

Napredni sustavi za podršku vozaču pri upravljanju vozilom

Strinić, Roko

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:667345>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-22**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,
University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET

ROKO STRINIĆ

**NAPREDNI SUSTAVI ZA PODRŠKU VOZAČU PRI
UPRAVLJANJU VOZILOM**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, rujan 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET

**NAPREDNI SUSTAVI ZA PODRŠKU VOZAČU PRI
UPRAVLJANJU VOZILOM**

ZAVRŠNI RAD

Student: Roko Strinić
Mentor: doc. dr. sc. Tamara Džambas
Neposredni voditelj: Ana Čudina Ivančev

Zagreb, rujan 2023.



TEMA ZAVRŠNOG ISPITA

Ime i prezime studenta: **Roko Strinić**

JMBAG: **0082063211**

Završni ispit iz predmeta: **Ceste**

Naslov teme završnog ispita:	HR	Napredni sustavi za podršku vozaču pri upravljanju vozilom
	ENG	Advanced Driver Assistance Systems


Opis teme završnog ispita:

Predmet rada su napredni sustavi za podršku vozaču pri upravljanju vozilom (ADAS). Europska komisija je donijela Uredbu 2019/2144 kojom se proizvođače automobila, koji se prodaju na tržištu Europske unije, obvezuje na ugradnju osam novih ADAS sustava u vozila. U radu je potrebno objasniti kako ovi sustavi pridonose sigurnosti prometa, u kojim situacijama se aktiviraju i na koji način. Istražiti i analizirati koji su postojeći, a koji novi napredni sustavi za podršku vozaču.

Datum: **17.04.2023.**

Komentor:
(Ime i prezime komentora)

Mentor: **Tamara Džambas**
(Ime i prezime mentora)


(Potpis mentora)

Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Postojeći ADAS sustavi	3
2.1. Sigurnosni pojas.....	3
2.2. Zračni jastuci (SRS).....	4
2.3. Deformacijske zone karoserija vozila	6
2.4. Sustav kontrole proklizavanja (ASR/TCS).....	7
2.5. Sustav automatskog kočenja (AEB)	8
2.6. Sustav zadržavanja vozila u prometnom traku (LKA).....	9
2.7. Sustav protiv blokiranja kotača (ABS)	10
2.8. Sustav nadzora mrtvog kuta (BSA)	11
2.9. Elektronični program stabilnosti (ESP)	11
2.10. Sustav prepoznavanja prometnih znakova (TSR).....	12
3. ADAS sustavi propisani uredbom 2019/2144.....	14
3.1. Sustav za pomoć pri kontroli brzine (ISA)	14
3.2. Sustav za upozoravanje vozača u slučaju pospanosti (DDD)	15
3.3. Sustav za olakšanje ugradnje uređaja za blokadu u slučaju vožnje pod utjecajem alkohola	16
3.4. Sustav za upozoravanje u slučaju odvratanja pozornosti vozača	16
3.5. Signal za zaustavljanje u nuždi	17
3.6. Sustav za detekciju pri vožnji unatrag	17
3.7. Uređaj za snimanje podataka o događaju.....	18
4. Novi ADAS sustavi.....	19
4.1. Sustav za pomoć pri prometnim gužvama	19
4.2. Sustav automatskog parkiranja vozila.....	19
4.3. Sustav autonomnog cestovnog vozila	20
5. Zaključak.....	21
Literatura.....	22

Sažetak

Automobili su jedno od najčešće korištenih prijevoznih sredstava diljem svijeta te se iz navedenih razloga javlja potreba za povećanjem sigurnosti u cestovnom prometu. Tijekom posljednjih godina automobilska industrija doživjela je evoluciju integracijom naprednih sustava za podršku vozaču pri upravljanju vozilom, također poznatih kao ADAS (engl. Advanced driver assistance systems). Predmet ovog rada analiza je široko rasprostranjenih, novopropisanih i inovativnih ADAS sustava u pogledu njihovog načina rada i učinkovitosti. ADAS sustavi koriste razne senzore, kamere i radare kako bi povećali sigurnost na prometnicama i udobnost i efikasnost vožnje. Sigurnost na prometnicama primarno se postiže uvažavajući najčešće ljudske pogreške koje vode do nesreća, poput umora, te intervencijom šaljući pravovremena auditivna ili vizualna upozorenja vozaču. U kritičnijim situacijama može doći i do potpune intervencije sustava, preuzimajući kontrolu nad vozilom dok se ne izbjegne krizna situacija. Udobnost vožnje postiže se smanjenjem stresa vozača pomaganjem u raznim situacijama, na primjer autonomnim upravljanjem vozila za vrijeme prometnih gužvi. Efikasnost vožnje postiže se racionalnijim korištenjem goriva, automatskim parkiranjem čime se štedi vrijeme i ujedno povećava sigurnost itd. S razvitkom ovih tehnologija dolaze i izazovi. Regulacijska tijela moraju pomno pratiti razvitak svih novih tehnologija kako bi mogla pravovremeno reagirati na određene probleme i izazove novih sustava te iste, ako se dokažu efikasnim, propisati zakonom. Također je neosporno da će se integriranjem ovih naprednih sustava u vozila znatno povećavati cijene proizvodnje vozila. Također će se povećati i troškovi održavanja vozila, gdje će svaki kvar nekog naprednog sustava zahtijevati skupi popravak zbog skupih dijelova i potrebe za specijaliziranim servisom. EU je već veliki broj ADAS sustava propisala kao obavezne u svim novije proizvedenim vozilima te će razvitkom tehnologija nastavljati propisivati nove sustave.

Ključne riječi: sustavi za podršku vozaču pri upravljanju vozilom; ADAS; regulativa; autonomna vozila

Abstract

Car are one of the most commonly used means of transport around the world, and for that reason there is a need to increase road traffic safety. In recent years, the automotive industry has undergone an evolution with the integration of advanced driver assistance systems (ADAS). The subject of this paper is the analysis of widespread, newly prescribed and innovative ADAS systems in terms of their mode of operation and efficiency. ADAS systems use various sensors, cameras and radars to increase road safety and driving comfort and efficiency. Road safety is primarily achieved by recognizing the most common human errors that lead to accidents, such as fatigue, and by intervening by sending timely auditory or visual warnings to the driver. In more critical situations, the system may intervene completely, taking control of the vehicle until a crisis situation is avoided. Driving comfort is achieved by reducing driver stress by assisting in various situations, for example autonomous vehicle control during traffic jams. Driving efficiency is achieved through more rational use of fuel, automatic parking, which saves time and at the same time increases safety, etc. With the development of these technologies come challenges. Regulatory bodies must closely monitor the development of all new technologies in order to be able to respond in a timely manner to certain problems and challenges of new systems and, if they prove to be effective, prescribe them by law. It is also undeniable that integrating these advanced systems into vehicles will significantly increase vehicle production costs. Vehicle maintenance costs will also increase, where any failure of an advanced system will require expensive repairs due to expensive parts and the need for specialized service. The EU has already prescribed a large number of ADAS systems as mandatory in all newly manufactured vehicles, and will continue to prescribe new systems as technology develops.

Keywords: Advanced driver assistance systems; ADAS; regulations; autonomous vehicles

1. Uvod

Broj poginulih u prometnim nesrećama u Europi 2021. godine iznosio je oko 20000 osoba. Broj smrtno stradalih na cestama Europe od 2001. godine do 2021. godine prema istraživanjima se smanjio za više od 55% te iznosi 46 stradalih na milijun. Cilj Europske Unije i Ujedinjenih Naroda je prepoloviti broj smrtnih slučajeva do 2030. godine. 2018. godine EU je postavio cilj smanjenja broja poginulih i broja teško ozlijeđenih, za 50% do 2030. godine. To je utvrđeno u strateškom akcijskom planu za sigurnost na cestama i okviru politike EU-a za sigurnost na cestama za razdoblje 2021. - 2030., u kojima su utvrđeni planovi smanjenja broja poginulih do 2050. godine na nulu, također poznato kao „vizija nula” [1].

Napredni sustavi za podršku vozaču pri upravljanju vozilom imaju mogućnost poboljšanja ljudskog iskustva pri vožnji, pružajući pomoć od trenutka pokretanja vozila, pravovremenim intervencijama i podrškom pri donošenju odluka. Njihova je primarna svrha poboljšanje sigurnosti na cestama, što postižu poboljšanjem kvalitete vožnje vozača, otklanjanjem potencijalnih opasnosti te sveukupnim osvještavanjem vozača o njegovoj okolini [2].

Ti se sustavi dijele na sustave pasivne sigurnosti i sustave aktivne sigurnosti. Sustavi pasivne sigurnosti sustavi su koji se aktiviraju nakon sudara i njihova je uloga smanjenje mogućnosti i ozbiljnosti ozljeda vozača i putnika u vozilu. Pod takve sustave spadaju sigurnosni pojas, zračni jastuci i sama karoserija vozila. Aktivni sustavi sigurnosti su sustavi koji služe za izbjegavanje nesreće. Sustavi aktivne sigurnosti aktiviraju se prilikom pokretanja vozila te ostaju uključeni tijekom cijele vožnje i stalno prate stanja senzora te procjenjuju jesu li ispunjeni uvjeti aktivaciju nekog od sustava. Neki od aktivnih sustava sigurnosti su: sustav protiv blokiranja kotača (ABS); sustav kontrole proklizavanja (ASR/TCS); elektronički program stabilnosti (ESP); napredni sustav automatskog kočenja (AEB); sustav zadržavanja prometnog vozila u prometnom traku (LKA); sustav nadzora mrtvog kuta (BSA); sustav prepoznavanja prometnih znakova (TSR); sustav za upozoravanje vozača u slučaju pospanosti (DDD) [2].

Europska komisija prepoznala je učinkovitost i daljnji potencijal tih sustava, zbog čega Uredbom 2019/2144 [6] obvezuje proizvođače automobila koji se prodaju na tržištu Europske unije na ugradnju novih ADAS sustava u sva vozila. Sedam sustava koji su po novome obavezni u autima su: sustav za pomoć pri kontroli brzine; sustav za upozoravanje u slučaju pospanosti; sustav za olakšavanje ugradnje sustava za blokadu u slučaju vožnje pod utjecajem alkohola; napredni sustav za upozoravanje u slučaju odvratanja pozornosti vozača; signal za zaustavljanje u nuždi; sustav za detekciju pri vožnji unatrag; uređaj za snimanje podataka o događaju.

Ovaj rad prikazat će pomoću koje tehnologije funkcionira svaki od sustava, kakav utjecaj imaju na sigurnost prometa te koja je njihova uloga u oblikovanju i daljnjem poboljšanju sigurnosti na cestama

Europske unije. Dodatno, prikazat će se koji su inovativni sustavi u razvoju ili pri samome kraju razvoja, te koji zbog svog kratkog vremena na tržištu nisu još propisani od strane EU-a [1].

2. Postojeći ADAS sustavi

ADAS sustavi sve su češće u upotrebi. Krajem 2022. godine 737000 vozila M1 kategorije u Republici Hrvatskoj imalo je ugrađen sustav protiv blokiranja kotača (ABS), dok 250000 osobnih vozila nije imalo ugrađen ABS. 768000 osobnih vozila imalo je ugrađen elektronični program stabilnosti (ESP). Svako vozilo registrirano u Republici Hrvatskoj proizvedeno 2018. godine ili kasnije ima ugrađen barem jedan napredni sustav [3]. Neki od najčešćih i najefikasnijih ADAS sustava su: sigurnosni pojas, zračni jastuci, deformacijske zone karoserije vozila, sustav kontrole proklizavanja, sustav automatskog kočenja, sustav zadržavanja vozila u prometnom traku, sustav protiv blokiranja kotača, sustav nadzora mrtvog kuta, elektronični program stabilnosti i sustav prepoznavanja prometnih znakova.

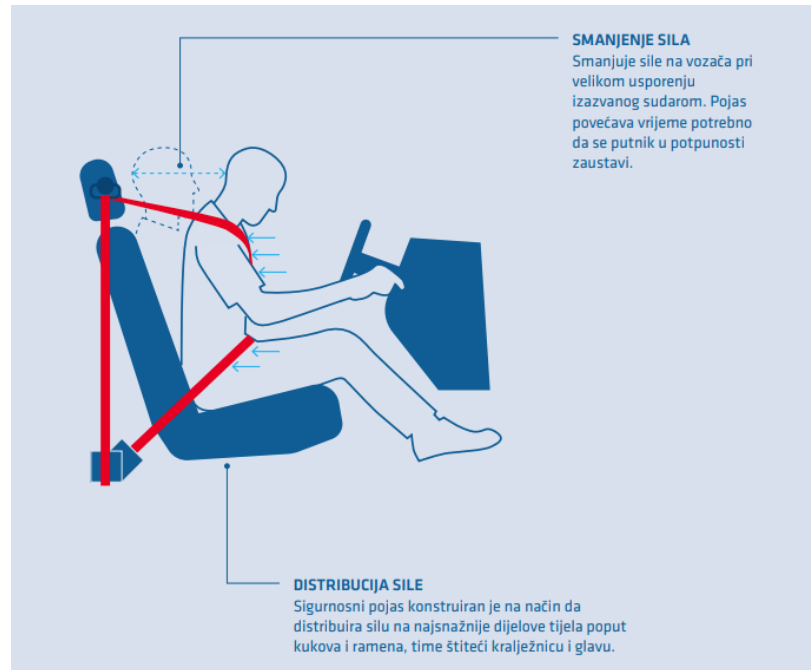
2.1. Sigurnosni pojas

Sigurnosni pojas spada u sustave pasivne sigurnosti. Svako sjedalo vozila ima pripadajući sigurnosni pojas. Uloga sigurnosnog pojasa je prevencija naglog pomaka tijela osoba u slučaju nesreće, gdje bi došlo do ozljeda osobe udaranjem u unutarnje dijelove vozila. Također prevenira ispadanje putnika kroz prednja vjetrobranska stakla izazvano inercijom usred čeonog udarca. Tako se smanjuju pojave ozbiljnijih ozljeda pri udaru u prednje dijelove vozila (npr. volan, prednja sjedala) [2].

Sigurnosni pojasevi napravljeni su na način da tijelo vozača obuhvate preko trupa i zdjelice. Time se nastoji preko najdebljih i najjačih dijelova tijela amortizirati silu nastalu inercijom. Napravljeni su od čvrstog i kvalitetnog materijala, najčešće isprepletenog poliestera, koji ujedno mora posjedovati i veliku elastičnost. Bez elastičnosti materijala prilikom sudara pozitivni utjecaji samog mehanizma bili bi znatno slabiji. U trenutku prometne nesreće, sigurnosni pojas se priteže čime smanjuje i distribuira silu te zadržava putnika u vozilu i sprječava njegovo naglo ubrzanje (slika 1). Pojas je pričvršćen za rotirajući sklop spojen na torzionu oprugu čime se omogućuje vraćanje pojasa u prvobitni položaj nakon njegova izvlačenja [4].

Za mehanizam blokiranja zaslužni su metalni prsten s unutarnjim uzubljenjem te metalna pločica s par zubaca koja je pričvršćena za rotirajući sklop pojasa. Ako dođe do prebrzog izvlačenja pojasa ta će se pločica zbog centrifugalne sile uglaviti u stacionarni metalni prsten, zaustavljajući pojas na mjestu. Ovaj sustav sam po sebi rezultirao bi velikim ozljedama kod putnika, što se izbjegava dodavanjem male torzione šipke u središtu rotirajućeg sklopa. Ta šipka omogućuje dodatno istezanje prilikom udarca, smanjujući pritisak na putnika. Dodatni sigurnosni učinak pojasa ostvaruje se predzatezačem pojasa. On velikom brzinom zateže pojas kako bi zadržao putnika u odgovarajućem položaju za kontakt sa zračnim jastucima. Taj mehanizam aktivira se pomoću senzora koji očitava nagli pad brzine prilikom kočenja ili samog udarca. Senzor pri tom očitavanju aktivira eksploziju u mehanizmu predzatezača, čime rotirajući sklop, vrteći se velikom brzinom, uvlači pojas [4].

Prednosti sigurnosnog pojasa su znatno smanjenje ozljeda pri nesrećama, preveniranje ispadanja putnika kroz vjetrobran vozila te pomoć pri radu drugih sigurnosnih sustava poput zračnih jastuka. Mane sigurnosnog pojasa su nelagoda putnika, pogotovo pri dužim putovanjima i opasnost od uvećanja ozljeda pri neispravnom korištenju [2].



Slika 1. Prikaz rada sigurnosnog pojasa [2]

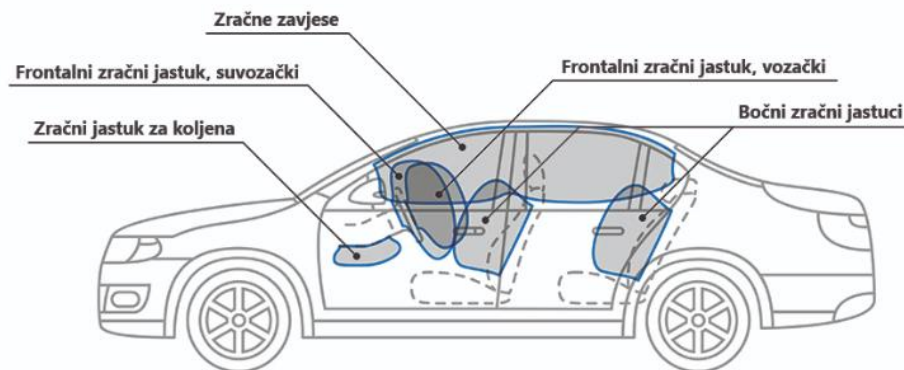
2.2. Zračni jastuci (SRS)

Zračni jastuk (engl. Supplemental Restraint System) je uređaj koji radi u skladu sa sigurnosnim pojasevima i drugim sigurnosnim sustavima. Radi se o pasivnom sustavu sigurnosti. U slučaju nagle promjene brzine ili ubrzanja prilikom udara, automatski se aktiviraju zračni jastuci čija je zadaća ograničiti utjecaj inercije na putnike, te time i prevenirati udaranje putnika u unutarnje dijelove vozila. Senzori zaslužni za aktivaciju zračnih jastuka istovremeno prate više parametara kako bi se pravovremeno aktivirali i zaštitili putnike [2].

Broj zračnih jastuka u vozilu ovisi o marki vozila i predviđenom broju putnika. Najčešće vrste zračnih jastuka su prednji zračni jastuci, zračni jastuci prednje strane, zračne zavjese ili zračni jastuci za glavu, zračni jastuci za koljena te zračni jastuci stražnje strane (slika 2). Prednji zračni jastuci su jastuci vozača i njegovog suputnika. Volumen jastuka varira za vozača od 60 do 80 litara, a za putnika približno 130 litara. Oni štite glavu, vrat i prsa vozača od kontakta s drugim dijelovima tijela, vjetrobranskim staklom i volanom. Zračni jastuci prednje strane štite zdjelicu, rameni pojas i rebra osobe od udaranja u stranu vozila. Zračne zavjese ublažavaju ozljede glave izazvane udarcem u staklo prozora i B-stup te se nalaze iznad vrata i ispod krova vozila. Zračni jastuci za koljena štite potkoljenice i koljena vozača pri frontalnom sudaru i nalaze se ispod volana. Zračni jastuci stražnje strane smješteni su u bočnom dijelu putničkog prostora, uz stražnji red sjedala. Uloga ovih jastuka je sigurnost zdjelice i suputnikovih ramena [2].

Moderni zračni jastuci sastoje se od tkanine izrađene od tankog i izdržljivog najlona koji može podnijeti velika kratkotrajna opterećenja, senzora udara i plinskog generatora. Senzori udara smješteni su ispod farova vozila, a senzori bočnih jastuka u stupovima ili vratima. Plinski generator se koristi jer nijedan kompresor nije u stanju napuniti jastuk u djeliću sekunde. Zračni jastuci se napuhuju kemijskom reakcijom zapaljenja natrijevog azida, silicijevog dioksida i kalijevog nitrata čime se oslobađa plin u 20-50 milisekundi koji napuni zračni jastuk. Time dijelovi tijela uslijed nesreće ne stupaju u kontakt s metalnim dijelovima vozila, već s elastičnim, plinom punjenim jastukom [2].

Prednosti zračnih jastuka su znatno smanjenje ozljeda pri sudaru, preveniranje ispadanja putnika iz vozila te zaštita za raznolike vrste nesreća, uključujući bočne udare i prevrtanje vozila. Mane zračnih jastuka su ozljede nastale uslijed same aktivacije zračnih jastuka, najčešće kod ljudi koji su preblizu zračnih jastuka u trenutku aktivacije, neprilagođenost djeci, cijena popravaka nakon aktivacije te visoki troškovi održavanja [2].



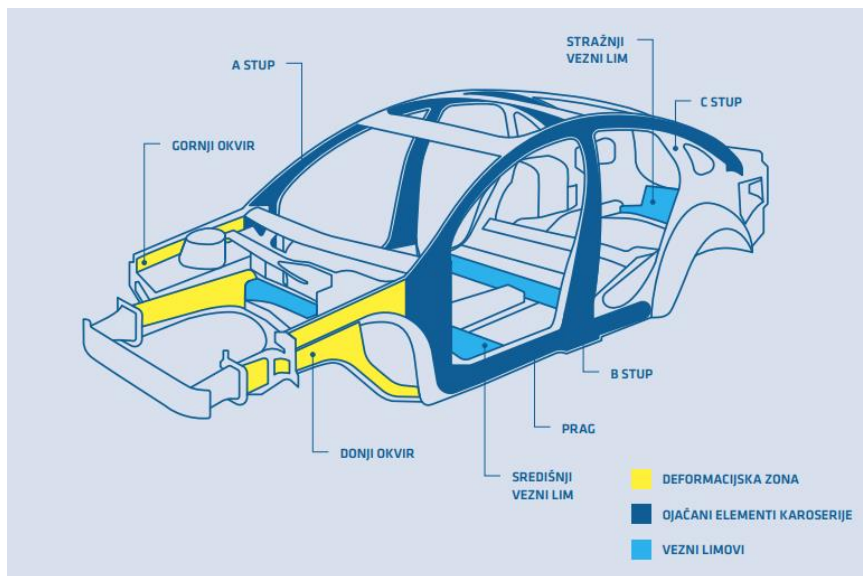
Slika 2. Zračni jastuci u automobilu [5]

2.3. Deformacijske zone karoserija vozila

Karoserije vozila izrađuju se na način da preveniraju izloženost putnika kritičnim vrijednostima usporavanja. To se postiže izradom deformacijskih zona pri samoj konstrukciji karoserije vozila čija je glavna uloga preuzeti kinetičku energiju od sudara te ju pretvoriti u energiju deformacije (slika 3). Energija koja nije pretvorena u deformacijsku zatim ide u putnički prostor. Sigurnost putnika nakon prometne nesreće ocjenjuje se brojnim Euro NCAP testovima. Euro NCAP (eng. European New Car Assessment Programme) program je koji omogućava realnu i neovisnu procjenu sigurnosti najpopularnijih motornih vozila u Europi. Testovi se provode imitirajući stvarne situacije koje potencijalno rezultiraju s ozljeđenim ili poginulim sudionicima [6]. Ocjena se odnosi na novo vozilo te je bazirana na postignutim rezultatima u ranije spomenutim testovima [2].

Karoserija je konstruirana na način da se što je manje moguće deformira u putničkom prostoru i što je više moguće deformira u ostalim dijelovima karoserije kako bi se u što većoj mjeri apsorbirala energija sudara. Novija vozila u karoseriji imaju posebno izvedene pojasne linije koje pri frontalnom sudaru omogućuju prijenos energije na stražnji kraj vozila, odnosno na deformacijske zone na stražnjem kraju vozila. Time se više kinetičke energije pretvara u deformacijsku što čini vozilo sigurnijim za putnike u slučaju sudara [2].

Prednosti deformacijskih zona karoserije vozila su povećanje sigurnosti, smanjenje sila sudara i onemogućavanje prodora vanjskog objekta u putničku kabinu. Mane deformacijskih zona karoserije vozila su velika oštećenja vozila pri sudarima, što rezultira velikim troškovima, kao i veći troškovi održavanja zbog mogućnosti deterioracije deformacijskih zona, čime gube svoju funkciju [2].



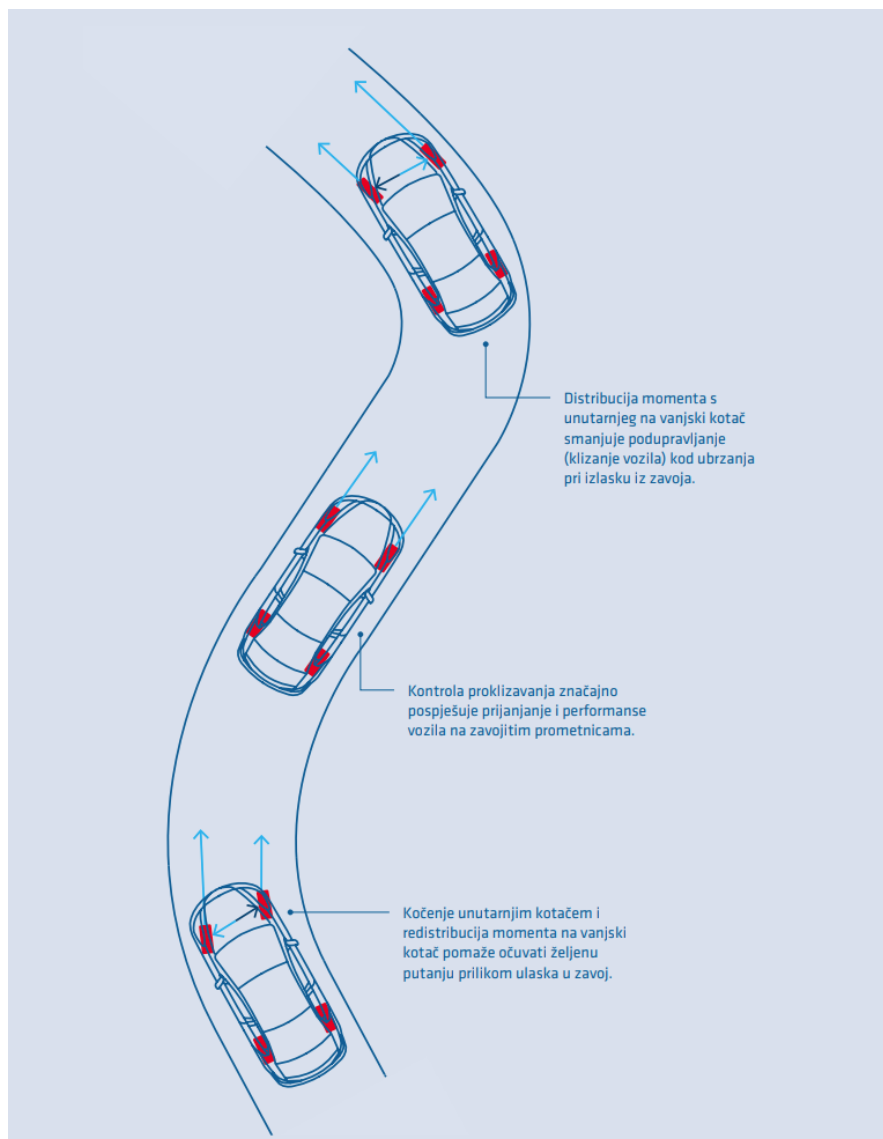
Slika 3. Sustav deformacijskih zona karoserije vozila [2]

2.4. Sustav kontrole proklizavanja (ASR/TCS)

Sustav kontrole proklizavanja (njem. Antriebschlupfregelung/engl. Traction Control System) prevenira proklizavanje kotača vozila pri kretanju i ubrzavanju. Osigurava trajni prijenos pogonskog momenta s kotača vozila na podlogu. Prenosivi moment definiran je svojstvima i uvjetima pneumatika i podloge. Prekoračenjem prenosivog momenta dolazi do proklizavanja kotača. Sustav se najčešće primjenjuje kod vozila sa stražnjim pogonom koja su najpodložnija proklizavanju pri pojavi mokrog kolnika [2].

Funkcija sustava kreće od senzora koji konstantno mjeri brzinu okretanja svakog pojedinog kotača. Sustav automatski izmjerene brzine uspoređuje s brzinama kretanja vozila i ako izračuna da se neki od kotača vrte prebrzo krene s intervencijom. Sustav može privremeno oslabiti rad motora kako bi do proklizavajućeg kotača dolazila ograničena količina energije. Također može selektivno aktivirati kočnice kako bi usporio proklizavajuće kotače (slika 4). U novijim vozilima, u TCS je integriran sustav kontrole stabilnosti koji, u slučaju da procjeni da je gubitak kontrole neizbježan, modulira snagu motora i kočnice kako bi vozaču vratio kontrolu nad vozilom. Uz TCS često dolazi i lampica koja se ponaša kao indikator koji daje vozaču do znanja kada sustav aktivno intervenira. Sustav je moguće ugasiti u situacijama u kojima je klizanje kotača potrebno, kao na primjer vožnja s lancima za snijeg [2].

Prednosti sustava kontrole proklizavanja su poboljšanje prionjivosti vozila s podlogom, poboljšanje stabilnosti vozila i smanjene mogućnosti pojave nesreće. Mane sustava kontrole proklizavanja su privremene netočne aktivacije, što može biti frustrirajuće i zakašnjela reakcija sustava, što potencijalno može biti opasno [2].



Slika 4. Prikaz rada sustava kontrole proklizavanja [2]

2.5. Sustav automatskog kočenja (AEB)

Sustav automatskog kočenja, ili AEB (engl. Autonomous Emergency Braking), sustav je čiji je zadatak naglo kočenje u slučaju kada vozač ne reagira pravovremeno. Smanjuje broj nesreća smanjujući brzinu nalijetanja na prepreku [2].

AEB koristi razne senzore, od radara do ultrazvučnih senzora, kako bi kontinuirano skenirao okolinu vozila. Programiran je na način da prepozna objekte u blizini vozila, kao na primjer ljude, druga vozila itd. Kada sustav odluči da će doći do sudara te da vozač nije počeo pravovremeno kočiti ili usporavati, reagira na dva načina. Kada situacija nije previše opasna, sustav će vozaču dati priliku za reakcijom nekim upozorenjem, najčešće vizualnim ili auditivnim. Ako vozač još uvijek nije reagirao na vrijeme, ili ako nije

bilo vremena upozoriti vozača, sustav autonomno aktivira kočnice kako bi usporio i zaustavio vozilo. Intenzitet kočenja ovisi o sustavu i o okolnostima situacije. Postoje sustavi koji postepeno smanjuju brzinu samo asistirajući vozaču dok drugi potpuno aktiviraju kočnice, zaustavljajući vozilo. Nakon što sustav izračuna da je izbjegnut udarac, najčešće polako otpušta kočnice, vraćajući vozaču kontrolu nad vozilom [2].

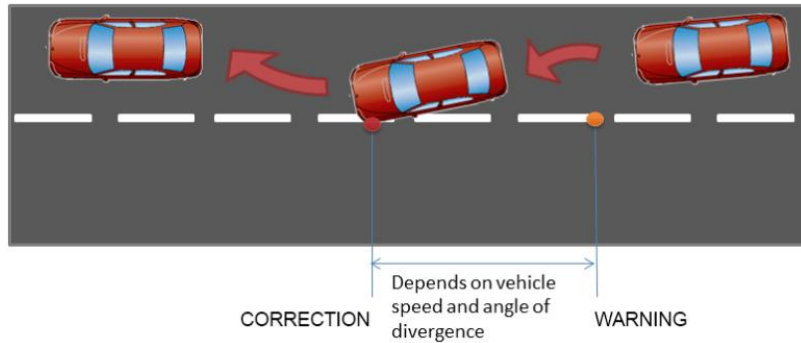
Prednosti sustava automatskog kočenja su prevencija sudara ili barem smanjenje ozbiljnosti sudara, čime se automatski smanjuju i troškovi popravaka. Mane sustava automatskog kočenja su nepravovremene aktivacije, ograničena efikasnost pri određenim uvjetima, kao na primjer slabo osvjetljenje ili intenzivnije padaline i potencijalno stvaranje prevelike ovisnosti vozača o sustavu [2].

2.6. Sustav zadržavanja vozila u prometnom traku (LKA)

Sustav zadržavanja vozila u prometnom traku, LKA (engl. Lane Keeping Assist), ima ulogu asistiranja vozaču zadržavanjem vozila u prometnom traku te sprječavanju nenamjerne promjene traka. Sustav može biti aktivan na dvije razine. Prva je ona blaža, kada sustav upozorava vozača bez ikakve dodatne intervencije. Druga razina stupa u snagu kada sustav procjeni da je to potrebno. Dolazi do intervencije pri kojoj sustav samostalno ispravlja smjer vozila, vraćajući ga u prometni trak [2].

Sustav radarima i kamerama prati položaj vozila u odnosu na prometni trak. Određuje položaj vozila neprekinutom analizom razdjelne crte. Istovremeno sustav prati i vozačeve pokrete i odluke, poput pokreta volana, analizirajući ih, temeljem čega izvlači zaključke o namjerama vozača. Ako sustav uoči da vozilo polako izlazi iz prometnog traka, bez upaljenog pokazivača smjera, vozaču šalje auditivna, vizualna i taktilna upozorenja. Ako vozilo i nakon danih signala nastavi izlaziti iz prometnog traka, dolazi do intervencije, gdje sustav samostalno vraća vozilo u sredinu prometnog traka (slika 5). Ovi sustavi najčešće su napravljeni da rade zajedno s vozačem asistirajući mu te se sustav u svakom trenutku može isključiti svjesnim okretajem volana od strane vozača. LKA najčešće imaju određene uvjete za njihovu aktivaciju, kao na primjer minimalna brzina, te su puno efikasniji na cestama s jasno označenom horizontalnom signalizacijom [2].

Prednosti sustava zadržavanja vozila u prometnom traku su povećanje sigurnosti i smanjenje rizika od sudara, poboljšanje udobnosti vožnje te efikasnost u gustom prometu. Mane sustava zadržavanja vozila u prometnom traku su nepravovremene reakcije i intervencije, ograničena efikasnost i ovinost o kvaliteti označenih prometnih crta te nepoželjna intervencija u slučajevima kada se vozač namjerno približi crti kako bi izbjegao prepreku na prometnom traku [2].



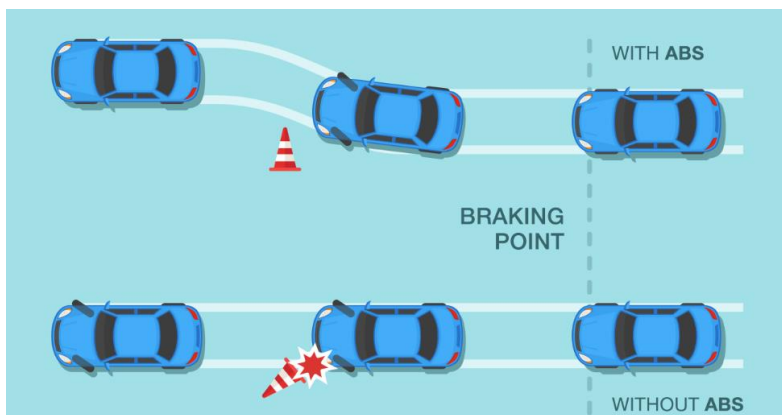
Slika 5. Prikaz rada sustava zadržavanja vozila u prometnoj traku [7]

2.7. Sustav protiv blokiranja kotača (ABS)

Sustav protiv blokiranja kotača, ABS (engl. Anti-lock Braking System), je sustav čija je zadaća osigurati upravljivost vozila prilikom intenzivnog kočenja sprječavajući blokiranje kotača, jer su samo kotrljajući kotači upravljivi i samo oni prenose bočne sile vođenja [2].

ABS sustav ima po jedan senzor na svakom kotaču koji pratu njegovu brzinu. Sustav kontinuirano uspoređuje međusobne brzine kotača te kad primjeti da jedan od kotača brže usporava od drugih, odnosno kad primjeti potencijalnu pojavu proklizavanja kotača kreće s intervencijom. ABS kontrolira kočenje stvaranjem “pulsa”, brzim izmjenjivanjem aktivne i neaktivne kočnice, čime se prevenira blokiranje kotača. Time sustav vozaču omogućuje kontrolu nad vozilom čak i tijekom intenzivnog kočenja (slika 6). ABS također pospješuje kočenje vozila na mokrim i vlažnim kolnicima, ubrzavajući kočenje i smanjujući duljinu kočenja. Mnoga vozila imaju indikator koji neposredno prije aktivacije upozori vozača da je sustav aktiviran [2].

Prednosti sustava protiv blokiranja kotača su poboljšanje kontrole nad vozilom, smanjenje zaustavne duljine i time smanjenje broja nesreća, poboljšanje stabilnosti vozila te primjenjivost na raznim površinama i na raznim uvjetima tih površina. Mane sustava protiv blokiranja kotača su pulsiranje pedale za kočnicu, što isprva vozaču može biti neprirodno, nepravovremene aktivacije sustava te velika ovisnost o stanju i kvaliteti guma vozila [2].



Slika 6. Prikaz situacije naglog kočenja sa sustavom protiv blokiranja kotača i bez njega [8]

2.8. Sustav nadzora mrtvog kuta (BSA)

Sustav nadzora mrtvog kuta, BSA (engl. Blind Spot Assist), upozorava vozača o vozilima koja se nalaze u mrtvom kutu vozila ili koja će se u njemu nalaziti [2].

Dva radarska senzora nadziru mrtvi kut, odnosno dio uz vozilo koji se ne može vidjeti pomoću vanjskih zrcala. Prvo upozorenje da nije sigurno skretanje javlja se u obliku svjetlosnog signala na vanjskom zrcalu, a ako vozač tada uključi pokazivač promjene smjera dolazi do uključivanja zvučnog signala upozorenja [2].

Prednosti sustava nadzora mrtvog kuta su smanjenje rizika od nesreće, povećanje sigurnosti vozača u svoju vožnju te smanjenje distrakcija u vožnji. Mane sustava nadzora mrtvog kuta su lažne aktivacije, na primjer kada senzori očitavaju parkirane automobile te prevelika ovisnost vozača o sustavu, što u slučaju kvara sustava može rezultirati nesrećom [2].

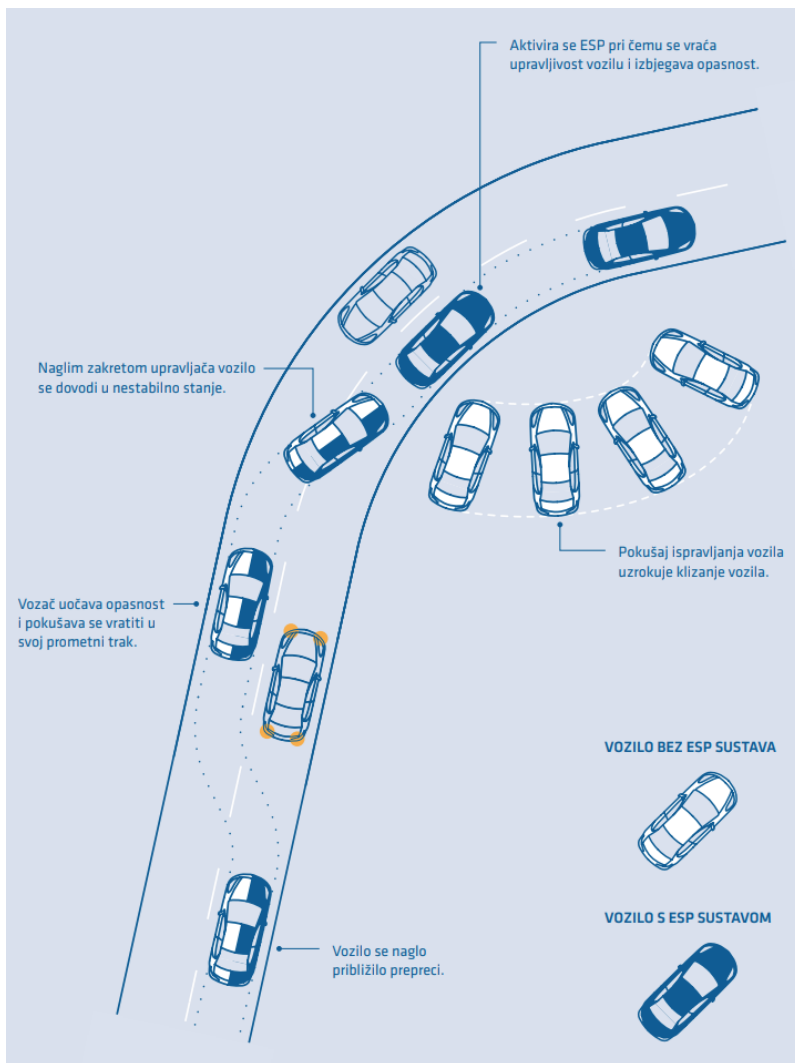
2.9. Elektronični program stabilnosti (ESP)

Elektronični program stabilnosti (engl. Electronic Stability Program) postiže uzdužnu i vertikalnu stabilizaciju vozila kočenjem pojedinih kotača i intervencijom na upravljački sustav. Time sprječava zanošenje vozila oko vertikalne osi. Zadatak ESP-a održati je vozilo na putanji nakon pojave kritične situacije pri čemu je došlo do gubitka kontrole i stabilnosti. Pri nagloj promjeni smjera vozila pojavljuje se mogućnost da vozilo ne prati zahtjeve vozača, te u tom slučaju može doći do podupravljivosti i preupravljivosti. Podupravljivost nastupa kada vozilo skreće pod kutem manjim od kuta zadanog zakretom volana, a preupravljivost nastupa kada vozilo skreće pod kutem većim od zadanog, gdje dolazi do zanosa stražnjeg dijela vozila [2].

Kad ESP sustav prepozna kritičnu situaciju, dolazi do intervencije uključivanjem kratkotrajnog kočenja jednog od suprotnih kotača te se na taj način stvara stabilizirajući moment oko osi vozila čime se vozilo

vraća na željenu putanju (slika 7). ESP također povećava prionjivost i stabilnost vozila na mokrim i neravnim površinama, dodatno doprinoseći sigurnosti vozila [9].

Prednosti električnog programa stabilnosti su poboljšanje stabilnosti vozila, povećana prionjivost vozila te znatno smanjenje rizika od pojave prevrtanja vozila. Mane električnog programa stabilnosti su nepravovremene intervencije, gdje može doći do velike zabrinutosti vozača i ograničena učinkovitost u ekstremnim uvjetima poput snijega [2].



Slika 7. Prikaz rada elektroničnog sustava stabilnosti [2]

2.10. Sustav prepoznavanja prometnih znakova (TSR)

Sustav prepoznavanja prometnih znakova, TSR (engl. Traffic Sign Recognition System), služi obavještanju vozača o dopuštenjima i upozorenjima na cesti. TSR sustav može prepoznati razne

prometne znakove, kao na primjer znakove ograničenja brzine, stop znakove, znakove zabrane prometa i druge, te iste prikazati na zaslonu s instrumentima [2].

TSR sustav koristi kameru najčešće smještenu u kućištu unutarnjeg retrovizora. Kamera kontinuirano prikazuje sliku ispred vozila koje onda procesira pomoću algoritama prepoznavanja slika. Nakon prepoznavanja znaka, kamera ga daljnje analizira pomoću njegovog oblika, boje i teksta na njemu. Nakon što odluči o kojem je znaku riječ, isti se prikazuje vozaču na zaslonu s instrumentima, dok kamera nastavlja raditi i ažurirati podatke [3].

Prednosti sustava prepoznavanja prometnih znakova su reducirani rizik od prebrze vožnje, poboljšana sigurnost na cestama te poboljšanje udobnosti vožnje, kako vozač više ne mora konstantno tražiti i iščekivati znakove. Mane sustava prepoznavanja prometnih znakova su krivo očitavanje znakova i time davanje krivih informacija vozaču, ovisnost sustava o kameri, time i ovisnost o vanjskim uvjetima i problemi sustava s očitavanjem privremenih znakova [3].

3. ADAS sustavi propisani uredbom 2019/2144

Uredbom 2019/2144 EU propisuje zahtjeve za homologacijom tipa vozila i sustava, sastavnih dijelova te zasebnih tehničkih jedinica konstruiranih i izrađenih za vozila, s obzirom na njihove opće karakteristike i sigurnost te na zaštitu i sigurnost osoba u vozilu i nezaštićenih sudionika u cestovnom prometu. Također pripisuje zahtjeve za homologaciju tipa vozila u pogled za nadzor tlaka u gumama, s obzirom na njihovu sigurnost i učinkovitost potrošnje goriva i emisije ugljikovog dioksida te homologaciju tipa novoprodučenih guma s obzirom na njihovu učinkovitost u području sigurnosti i zaštite okoliša [10].

Motorna vozila se prema Uredbi 2019/2144 opremaju sljedećim ADAS sustavima: sustav za pomoć pri kontroli brzine, sustav za upozoravanje u slučaju pospanosti, sustav za olakšavanje ugradnje uređaja za blokadu u slučaju vožnje pod utjecajem alkohola, napredni sustav za upozoravanje u slučaju odvratanja pozornosti vozača, signal za zaustavljanje u nuždi, sustav za detekciju pri vožnji unatrag i uređaj za snimanje podataka o događaju [10].

3.1. Sustav za pomoć pri kontroli brzine (ISA)

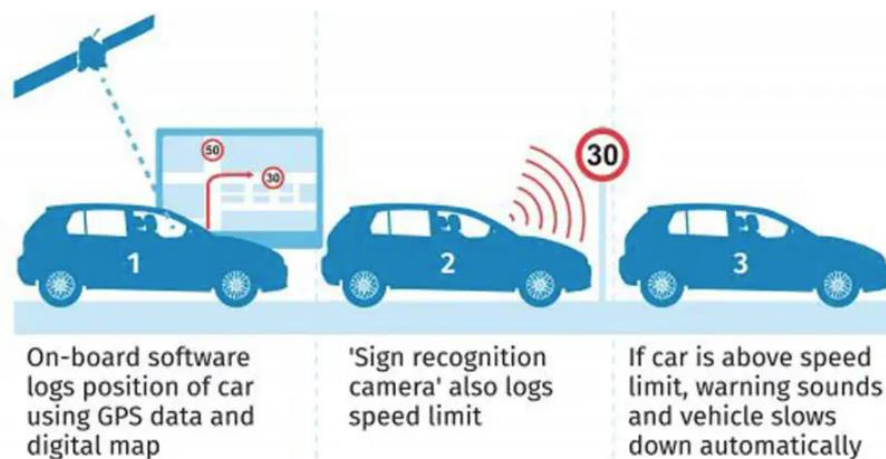
Sustav za pomoć pri kontroli brzine, ISA (engl. Intelligent Speed Assistance), ima zadaću asistiranja vozaču u pridržavanju ograničenja brzine vožnje. Ovaj sustav po Uredbi 2019/2144 mora ispunjavati sljedeće uvjete:

- mora upozoriti vozača putem kontrole gasa ili putem ciljane i odgovarajuće povratne informacije da je prekoračeno primjenjivo ograničenje brzine;
- sustav mora biti moguće isključiti: i dalje mogu postojati podaci o ograničenju brzine, a inteligentna pomoć pri kontroli brzine mora biti u redovnom načinu rada nakon svake aktivacije glavnog kontrolnog prekidača vozila;
- ciljane i primjerene povratne informacije temelje se na podacima o ograničenju brzine koji se dobivaju opažanjem prometnih znakova i signala na temelju signala infrastrukture ili podataka iz elektroničke karte, ili na temelju jednog i drugog, koji su dostupni u vozilu;
- ne utječe na mogućnost vozača da prekorači brzinu vozila koji postavi sustav: ciljevi njihove učinkovitosti postavljeni su tako da se izbjegne ili smanji stopa pogreške u stvarnim uvjetima vožnje [10].

Sustav za pomoć pri kontroli brzine pomoću senzora i kamera prepoznaje znakove za ograničenje brzine. U nekim slučajevima koristi i GPS za pomoć pri određivanju ograničenja na trenutnoj prometnici. Nakon identificiranja ograničenja brzine, sustav kontinuirano prati brzinu vozila i uspoređuje ju s ograničenjem. Sustav vozaču povratne informacije najčešće daje pomoću auditivnih i vizualnih signala, što uključuje prikaz ograničenja brzine i brzine vozila na ploči s instrumentima. U naprednijim sustavima postoji i

moćnost intervencije sustava pri vožnji, prilagođavajući brzinu smanjujući gas ili aktiviranjem kočnica (slika 8). Najčešće je dopušteno prekoračenje preporučene brzine, zbog slučajeva u kojima vozač mora pretjecati druga vozila ili u hitnim situacijama [11].

Prednosti sustava za pomoć pri kontroli brzine su poboljšanje sigurnosti na cestama, smanjena ozbiljnost sudara, prevencija kaznenog prekoračenja brzina i poboljšana efikasnost korištenja goriva. Mane sustava za pomoć pri kontroli brzine su frustracija vozača sustavom, velika kompleksnost sustava a time i velika cijena ugrađivanja, zabrinutost vezana za privatnost; sustav koristi GPS i pohranjuje lokalne podatke [11].



Slika 8. Način rada sustava za pomoć pri kontroli brzine [12]

3.2. Sustav za upozoravanje vozača u slučaju pospanosti (DDD)

Sustav za upozoravanje vozača u slučaju pospanosti, DDD (engl. Driver Drowsiness Detection), prati aktivnosti vozača te ga upozorava auditivnim i vizualnim signalima da napravi stanku za odmor. Sustavi za upozoravanje u slučaju pospanosti i napredni sustavi za upozoravanje u slučaju odvratanja pozornosti vozača osmišljeni su tako da ne bilježe neprekidno ni ne zadržavaju bilo kakve podatke osim onih koji su potrebni u svrhe u koje su prikupljeni ili na neki drugi način obrađeni u sustavu zatvorenog kruga. Nadalje, ti podaci ne smiju ni u kojem trenutku biti dostupni ili stavljeni na raspolaganje trećoj strani i odmah nakon obrade se brišu. Ti sustavi moraju isto tako biti konstruirani na način da se izbjegnu preklapanja te ne smiju vozača odvojeno i istodobno upozoravati ili ga upozoravati na zbunjujući način ako jedna radnja aktivira oba sustava [10].

Sustav prati koliko često vozač zakreće volanom u ovisnosti o zavojima na prometnici, u skladu s kamerom za praćenje prometnog traka. Napredniji i noviji sustavi koriste kamere koje promatraju lice vozača kako bi uočili znakove umora. Najjednostavniji sustavi uzimaju u obzir vrijeme trajanja vožnje, dok noviji i kompleksniji sustavi koriste brojne algoritme umjetne inteligencije i razne senzore [2].

Prednosti sustava za upozoravanje vozača u slučaju pospanosti su smanjenje broja nesreća uslijed nenamjernog gubitka kontrole nad vozilom, visoka preciznost senzora i precizno uočavanje znakova umora te pravovremeno ispravljanje ponašanja koje može uzročiti nesreću. Mane sustava za upozoravanje vozača u slučaju pospanosti su veliki troškovi ugradnje i zabrinutost po pitanju privatnosti, uzevši u obzir kameru koja konstantno prati pokrete lica i tijela [2].

3.3. Sustav za olakšanje ugradnje uređaja za blokadu u slučaju vožnje pod utjecajem alkohola

Sustav za olakšanje ugradnje uređaja za blokadu u slučaju vožnje pod utjecajem alkohola standardizirano je sučelje kojime se olakšava nakadna ugradnja uređaja za blokadu u slučaju vožnje pod utjecajem alkohola u motorna vozila. Cilj je onemogućiti upravljanje vozila osobama pod utjecajem alkohola [3].

Uređaji za blokadu u slučaju vožnje pod utjecajem alkohola uglavnom su namijenjeni za naknadnu ugradnju. U tu se svrhu priključuju na električni strujni krug i upravljački sustav vozila. Ugradnja ne bi trebala ometati pravilan rad niti održavanje vozila niti smanjivati sigurnost vozila nego bi trebala biti što jednostavnija za specijalizirane i obučene instalatere [10].

Prednosti sustava za olakšanje ugradnje uređaja za blokadu u slučaju vožnje pod utjecajem alkohola su povećana sigurnost na cestama samim smanjenjem broja vozača pod utjecajem alkohola. Također se ovim sustavom sama ugradnja radi jeftinijom. Mane sustava za olakšanje ugradnje uređaja za blokadu u slučaju vožnje pod utjecajem alkohola su dodatna cijena ugradnje uređaja te mogućnost neispravne reakcije sustava (zaustavljanje trijeznog vozača) [3].

3.4. Sustav za upozoravanje u slučaju odvratanja pozornosti vozača

Sustav za upozoravanje u slučaju odvratanja pozornosti vozača pomaže vozaču da obrati pozornost na cestu i stanje u prometu i upozorava ga u slučaju odvratanja pozornosti. Zahtjevi za ovaj sustav također uključuju da podaci ne smiju biti dostupni na raspolaganje trećoj stranki i odmah nakon obrade se brišu, a obrađuju se u sustavu zatvorenog kruga [3].

Uređaji za upozoravanje u slučaju odvratanja pozornosti vozača rade na jako sličan način kao sustavi za upozoravanje vozača u slučaju pospanosti. Pomoću sustava kamera i senzora koji istovremeno prate lice vozača i pokrete volana. U pravilu, sustav vozaču šalje upozorenje kada vozač izgubi pozornost na 3.5 sekundi ili više vozeći se brzinom od 50 km/h ili brže, odnosno kada vozač izgubi pozornost na 6 sekundi ili više vozeći se brzinom od 20 do 50 km/h [13].

Prednosti sustava za upozoravanje u slučaju odvratanja pozornosti vozača su smanjenje prometnih nesreća izazvanih gubitkom koncentracije i pozornosti vozača te moguća prilagodljivost sustava, čime se

može odrediti intenzitet i učestalost davanja upozorenja. Mane sustava za upozoravanje u slučaju odvratanja pozornosti vozača su cijena same integracije, održavanja i popravaka sustava te zabrinutost po pitanju privatnosti [3].

3.5. Signal za zaustavljanje u nuždi

Signal za zaustavljanje u nuždi je signal koji drugim sudionicima u prometu sa stražnje strane vozila ukazuje na to da na vozilo djeluje velika sila za zaustavljanje s obzirom na prevladavajuće uvjete na cesti [14].

Signal za zaustavljanje u nuždi vozače iza vozila upozorava na naglo kočenje brzim paljenjem i gašenjem stop svjetala (slika 9). Uvjet aktivacije je aktivacija ABS sustava kada je brzina vožnje preko 55 km/h. Automatski se pale svi pokazivači smjera nakon kočenja, odnosno nakon što brzina padne ispod 40 km/h, nakon što se isključi ABS sustav i nakon što prestane naglo kočenje. Pokazivači smjera se gase nakon što vozilo neko vrijeme provede u vožnji niske brzine [15].

Prednosti signala za zaustavljanje u nuždi su povećanje sigurnosti na cestama te smanjenje rizika od lančanih sudara. Mane signala za zaustavljanje u nuždi su visoke cijene ugradnje i održavanja sustava te moguće pogrešne reakcije sustava čime može doći do opasne situacije [15].



Slika 9. Prikaz rada signala za zaustavljanje u nuždi [16]

3.6. Sustav za detekciju pri vožnji unatrag

Sustav za detekciju pri vožnji unatrag sustav je koji vozačima olakšava parkiranje vozila pružajući povratne informacije o neposrednoj okolini vozila. Sustav je instaliran na stražnjem i prednjem dijelu vozila te služi za upozoravanje vozača u slučaju da se vozilo približava nekom drugom objektu [17].

Sustav za detekciju pri vožnji unatrag najčešće se bazira na dva tipa senzora, a to su elektromagnetski parkirni senzori i ultrazvučni parkirni senzori. Sustav se automatski uključuje čim vozilo vozi unatrag. Noviji sustavi koriste elektromagnetske parkirne senzore koji se baziraju na odašiljanju elektromagnetskih valova iz samih senzora. Ultrazvučni parkirni senzori najčešće su instalirani na

stražnjem dijelu vozila te funkcioniraju s 4 do 6 senzora te funkcionira odašiljanjem ultrazvučnih valova [17].

Prednosti sustava za detekciju pri vožnji unatrag su olakšanje pri parkiranju novim vozačima i smanjenje šteta izazvanih pri parkiranju vozila. Mane sustava za detekciju pri vožnji unatrag su skupa ugradnja sustava te razvijanje ovisnosti vozača o sustavi gdje pri disfunkciji sustava može doći do oštećenja vozila [17].

3.7. Uređaj za snimanje podataka o događaju

Podaci koje uređaji za snimanje podataka o događaju mogu snimati i pohranjivati odnose se na razdoblje malo prije, tijekom i neposredno nakon sudara. Ti podaci uključuju podatke o: (1) brzini vozila, kočenju, položaju i nagibu vozila na cesti; (2) stanju i brzini aktivacije svih njegovih sigurnosnih sustava; (3) aktivaciji kočnica i relevantne ulazne parametre ugrađenih sustava za aktivnu sigurnost i izbjegavanje nesreća. Uređaji za snimanje podataka o događaju imaju visoku razinu točnosti i zajamčenu mogućnost očuvanja podataka. Uređaj za snimanje podataka o događaju nije moguće isključiti [10].

Način na koji uređaj za snimanje podataka o događaju snima i pohranjuje podatke mora biti takav da:

- djeluju u sustavu zatvorenog kruga;
- podaci koje oni prikupe anonimizirani su i zaštićeni od manipulacije i zlouporabe;
- podaci koje oni prikupe omogućuju da se utvrdi točan tip, varijanta i izvedba vozila te osobito sustavi za aktivnu sigurnost i izbjegavanje nesreća koji su ugrađeni u vozilo;
- podaci koje oni mogu snimati stavljaju se na raspolaganje nacionalnim tijelima na temelju prava EU ili nacionalnog prava samo u svrhu istraživanja i analize nesreća, uključujući u svrhu homologacije tipa sustava i sastavnih dijeova te u skladu s Uredbom (EU) 2016/679, putem standardiziranog sučelja;
- uređaj za snimanje podataka o događaju ne smije moći snimati i pohranjivati posljednje četiri znamenke indikatora vozila u identifikacijskom broju vozila ni bilo koju drugu informaciju kojom bi se omogućila identifikacija samog pojedinačnog vozila, njegova vlasnika ili korisnika [10].

Prednosti uređaja za snimanje podataka o događaju su mogućnost precizne i objektivne rekonstrukcije nesreće te poboljšanje sigurnosti na cestama prateći uzorke uzroka nesreća očitane istim uređajima. Mane uređaja za snimanje podataka o događaju su velika zabrinutost po pitanju privatnosti te kompleksno vlasništvo snimljenih podataka [10].

4. Novi ADAS sustavi

ADAS sustavi brzo napreduju iz dana u dan, sa razvojem novih tehnologija za povećanje sigurnosti na cesti, udobnost vožnje i sve veću autonomnost vozila. Neki od novijih ADAS sustava koji se ističu su: sustav za pomoć pri prometnim gužvama, sustav automatskog parkiranja i sustav autonomne vožnje visokog stupnja.

4.1. Sustav za pomoć pri prometnim gužvama

Sustav za pomoć pri prometnim gužvama je sustav koji asistira vozača pri vožnji u velikim gužvama, što je korisno jer se gužve stvaraju najčešće nakon posla, kada je koncentracija vozača ispodprosječna. Vozač odlučuje kada će sustav biti uključen. Ne radi se o autonomnoj vožnji, što znači da je vozač još uvijek dužan imati ruke za volanom i pratiti stanje na cesti te se smatra odgovornim [18].

Sa uključenim sustavom za pomoć pri prometnim gužvama vozilo automatski prati vozilo ispred sebe, u potpunosti kontrolirajući ubrzavanje i kočenje. Također vozač ima opciju izabrati razmak kojeg će se vozilo pridržavati u odnosu na vozilo ispred sebe. Sustav u suradnji s drugim sustavima također osigurava da se vozilo drži sredine prometnog traka [17].

Prednosti sustava za pomoć pri prometnim gužvama su povećanje sigurnosti na cestama, smanjenje stresa kod vozača te ostvarenje protočnijeg prometa. Mane sustava za pomoć pri prometnim gužvama su troškovi ugradnje i održavanja te kompleksna raspodjela odgovornosti u slučaju nesreće tijekom korištenja sustava [17].

4.2. Sustav automatskog parkiranja vozila

Sustav automatskog parkiranja vozila je sustav koji omogućuje samostalno parkiranje vozila u svrhu smanjenja broja prometnih nesreća i u svrhu omogućavanja sigurnijeg parkiranja vozila u uskim parkirnim mjestima. Automatsko parkiranje može se izvoditi okomito i paralelno [19].

Sustav automatskog parkiranja vozila koristi brojne senzore pomoću kojih skenira okolni prostor i osigurava sigurno parkiranje uz ili bez sudjelovanja vozača. Pri aktivaciji sustava, skenira se okolni prostor u potrazi za prikladnim mjestom. Senzori skeniraju prostor na udaljenosti od 4.5 do 5 metara. Vozilo se kreće paralelno s nizom drugih vozila i čim pronađe mjesto obavještava vozača. Kvaliteta samog skeniranja prostora ovisi o brzini kretanja vozila [19].

Prednosti sustava automatskog parkiranja vozila su sigurnost pri parkiranju, ušteda vremena te ušteda prostora, kako je sustav precizniji od vozača, na istom prostoru bit će moguće parkirati više vozila. Mane sustava automatskog parkiranja vozila su velika cijena ugradnje zbog visoke razine kompleksnosti sustava

te mogućnost krivog očitavanja okoline vozila, zbog nestandardnih oblika karoserija drugih vozila ili predmeta poput kanti za smeće ili bicikla koje sustav pod određenim kutom ne prepoznaje [19].

4.3. Sustav autonomnog cestovnog vozila

Opće je prihvaćena podjela autonomnih vozila u šest razina. Nulta razina (eng. no automation) označava manualnu vožnju u kojoj automatizirani sustav izdaje upozorenja i može trenutačno djelovati, ako je to potrebno. Prva razina (eng. hands on) odnosi se na sustav pomoći koji omogućuje vozilu upravljanje ili ubrzavanje i kočenje, ali uz nadzor vozača. Primjer takvih sustava su tempomat i sustav za održavanje vozila u traci. Druga razina (eng. hands off) označava vozilo koje obavlja zadatke prijašnjih razina, a vozač je i dalje odgovoran za nadgledanje vožnje te mora biti spreman intervenirati u bilo kojem trenutku u kojemu automatizirani sustav ne reagira pravilno. Treća razina (eng. eyes off) je razina pri kojoj vozač može sigurno skrenuti pozornosti sa zadatka vožnje jer vozilo upravlja svojom putanjom, ali se svakako zahtjeva vozačeva spremnost u slučaju potrebe za intervencijom. Četvrta razina (eng. mind off) označava razinu pri kojoj se nikada ne zahtijeva pozornost vozača, a autonomna vožnja podržana je samo u ograničenim područjima. Zadaće vozila uključuju operativne i taktičke aspekte. Peta razina (eng. steering wheel optional) označava razinu koja ne zahtjeva prisutnost vozača. Zadaće vozila uključuju operativne i taktičke aspekte vožnje. Na petoj razini vozač samo mora označiti odredište i točke zaustavljanja na putu, bez obzira na složenost scenarija. Iako EU uredbom 2019/2144 potpuno autonomno vozilo naziva "automatiziranim" vozilom, ipak je uvriježen naziv "autonomno" vozilo [20].

Sustav autonomnog cestovnog vozila najkompleksniji je ADAS sustav, koji se može smatrati i suradnjom gotovo svih postojećih ADAS sustava. Struktura sustava autonomnih vozila podijeljena je na četiri dijela: senzorske sustave, klijentske sustave, akcijske sustave i korisničke sustave. Napredni senzori sustava autonomnih vozila koriste višeslojne neuronske mreže i duboko učenje koji se onda koriste za raspoznavanje prometnica, vozila, objekata i osoba. Cijeli rad autonomnih vozila bazira se na principu "osjeti-planiraj-djeluj" koji je sam po sebi mreža kompleksnih algoritama koji planiraju analizom podataka prikupljenih putem senzora. U kritičnim situacijama, kada sustav očita kriznu situaciju i potrebu za brзом reakcijom, princip djelovanja svodi se na "osjeti-djeluj" [20].

Prednosti sustava autonomnog cestovnog vozila su veliko povećanje sigurnosti na cestama, smanjenje gužvi na cestama, povećana efikasnost trošenja goriva i povećanje produktivnosti vozača, koji može vrijeme putovanja provoditi radeći, čitajući itd. Mane sustava autonomnog cestovnog vozila su veliki troškovi ugradnje i održavanja sustava zbog njegove iznimne kompleksnosti, disfunkcija sustava puno je veća opasnost po vozača i druge sudionike u prometu kada se radi o autonomnoj vožnji i gubitak radnog mjesta određenih ljudi koji su profesionalni vozači [20].

5. Zaključak

Razvoj naprednih sustava pomoći vozaču postiže izvanredni napredak proteklih godina te otvara novu eru sigurnosti prometa na cestama, udobnosti vožnje i učinkovitosti. Mnogi postojeći ADAS sustavi već su pokazali svoj potencijal za smanjenje nesreća i poboljšanje iskustva vožnje. Neki od njih, poput sustava protiv blokiranja kotača, već se nalaze u većini cestovnih vozila, dok su drugi na tome putu zahvaljujući EU koja ih Uredbom 2019/2144 propisuje kao obavezne komponente svih novoproduzvedenih vozila. Pojava novih ADAS sustava obećava još veće korake u području sigurnosti, automatizacije i pogodnosti za korisnike. Ove inovacije imaju potencijal promijeniti način na koji se danas vozimo i vode prema autonomnom vozilu koje će omogućiti korisniku prijevoz do željene lokacije bez ikakve intervencije u sustav. U nadolazećim godinama, uspješna integracija ADAS sustava ovisit će o suradnji između proizvođača automobila, regulatornih tijela, inženjera i društva u cjelini.

Kao i kod svake transformativne tehnologije, postoje izazovi i mane ovih sustava. Najčešći problemi vezani za ADAS sustave su ekonomičnost vozila i ponekad zabrinutost za privatnost vozača. Te mane u potpunosti su neusporedive sa stupnjem sigurnosti, udobnosti i efikasnosti kojeg ADAS sustavi omogućuju.

Literatura

- [1] Predstavništvo u Hrvatskoj: *Sigurnost na cestama EU-a: manje smrtnih slučajeva nego prije pandemije, ali napredak je i dalje prespor*, https://croatia.representation.ec.europa.eu/news/sigurnost-na-cestama-eu-manje-smrtnih-slucajeva-nego-prije-pandemije-ali-napredak-je-i-dalje-prespor-2023-02-21_hr, 21.02.2023.
- [2] Centar za vozila Hrvatske: *Napredni sustavi za podršku vozaču pri upravljanju vozilom*, https://www.cvh.hr/media/3641/adas_web.pdf
- [3] PD VL native tim: *Napredni sustavi u vozilu koriste se u sve većem broju i služe kao pomoć vozačima*, <https://www.poslovni.hr/domace/napredni-sustavi-u-vozilu-koriste-se-u-sve-vecem-broju-i-sluze-kao-pomoc-vozacima-4353711>, 15.09.2022.
- [4] Stanić A.: *Sigurnosni pojas u automobilu, kako funkcionira*, <https://www.autostanic.hr/blog/sigurnosni-sustavi-srs-sustavi-sigurnosni-pojasevi>, 25.02.2021.
- [5] Stanić A.: *Zračni jastuci u automobilu, kako funkcioniraju*, <https://www.autostanic.hr/blog/sigurnosni-sustavi-srs-sustavi-zra%C4%8Dni-jastuci>, 03.03.2021.
- [6] Euro NCAP: *How to read the stars*, <https://www.euroncap.com/en/about-euro-ncap/>
- [7] Shah V.: *Lane support systems explained*, <https://www.carexpert.com.au/car-news/lane-support-systems-explained>, 04.12.2020.
- [8] AA Motoring: *What is ABS and ESC and how do they protect me?*, <https://www.aa.co.nz/cars/motoring-blog/what-is-abs-and-esc-and-how-do-they-protect-me/>, 17.01.2022.
- [9] Euroauto: *Što je ESP i kako radi?*, <https://www.euroauto.hr/blog/sto-je-esp-i-kako-radi-107/>
- [10] Europska Unija: *Delegirana Uredba Komisije (EU) 2021/1243* <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=CELEX%3A32019R2144>, 30.07.2021.
- [11] Oryx Asistencija: *Napredni sustavi za pomoć u vožnji – velike promjene od 6. srpnja*, <https://www.oryx-asistencija.hr/savjeti-za-vozace/aktualno/napredni-sustavi-za-pomoc-u-voznji-14275>
- [12] Evans J., *Intelligent speed assistance: everything you need to know*, <https://www.autocar.co.uk/car-news/features/intelligent-speed-assistance-everything-you-need-know>, 04.07.2022.
- [13] Lyrheden F.: *Advanced Driver Distraction Warning (ADDW) systems: How will the EU'S GSR improve road safety?*, <https://smarteys.se/blog/advanced-driver-distraction-warning-addw-systems-how-will-the-eus-gsr-improve-road-safety/>, 03.05.2023.
- [14] *Pravilnik br. 48 Gospodarske komisije Ujedinjenih Naroda za Europu: Jedinственe odredbe o homologaciji vozila s obzirom na ugradnju uređaja za osvijetljavanje i svjetlosnu signalizaciju*, [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:42008X0523\(01\)&from=LT](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:42008X0523(01)&from=LT), 23.05.2008.
- [15] Kia: *Emergency Stop Signal (ESS)*, https://www.kia.com/content/dam/kia2/in/en/content/carens-manual/topics/chapter5_6_6.html
- [16] CarBike Tech: *How the Emergency Signal System (ESS) Works?*, <https://carbiketech.com/emergency-signal-system-ess/>, 03.12.2014.

[17] Wuling: *Car parking sensors: Types, functions, and maintenance*, <https://wuling.id/en/blog/autotips/car-parking-sensors-types-functions-and-maintenance>, 23.05.2022.

[18] Media & MG Life: *Traffic jam assistance: how does it work?*, <https://news.mgmotor.eu/traffic-jam-assistance-how-does-it-work/>, 12.10.2021.

[19] *Opis i princip rada sustava automatskog parkiranja*, <https://hr.avtotachki.com/opisanie-i-princip-raboty-sistemy-avtomaticheskoy-parkovki/>, 26.05.2022.

[20] Pavlić M.: *Autonomna cestovna vozila – Robote, vozi polako*, <https://www.bug.hr/transport/autonomna-cestovna-vozila-robote-vozi-polako-20775>, 19.04.2021.