikost deformační zóny pak závisí na velikosti vozidla. Základní vlastností deformační zóny je tuhost, která při srážce maximálně tlumí, absorbuje sílu nárazu, a tím udává zpoždění deformace prostoru pro posádku vozidla. Součástí přední deformační zóny jsou podélné nosníky, které ve většině případů nárazů absorbují největší množství energie a jsou konstruovány tak, aby se deformovaly správným směrem. Kvůli tomu mají nosníky vylišované deformační vruby.[9]



Obr. 14 Hlavní deformační zóny vozu Citroen C1[32]

### 3.1.2 PROSTOR PRO POSÁDKU

Ten se na rozdíl od deformačních zón nesmí zdeformovat. Je to důležité jak pro ochranu zdraví posádky, tak i pro jednodušší případné vyprošťování záchranáři. Pro zajištění co největšího bezpečí je kabina vybavena nejrůznějšími prvky, které se snaží zamezit úrazům. Povinnou výbavou všech vozidel je systém airbagů a bezpečnostních pásů.[9]

### 3.2 AKTIVNÍ OPĚRKA HLAVY

Dalším prvkem pasivní bezpečnosti je aktivní opěrka hlavy, která se aktivuje v okamžiku dopravní nehody a zachycuje setrvačné síly zatěžující v okamžiku nárazu krční páteř. Jejím úkolem je co nejvíce se přiblížit řidičově hlavě tak, aby byla podložena a zároveň se vyztužila krční páteř. Opěrka se může k řidičovu týlu naklonit, nebo pomocí servomotorů během 20 milisekund vysunout.[33]

### 3.3 WHIPS

Na ještě větší redukci rizika poranění krční páteře pracuje Volvo. Vývoj tohoto systému pokračuje sice už od roku 1998, ten se ale každým rokem zlepšuje a v současné chvíli podle provedených studií snižuje riziko dlouhodobých následků z poranění krční páteře o 53%. Tento typ zranění nastává u pasažérů zejména při nárazech zezadu, ale také při čelních srážkách. Zhruba 10% z těchto poranění končí trvalými následky mnohdy bolestivými a těžko diagnostikovatelnými.[34]

Pokud nastane, zejména při nízkých rychlostech, náraz do vozidla zezadu, opěrky hlavy a zad se společně posunou dozadu tak, aby byla zachována pevná podpora vrchní části těla. Poté se opěrka zad nakloní dozadu, aby pomohla snížit krční páteř poškozující pohyb vpřed.[34]



Obr. 15 Pohyb opěrek při nárazu[35]

### 3.4 AKTIVNÍ PŘEDNÍ KAPOTA

Toto označení bezpečnostního prvku slouží k ochraně chodců, kteří jsou zasaženi přední částí vozidla. Kapota je místo, kam při nárazu pravděpodobně narazí hlava chodce a způsobí vážné nebo smrtelné zranění. Při nárazu se kapota deformuje, takže u konstrukcí, kde je kapota velmi blízko motoru pod ní, hrozí, že hlava zasáhne tuhé součásti v motorovém prostoru. Zvýšením hloubky stlačení kapoty může poskytnout ochranu chodcům. U některých vozidel tedy může být tato vůle utvořena už při jejich konstrukci, ostatní vozidla využívají technologii aktivní (pop-up) kapoty pro vytvoření tohoto prostoru.[36,37]

Aktivní kapota je navržena tak, aby se zvedla při nárazu do chodce. Tím zmírní náraz, absorbuje energii nárazu hlavy a sníží závažnost poranění. Sensorové pole podél přední části vozu detekuje, zda předmětem do něhož vůz narazí, je chodec, čímž zabráňuje tomu, aby se systém omylem nerozběhl. Pokud dojde ke srážce s chodcem, pyrotechnické rozbušky vystřelí kapotu za pouhých 30 milisekund do výšky kolem 6-7 cm.[36,37]



*Obr. 16 Systém zvednutí kapoty u vozu Lexus RC[38]*

Systém není aktivní po celou dobu, kdy je vozidlo v pohybu. Existují spodní a horní hranice rychlosti, mezi kterými je systém aktivní. Tím je zabráněno tomu, aby aktivní kapota vystřelovala v situacích, kdy by nenabízela žádnou ochranu. Pokud se systém zaktivuje, kapota se poté vrátí na své původní místo. Zdvíhací mechanismus se však může aktivovat pouze jednou a je tak nutné v autorizovaných servisech zažádat o odblokování. Po použití je také pravděpodobné, že systém aktivuje výstražná světla vozidla pro upozornění dalších účastníků provozu.[36,37]

### 3.5 SNÍMÁNÍ MOŽNOSTI PŘEVŘÁCENÍ A BOČNÍHO NÁRAZU

Mnoho nehod se smrtelnými následky pro cestující ve vozidle souvisí s jeho převrácením. Funkce prvku rozšířeného snímání proti převrácení spočívá ve využívání údajů z řídicí jednotky airbagů a ESP, pomocí kterých se snaží auto připravit na převrácení. Z analýzy stavu vozidla řídicí jednotka airbagů rozpozná kritickou situaci během jízdy ještě před převrácením. Systém tak může poskytnout spolehlivé rozhodnutí o spuštění přepínačů pásů, bočních a hlavových airbagů, zatáhnutí všech otevřených oken, včetně střešního ještě před tím, než dojde k samotnému převrácení. U vozidel bez střechy (kabriolety, roadstery) se o bezpečnost při převrácení starají automatické vysouvací ochranné rámy za zadními opěradly. Společně s extrémně tuhým rámem čelního skla vytvářejí dostatečný životní prostor pro cestující.[39]



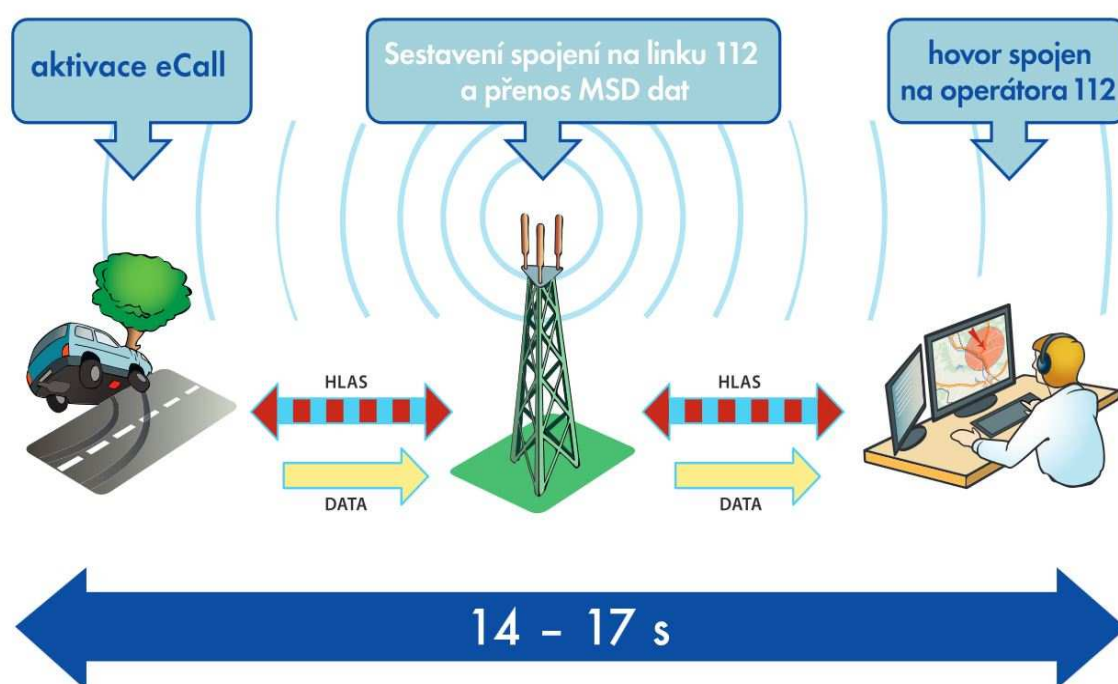
*Obr. 17 Vysouvací rámy u vozidel bez střechy (VW)[40]*

Stejně jako u převrácení dochází k vážným i smrtelným zraněním i v případě bočního nárazu většinou do stromů či sloupů. Důležité v této chvíli je co nejrychlejší zjištění možnosti tohoto typu nárazu a připravení bočních airbagů. O to se opět stará řídicí jednotka airbagů společně s ESP. Pokud systém rozpozná kritický příčný pohyb vozidla ze signálů senzoru ESP, připraví řídicí jednotka airbagů pro možný boční náraz. V případě, že k němu dojde, mohou být boční, někdy i hlavové airbagy spuštěny mnohem dříve, než v době kolize.[39]

### 3.6 eCALL

Vozidla vybavena tímto systémem mohou v případě nehody snížit o 50-60% dobu, potřebnou k informování záchranných složek o kritické situaci. Funkce eCall obsahuje stále aktivní GPS, má možnost datové komunikace a mikrofón na palubě vozidla. Pokud je vůz s tímto prvkem zahrnut ve srážce, sám je schopný informovat nejbližší pohotovostní středisko. Dokonce i v

případě, kdy řidič není schopen mluvit, pošle tzv. minimální sadu dat (MSD), která zahrnuje přesnou polohu nehody, čas, směr jízdy, počet cestujících, atd. Obzvláště na silnicích druhé a třetí třídy, kde je provoz zejména v nočních hodinách minimální, může dojít k situaci, kdy kolem havarovaného vozidla neprojde žádný svědek a nikdo se tedy nemůže dozvědět o nehodě. Pomocí této funkce se tak středisko o nehodě dozví a to navíc ve velmi krátkém čase. Operátor na středisku pak může k místu nehody vyslat IZS a regulovat provoz. Tlačítko eCall může ovšem řidič použít i v momentě, kdy je jen svědkem nehody. I v tomto případě se jedná o zkrácení času. Zajímavostí je, že tato funkce bude od 1. dubna 2018 povinná ve všech nových osobních vozidlech.[41,46]



Obr. 18 Schéma funkce eCall[46]

## 4 BUDOUCNOST PROVOZU

Budoucnost ve vnímání osobní přepravy se nese zcela ve smyslu autonomního řízení. Základní myšlenkou je tedy eliminace lidského faktoru při řešení dopravních situací a tím pádem i snížení počtu mrtvých či zraněných na silnicích. Je tedy jisté, že se v budoucnu řidiči plně oddají do rukou technologů, kteří navrhují zařízení, která převezmou řízení do svých rukou.[42]

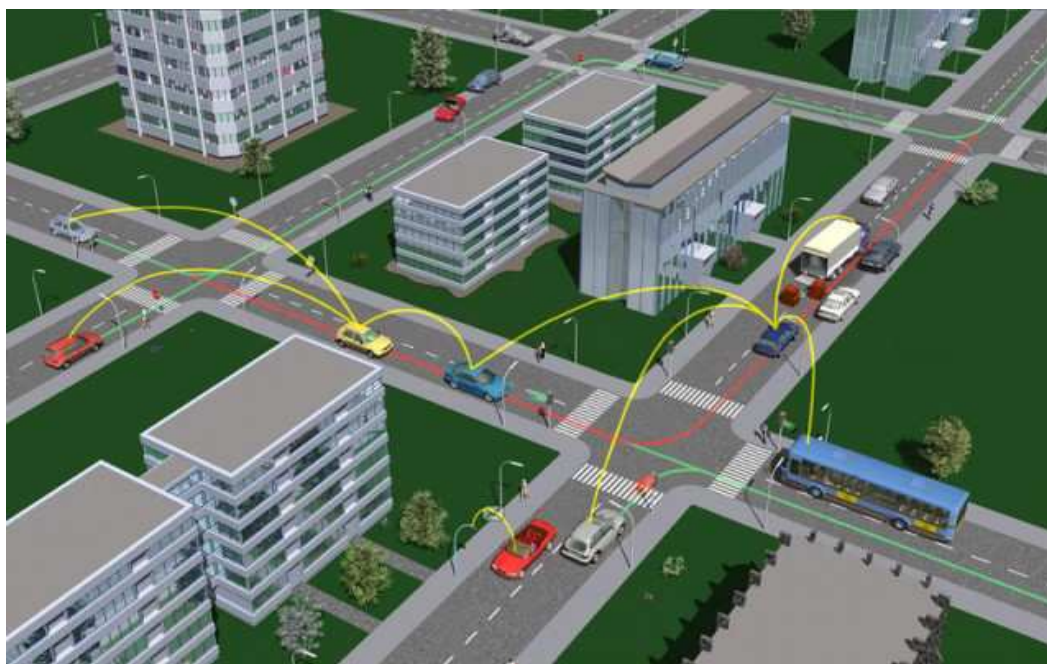
### 4.1 AUTONOMNÍ ŘÍZENÍ

Základní myšlenkou je, aby řidič zadal autu cíl cesty a bez jakéhokoliv zásahu do řízení tam bezpečně dojel. Vozidla budou vybavena veškerými senzory, z nichž spousta existuje v provozu už nyní. Tyto senzory sledují dění na vozovce kolem a jsou schopny reagovat na měnící se jízdní podmínky. Jak už zde bylo řečeno, až 90% nehod v silniční dopravě je způsobeno řidičem, tudíž potenciál ke zlepšení je obrovský. Prvním krokem jsou dálnice, které jsou asi nejvíce předvídatelné. Už nyní se mimo bezpečné zóny uzavřených areálů lze setkat s asistovanou jízdou po dálnicích. Naopak velmi tvrdým oříškem bude jízda v nejméně předvídatelném prostředí obcí a měst, kde dochází ke složitým situacím s velkým počtem účastníků silničního provozu a složitou infrastrukturou.[42]

### 4.2 VEHICLE-TO-VEHICLE

O komunikaci mezi vozidly se hovoří již delší dobu, ale ještě déle bude trvat, než se plně implementuje do každodenního provozu. Jedním z důvodů je i administrativa, která by podle plánů měla projít schválením nejdříve kolem roku 2017. Na základě této zprávy se tvrdí, že někdy kolem roku 2020 budou auta vzájemně komunikovat a varovat řidiče před nebezpečím na silnici. V tomto případě by se ale jednalo pouze o tzv. první generaci systémů V2V. Další rozšíření by zlepšilo brzdění či objíždění překážek a nakonec se spojilo se samohybnými vozidly.[43]

Komunikace mezi vozidly zahrnuje bezdrátovou síť, ve které se auta vzájemně informují o tom, co se děje. Mezi tyto údaje patří rychlost, umístění, směr jízdy, brzdění, ztráta stability a další. Technologie V2V využívá specifickou komunikaci krátkého dosahu, a to až 300 metrů, nebo přibližně 10 sekund při rychlé jízdě na dálnicích. V2V by tedy byla síť, která později bude zahrnovat i tzv. inteligentní dopravní signál, kde každý z uzlů (auto, signál, atd...) může přenášet, zachycovat a vysílat signály. Už pět těchto uzlů může vytvořit poměrně velký, až kilometrový rozsah, což je dost času na to, aby i ten nejvíce rozrušený řidič zareagoval.[43]



*Obr. 18 Tok informací o dopravní situaci pomoci V2V funkce[42]*

Dalším vylepšením při jízdě zejména po městě je komunikace mezi vozidlem a infrastrukturou (V2I). Vozidlo může zachytávat a přenášet signály od semaforů, digitálního značení, nebo pokud je třeba zamrzlá vozovka. Může upozornit řidiče před zatáčkou, která by byla při dané rychlosti nebezpečná. Dokonce ji označí na navigaci a doporučí snížit rychlost na bezpečný průjezd.[43]

Výrobci aut také pracují na studii, zda by se pomocí WiFi nemohla tato technologie rozšířit i na chodce či cyklisty, kteří by byly předem varováni před přibližujícím se vozidlem. Je zřejmé, že mobily v této době čím dál více rozptylují všechny účastníky provozu a není od věci, aby sloužily i k ochraně.[43]

Spojení technologie komunikace vozidel s autonomním řízením by tedy určitě napomohlo životnímu prostředí, minimálně zdvojnásobilo průjezdnost vozovky, nebo šetřilo palivo. Bez zásahu řidiče by totiž auta zbytečně nezrychlovala a prudce nebrzdila, čím se vytváří vlnový efekt, který zpomaluje provoz. Podle analytiků by to mohlo přinést redukci nehod a zranění až o 70-80%, což je asi ze všeho nejdůležitější. Je ale jasné, že toto masivní zlepšení nejen bezpečnosti v provozu nás nečeká dříve, než v roce 2025.[43]

## 5 VÝPOČTOVÁ STUDIE

Všechny použité vztahy pro výpočet v následující kapitole vychází ze zdroje: [45]

Úkolem této kapitoly je nastínit velmi zjednodušený výpočet veličin, působící při čelním nárazu vozidla do tuhé bariéry. Bude zde naznačeno srovnání dvou variant karoserií – vozidlo s tuhou karoserií a vozidlo s deformací karoserie. Výpočet je zjednodušený proto, že faktorů, které vstupují do průběhu srážky, je velmi mnoho a nelze je zahrnout do analytického výpočtu. Pro přesnější výsledky se v současnosti využívají simulační programy (PC-Crash, Virtual-CRASH, Crash 3), které jsou používány znalci z celého světa. Pracují totiž s nejrůznějšími matematickými modely a umožňují rekonstrukci a simulaci pohybu vozidel při objasňování nejrůznějších srážek. Při tom využívají daleko širší oblast fyzikálních a dynamických vlastností vozidel a jejich jízdní dynamiky, než to umožňují klasické analytické výpočty.

Při celém výpočtu se zanedbávají veškeré odporové síly (třecí, aerodynamické).

### **Základní parametry pro výpočet:**

- Rychlost vozidla  $v = 50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$
- Hmotnost vozidla  $m_v = 1\,500 \text{ kg}$
- Uvažovaná tuhost karoserie  $k = 400 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$
- Hmotnost řidiče  $m_f = 85 \text{ kg}$
- Uvažovaná doba trvání nárazu vozidla s tuhou karoserií  $t_1 = 80 \text{ ms}$
- Uvažovaná doba trvání nárazu vozidla s deformací karoserie  $t_2 = 120 \text{ ms}$

### 5.1 VOZIDLO S TUHOU KAROSERÍÍ

Pokud dojde ke srážce vozidla s tuhou karoserií s tuhou bariérou, síla působící na auto, respektive na řidiče není ničím zmírněna.

#### 5.1.1 KINETICKÁ ENERGIE VOZIDLA $E_k$

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m_v \cdot v^2 \quad [\text{J}] \quad (1)$$

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot 1\,500 \cdot (50 \cdot 3,6^{-1})^2 = 144\,675,93 \text{ J}$$

$$E_k = 144\,676 \text{ J}$$

Kde  $3,6^{-1}$  je přepočítávací konstanta z  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  na  $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ .



**5.1.2 ZPOMALENÍ VOZIDLA A<sub>1</sub>**

$$a_1 = \frac{v}{t_1} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-2}] \quad (2)$$

$$a_1 = \frac{50 \cdot 3,6^{-1}}{80 \cdot 10^{-3}} = 173,61 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$a_1 = 174 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Vozidlo zpomaluje zrychlením  $a_1$ , zároveň takové zrychlení působí na tělo člověka.

**5.1.3 SETRVAČNÁ SÍLA PŮSOBÍCÍ NA TĚLO ČLOVĚKA F<sub>1</sub>**

$$F_1 = m_{\text{ř}} \cdot a_1 \quad [\text{N}] \quad (3)$$

$$F_1 = 85 \cdot 174 = 14\,790 \text{ N}$$

$$F_1 = 14\,790 \text{ N}$$

Výsledná setrvačná síla je skoro osmnáctinásobek tíhové síly působící na řidiče v klidu. To znamená přetížení 18g. Netrénovaný člověk je schopen přežít zhruba 12g při tak krátkém trvání. Pokud by byl vystaven takovému přetížení delší dobu, nemusí to dobře dopadnout.

**5.2 VOZIDLO S DEFORMACÍ KAROSERIE**

Právě snížením přetížení se zabývají vývojáři ve všech automobilkách. Princip je jednoduchý, musí se zvýšit doba trvání nárazu. Některá auta mají dlouhou přední kapotu s velkou tuhostí, což má za následek obrovskou deformační zónu. U menších městských vozidel však toto možné není. Nové systémy přesně řízené deformace a použití vysokopevnostních ocelí u malých aut však dokáží při nárazu do bariéry posádku ochránit stejně tak, jako větší vozidla. Dříve zmíněné podélné nosníky se v závislosti na síle nárazu deformují a spotřebovávají jeho energii. V této kapitole bude při výpočtu deformující se kapota nahrazena pružinou.[44]

**5.2.1 ZPOMALENÍ VOZIDLA A<sub>2</sub>**

$$a_2 = \frac{v}{t_2} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-2}] \quad (4)$$

$$a_2 = \frac{50 \cdot 3,6^{-1}}{120 \cdot 10^{-3}} = 115,74 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$a_2 = 116 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Již zde je vidět, že zrychlení působící na člověka je 1,5 krát menší, než tomu bylo v tuhém vozidle.

**5.2.2 DEFORMACE KAROSERIE X**

$$F = m_v \cdot a_2 \quad [\text{N}] \quad (5)$$

$$F = k \cdot x \quad [\text{N}] \quad (6)$$

Z této rovnosti sil lze vydedukovat

$$m \cdot a = k \cdot x$$

$$x = \frac{m_v \cdot a_2}{k} \quad [\text{m}] \quad (7)$$

$$x = \frac{1\,500 \cdot 116}{400 \cdot 10^3} = 0,435 \text{ m}$$

$$x = 0,44 \text{ m}$$

**5.2.3 ENERGIE POHLČENÁ DEFORMACÍ  $E_p$** 

$$E_p = \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2 \quad [\text{J}] \quad (8)$$

$$E_p = \frac{1}{2} \cdot 400 \cdot 10^3 \cdot 0,44^2 = 38\,720 \text{ J}$$

$$E_p = 38\,720 \text{ J}$$

**5.2.4 CELKOVÁ ENERGIE VOZIDLA PŘI NÁRAZU  $E_c$** 

$$E_c = E_k - E_p \quad [\text{J}] \quad (9)$$

$$E_c = 144\,676 - 38\,720 = 105\,956 \text{ J}$$

$$E_c = 105\,956 \text{ J}$$

**5.2.5 SETRVAČNÁ SÍLA PŮSOBÍCÍ NA TĚLO ČLOVĚKA  $F_2$** 

$$F_2 = m_f \cdot a_2 \quad [\text{N}] \quad (10)$$

$$F_2 = 85 \cdot 116 = 9\,860 \text{ N}$$

$$F_2 = 9\,860 \text{ N}$$

Výsledná setrvačná síla je přibližně dvanáctinásobkem tíhové síly, působící na tělo řidiče v klidu. Což už je přetížení, které je člověk schopen po tak krátkou dobu přežít bez újmy.

**5.3 ZHODNOCENÍ**

Tímto základním zjednodušeným výpočtem se dokázalo, že vozidlo s deformací karoserie vykazuje mnohem přijatelnější hodnoty pro člověka. Celková energie klesla při nastavených parametrech o čtvrtinu, setrvačná síla pak zhruba o dvě třetiny. Závěr je tedy zcela logický. Vozidla s deformací karoserie jsou bezpečnější a mají větší potenciál ochránit člověka při čelním nárazu.

Přesnějších a hlavně reálných výsledků nelze při takovémto výpočtu dosáhnout. Tzv. crash testy probíhají pomocí reálných zkoušek, nebo počítačových simulací. Výsledek tedy bývá mnohem komplikovanější. Tyto crash testy provádí například nezávislé konsorcium EuroNCAP. Hodnotí se celková bezpečnost automobilů jak pro osoby uvnitř, tak i v jeho okolí. Součástí testů je série zkoušek různých nárazů do vozidla (čelní, čelní s přesahem, boční, atd.). EuroNCAP poté zkoušky vyhodnotí a příslušnému vozidlu udělí hodnocení bezpečnosti v podobě hvězdiček (1 – nejhorší, 5 – nejlepší).

## ZÁVĚR

Shrnutím některých používaných prvků aktivní a pasivní bezpečnosti si lze všimnout toho, že bez elektroniky a technologie se auto řídit nedá. Automobilky postupně přidávají nové prvky, které ovlivňují řízení vozidla, ale také chování řidiče. Už nyní se u některých aut můžeme setkat skoro s autonomním řízením a řidič tak pomalu ztrácí koncentraci na ovládání a chování vozidla. Pokud bude tento trend pokračovat, můžeme se v budoucnosti setkat i s takovým řidičem, který vůbec nebude vědět, co se děje v okolí vozidla. Reálná je i situace, že bude muset zničehonic zareagovat a jelikož bude netrénovaný, nebude vědět, co má dělat. Může snad nastat situace, kdy vozidlo nebude mít ani volant? Řidič tak nebude mít možnost ani zareagovat, ale za případnou nehodu bude stále zodpovědný. Bude si někdo takové auto vůbec chtít koupit?

Záměr vstupu technologie do aut je ale zřejmý. Je to člověk, který způsobuje nejvíce nehod. Vědomě porušuje pravidla a ohrožuje nejen svoji bezpečnost. Pokud vozidlo bude řídit technologie, která se bude řídit jasnými pravidly, riziko nebezpečí se rapidně sníží. Prostor pro zlepšení je opravdu veliký. Jak už bylo v této práci naznačeno, je to však ještě velmi dlouhá cesta.

## POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] VLK, František. Lexikon moderní automobilové techniky. Brno: František Vlk, 2005. ISBN 80-239-5416-4.
- [2] AFL [online]. Zákruť, [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://www.zakruta.cz/slovník-pojmu/pojem/afl/>.
- [3] KOVANDA, Jan a Vladimír ŠATOCHIN. Pasivní bezpečnost vozidel. Praha: České vysoké učení technické, 2000. ISBN 80-01-02235-8.
- [4] VLK, František. Automobilová elektronika 1 : Asistenční a informační systémy. Brno, 2006. 269s. ISBN 80-239-6462-3.
- [5] VLK, František. Automobilová elektronika 2 : Systémy řízení podvozku a komfortní systémy. Brno, 2006. 308s. ISBN 80-239-7062-3.
- [6] ABS, ESP, ASR [online]. [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://automix.atlas.sk/revue/833277/ako-to-funguje-abs-esp-asr-stabilizacna-vs-tracna-kontrola>.
- [7] ESP [online]. [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://www.zakruta.cz/slovník-pojmu/pojem/esp/>.
- [8] ESP [online]. [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/esp-electronic-stability-programme/>.
- [9] Karoserie [online]. [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://www.bezpecnecesty.cz/cz/informace/bezpecnost-automobilu/pasivni-prvky-bezpecnosti/karoserie>
- [10] ACC [online]. [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/acc-adaptive-cruise-control/>.
- [11] MCB [online]. [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/multikolizni-brzda/>.
- [12] EDS [online]. [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/eds-elektronische-differenzialsperre>.
- [13] ABS [online]. [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/abs-anti-lock-braking-system/>.
- [14] ESP [online]. [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <http://www.drive4life.cz/userdata/articles/3/esp.jpg>
- [15] Krouticí moment [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: [http://img.auto.cz/news/img/art/2009-05/03\\_49816aed6dbf5.jpg](http://img.auto.cz/news/img/art/2009-05/03_49816aed6dbf5.jpg).

- [16] MCB [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.euroncap.com/en/ratings-rewards/euro-ncap-advanced-rewards/2012-volkswagen-multi-collision-brake/>.
- [17] AFL [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <https://vybermiauto.cz/recenze/test-opel-insignia/galerie/18>.
- [18] LDW [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lane\\_Departure\\_Warning.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lane_Departure_Warning.jpg).
- [19] BLIS [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <https://www.ipdusa.com/techtips/10086/what-is-blis-blind-spot-information-system>.
- [20] Volvo pedestrian detection [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.eurocarnews.com/29/0/0/13861/volvo-v40-pedestrian-detection-with-auto-brake/gallery-detail.html>.
- [21] HUD [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/bmw-head-up-displej-nove-v-barvach-62835>.
- [22] HUD [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <https://www.howtogeek.com/227144/what-is-a-heads-up-display-hud-and-should-i-get-one/>.
- [23] DAC [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/dac-driver-alert-control/>.
- [24] DADSS [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://www.medicaldaily.com/pulse/cars-against-drunk-driving-alcohol-detection-system-makes-responsible-choices-you-336824>.
- [25] ACC [online]. [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://www.zakruta.cz/slovník-pojmu/pojem/acc/>.
- [26] LDW [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <https://www.extremetech.com/extreme/165320-what-is-lane-departure-warning-and-how-does-it-work>.
- [27] BLIS [online]. [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://support.volvocars.com/cz/cars/Pages/owners-manual.aspx?mc=312H&my=2014&sw=13w46&article=1d73d6b3c4f5bb36c0a801e8012e9503>.
- [28] BLIS [online]. [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/blis-blind-spot-information-system/>.
- [29] Systém rozpoznávání chodců a cyklistů [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.ibesip.cz/cz/ridic/bezpecne-vozidlo/moderni-technologie-vozidel/aktivni-bezpecnost-prvky-aktivni-bezpecnosti/system-rozpoznavani-chodcu-a-cyklistu>.

- [30] Pedestrian detection [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <https://www.digitaltrends.com/cars/volvo-xc60-pedestrian-detection-crash-news-specs-pictures/>.
- [31] DAC [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/dac-driver-alert-control/>.
- [32] Skelet karoserie[online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.citroen-vajnorska.sk/foto/skelet-karoserie-c1>.
- [33] Aktivní opěrka hlavy [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/aktivni-operka-hlavy/>.
- [34] WHIPS [online]. [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <https://www.media.volvocars.com/global/en-gb/media/pressreleases/4906>.
- [35] WHIPS [online]. [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <http://autobild.co.id/Tips/Knowledge/euro-ncap-untuk-cedera-leher>.
- [36] PPDB [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/ppdb-pyrotechnic-pedestrian-deployable-bonnet/>.
- [37] Pop-up bonnets [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.rospa.com/road-safety/advice/vehicles/pedestrian-protection/pop-up-bonnets/>.
- [38] Pop-up bonnets[online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.lexus.com.bh/car-model/rc/?car-model-sub-menu=safety>.
- [39] Snímání možnosti převrácení a bočního nárazu [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: [http://www.bosch-mobility-solutions.cz/cs/cz/component\\_3/SF\\_PC\\_PS\\_Networking-new-safety-functions\\_SF\\_PC\\_Passive-Safety\\_850.html?compId=430](http://www.bosch-mobility-solutions.cz/cs/cz/component_3/SF_PC_PS_Networking-new-safety-functions_SF_PC_Passive-Safety_850.html?compId=430).
- [40] Bezpečnostní oblouky [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/bezpecnostni-oblouky/>.
- [41] eCall [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/its---dopravni-telematika/ecall/>.
- [42] Autonomní vozidla [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/it-pro-logistiku/autonomni-vozidla-jsou-budoucnosti-logistiky.htm>.
- [43] V2V [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <https://www.extremetech.com/extreme/176093-v2v-what-are-vehicle-to-vehicle-communications-and-how-does-it-work>.
- [44] [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: [http://auto.idnes.cz/bezpecnost-aut-skoda-fabia-octavia-d5v-/automoto.aspx?c=A151005\\_021123\\_automoto\\_LHR](http://auto.idnes.cz/bezpecnost-aut-skoda-fabia-octavia-d5v-/automoto.aspx?c=A151005_021123_automoto_LHR).

- [45] HALLIDAY, David, Robert RESNICK a JEARL WALKER, DUB, Petr, ed. Fyzika. 2., přeprac. vyd. Přeložil Miroslav ČERNÝ. Brno: VUTIUM, c2013. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-4123-1.
- [46] eCall [online]. [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/ecall/>.



---

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

$a_1$	$[\text{m}\cdot\text{s}^{-2}]$	Zpomalení vozidla s tuhou karosérií při nárazu
$a_2$	$[\text{m}\cdot\text{s}^{-2}]$	Zpomalení vozidla s deformací karosérie při nárazu
$E_c$	[J]	Energie vozidla s deformací karosérie
$E_k$	[J]	Kinetická energie vozidla
$E_p$	[J]	Energie pohlcená deformací
$F_1$	[N]	Setrvačná síla 1
$F_2$	[N]	Setrvačná síla 2
$g$	$[\text{m}\cdot\text{s}^{-2}]$	Tíhové zrychlení
$k$	$[\text{N}\cdot\text{m}^{-1}]$	Tuhost karosérie
$m_{\text{ř}}$	[kg]	Hmotnost řidiče
$m_v$	[kg]	Hmotnost vozidla
$t_1$	[s]	Doba trvání nárazu vozidla s tuhou karosérií
$t_2$	[s]	Doba trvání nárazu vozidla s deformací karosérie
$v$	$[\text{m}\cdot\text{s}^{-1}]$	Rychlost vozidla
$x$	[m]	Deformace karosérie