Analiza adaptivnih sustava za kočenje kod cestovnih vozila

Zovak, Luka

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:343313

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

ANALIZA ADAPTIVNIH SUSTAVA ZA KOČENJE KOD CESTOVNIH VOZILA

ANALYSIS OF ADAPTIVE BRAKING SYSTEMS IN ROAD VEHICLES

Mentor: doc. dr. sc. Željko Šarić **Student: Luka Zovak**

JMBAG: 0135255309

Zagreb, kolovoz, 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 5. svibnja 2022.

Zavod: **Zavod za cestovni promet**
Predmet: **Cestovna prijevozna sredstva**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 6704

Pristupnik: **Luka Zovak (0135255309)**
Studij: Promet
Smjer: Cestovni promet

Zadatak: **Analiza adaptivnih sustava za kočenje kod cestovnih vozila**

Opis zadatka:

U Završnom radu je potrebno provesti analizu adaptivnih sustava za kočenje kod œstovnih vozila. Na početku rada opisati aktualnu zakonsku regulativu u području œstovnih vozila te objasniti princip rada adaptivnih sustava za kočenje. Analizirati vrste adaptivnih sustava za kočenje te na uzorku voznog parka Republike Hrvatske utvrditi udio vozila s instaliranim adaptivnim sustavom za kočenje.

Mentor:

doc. dr. sc. Željko Šarić

Predsjednik povjerenstva za završni ispit:

SAŽETAK

Velik broj različitih sudionika svakodnevno ostvaruje velik broj zahtjeva za prijevozom te se njihova sigurnost nameće kao prioritet cestovnog prometa. Autoindustrija donosi nova rješenja za održavanje razine sigurnosti prometa u vidu naprednih sustava za pomoć vozaču, a s obzirom da je kočenje jedan od najbitnijih postupaka prilikom vožnje, završnim radom obrađeni su adaptivni sustavi za kočenje te inteligentni sustav pomoći vozaču pri kontroli brzine, koji su usko vezani jedan s drugim. Opisane su RaDAR i LiDAR tehnologija pomoću kojih ovi sustavi izvršavaju svoju funkciju, a prema podacima dobivenim od Centra za vozila Hrvatske za potrebe izrade završnog rada provedena je analiza zastupljenosti ovih sustava u voznom parku Republike Hrvatske. Nakon provedene analize uviđa se da su svi proizvođači obratili posebnu pozornost na ranjive sudionike prometa kao što su pješaci i biciklisti, ali i da postoji prostor za veću primjenu ovih sustava u svrhu održavanja sigurnosti prometa.

KLJUČNE RIJEČI: ADAS sustavi, adaptivni sustavi za kočenje, prilagodljivi tempomat, RaDAR, LiDAR

SUMMARY

A big amount of transportation requests are made daily by a large number of different traffic participants and their safety is imposed as a priority for road traffic. The automotive industry brings new solutions to maintain the level of traffic safety in the form of advanced driver assistance systems and considering that braking is one of the most crucial procedures when driving, the thesis dealt with adaptive braking systems and adaptive cruise control systems, which are closely related with each other. The RaDAR and LiDAR technologies with which these systems perform their functions are described, and according to the data obtained from the Center for Vehicles of Croatia, an analysis of the representation of these systems in the vehicle fleet of the Republic of Croatia was carried out for the purposes of the thesis. After the analysis, it can be seen that all manufacturers paid special attention to vulnerable traffic participants such as pedestrians and cyclists and that there is also room for greater application of these systems for the increasing purpose of traffic safety.

KEY WORDS: ADAS systems, Adaptive Braking Systems, Adaptive Cruise Control, RaDAR, LiDAR

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. ZAKONSKA REGULATIVA U PODRUČJU CESTOVNIH VOZILA 3
3. PRINCIP RADA ADAPTIVNIH SUSTAVA ZA KOČENJE 6
4. VRSTE ADAPTIVNIH SUSTAVA ZA KOČENJE 13
4.1. Napredni sustavi pomoći vozaču (ADAS) 13
4.2. RaDAR tehnologija 15
4.2.1. Prednosti RaDAR tehnologije 17
4.2.2. Nedostaci RaDAR tehnologije 17
4.3. LiDAR tehnologija 17
4.3.1. Prednosti LiDAR tehnologije 18
4.3.2. Nedostaci LiDAR tehnologije 18
4.4. Adaptive Cruise Control sustav 19
4.5. Automatic Emergency Braking sustav 20
5. PRIMJER ADAPTIVNIH SUSTAVA ZA KOČENJE NA CESTOVNIM VOZILIMA U REPUBLICI HRVATSKOJ 22
6. ZAKLJUČAK 37
LITERATURA 39
Popis slika 41
Popis tablica 41
Popis grafikona 41

1. UVOD

Cestovni promet broji jako veliki broj korisnika koji svakodnevno ostvaruju jako velik broj zahtjeva za prijevozom. Iz razloga što uključuje različite vrste sudionika kao što su motorna vozila, pješaci, biciklisti i motociklisti zahtjevi za sigurnost podižu se na još višu razinu. Nastojanja da se osigura najviša moguća razina sigurnosti za sve sudionike u cestovnom prometu (a posebno one ranjive kao što su pješaci i biciklisti) obilježavaju tri bitna faktora a to su čovjek, cesta s okolinom i vozilo. Kako je čovjek faktor koji je podložan greškama zbog svoje prirode, a cesta sa svojom okolinom većinom zahtjeva velike financijske troškove da pruži najveću razinu sigurnosti, mogućnost za daljnje povećanje sigurnosti treba tražiti u automobilskoj industriji.

Sve su veća ulaganja u automobilskoj industriji u rješenja koja će pomoći ispraviti greške koje počini čovjek kao vozač ali koja će i pokušati spriječiti da uopće ne dođe do takve pogreške. Ovakva rješenja nazivaju se napredni sustavi pomoći vozaču i njihov je zadatak da sigurnost prometa održe odnosno podignu na višu razinu. Ovakvi sustavi polako postaju dio standardne opreme automobila, a ne samo dio dodatnog paketa alata, što potvrđuje činjenicu da se automobilska industrija okreće ovim sustavima kao rješenju za osiguranje dovoljne razine sigurnosti. Sustavi su općenito dizajnirani na način da mogu slati upozorenja vozaču ali i preuzeti kontrolu nad vozilom ukoliko pravovremena reakcija vozača zakasni ili u potpunosti izostane.

Zbog sve većeg potencijala ovih sustava ovaj završni radi pod nazivom *Analiza adaptivnih sustava za kočenje kod cestovnih vozila* ima za cilj predstaviti različite izvedbe adaptivnih sustava za kočenje kao i analizirati njihovu primjenu u voznom parku u Republici Hrvatskoj. S obzirom da je brzina jedan od učestalijih uzroka prometnih nesreća, ovim će se završnim radom predstaviti i inteligentni sustavi za pomoć pri kontroli brzine.

Završni rad je podijeljen u šest cjelina:

1. Uvod,
2. Zakonska regulativa u području cestovnih vozila,
3. Princip rada adaptivnih sustava za kočenje,
4. Vrste adaptivnih sustava za kočenje,
5. Primjer adaptivnih sustava za kočenje na cestovnim vozilima u Republici Hrvatskoj,
6. Zaključak.

Prvo poglavlje ovog rada predstavlja Uvod u kojem je iznesen cilj i prikazana struktura završnog rada.

Drugo poglavlje ovog rada donosi presjek zakonske regulative na području Republike Hrvatske kao i presjek zakonskih odredbi koje vrijede na području cijele Europske Unije. Predstavljeni su uvjeti koje motorno vozilo mora zadovoljavati pri homologaciji vozila kao i svi njegovi dijelovi, gdje također pripadaju i napredni sustavi pomoći vozaču. Zakonska regulativa uspostavlja minimalne norme i zahtjeve za sigurnošću kako bi se zaštitile sve osobe u vozilima ali i svi drugi sudionici prometa, posebno ono koji nisu dovoljno zaštićeni kao što su pješaci i biciklisti.

Trećim poglavljem opisan je proces kočenja u vozilu, sastavni dijelovi različitih izvedbi kočionih sustava te je predstavljen princip rada adaptivnih sustava za kočenje.

Četvrto poglavlje donosi pregled svih vrsta adaptivnih sustava za kočenje koje obuhvaća RaDAR i LiDAR tehnologije te njihove prednosti i nedostatke kao i *Adaptive Cruise Control* sustav i *Autonomous Emergency Braking* sustav kao primarni dio RaDAR i LiDAR tehnologija koji su usko vezani sa adaptivnim sustavima za kočenje.

Peto poglavlje predstavlja analizu voznog parka Republike Hrvatske prema podacima Centra za vozila Hrvatske koji su ustupljeni za izradu ovog završnog rada. Ovim poglavljem iznose se i osnovni podaci o broju registriranih vozila. Podaci sadrže informacije o tome koje izvedbe adaptivnih sustava za kočenje imaju najzastupljeniji proizvođači (Volkswagen, Škoda, Seat, Audi i Hyundai) na području Republike Hrvatske, od koje serije i u kojim točno modelima.

Šestim poglavljem iznosi se zaključak završnog rada kojeg prate popis korištene literature pri izradi rada kao i popis slika, tablica i grafikona.

2. ZAKONSKA REGULATIVA U PODRUČJU CESTOVNIH VOZILA

Zbog sve većeg broja zahtjeva za zadovoljenjem potreba za prijevozom, cestovni promet iz godine u godinu postaje sve više opterećen. Velik broj zahtjeva uveliko utječe na razinu sigurnosti prometa koja trpi velike posljedice jer je potrebno u što kraćem vremenu ispuniti velik broj zahtjeva. Da je potrebno nešto poduzeti po pitanju podizanja razine sigurnosti, svjedoči i činjenica da je na cestama Europske Unije u 2017. godini poginulo 25.300 ljudi, ali još je više zabrinjavajuća činjenica da se taj broj u posljednje četiri godine nije promijenio, odnosno nije se smanjio [1]. Potrebno je uvesti nove inicijative koje bi zadržale razinu zadovoljavanja usluge prijevoza, ali koje bi ujedno povećale razinu sigurnosti prometa. Različitim inicijativama se može utjecati na tri najbitnija čimbenika sigurnosti prometa (čovjek, vozilo i cesta s njenom okolinom). Automobilska industrija poduzima mjere unaprjeđenja usluge prijevoza razvijajući vozila koja bi olakšala sam proces vožnje utječući na vozača (olakšavajući njegovu ulogu u samom procesu), ali i utječući na sigurnost vožnje razvojem sustava koji će omogućiti upravljanje vozilom tako da vozilo preuzima kontrolu ukoliko dođe do situacije koja može dovesti u pitanje samu sigurnost cjelokupnog sustava. Razvoj ovakvih sustava povlači za sobom preventivne mjere koje je potrebno poduzeti kako bi vozilo radilo bez greške u svrhu zaštite vozača i putnika u njemu. Potrebno je izraditi zakonsku regulativu koja će kontrolirati proizvodnju, održavanje i rad ovakvih sustava. S obzirom na to da su ovakvi sustavi još relativno "u razvoju", velika većina država još nema izrađenu regulativu koja bi kontrolirala ovakva vozila.

Prema Zakonu o sigurnosti prometa na cestama motorno vozilo je svako vozilo koje se pokreće snagom vlastitog motora, osim vozila koja se kreću po tračnicama i pomoćnih pješačkih sredstava [2]. Jedna od bitnijih odrednica za sigurnost prometa koja se određuje karakteristikama ceste (njene podloga) i vozila (brzina vožnje) je zaustavni put. Zaustavni put, prema Pravilniku o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti prometa predstavlja put koji vozilo prijeđe od trenutka kada vozač uoči nepomičnu zapreku na putu do zaustavljanja vozila kočenjem [3]. Zaustavni put ovisi o vremenu reakcije vozača i o putu kočenja. S obzirom da je vozač sudionik koji je podložan greškama, a put kočenja ovisi o tangencijalnom koeficijentu otpora klizanja, otporu zraka i uzdužnom nagibu ceste (elementi koje nije moguće mijenjati ili ih je moguće mijenjati uz velike financijske troškove), moguće je jedino smanjiti zaustavni put na način da se unaprijede sustavi u vozilu koji će kočiti umjesto vozača odnosno koji će preuzeti ulogu kočenja kada vozač zakaže sa svojom pravovremenom reakcijom ili ona potpuno izostane. Napredni sustavi pomoći vozaču, odnosno adaptivni sustavi za kočenje, predstavljaju upravo to, sustave koji će preuzeti kontrolu nad vozilom kad reakcija vozača zakaže kako bi izbjegli incidentnu situaciju i kako bi održali razinu sigurnosti prometa [2,3].

Europska unija je donijela zakonsku uredbu kojom se definiraju adaptivni sustavi, njihove razine i početne mjere koje je potrebno poduzeti za njihovo implementiranje u prometni sustav [1]. Ovoj Uredbi prethodila je uredba Europskog parlamenta i Vijeća kojom su definirane administrativne odredbe i tehnički zahtjevi za homologaciju tipa svih novih vozila, sustava, sastavnih dijelova i zasebnih tehničkih jedinica. Člankom 3 Uredbe definirano je automatizirano vozilo kao i potpuno automatizirano vozilo [1]:

Automatizirano vozilo je motorno vozilo koje je konstruirano i izrađeno kako bi se kretalo autonomno tijekom određenog vremenskog razdoblja bez stalnog nadzora vozača, ali u odnosu na koje se intervencija vozača ipak očekuje ili je potrebna [1].

Potpuno automatizirano vozilo znači motorno vozilo koje je konstruirano i izrađeno kako bi se kretalo autonomno bez ikakva nadzora vozača [1].

S člankom 6 Uredbe 2019/2044 kategorizirani su napredni sustavi za sve kategorije motornih vozila, a to su [1]:

1. inteligentni sustav za pomoć pri kontroli brzine,
2. sustav za olakšavanje ugradnje uređaja za blokadu u slučaju vožnje pod utjecajem alkohola,
3. sustav za upozoravanje u slučaju umora i manjka pozornosti vozača,
4. napredni sustav za upozoravanje u slučaju odvraćanja pozornosti vozača,
5. signal za zaustavljanje u nuždi,
6. sustav za detekciju pri vožnji unatrag,
7. uređaj za snimanje podataka o događaju.

Predmeti ovog završnog rada (adaptivni sustavi za kočenje i inteligentni sustav za pomoć pri kontroli brzine) su također definirani ovom Uredbom (Članak 3). *Napredni sustav za kočenje u slučaju opasnosti* predstavlja sustav koji može automatski primijetiti potencijalni sudar i pokrenuti sustav kočenja na vozilu kako bi se usporilo njegovo kretanje i izbjegao ili ublažio sudar. Zajedno s ovim sustavom može se kombinirati i *inteligentni sustav za pomoć pri kontroli brzine* što je sustav koji pomaže vozaču u održavanju brzine primjerene okolnostima na cesti pružanjem namjenskih i prikladnih povratnih informacija [1].

S obzirom da ova Uredba definira gore spomenute napredne sustave za sve kategorije motornih vozila, potrebno je da se definiraju i posebni zahtjevi za automatizirana i potpuno automatizirana vozila koje je potrebno ispuniti ukoliko se u vozilu nalazi neki od već navedenog naprednog sustava. Prema Članku 11 (Posebni zahtjevi za automatizirana i potpuno automatizirana vozila) određuje se da sljedeći sustavi također moraju biti u skladu s tehničkim specifikacijama ove Uredbe [1]:

1. sustavi za zamjenu vozača u vožnji, uključujući signalizaciju, upravljanje, ubrzavanje i kočenje,
2. sustavi koji vozilu pružaju informacije u stvarnom vremenu o stanju vozila i njegova okruženja,
3. sustavi za praćenje dostupnosti vozača,
4. uređaji za snimanje podataka o događaju za automatizirana vozila,
5. usklađeni format za razmjenu podataka, primjerice, za potrebe vožnje u konvoju vozila različitih marki,
6. sustavi za pružanje sigurnosnih informacija drugim sudionicima u cestovnom prometu.

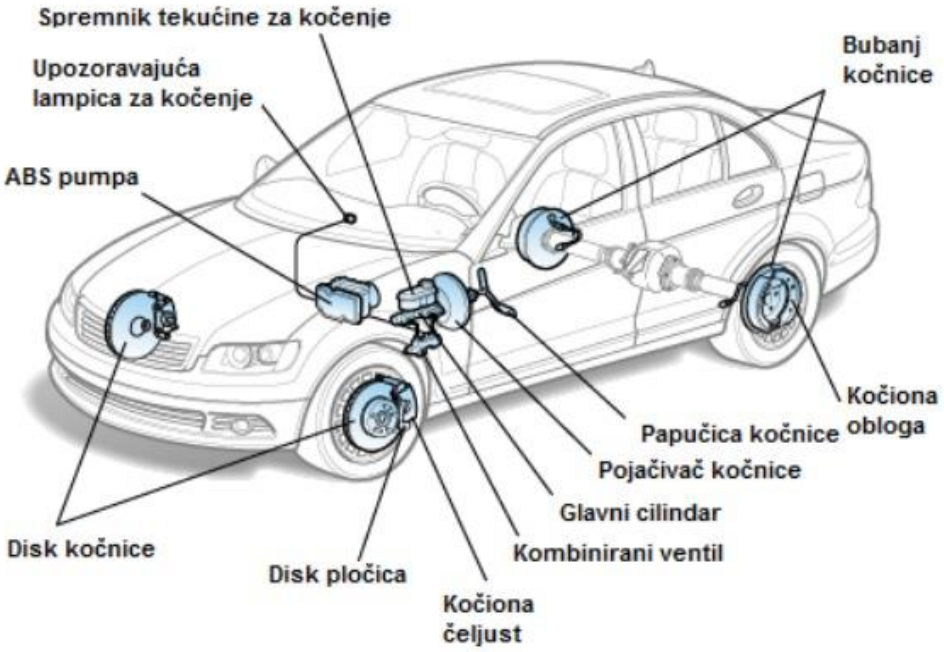
Glavno područje istraživanja ovog završnog rada su adaptivni sustavi za kočenje a ovom se Uredbom (Članak 7) postavljaju minimalni zahtjevi koji ovi sustavi zajedno sa sustavom za zadržavanje u prometnoj traci moraju ispuniti u slučaju opasnosti [1]:

1. sustave je moguće isključiti samo jedan po jedan slijedom postupaka koje poduzima vozač,
2. sustavi se moraju nalaziti u redovnom načinu rada nakon svake aktivacije glavnog kontrolnog prekidača,
3. mora se omogućiti lako onemogućavanje zvučnih upozorenja, no tim se postupkom ne smiju istodobno onemogućiti ostale funkcije sustava osim zvučnih upozorenja,
4. vozač mora moći poništiti radnje takvih sustava.

Analizom zakonske regulative koja se odnosi na područje adaptivnih sustava u vozilima, uviđa se kako je ona dosta oskudna i još uvijek nedovoljno definirana. Razlog tomu može se pronaći u nedovoljnoj istraženosti adaptivnih sustava što je i razumljivo jer su ovi sustavi još uvijek u svojim začecima. Ipak, može se primijetiti sve ubrzaniji razvitak adaptivnih sustava, te je stoga potrebno da se i zakonska regulativa što prije uskladi odnosno, da se zakonska regulativa definira u korak s ubrzanim razvitkom tehnologije u autoindustriji.

3. PRINCIP RADA ADAPTIVNIH SUSTAVA ZA KOČENJE

Za sigurnost cestovnog prometa bitna su tri čimbenika koja imaju najveći utjecaj a to su čovjek, vozilo i cesta sa svojom okolinom. Vozilo predstavlja prijevozno sredstvo kojim se obavlja prijevoz odnosno izvršava svrha prometnog sustava. Kako bi vozilo obavilo svoju zadaću na siguran način potrebno je da su sve njegove komponente ispravne i da funkcioniraju zajedno. Jedna od komponenti bez koje vozilo ne može funkcionirati je cijeli kočioni sustav sa svim svojim dijelovima (Slika 1.).



Slika 1. Općeniti izgled sustava za kočenje [4]

Kočioni uređaj predstavlja osnovu kočionog sustava a njegovi dijelovi su [5]:

1. kočioni mehanizam,
2. prijenosni mehanizam i
3. regulirajući elementi.

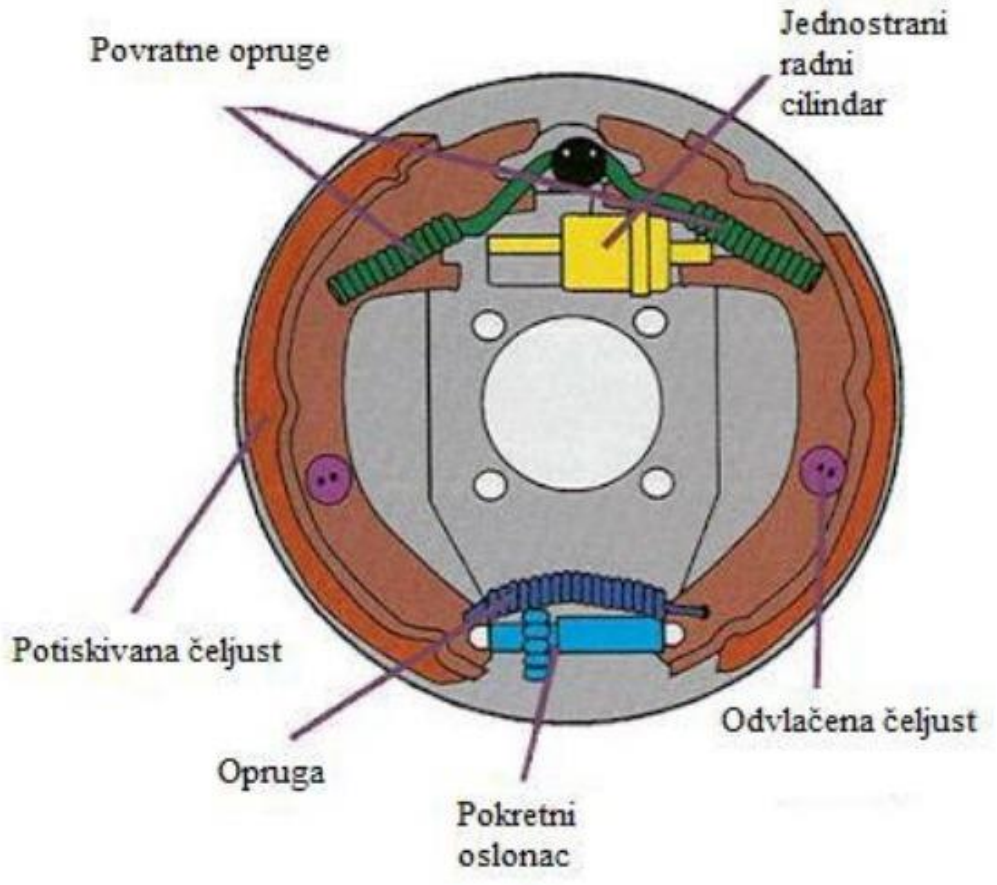
Kočioni mehanizam najčešće se nalazi u samim kotačima prijevoznog sredstva, a rjeđe i u transmisiji te se aktivira pritiskom radne kočnice vozača koje onda trenjem osigurava sigurno usporenje ili potpuno zaustavljanje vozila pretvarajući kinetičku energiju vozila u toplinu. Izvode se uglavnom kao bubanj i disk kočnica [5,6].

Prijenosni mehanizam je dio kočionog uređaja koji razvija i prenosi sile za aktiviranje kočnica. Može biti izveden na više načina odnosno kao mehanički, hidraulični, pneumatski i kombinirani prijenosni mehanizam [5,6].

Gore spomenuti kočioni mehanizam kao što je već navedeno, sastoji se od bubnja i disk kočnica [5].

Ostvarivanjem trenja između unutarnje strane bubnja (povezan s kotačem) i čeljusti (oslonjena na nepomični nosač) ostvaruje se trenje na čijem principu radi bubanj kočnica. Karakteristika čeljusti je da mora podnositi visoku temperaturu i imati postojan koeficijent trenja jer se njena tarna površina nalazi pod najvećim opterećenjem prilikom kočenja. Bubanj kočnica može biti izvedena na tri načina a to su [5,6]:

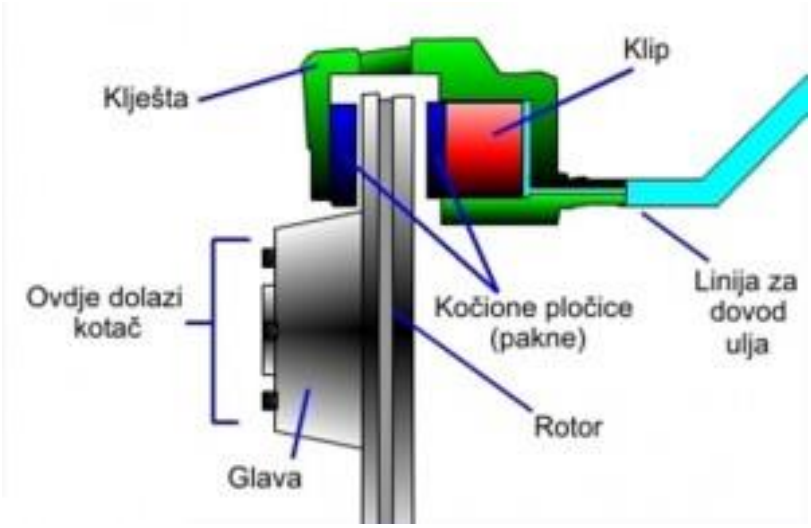
1. *simplex* izvedba: ima samo jednu čeljust sa samopojačanom silom. Pri kočenju s ovom vrstom kočnice, čeljusti se razmiču na jednom kraju, dok se na drugom kraju zakreću oko osovinica. Prestanak kočenja odvija se na način da opruga odmiče čeljust od bubnja jer je prestalo djelovanje sile.
2. *duplex* izvedba: obje čeljusti imaju samopojačanu silu. Ova izvedba koristi dva kočna cilindra s po jednim klipom. Kočni cilindri djeluju na obje čeljusti povećavajući silu pritiska čeljusti na bubanj. (Slika 2.)
3. *duoduplex* izvedba: samopojačana sila nalazi se na obje čeljusti na čijim su krajevima ugrađeni kočni cilindri s dva klipa koji djeluju na obje strane.



Slika 2. Duplex izvedba bubanj kočnice [6]

Zbog jako velikog trenja tarne obloge na čeljustima se s vremenom istroše te ih je potrebno zamijeniti, a sa čeljustima se spajaju pomoću lijepila ili zakivanjem. Ugrađuju se najčešće u stražnje kotače osobnih automobila, autobusa, teretnih vozila i drugih motornih vozila [6].

Druga izvedba kočionog mehanizma je kočioni mehanizam s diskom (disk kočnica) prikazana na slici 3. Za razliku od kočnica s bubnjem, ova izvedba omogućuje brže kočenje vozila te su zbog boljeg odvođenja topline ove kočnice znatno manje osjetljive na povećano termičko opterećenje koje može nastati prilikom uzastopnog i dugotrajnog kočenja. Sa stajališta sigurnosti, disk kočnice osiguravaju veću kočnu stabilnost vozila jer su manje osjetljive na promjenu vrijednosti koeficijenta trenja koji se javlja između obloge kočnice i diska. Iako postoji više izvedbi disk kočnica, zajedničko im je to da se svaka disk kočnica sastoji od diska (rotira se s kotačem) i nepomičnog sedlastog stezača (s jednim ili više radnih hidrauličnih cilindara). Kako je navedeno postoji više izvedbi disk kočnica odnosno disk kočnica može biti s fiksnom stegom i pomičnom stegom. Disk kočnicu s fiksnom stegom odlikuje sedlasti stezač koji sadrži najmanje dva nasuprotno smještena radna hidraulična cilindra, dok disk kočnica s pomičnom stegom ima jedan cilindar i klip [5,6].

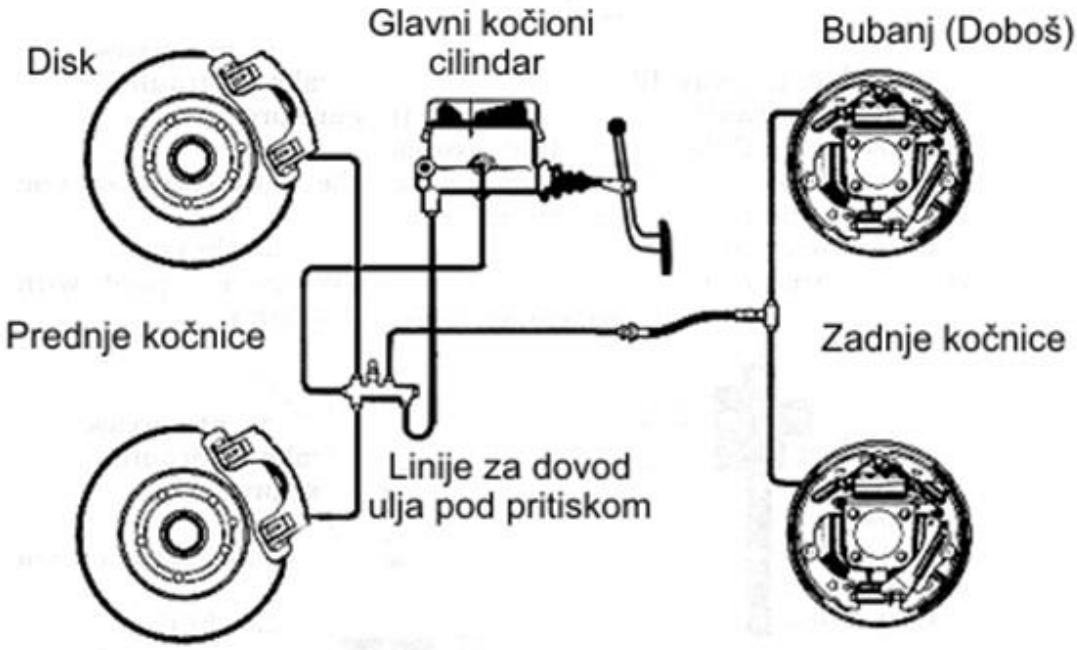


Slika 3. Disk kočnica [4]

Prijenosni mehanizam izveden kao mehanički primjenjuje se na motociklima, manjim traktorima za zadnje kotače, za pomoćne i parkirne kočnice te na naletnim kočnicama lakših priključnih vozila. Pritiskom na papučicu kočnice, koja koristi mehanički prijenosni mehanizam, povlači se spona ili čelično uže koje će aktivirati kočnicu. Pomak čeličnog užeta, prenesen je na polugu, koja zatim zakrene ekscentar bubanj kočnice čime on potisne čeljust kočnice stvarajući trenje odnosno kočenje. Prestanak kočenja događa se prestankom pritiska na papučicu čime opruga vrati polužje u otkačeni položaj, dok druga opruga odvoji čeljust od bubnja. Kod drugih vrsta kočnica, umjesto papučice, aktivacija se obavlja povlačenjem ručice. Zbog različitih nedostataka mehaničkog prijenosnog sustava (teško je postići da na elemente prijenosa sile ne utječu progibi ovješenja kotača niti zakretanje upravljačkih kotača) ovaj prijenosni mehanizam nije našao širu primjenu u motornim vozilima [5,6].

Svoju primjenu hidraulični kočni sustav, kao još jedna vrsta prijenosnog mehanizma, pronašao je uglavnom kod osobnih vozila i manjih teretnih vozila (Slika 4.). U odnosu na mehanički prijenosni mehanizam, kod hidrauličnog kočnog sustava, omogućen je jednolični

prijenos sile na kočnice pojedinih kotača vozila, a prijenos sile vrši se pomoću kočione tekućine [5,6].



Slika 4. Prikaz hidrauličnog prijenosnog mehanizma [4]

Kako bi se aktivirala kočnica, također je potrebno pritisnuti papučicu koja zatim izvrši potisak na klip u glavnom cilindru. Potiskivanjem klipa u glavnome cilindru povećava se tlak u cjevovodu koji se prenosi u kočne cilindre u kotačima vozila. Time se djeluje na klipove koji potiskuju čeljusti kočnica na bubanj kočnice i dolazi do kočenja. Prestanak kočenja događa se kada vozač makne nogu s papučice (smanjuje se tlak i opruga odvaja čeljusti od bubnja). Osim bubanj kočnice, na isti način hidraulički prijenosni mehanizam radi kod disk kočnica [5,6].

Autobusi, teretni automobili, specijalna, radna, vučna i priključna vozila čine skupinu gospodarskih prijevoznih sredstava koja većinom koriste pneumatski prijenosni mehanizam. Kako bi se ostvarila sila kočenja u pneumatskim kočnicama, potrebno je da vozač pritisne papučicu kočnice čime se djeluje na razvodnik stlačenog zraka u kočnim cilindrima. Nije potrebna velika sila vozača kako bi se ostvarila velika sila kočenja, stoga ovaj prijenosni mehanizam najveću primjenu ima upravo u ovakvom tipu vozila. Kočnice koje koriste pneumatski prijenosni mehanizam imaju dvije izvedbe: jednokružne i dvokružne. Razlika između jednokružne i dvokružne kočnice je u izvedbi prijenosnog uređaja. Jednokružne kočnice imaju jedan zajednički prijenosni uređaj te ukoliko dođe do kvara cijeli kočni uređaj više nema funkciju. Dvokružne kočnice imaju dvokružno izveden prijenosni uređaj što znači da ukoliko dođe do kvara na jednom krugu, drugi može omogućiti kočenje što ovu izvedbu kočnica čini dosta sigurnijom od jednokružne izvedbe kočnica [5,6].

Posljednja vrsta izvedbe prijenosnog mehanizma je kombinirani prijenosni mehanizam. Uglavnom se primjenjuje na gospodarskim vozilima srednje ili veće ukupne mase. Može biti izveden kao kombinacija hidrauličkog i pneumatskog mehanizma i kao elektropneumatski prijenosni mehanizam. Kombinacija hidrauličkog i pneumatskog

mehanizma naziva se hidropneumatski prijenosni mehanizam. Sila se prenosi hidrauličnim mehanizmom dok pneumatski dio povećava silu potiskivanja kočne tekućine što omogućuje vozačevo djelovanje s manjom silom na papučicu kočnice. Ovaj mehanizam omogućuje kraće reagiranje kočnica u odnosu na pneumatski, ima manje dimenzije i težinu, ali mu je glavni nedostatak složenija i skuplja konstrukcija. Vozila koja imaju veću dužinu ili su kombinacija vučnih i priključnih vozila koriste elektropneumatski prijenosni mehanizam. Pneumatski mehanizam ostvarit će potrebnu silu kočenja ali će se upravljanje ostvariti električnim putem. Elektropneumatski ventili upravljaju upuštanjem i ispuštanjem stlačenog zraka u kočne cilindre pomoću električnog impulsa koji se stvara pritiskom na papučicu kočnice. Ovim prijenosnim mehanizmom omogućeno je istovremeno kočenje svih kotača kao i kraće vrijeme reagiranja kočenja, što je posebno korisno kod dužih vozila jer doprinosi većoj stabilnosti istih [5,6].

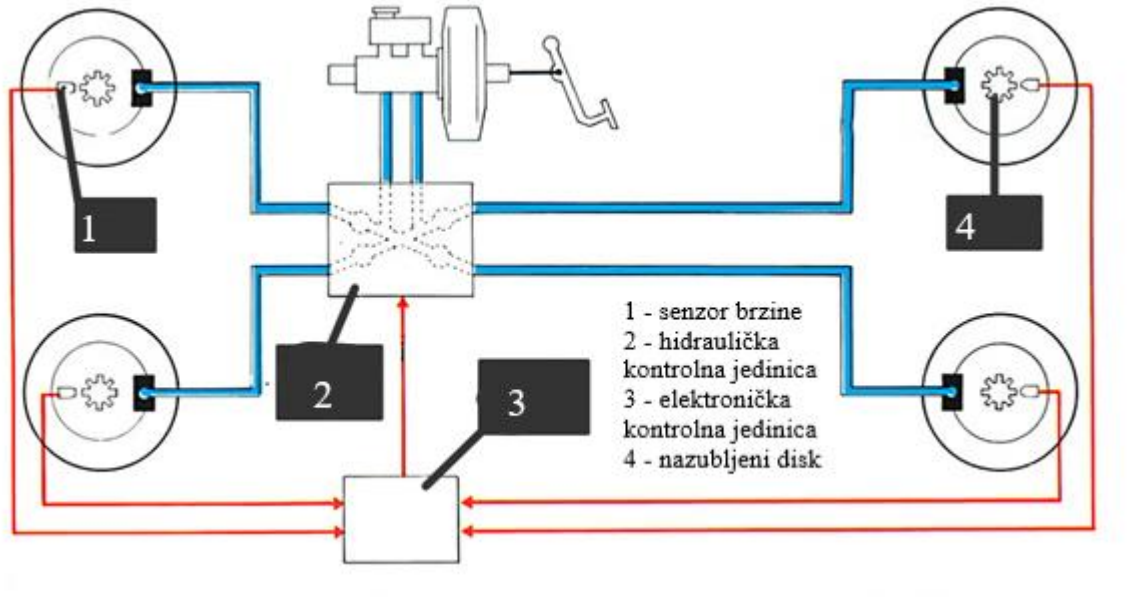
Postoji više vrsta kočnica koje se ugrađuju u motorna vozila a to su [5]:

1. radna kočnica,
2. pomoćna kočnica,
3. parkirna kočnica,
4. trajna kočnica.

Radna kočnica predstavlja najvažniju kočnicu jer djeluje na sve kotače i mora omogućiti brzo, sigurno i efikasno kočenje vozila. Izvedena je na način da vozaču omogućuje nesmetano držanje obje ruke na rukohvatu upravljača jer se aktivira pritiskom na odgovarajuću papučicu. Ukoliko dođe do otkaza radne kočnice, usporavanje i zaustavljanje vozila omogućit će pomoćna kočnica. Ovu kočnicu vozač aktivira jednom rukom dok drugom rukom drži upravljač. Nakon što vozač napusti vozilo, ono mora ostati u zakočenom položaju, što se omogućuje parkirnom kočnicom. Ona omogućuje da vozilo ostane u zakočenom položaju za cijelo vrijeme stajanja vozila pri punom opterećenju neovisno o tome nalazili se na horizontalnoj podlozi ili na podlozi s nagibom (nagib do 16% za pojedinačna vozila i nagib do 8% za spojena vozila). Teža teretna vozila i autobusi imaju ugrađenu i trajnu kočnicu s obzirom da radna i pomoćna ne mogu izdržati dugotrajno kočenje. Ova kočnica omogućuje dugotrajno usporenje vozila kao i održavanje brzine vozila na dugim padovima ceste. Za razliku od trajne kočnice, pri dugotrajnom kočenju radnom kočnicom dolazi do pregrijavanja tarnih elemenata čime pada učinkovitost kočnice [5,6].

Što se tiče regulirajućih elemenata kočnog uređaja, tu spadaju *Anti-braking system* (ABS) i *Electronic stability control* (ESC ili ESP). ABS se odnosi na niz uređaja dizajniranih da izbjegnu blokiranje kotača tijekom jakog i paničnog kočenja. ABS sustavi su dizajnirani oko hidraulike sustava, senzora i upravljače elektronike. Koristi se u tri različite izvedbe: *Anti-lock, Anti-skid* i *Advanced anti-skid* (Slika 5.). Svi ABS sustavi rade na principu da se aktivira hidraulični sustav prilikom kočenja. Hidraulični sustav potiskuje oblogu kočnice prema disku te se na taj način vozilo usporava. Prilikom vožnje odnosno kočenja, moguće je da jedan kotač usporava brže od ostalih te nastaje blokiranje kotača što je vrlo nesigurna situacija za sve sudionike u prometu. Zadatak ABS sustava je spriječiti blokiranje kotača a to čini na način da preko ventila popušta pritisak kočenja na tom kotaču. Ovakav sustav izrazito je koristan pri kretanju po vlažnom ili skliskom kolniku jer omogućava veću stabilnost vozila i kraći zaustavni put. Iako na površinama koje su dosta "mekše" (makadam,

snijegom prekriven kolnik) ABS sustav produžuje zaustavni put ali, poboljšava upravljivost nad vozilom odnosno stabilnost vozila što podiže razinu sigurnosti. Velika prednost ABS sustava je da ovaj sustav reagira jako brzo čime se može nadomjestiti zakašnjela reakcija vozača ukoliko dođe do nje [5].



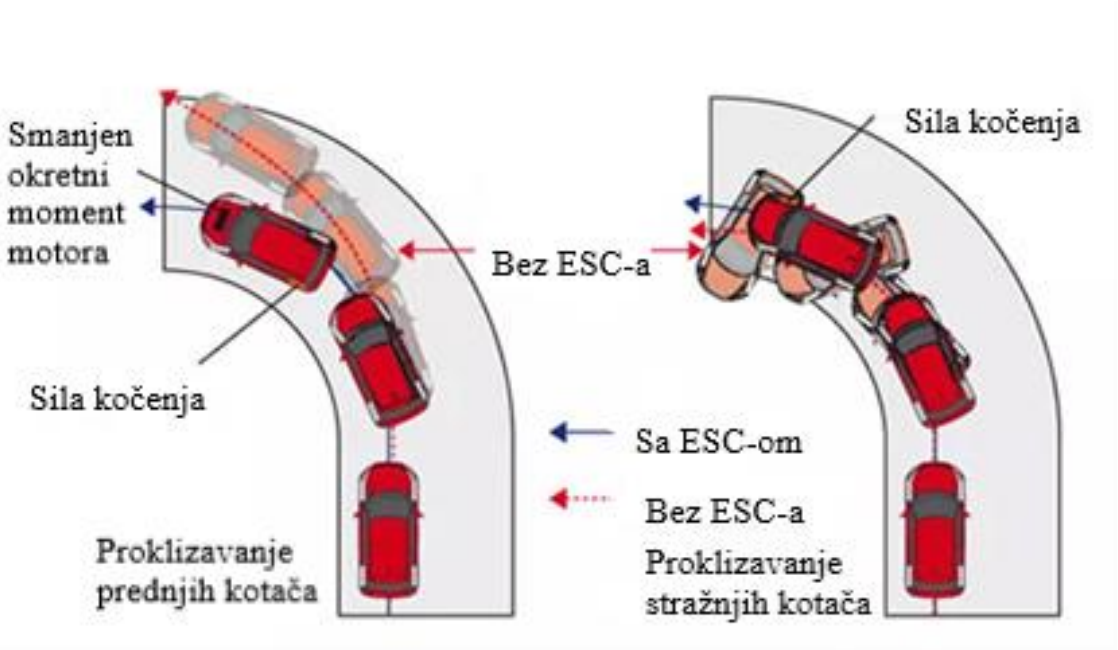
Slika 5. Princip rada ABS sustava [7]

ESC (*Electronic Stability Control*) sustav naziva se još i ESP (*Electronic Stability Program*) i predstavlja sustav za elektronsku kontrolu stabilnosti vozila. Navedeni sustav radi na principu da kočenjem određenog kotača utječe na kretanje i zanošenje vozila kako u zavoju tako i pri nagloj promjeni pravca. Sustav pomoću senzora registrira gubitak stabilnosti vozila te aktivira kočnicu na jednom ili više kotača i na taj način mijenja putanju vozila [8].

Gore spomenuti sustav čine tri senzora [8]:

1. senzor brzine postavljen na svakom kotaču vozila,
2. senzor položaja volana,
3. senzor rotacije vozila oko svoje vertikalne osi.

Navedeni sustav predstavlja nadogradnju gore navedenog ABS sustava jer sam ESC sustav zapravo vrši ispravljanje vozila na sigurnu putanju aktiviranjem potrebnih kočnica. ESC predstavlja integriranu cjelinu s ABS sustavom i sustavom za kontrolu prianjanja. koji služi za sprječavanje proklizavanja pogonskih kotača. Sustav za kontrolu prianjanja (*Traction Control System* – TCS ili *Acceleration Slip Regulation* – ASR) služi za sprječavanje proklizavanja pogonskih kotača. Novije verzije istoimenih sustava mogu biti opremljene i senzorima za prepoznavanje opasnosti od prevrtanja. Zbog velikog pozitivnog utjecaja na sigurnost vožnje, različitim zakonskim regulativama na području europske unije definirano je da je ESC obavezan dio opreme svih novih modela automobila od 2012. godine [8].



Slika 6. Princip rada ESC sustava [9]

4. VRSTE ADAPTIVNIH SUSTAVA ZA KOČENJE

Adaptivni sustavi za kočenje izvedeni su na više načina. Početni stupanj adaptivnih sustava za kočenje odnosno ideju o njihovom nastanku predstavljaju ABS (*Anti-lock Braking System*) i ESC (*Electronic Stability Sontrol*) sustavi, kroz čije su se daljnje unaprjeđivanje i primjenu različitih tehnologija krenuli razvijati adaptivni sustavi za kočenje. Tehnologije koje se koriste su RaDAR[1] i LiDAR[2] tehnologije, a adaptivni sustavi za kočenje mogu biti AEB (*Autonomous Emergency Braking*) i ACC (*Adaptive Cruise Control*) sustav.

Općenito, napredni sustavi pomoći vozaču odnosno ADAS sustavi klasificiraju se kroz više različitih gledišta jer nije jednako ako je vozilo opremljeno sustavima koji mogu preuzeti potpunu kontrolu nad vozilom ili sustavima koji samo upozoravaju vozača o mogućim opasnostima na koje nailaze. Kako bi se odredile te granice "Društvo automobilskih inženjera" – SAE (*Society of Automotive Engineers*) klasificiralo je šest razina automatizacije vozila. Navedene razine su [10]:

1. **razina 0** – izostanak autonomije, ne postoji automatizacija u vožnji,
2. **razina 1 i 2** -najniže razine autonomnosti koje služe vozaču kao pomoć u vožnji, kao što su primjerice prilagodljivi tempomat (razina 1) i ADAS sustav koji kontrolira upravljanje, ubrzavanje i usporavanje vozila iako nije potpuna autonomija jer čovjek u bilo kojem trenutku može preuzeti kontrolu nad vozilom (razina 2),
3. **razina 3** - vozač je samo operator koji nadzire funkcioniranje sustava te preuzima kontrolu ako sustav zakaže ili ako dođe do pogreške rada sustava,
4. **razina 4 i 5** - vozač nema zadatak kontrolirati vozilo; razina 4 odnosi se na ograničenu okolinu (npr. samo autoceste), a razina 5 nema ograničenja.

Adaptivni sustavi koji su predmet ovog završnog rada su adaptivni sustavi za kočenje i prilagodljivi tempomat. Uzimajući u obzir razine automatizacije vozila, prilagodljivi tempomat pripada pod razinu 1, dok se adaptivni sustavi za kočenje nalaze u razini 2.

Kako je već spomenuto, tehnologije koje se koriste za adaptivne sustave za kočenje su RaDAR i LiDAR tehnologije, koje će biti objašnjene u idućim podpoglavljima, te će biti dan presjek naprednih sustava pomoći vozaču kroz njihovu s njihovim općenitim karakteristikama.

4.1. Napredni sustavi pomoći vozaču (ADAS)

Veliku zabrinutost u cestovnom prometu predstavlja njegova sigurnost, čija su tri osnovna čimbenika vozilo, cesta s okolinom i čovjek. Brojem prometnih nesreća utvrđuje se razina sigurnosti prometa, a prema dosadašnjim istraživanjima pretpostavlja se da je čovjek kao čimbenik sigurnosti prometa odgovoran za oko 90 % prometnih nesreća [11]. Ovaj broj može se smanjiti primjenom naprednih sustava pomoći vozaču čija je glavna zadaća da spriječe nastanak incidentnih događaja djelujući upravo onda kada vozač učini pogrešku pri

[1] Radar – *Radio Detection and Ranging System* - emitira frekvenciju i mjeri vrijeme koje je potrebno da se ta ista frekvencija vrati prema izvoru.

[2] Lidar – *Light Detection and Ranging* – geodetska tehnologija koja koristi impulse za određivanje udaljenosti objekata, često skrivenog iza prepreka.

vožnji. Njihovom primjenom cilj je spriječiti ozljede i smrtne ishode u prometnim nesrećama koje imaju jako ozbiljne posljedice po sudionike prometnih sustava. Temeljne zadaće ADAS sustava uključuju detekciju ostalih sudionika u prometu (pješaci, biciklisti), određivanje sigurne putanje (mjerenje granica prometnog traka i slanje upozorenja o napuštanju istog), prepoznavanje prometnih znakova kako bi pomogli vozaču da vozi u skladu s njima, kočenje u slučaju opasnosti te detekciju objekata u mrtvom kutu koje vozač ne može vidjeti. Jasno je da su ADAS sustavi dizajnirani na način da se sve mane vozača isprave upotrebom određenih tehnologija, a sve u svrhu zaštite svih sudionika prometa. Upotrebom različitih metoda i tehnologije (software za prepoznavanje slika, ultrazvučni senzori, LiDAR, RaDAR i 360° kamera) nastoji se stvoriti sustav koji oponaša procese u ljudskom mozgu pri vožnji, ali to čini s puno manje grešaka odnosno vožnju čini sigurnijom. Još jedna stavka ovih sustava je da okolinu percipiraju i mogu na nju odgovoriti u puno kraćem vremenskom razdoblju nego što to može učiniti vozač pa se samim tim stvara manji broj incidentnih situacija [12].

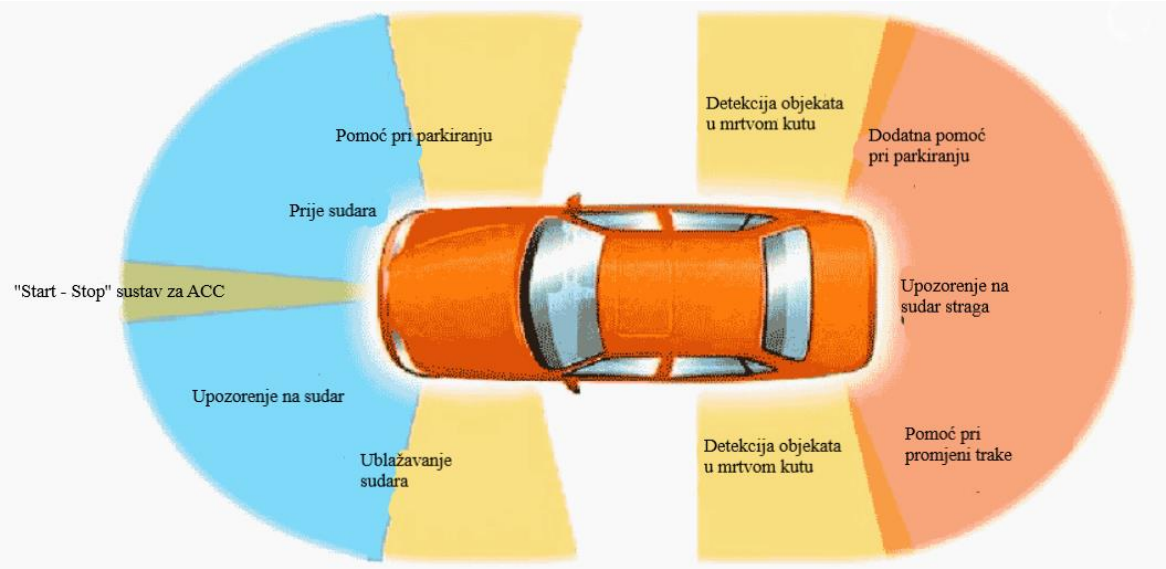
ADAS sustavi se svaki dan sve više i više razvijaju i unaprjeđuju na način da se proučavaju prometne nesreće koje su nastale zbog pogreške vozača i traže se načini kako se određena prometna nesreća mogla izbjeći. Neki od najpoznatijih primjera ADAS sustava koji već imaju dosta široku primjenu u vozilima su sljedeći [12]:

1. Prilagodljivi tempomat (*Adaptive Cruise Control* – ACC) – Omogućuje usporavanje, ubrzanje, održavanje brzine ili zaustavljanje vozila ovisno o situacijama ispred vozila.
2. Sustav protiv zasljepljivanja (*Glare Free High Beam and Pixel Light*) – Omogućuju automatsko prilagođavanje svjetlosnog snopa (u većini slučaja kada su upaljena duga svjetla) kako ne bi došlo do zasljepljivanja ostalih sudionika.
3. Prilagodljiva svijetla (*Adaptive Light Control*) – Omogućavaju automatsko podešavanje jačine svjetala, usmjerenje i rotaciju svjetlosnih zraka prema osvjetljenju okoline.
4. Automatsko parkiranje (*Automatic Parking*) – Informira vozača o predmetima u mrtvom kutu kako bi vozač znao usmjeriti upravljač i daju pregled okoline pomoću kamera za parkiranje.
5. Autonomna usluga parkiranja (*Autonomous Valet Parking*) – Usluga koja omogućuje parkiranje vozila bez potrebne asistencije vozača.
6. Navigacijski sustav (*Navigation System*) – Usluga koja prikazuje željene rute putovanja a ponekad ima i mogućnost samostalnog planiranja nove rute kako bi se izbjegla zagušenja u prometu.
7. Noćni vid (*Night Vision*) – Omogućuje prikaz okoline pomoću termalne energije kako bi vozaču pružila sliku okoline u uvjetima slabe vidljivosti.
8. Detekcija u mrtvom kutu (*Blind Spot Monitoring*) – Omogućuje informacije vozaču o objektima u mrtvom kutu koje on nije u stanju sam vidjeti.
9. Automatsko kočenje u slučaju opasnosti (*Automatic Emergency Braking*) – Sprječava nastanak incidentnog događaja na način da zaustavi vozilo ukoliko to vozač ne napravi.

10. Stabilizacija bočnog vjetra (*Crosswind Stabilization*) – Omogućuje sigurno zaustavljanje vozila u slučaju jakih naleta bočnog vjetra.
11. Sustav očitanja umora vozača (*Driver Drowsiness Detection*) – Sustav prati pokrete vozača i njegovu reakciju na signale upozorenja.
12. Sustav nadziranja vozača (*Driver Monotoring System*) – Sustav šalje upozorenja nakon što pomoću kamera utvrdi da vozačev pogled nije usmjeren na cestu.
13. Komunikacija s ostalim sudionicima (*5G and V2X*) – Mogućnost prikupljanja podataka o ostalim sudionicima (druga vozila, pješaci, biciklisti) i njihovo pozicioniranje kako bi se pružile informacije o prometnim zagušenjima i hitnim slučajevima i kako bi se predložile mjere prilagodbe kao što je na primjer prilagodbe brzine.

4.2. RaDAR tehnologija

RaDAR (*Radio Detection and Ranging System*) tehnologija svoje početke može pronaći još u 16. stoljeću kada je Leonardo da Vinci osmislio stroj koji se mogao kretati po točno definiranoj putanji, dok je svoju pravu i potpunu primjenu radar kao uređaj za "promatranje okoline" pronašao u zrakoplovstvu u 19. stoljeću. RaDAR tehnologija temelji se na principu očitanja frekvencija odnosno RaDAR emitira frekvenciju i mjeri vrijeme koje je potrebno da se ta ista frekvencija vrati prema izvoru (odbije se od objekta koji se nalazi ispred uređaja u kojem je postavljen RaDAR). Domet RaDAR uređaja je oko 300 metara ispred vozila što je posebno korisno pri vožnji na autocestama gdje su brzine dosta veće čime je i vrijeme za reakciju manje. RaDAR uređaji lako uočavaju objekte ispred vozila, čak i za vrijeme loših uvjeta vidljivosti (kiša, magla, noć), a posebno su korisni za očitavanje objekata koji su metalni kao što su druga prijevozna sredstva na cesti. ADAS sustavi koji koriste RaDAR tehnologije su: sustav za upozorenje i ublažavanje sudara (*collision warning and mitigation*), sustav za otkrivanje mrtvog kuta (*blind spot detection*), sustav za pomoć pri promjeni trake (*lane change assistance*), sustav prilagodljivog tempomata (*adaptive cruise control*) i drugi kao što je prikazano na slici 7 [13,14].



Slika 7 ADAS sustavi koji koriste RaDAR tehnologije [14]

4.2.1. Prednosti RaDAR tehnologije

Razlika u konvencionalnim vozilima koji nemaju i imaju ugrađen RaDAR sustav može dovesti do direktnog smanjenja smrtnosti na cestama jer isti sustavi direktno sudjeluju u ponašanju samog vozila dovodeći do veće sigurnosti za sve sudionike u prometu. Tako su neke od prednosti RaDAR sustava, kao što je već spomenuto iznad, mogućnost korištenja čak i u uvjetima smanjene vidljivosti i mogućnost prolaska kroz materijale koji se smatraju izolatorima (plastika, guma) kao i očitanje objekata od metala. Dodatna prednost RaDAR sustava također je i njegova mogućnost da odredi točan položaj objekta s obzirom da elektromagnetski sustav računa udaljenost od izvora. RaDAR tehnologija ima mogućnost određivanja brzine objekta koji je u pokretu, što je posebno korisno u prometu gdje je vozilo u stalnoj interakciji sa svim prometnim subjektima. Upravo iz ovog razloga RaDAR ima mogućnost prepoznati objekt koji je u pokretu, odnosno objekt koji je u stanju mirovanja. S obzirom da RaDAR tehnologiju čine radio valovi, za čije emitiranje nije potreban fizički medij nego se valovi šire kroz zrak odnosno prostor, iz tog razloga, RaDAR može funkcionirati kao bežična tehnologija. Ono što je posebno privlačno u primjeni RaDAR tehnologije je njegova cijena koja je značajno niža u odnosu na cijenu upotrebe drugih tehnologija kao što su kamere i LiDAR sustavi. RaDAR tehnologija pohranjuje veliku količinu podataka kao na primjer geopodataka koji zapravo čine osnovu prometnog sustava [15].

4.2.2. Nedostaci RaDAR tehnologije

Iako RaDAR tehnologija ima široku primjenu postoji i niz nedostataka s kojima se susreće ova tehnologija. Jedan od nedostataka je što je RaDAR tehnologiji potrebno više vremena da očita objekt iz razloga što ne koristi nikakav medij već slobodno putuje zrakom. RaDAR tehnologija ima manji domet od drugih tehnologija. Kao što je već navedeno, ova tehnologija odnosno njezini radiovalovi slobodno putuju zrakom te može doći do miješanja s drugim radiovalovima čime se može utjecati na postupak prikupljanja točnih podataka ili će se podaci prikupiti ali će doći do poteškoća u njihovom prijenosu prema korisniku. Ova tehnologija nije toliko precizna odnosno ima poteškoća u razdvajanju više ciljanih objekata a kakvih je u prometu mnogo. RaDAR tehnologija također nema mogućnost razlikovanja boja te se ne može koristiti za detekciju prometnih znakova ili drugih obojanih dijelova prometne strukture. U suprotnosti od toga da mogu proći kroz materijale koji se ponašaju kao izolatori, radiovalovi ne mogu manevrirati kroz materijale koji se ponašaju kao provodnici, te ukoliko se objekt nalazi iza takvog materijala RaDAR ga neće moći očitati. RaDAR tehnologija ne može prepoznati samu vrstu objekta, što znači da nije u mogućnosti razlikovati prijevozno sredstvo od čovjeka ili od fizičke barijere [15].

4.3. LiDAR tehnologija

Daljnjim razvojem tehnologije pokušavaju se ispraviti neki od nedostataka koje pruža RaDAR tehnologija kako bi se pružila što bolja usluga za korisnike. Tridesetih godina prošlog stoljeća počela se razvijati nova tehnologija zvana LiDAR (*Light Detection and Ranging*) a koja je od osamdesetih godina sve više i više u upotrebi u različitim granama

prometa [16]. Od 2005. godine LiDAR svoju primjenu pronalazi i u autonomnim vozilima. Svojim počecima LiDAR je u autonomnim vozilima mogao predstaviti okolinu 2D dok se daljnjim unaprjeđivanjem danas okolina predstavlja kroz 3D oblik [15].

Za razliku od RaDAR tehnologije koja koristi radiovalove kako bi mjerila udaljenosti, LiDAR tehnologija u istu svrhu koristi lasere. Osnovni dijelovi LiDAR sustava su: laser, skener i specijalizirani GPS (*Global Positioning System*) uređaj za primanje signala. Laser šalje zraku koja u tom trenutku očitava neki predmet koji skenira te ga vraća nazad kao signal koji će primiti GPS primatelj [15].

4.3.1. Prednosti LiDAR tehnologije

Jedan od glavnih prednosti, u usporedbi s RaDAR tehnologijom, je brzina prikupljanja informacija LiDAR tehnologije koja je tehnologija senzora u zraku (putuje bez medija) i omogućava brzo i precizno prikupljanje podataka. Ono što ovu tehnologiju čini preciznijom od RaDAR tehnologije je da LiDAR tehnologija prikuplja veći broj podataka, odnosno ima veću gustoću prikupljenih podataka, što ostavlja manje prostora za pogreške. Još jedna od prednosti LiDAR tehnologije je njena sposobnost da prikupi podatke o nadmorskoj visini u području s gusto ispunjenim preprekama. Ova tehnologija može raditi u svim uvjetima vidljivosti (dnevni i noćni uvjeti) što je čini jako učinkovitom. Velika prednost ove tehnologije je što očitane predmete predstavlja u točno onom obliku u kojima se oni nalaze, odnosno ova tehnologija nije podložna izmjenama geometrije pa je i iz tog razloga vrlo precizna. LiDAR tehnologija radi samostalno bez velike potrebe za ljudskim radom te na taj način štedi vrijeme onoga tko njome rukovodi. Ono u čemu su RaDAR i LiDAR tehnologije dosta slični je u tome što i LiDAR tehnologija nema poteškoća s očitavanjem okoline za vrijeme loših vremenskih uvjeta, ali je potrebno naglasiti da je LiDAR tehnologija općenito preciznija od RaDAR-a pa i u ovakvim uvjetima daje točnije podatke. Promatrajući LiDAR tehnologiju kao tehnologiju kojom je potrebno prikupiti velik broj podataka, onda njena ekonomičnost leži upravo u njenoj brzini te se velike novčane uštede ostvaruju uštedom vremena. Ipak LiDAR tehnologija predstavlja "skuplju" tehnologiju ukoliko se primjenjuje u autonomnim vozilima gdje je količina podataka koje je potrebno prikupiti ipak razmjerno manja od na primjer prikupljanja podataka u nekom drugom sustavu (geološka ispitivanja, satelitske snimke i slično). Stavljajući poveznicu između količine prikupljenih podataka i stvarne količine podataka koju zapravo prosječan vozač treba, vidljivo je da LiDAR sustav ima mogućnost prikupljanja i dodatnih podataka koji mogu biti korisni za neke druge sustave. Najveća prednost LiDAR tehnologije leži u tome da je ova tehnologija prikupljanja podataka zapravo najsigurnija tehnologija jer omogućava da se podaci prikupe na sigurnoj i dovoljno udaljenoj lokaciji bez ugrožavanja sudionika prometnog sustava [15].

4.3.2. Nedostaci LiDAR tehnologije

Kao što je već spomenuto, LiDAR tehnologija je tehnologija koja ima jako velike troškove iz razloga što prikuplja velik broj podataka. Jedan od nedostataka LiDAR tehnologije je nemogućnost prikupljanja podataka u vremenskim uvjetima koje odlikuje jaka

kiša, a za razliku od LiDAR tehnologije, RaDAR tehnologija je efikasna i u ovakvim uvjetima. Ono što također može poremetiti rad LiDAR tehnologije su veliki kutovi pod kojim sunčeve zrake padaju, što može izazvati njihovu refleksiju, čime onda dolazi do loma laserskih zraka ukoliko one dođu u kontakt sa sunčevim zrakama. LiDAR tehnologija je dosta brza tehnologija ukoliko promatramo brzinu obrade podataka, ali samo ukoliko je količina podataka relativno mala. Ukoliko LiDAR prikupi mnogo podataka (što je jedna od njegovih odlika), potrebno je više vremena za obradu podataka i njihovu interpretaciju. S obzirom da je LiDAR tehnologija relativno "nova" tehnologija, ne postoje internacionalni protokoli odnosno zakoni čime se otvara prostor za "cyber" napade za krađu podataka. Čovjek je sudionik u prometu koji može imati više uloga (vozač, putnik, pješak, biciklist) te je njegova sigurnost izrazito bitna. LiDAR tehnologija koristi, kako je već spomenuto, lasere za očitavanje okoline, a isti ti laseri mogu biti potencijalno štetni za ljudsko oko ukoliko su laserske zrake pre jake. Ono što ovu tehnologiju čini skupom je i potreba za posebno razvijenim metodama analize čiji je razvoj i upotreba sam po sebi već izrazito skup. Ograničavajuća osobina LiDAR sustava je njegova nemogućnost rada na nadmorskim visinama iznad 2.000 metara što za većinu područja nije toliko bitna odrednica, no ukoliko se razmišlja o globalnoj primjeni LiDAR sustava, potrebno ga je unaprijediti kako bi mogao funkcionirati svugdje u svijetu [15].

4.4. *Adaptive Cruise Control* sustav

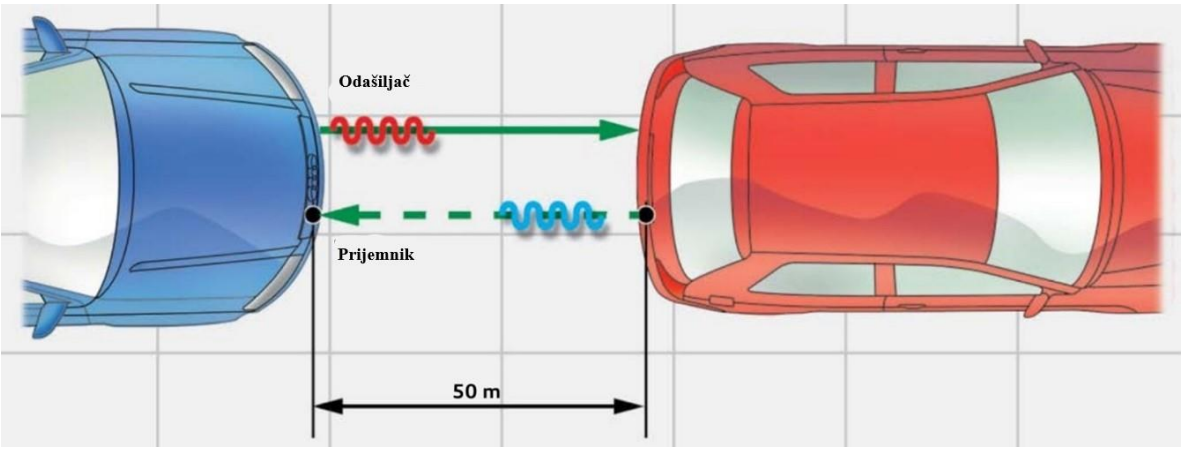
Adaptive Cruise Control (ACC) odnosno prilagodljivi tempomat svoje začetke pronalazi u tempomatu kakav se nalazi u velikoj većini vozila. Prilagodljivi tempomat zapravo predstavlja nadogradnju običnog tempomata, a za kojeg postoje inicijative Europske unije da postane obvezan u svih novo proizvedenim vozilima od 2024. godine [17]. Osnovna razlika tempomata i prilagodljivog tempomata leži u tome što prilagodljivi tempomat može preuzeti kontrolu nad vozilom što ga svrstava u skupinu ADAS sustava. Tempomat predstavlja sustav koji vozaču pomaže održavati željenu brzinu vožnje bez pritiska na papučicu gasa. Ovaj sustav ne može samostalno ni povećati ni smanjiti brzinu vožnje već to mora učiniti sam vozač. Za razliku od tempomata, prilagodljivi tempomat održava željenu brzinu vožnje, ali ukoliko se ispred njega nalazi vozilo koje se kreće brzinom manjom od njegove, ovaj sustav će prilagoditi brzinu vožnje, odnosno smanjit će ju na način da održi i sigurnosni razmak između vozila. Sigurnosni razmak može određivati vozač na način da odredi ukoliko želi veći sigurnosni razmak od zakonski propisanog, ali ne može ga postaviti da bude manji od zakonski propisanog razmaka kojeg će ovaj sustav kao takvim održavati [18].

Razmak vozila određuje se pomoću puta reakcije koji se može odrediti ili duljinom ili vremenom. Potpuno siguran interval slijeđenja mora omogućiti vozaču da se zaustavi prije nastanka da se zaustavi na dovoljnoj udaljenosti od objekta ispred njega to jest trebao bi biti jednak zaustavnom putu. Za vozila u koloni preporučuje se razmak od tri do četiri sekunde. Na mokrom ili vlažnom kolniku, koeficijent trenja je manji te je potrebno da razmak bude veći, a iznosi četiri sekunde na mokroj cesti i deset sekundi na zaleđenoj cesti. Računski razmak se može izračunati na način da se od propisanog ograničenja brzine odstrani posljednja znamenka, preostala znamenka se pomnoži s vremenom reakcije vozača (jedna

sekunda) te se pomnoži s brojem tri. Za primjer ograničenja od 50 km/h, sigurnosni razmak iznosi 15 metara [19].

Ograničavajući čimbenik koji može utjecati na rad prilagodljivog tempomata je što on može prikupiti, pomoću gore spomenute RaDAR tehnologije, podatke o brzinama vozila koja se ne nalaze ispred, već u drugoj traci (u slučaju ceste s više prometnih traka u istom smjeru, na primjer autocesta). Ovaj problem rješava se kombiniranjem podataka koji se prikupljaju na dodatnim senzorima i na sve učestalijim video kamerama koje se postavljaju na vozilo [18].

Ono što je bitno naglasiti za prilagodljivi tempomat je da ovo nije sustav koji je sigurnosne prirode, već samo predstavlja pomoć vozaču i nije dizajniran na način da može u potpunosti preuzeti kontroliranje kretanja vozila. Ono omogućava vozaču da ne mora samostalno održavati brzinu, ali ga ne oslobađa odgovornosti o tome kako se vozilo kreće. Još jedna karakteristika ovog sustava (za koju se vidi mogućnost napretka) je da on radi samo do određenih brzina (prilično jednako ograničene za većinu proizvođača) što može predstavljati problem ukoliko se vozilo kreće cestom na kojoj je dozvoljeno kretanje i brzinom većom od te do koje je maksimalno podešen prilagodljivi tempomat. Još jedan od nedostataka ovog sustava leži u ograničenosti RaDAR tehnologije da dohvaća podatke ukoliko se vozila nalaze na zakrivljenoj putanji te može doći do krivog prijenosa informacija o udaljenosti. Iako nije učestala situacija, prilagodljivi tempomat može naići na poteškoće u radu pri kretanju kroz tunel, s obzirom da se zrake radara mogu odbijati od zidova tunela čime dolazi do poteškoća u prijenosu informacija [18].



Slika 8. Princip rada ACC sustava [18]

4.5. *Automatic Emergency Braking* sustav

Automatic Emergency Braking (AEB) je sustav potpore vozaču koji prvenstveno ima ulogu zaštite vozača i putnika u vozilu, odnosno spada u skupinu sigurnosnih sustava. Ovaj sustav ima za cilj zaustaviti vozilo ukoliko prepozna da bi se vozilo moglo sudariti s objektom ispred sebe i ukoliko prepozna da vozač ne reagira na to. Za cijelo vrijeme vožnje, sustav pomoću tehnologija RaDAR-a i LiDAR-a (senzora i kamera) očitava okolinu ali i sve radnje koje vozač izvršava upravljajući vozilom. Ukoliko sustav očita da se na cesti nalazi nepomični objekt, pješak, biciklist ili drugo vozilo, i ukoliko nema pritiska na kočnicu od strane vozača odnosno ako vozač ne usporava vozilo, sustav će poslati na kontrolnu ploču

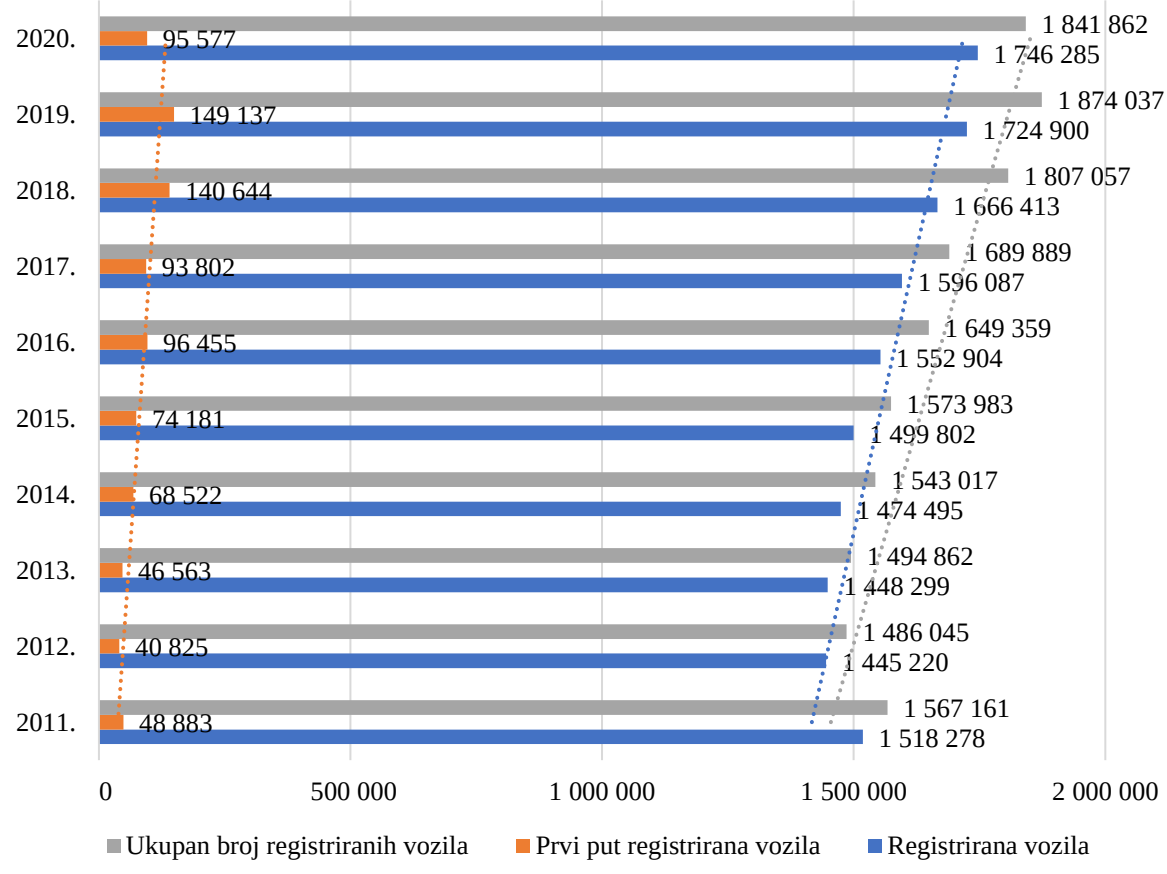
vizualno i/ili zvučno upozorenje. Ako vozač nakon upozorenja i dalje ne poduzima mjere usporenja vozila, određene izvedbe ovog sustava mogu izvesti kratki trzaj kočnice koji bi dodatno skrenuo pozornost vozača na situaciju ispred njega. Nakon trzaja kočnice, a u svrhu sigurnog zaustavljanja vozila, sustav će započeti kočenje konstantnom silom kočenja i time zaustaviti vozilo. Ovakav raspored djelovanja ovog sustava bit će pri brzinama kretanja vozila od 30 do 210 km/h, s tim da upozorenje s trzajem kočnice radi samo pri brzinama od 130 do 160 km/h. Ukoliko se brzina vozila nalazi u rasponu između 5 do 30 km/h, sustav ne mora poslati zvučno/vizualno upozorenje već odmah djeluje kočenjem vozila. Većina proizvođača programira ovaj sustav da radi u ovom ili sličnom rasponu brzina pa tako je na primjer Alfa Romeo ovaj sustav isprogramirao na način da radi ukoliko su brzine kretanja do 200 km/h, a razlika između vozila ispred i vozila s ovim sustavom je do 7 km/h. Osim toga, ovaj sustav se u Alfi Romeo neće aktivirati ukoliko sigurnosni pojas u vozilu nije zavezan. S obzirom da su kamere i senzori pozicionirani sa svih strana vozila, ovaj sustav također radi i pri vožnji unatrag. S obzirom da pri vožnji unatrag, brzina vožnje nije velika, ovaj sustav u tom slučaju većinom šalje samo vizualno/zvučna upozorenja [20].

Ispravnost ovog sustava i njegovo funkcioniranje uvelike ovisi o kamerama i senzorima i kvaliteti prikupljanja informacija. Kako je već ranije objašnjeno, RaDAR i LiDAR tehnologija, ograničavajući čimbenik u svom radu mogu pronaći u vremenskim uvjetima koje prati smanjena razina vidljivosti (kiša, magla, snijeg). Osim toga, zbog refleksije sunčevih zraka, često može doći do "lažnog" signala za ovaj sustav čime on nije u mogućnosti dovoljno dobro raspoznati objekt ispred sebe pa iz predostrožnosti može pokrenuti punu snagu kočenja. Ovakva situacija nije posebno opasna ali naglašava važnost vozačevog održavanja pozornosti na cestu. Bitno je napomenuti da ovaj sustav služi samo kao pomoć vozaču, a ne da je njegova potpuna zamjena što se tiče postupka kočenja [21].

O tome koliko je ovaj sigurnosni sustav doista bitan u vozilima govori i činjenica da je prema studiji IIHS-a (*Insurance Institute for Highway Saftey*) u 2019. godini u Sjedinjenim Američkim Državama zabilježen reducirani broj prometnih nesreća u kojem se vozilo svojim prednjim djelom sudarilo sa stražnjim djelom vozila ispred sebe, upravo zbog toga što je ovaj sustav pokrenuo proces kočenja. Broj prometnih nesreća smanjen je za 50 %. Osim toga, djelovanje ovog sustava smanjilo je i broj ozljeda za 56 % u ovom tipu prometne nesreće. Za usporedbu, pri vožnji unatrag, vozila koja su imala ovaj sustav sudjelovala su u 78 % manje prometnih nesreća od vozila koja su opremljena samo kamerom što ukazuje na činjenicu da ovaj sustav predstavlja napredak u sigurnosti prometa [21].

5. PRIMJER ADAPTIVNIH SUSTAVA ZA KOČENJE NA CESTOVNIM VOZILIMA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Republika Hrvatska broji vozni park od 1.841.862 osobna vozila prema zadnje dostupnim podacima Ministarstva unutarnjih poslova iz 2020. godine. Od ovog broja 1.746.285 osobnih vozila je već prije bilo registrirano, dok ostatak od 95.577 osobnih vozila čine vozila prvi put registrirana u toj godini na području Republike Hrvatske [22]. Promatrajući podatke iz tog izvora vidljiv je blagi porast broja osobnih vozila, čime se potvrđuje već ranije iznesena teza kako prometni sustav svakim danom mora ispuniti sve veći i veći broj zahtjeva. Na grafikonu 1 prikazani su podaci o broju registriranih vozila na području Republike Hrvatske za razdoblje od 2011. do 2020. godine. Gledajući razdoblje od 2016. do 2020. gdje je vidljiv velik rast prvi put registriranih vozila, još jednom se potvrđuje kako dolazi do povećanja voznog parka u Republici Hrvatskoj. Osjetan je tek blagi pad u broju prvi put registriranih osobnih vozila u 2020. godini, no kao razlog tomu uzima se djelovanje pandemije.



Grafikon 1. Broj registriranih vozila u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2011. do 2020. godine [11]

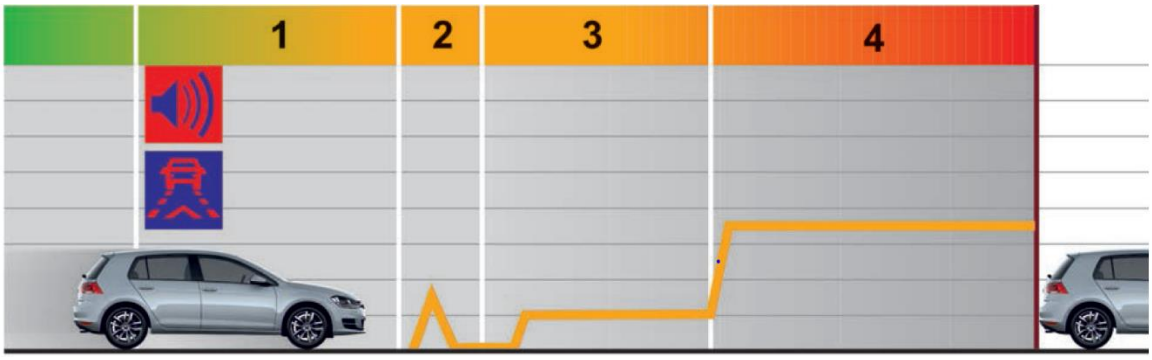
Prema podacima Centra za vozila Hrvatske koji je zadužen za provođenje postupka registracije svih osobnih vozila na području Republike Hrvatske, a koji su ustupljeni za izradu ovog završnog rada, pet najčešćih marki osobnih vozila u voznom parku Republike Hrvatske koji u svojim modelima imaju određenu vrstu adaptivnih sustava za kočenje su:

Volkswagen, Škoda, Seat, Audi i Hyundai. Ovim poglavljem bit će predstavljena struktura voznog parka ovih proizvođača, odnosno koji se modeli i tipovi osobnih vozila nalaze u Republici Hrvatskoj i koju vrstu adaptivnog sustava za kočenje oni imaju.

U tablici 1 nalazi se popis modela osobnih vozila marke Volkswagen koji su registrirani na području Republike Hrvatske i koji posjeduju barem jedan od adaptivnih sustava za kočenje koji su predmet ovog završnog rada. Ovaj proizvođač adaptivne sustave za kočenje definira kroz par izvedbi odnosno kao:

- Inteligentni sustav za pomoć pri kontroli brzine (prilagodljivi tempomat/ACC),
- Napredni sustav za upozoravanje u slučaju odvraćanja pozornosti vozača,
- Sustav upozoravanja na sudar s pješakom i biciklistom,
- Sustav za kočenje u slučaju opasnosti za pješake i bicikliste.

Ove izvedbe adaptivnog sustava za kočenje su u određenim modelima određeni kao standardna oprema, dok su u nekim modelima samo dodatna funkcija koja se može, a i ne mora ugraditi. Tako se na primjer, u modelu Polo tip GTI inteligentni sustav za pomoć pri kontroli brzine i napredni sustav za upozoravanje u slučaju odvraćanja pozornosti vozača mogu ugraditi dodatno, a sustav upozoravanja na sudar s pješakom i biciklistom i sustav za kočenje u slučaju opasnosti za pješake i bicikliste su dio standardne opreme ovog modela od serije 2018. Većina Volkswagen modela ove četiri izvedbe adaptivnih sustava za kočenje uvodi od serije 2018 i 2020, odnosno stariji modeli do 2018 godine nisu imali niti jednu izvedbu ovih sustava.



Slika 9. Sustav za kočenje u slučaju opasnosti marke Volkswagen Golf [20]

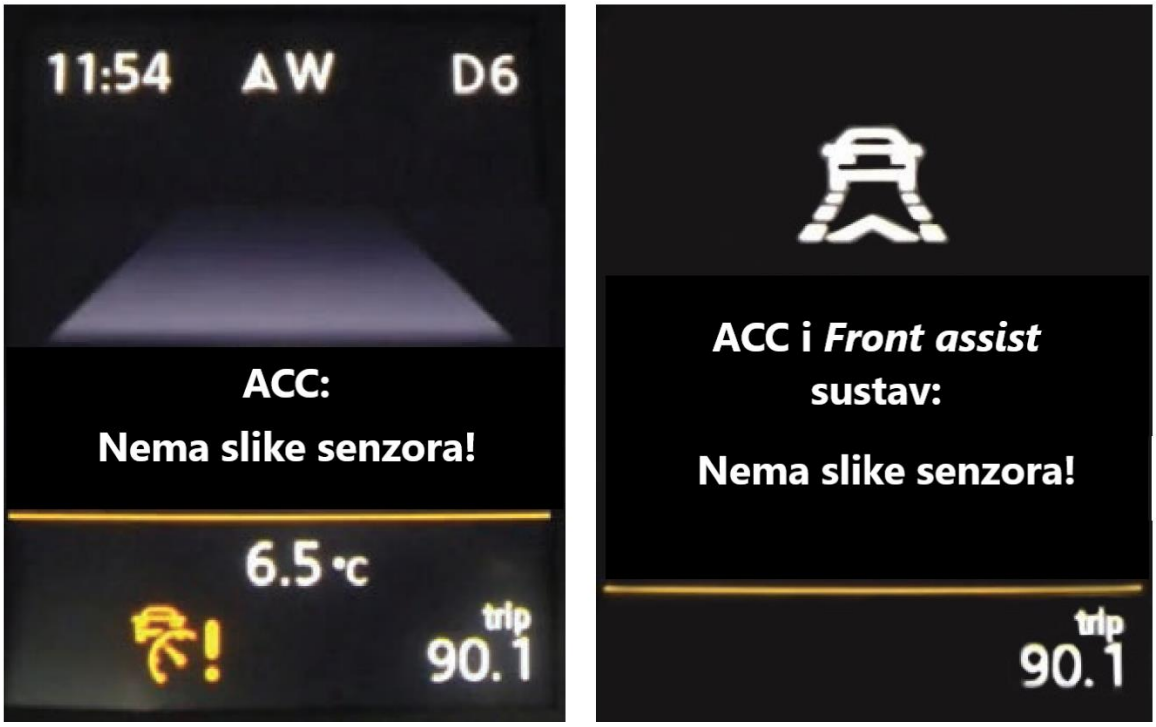
Na slici 9 prikazan je sustav adaptivnog kočenja po fazama kod marke vozila Volkswagen Golf modela koji radi na način da su u prvoj fazi kočnice unaprijed napunjene te dolazi do vizualnog i zvučnog upozorenja. U drugoj fazi sustav pomoći pri kočenju automatski usporava ako vozač ne reagira (do 6 m/s). U trećoj fazi dolazi do trzaja kočnice, a u četvrtoj fazi dolazi do poboljšanja vozačevog manevra kočenja kako bi se spriječio sudar [20].

Tablica 1. VOLKSWAGEN (M1 kategorija) modeli s adaptivnim sustavima za kočenje u voznom parku RH

VOLKSWAGEN M1					
Model	**Tip**	**Inteligentni sustav za pomoć pri kontroli brzine**	**Napredni sustav za upozoravanje u slučaju odvraćanja pozornosti vozača**	**Sustav upozoravanja na sudar s pješakom i biciklistom**	**Sustav za kočenje u slučaju opasnosti za pješake i bicikliste**
up! (001) i e-up! (002)	123* - up!	-	-	dodatno	dodatno
	BL3* - e-up!	-	-	dodatno	dodatno
Polo (022)	AW12** - Trendline	-	-	serija 2018	serija 2018
	AW13** - Comfortline	dodatno	dodatno	serija 2018	serija 2018
	AW14** - Highline	dodatno	dodatno	serija 2018	serija 2018
	AW19** - GTI	dodatno	dodatno	serija 2018	serija 2018
T-Cross (115)	C113*X/V – Life	dodatno	dodatno	serija 2020	serija 2020
	C113*Z - Life DSG	dodatno	dodatno	serija 2020	serija 2020
	C114*X/V – Style	serija 2020	serija 2020	serija 2020	serija 2020
	C114*Z - Style DSG	serija 2020	serija 2020	serija 2020	serija 2020
T-Roc (113)	A113 – Design	serija 2018	serija 2018	serija 2018	serija 2018
	A114 – Sport	serija 2018	serija 2018	serija 2018	serija 2018
Golf 7 (057) i Golf Variant (065)	BQ12/BV52 – Trendline	dodatno	dodatno	serija 2018	serija 2018
	BQ13/BV53 – Comfortline	serija 2018	serija 2018	serija 2018	serija 2018
	BQ14/BV54 – Highline	serija 2018	serija 2018	serija 2018	serija 2018
	BQ19 – GTI	serija 2018	serija 2018	serija 2018	serija 2018
Golf 8 (068) i Golf Variant 8 (069)	CD13/CG53 – Life	serija 2020	serija 2020	serija 2020	serija 2020
	CD13*Z/CG53*Z - Life DSG	serija 2020	serija 2020	serija 2020	serija 2020
	CD14/CG54 – Style	serija 2020	serija 2020	serija 2020	serija 2020
	CD14*Z/CG54*Z - Style DSG	serija 2020	serija 2020	serija 2020	serija 2020
	CD15/CG55 - R-Line	serija 2020	serija 2020	serija 2020	serija 2020
	CD15*Z/CG55*Z - R-Line DSG	serija 2020	serija 2020	serija 2020	serija 2020

	CD16/8/9/R - GTE, GTD, GTI, R	serija 2020	serija 2020	serija 2020	serija 2020
Touran (086)	5T13 – Comfortline	serija 2018	serija 2018	serija 2018	serija 2018
	5T14 – Highline	serija 2018	serija 2018	serija 2018	serija 2018
Passat (092) i Passat Variant (102)	3G22/3G52 – Trendline	dodatno	dodatno	dodatno	dodatno
	3G23/3G53 – Comfortline	serija 2018	serija 2018	serija 2018	serija 2018
	3G24/3G54 – Highline	serija 2018	serija 2018	serija 2018	serija 2018
Passat (093) i Passat Variant (103)	CB23/CG53 – Business	serija 2020	serija 2020	serija 2020	serija 2020
	CB23*Z/CB53*Z - Business DSG	serija 2020	serija 2020	serija 2020	serija 2020
	CB24/CG54 - Elegance	serija 2020	serija 2020	serija 2020	serija 2020
	CB24*Z/CG55*Z - Elegance DSG	serija 2020	serija 2020	serija 2020	serija 2020
Arteon (112)	3H73 – Elegance	serija 2018	serija 2018	serija 2018	serija 2018
	3H73*Z/T - Elegance DSG	serija 2018	serija 2018	serija 2018	serija 2018
	3H74 - R-Line	serija 2018	serija 2018	serija 2018	serija 2018
	3H74*Z/T - R-Line DSG	serija 2018	serija 2018	serija 2018	serija 2018
Arteon (210) i Arteon SB (211)	3H83/3H93 – Elegance	serija 2020	serija 2020	serija 2020	serija 2020
	3H83*Z/3H93*Z - Elegance DSG	serija 2020	serija 2020	serija 2020	serija 2020
	3H84/3H94 - R-Line	serija 2020	serija 2020	serija 2020	serija 2020
	3H84*Z/3H94*Z - R-Line DSG	serija 2020	serija 2020	serija 2020	serija 2020
Tiguan (089)	AD12 – Trendline	dodatno	dodatno	serija 2018	serija 2018
	AD13 – Comfortline	serija 2018	serija 2018	serija 2018	serija 2018
	AD14 – Highline	serija 2018	serija 2018	serija 2018	serija 2018
Tiguan (200)	AX12 – Tiguan	dodatno	dodatno	serija 2020	serija 2020
	AX13 – Life	serija 2020	serija 2020	serija 2020	serija 2020
	AX14 – Elegance	serija 2020	serija 2020	serija 2020	serija 2020
	AX15 - R-Line	serija 2020	serija 2020	serija 2020	serija 2020
Touareg (126)	7P6*	dodatno	dodatno	serija 2018	serija 2018
Touareg (127)	CR7*	serija 2020	serija 2020	serija 2020	serija 2020
ID.3 (140)	E11*	serija 2020	serija 2020	serija 2020	serija 2020
ID.4 (141)	E21*	serija 2020	serija 2020	serija 2020	serija 2020

Centar za vozila Hrvatske ustupio je podatke i o strukturi voznog parka lakih teretnih vozila N1 proizvođača Volkswagen na području Republike Hrvatske, a čija je podjela po izvedbi adaptivnih sustava za kočenje vidljiva u tablici 2. Usporedbom osobnih vozila i lakih teretnih vozila, zanimljiva je spoznaja da su se određene izvedbe adaptivnih sustava za kočenje ranije počele koristiti u lakim teretnim vozilima. Tako se inteligentni sustav za pomoć pri kontroli brzine i napredni sustav za upozoravanje u slučaju odvraćanja pozornosti vozača počinju koristiti u lakim teretnim vozilima već od 2015. godine (tri godine ranije od osobnih vozila), no samo kao dodatna oprema. Sustav upozoravanja na sudar s pješakom i biciklistom i sustav za kočenje u slučaju opasnosti za pješake i bicikliste također su u primjeni od 2015. godine i to čak na nekim modelima kao standardna oprema. Tako su na primjer svi tipovi modela Caddy 4/MAXI od serije 2015 uveli sustav upozoravanja na sudar s pješakom i biciklistom i sustav za kočenje u slučaju opasnosti za pješake i bicikliste kao dio standardne opreme, a inteligentni sustav za pomoć pri kontroli brzine i napredni sustav za upozoravanje u slučaju odvraćanja pozornosti vozača su dio dodatnog paketa opreme.



Slika 10. Radna ograničenja *Adaptive Cruise Control* sustava [20]

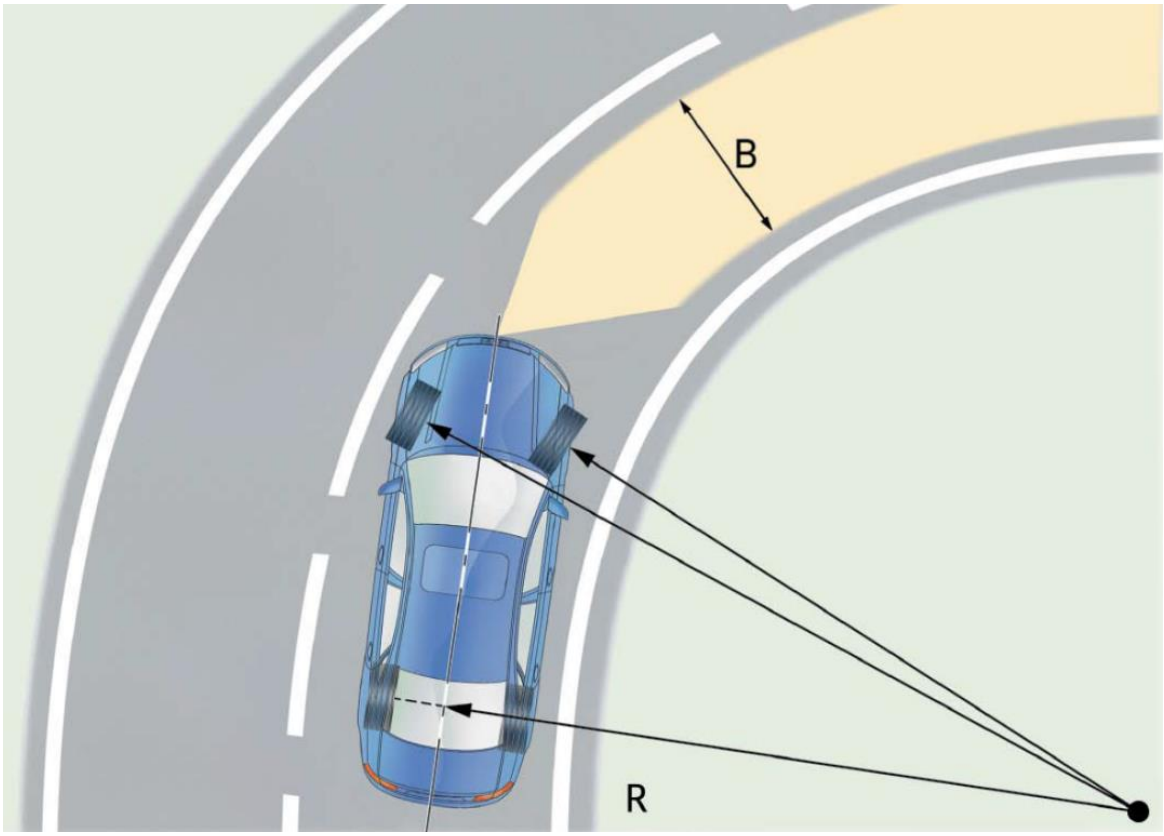
Slikom 10 prikazane su poruke radnog ograničenja *Adaptive Cruise Control* sustava koje dolaze ako rad radarskog senzora ometa jaka kiša, snijeg ili prljavština te se sustav tada automatski deaktivira. Poruka „ACC – nema slike senzora“ pojavljuje se na ulošku instrument ploče. Kada se otkloni uzrok kvara, vozač može ponovo aktivirati ACC regulaciju [20].

Tablica 2. VOLKSWAGEN (N1 kategorija) modeli s adaptivnim sustavima za kočenje u voznom parku RH

VOLKSWAGEN N1					
Model	**Tip**	**Inteligentni sustav za pomoć pri kontroli brzine**	**Napredni sustav za upozoravanje u slučaju odvraćanja pozornosti vozača**	**Sustav upozoravanja na sudar s pješakom i biciklistom**	**Sustav za kočenje u slučaju opasnosti za pješake i bicikliste**
Caddy 4 / MAXI	SABT/SAJT	dodatno (2015)	dodatno (2015)	serija 2015	serija 2015
	SABK/SAJK	dodatno (2015)	dodatno (2015)	serija 2015	serija 2015
	SABH	dodatno (2015)	dodatno (2015)	serija 2015	serija 2015
	SABR	dodatno (2015)	dodatno (2015)	serija 2015	serija 2015
Caddy 4 Kombi / MAXI	SABC/SAJC	dodatno (2015)	dodatno (2015)	dodatno (2015)	dodatno (2015)
Caddy 5 / MAXI	SBBT/SBJT	dodatno (2020)	dodatno (2020)	serija 2020	serija 2020
	SBBK/SBJK	dodatno (2020)	dodatno (2020)	serija 2020	serija 2020
	SBBH/SBJH	dodatno (2020)	dodatno (2020)	serija 2020	serija 2020
Caddy 5 Kombi / MAXI	SBBC/SBJC	dodatno (2020)	dodatno (2020)	serija 2020	serija 2020
Multivan / L, California T6	SGFB	dodatno (2015)	-	-	-
	SGMG/SGNG	dodatno (2015)	-	-	-
	SGMH	dodatno (2015)	-	-	-
	SGGD	dodatno (2015)	-	-	-
	SGCV	dodatno (2015)	-	-	-
	SGCW	dodatno (2015)	-	-	-
Multivan / L, California T6.1	SHCD	dodatno (2019)	dodatno (2019)	dodatno (2019)	dodatno (2019)
	SHCV	dodatno (2019)	dodatno (2019)	dodatno (2019)	dodatno (2019)
	SHCW	dodatno (2019)	dodatno (2019)	dodatno (2019)	dodatno (2019)
	SHMG/SHNG	dodatno (2019)	dodatno (2019)	dodatno (2019)	dodatno (2019)
	SHMH	dodatno (2019)	dodatno (2019)	dodatno (2019)	dodatno (2019)
Kombi T6 / L	SGB1/SGJ1	dodatno (2015)	-	-	-
Kombi T6.1 /L	SHB1/SHJ1	dodatno (2019)	dodatno (2019)	dodatno (2019)	dodatno (2019)
Caravelle T6 / L	SGBS/SGJS	dodatno (2015)	dodatno (2015)	-	-
	SGBT/SGJT	dodatno (2015)	dodatno (2015)	-	-
Caravelle T6.1 / L	SHBS/SHJS	dodatno (2019)	dodatno (2019)	dodatno (2019)	dodatno (2019)
	SHBT/SHJT	dodatno (2019)	dodatno (2019)	dodatno (2019)	dodatno (2019)

Tablica 3 prikazuje podatke o tome koji modeli i tipovi proizvođača Audi su prisutni u voznom parku Republike Hrvatske a imaju neku od verzija adaptivnih sustava za kočenje. Najstarija serija Audija u Republici Hrvatskoj koja ima adaptivne sustava za kočenje je serija 2018. Ono što se posebno ističe kod ovog proizvođača je to da je u većini svojih modela kao dio standardne opreme uveo sustav upozoravanja na sudar s pješakom i biciklistom i sustav za kočenje u slučaju opasnosti za pješake i bicikliste, osim za modele Audi A6 tip 4G i Audi Q3 model 8UG, dok je model Audi A3 tip 8V jedini u kojem se ova dva sustava ugrađuju dodatno.

Slika 11 predstavlja određivanje vozila relevantnog za ACC sustav kod modela marke vozila Audi. U stvarnim prometnim situacijama, često će biti slučaj da je više vozila istovremeno unutar dometa detekcije radara. U takvim situacijama potrebno je utvrditi koje vozilo vozi istim prometnim trakom i identificirati vozilo do kojeg treba držati odabrani razmak. Preduvjet za to je da ACC kontrola može odrediti smjer ceste ispred vozila. Ovo je relativno složen proces koji se temelji na mjernim podacima primljenim od više senzora te se zato koriste signali primljeni od kuta upravljanog volana i senzora brzine kotača [22].



Slika 11. Određivanje vozila relevantnog za ACC sustav kod marke vozila Audi [22]

Tablica 3. AUDI modeli s adaptivnim sustavima za kočenje u voznom parku RH

AUDI					
Model	**Tip**	**Inteligentni sustav za pomoć pri kontroli brzine**	**Napredni sustav za upozoravanje u slučaju odvraćanja pozornosti vozača**	**Sustav upozoravanja na sudar s pješakom i biciklistom**	**Sustav za kočenje u slučaju opasnosti za pješake i bicikliste**
A1 Sportback	GB*	dodatno	-	serija 2018	serija 2018
A3	8V*	dodatno	-	dodatno	dodatno
	8Y*	dodatno	-	serija 2020	serija 2020
A4	8W*	dodatno	-	serija 2018	serija 2018
A5	F5*	dodatno	-	serija 2018	serija 2018
A6	4G*	dodatno	-	-	-
	4A*	dodatno	dodatno	serija 2019	serija 2019
A7	4KA	serija	serija 2020	serija 2019	serija 2019
A8	4N*	serija 2018	serija 2018	serija 2018	serija 2018
Q2	GAB*	dodatno	-	serija 2018	serija 2018
	GAG*	dodatno	-	serija 2020	serija 2020
Q3	8UG*	dodatno	-	-	-
	F3*	dodatno	-	serija 2018	serija 2018
Q4	F4*	serija 2021	-	serija 2021	serija 2021
Q5	FY*	dodatno	-	serija 2018	serija 2018
Q7	4MB*	serija 2018	-	serija 2018	serija 2018
	4MG*	serija 2019	dodatno	serija 2019	serija 2019
Q8	4MN*	serija 2018	serija 2018	serija 2018	serija 2018
e-tron	GE*	dodatno	dodatno	serija 2019	serija 2019
e-tron GT	F3BR*	dodatno	dodatno	serija 2021	serija 2021

Slično kao i marka vozila Audi, marka vozila Škoda je na svojim modelima počela s primjenom različitih verzija adaptivnih sustava za kočenje u seriji 2018 i to na skoro svim svojim modelima. Sustav upozoravanja na sudar s pješakom i biciklistom i sustav za kočenje u slučaju opasnosti za pješake i bicikliste su najzatupljenije izvedbe adaptivnih sustava za kočenje, dok su inteligentni sustav za pomoć pri kontroli brzine i napredni sustav za upozoravanje u slučaju odvraćanja pozornosti vozača u velikoj većini njihovih modela još uvijek samo namijenjeni kao dio dodatne opreme. *Front assist* (Prednja pomoć) je sigurnosni sustav za upozoravanje na sudar koji prati situaciju ispred vozila putem radara te kada je suočen s neizbježnim sudarom, aktivira kočnice kako bi smanjio posljedice [23]. Također može zaustaviti automobil ako postoji opasnost od sudara s nadolazećim vozilom prilikom kretnje u lijevo, kao što je prikazano slikom 12. Podatke o tome koji modeli marke vozila Škoda ima određenu vrstu adaptivnog sustava za kočenje prikazuje tablica 4.



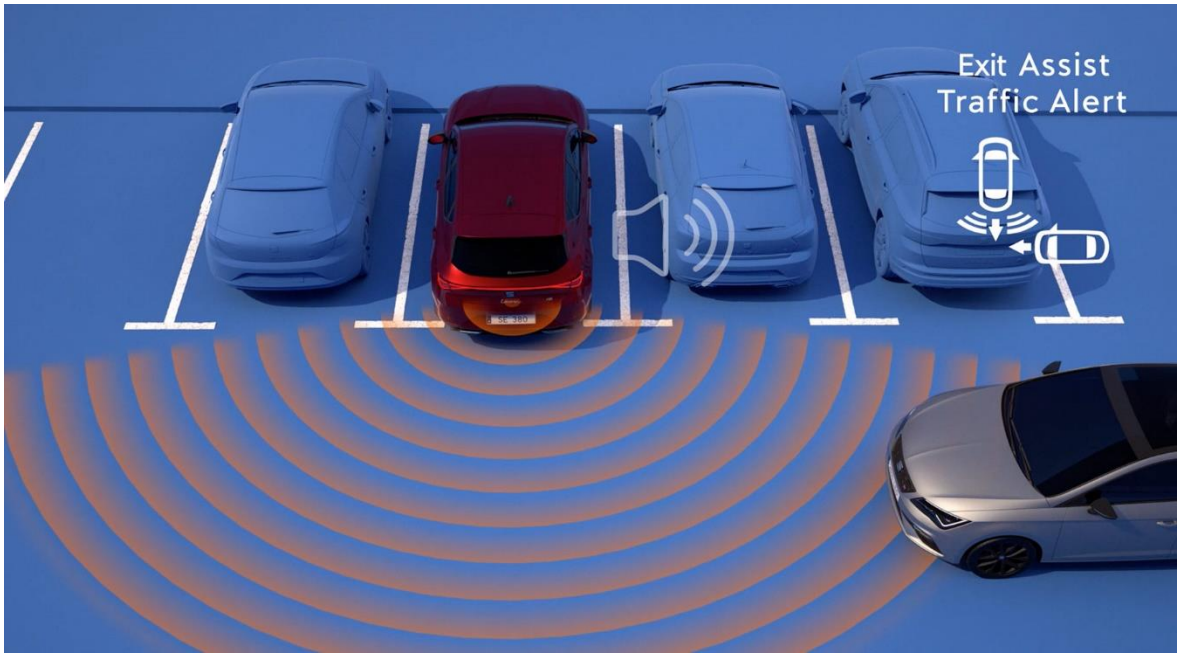
Slika 12.*Front assist* sustav marke vozila Škoda [23]

Tablica 4. ŠKODA modeli s adaptivnim sustavima za kočenje u voznom parku RH

ŠKODA					
Model	**Tip**	**Inteligentni sustav za pomoć pri kontroli brzine**	**Napredni sustav za upozoravanje u slučaju odvraćanja pozornosti vozača**	**Sustav upozoravanja na sudar s pješakom i biciklistom**	**Sustav za kočenje u slučaju opasnosti za pješake i bicikliste**
Fabia (325) i Fabia Combi (327)	NJ3*/NJ5*	dodatno	dodatno	dodatno	dodatno
Fabia; Fabia Cargo (326;328) i Fabia Combi (329)	NJ3*/NJ5*	dodatno	dodatno	dodatno	dodatno
Fabia (280)	PJ3*	dodatno	dodatno	serija 2021	serija 2021
Rapid (255) i Rapid Spaceback (265)	NH3*/NH1*	-	-	dodatno	dodatno
Kamiq (318) i Scala (400)	NW4*/NW1*	dodatno	dodatno	serija 2019	serija 2019
Karoq (480)	NU7*	dodatno	dodatno	serija 2018	serija 2018
	NU73***S/NU7R*	serija 2018	serija 2018	serija 2018	serija 2018
Octavia; Octavia Edition (355;356) i Octavia Combi (357)	5E3*/5E6*/5E5*	dodatno	dodatno	dodatno	dodatno
Octavia (405) i Octavia Combi (406)	NX3*/NX5*	dodatno	dodatno	serija 2019	serija 2019
Kodiaq (710)	NS72*	dodatno	dodatno	serija 2018	serija 2018
	NS73*	dodatno	dodatno	serija 2018	serija 2018
	NS73***S/NS74*/NS7R*/NS76*	serija 2018	serija 2018	serija 2018	serija 2018

	NS75*	serija 2018	serija 2018	serija 2018	serija 2018
Kodiaq (720)	NS72*	dodatno	dodatno	serija 2021	serija 2021
	NS73*	dodatno	dodatno	serija 2021	serija 2021
	NS74*/NS7R*/NS76*	serija 2021	serija 2021	serija 2021	serija 2021
	NS75*	serija 2021	serija 2021	serija 2021	serija 2021
Superb (812) i Superb Combi (853)	3V3*/3V5*	dodatno	dodatno	serija 2018	serija 2018
	3V34***B/3V54***B	serija 2018	serija 2018	serija 2018	serija 2018
Superb (510) i Superb Combi (520)	3V3*/3V5*	dodatno	dodatno	serija 2019	serija 2019
	3V34***B/3V54***B/3V34**P*/3V54**P*	serija 2019	serija 2019	serija 2019	serija 2019
Enyaq iV (600)	5AZ*	dodatno	dodatno	serija 2020	serija 2020
	5AZ***R*	dodatno	dodatno	serija 2021	serija 2021

U tablici 5 prikazani su podaci o zastupljenosti adaptivnih sustava za kočenje u modelima proizvođača Seat. Kao i kod marke vozila Škoda i Audi, Seat je s također počeo s ugradnjom adaptivnih sustava za kočenje tek od serije 2018. Ono što se ističe kao zanimljiv podatak je to da jedina dva modela marke Seat koja imaju inteligentni sustav za pomoć pri kontroli brzine i napredni sustav za upozoravanje u slučaju odvraćanja pozornosti vozača kao dio standardne opreme su Seat Formator (tip KM7B i KM7C) i Seat Tarraco (tip KN24 i KN25). Svi ostali modeli Seata u Republici Hrvatskoj ove dvije izvedbe adaptivnih sustava za kočenje imaju tek u paketu dodatne opreme. U određenim situacijama kada vozač nema dovoljnu vidljivost, kao što je izlazak unatrag s parkirnog mjesta s vozilima s obje strane, stražnji radar detektira približavanje vozila i upozorava vozača na njegovu prisutnost a kada je to i potrebno, automatski upotrebljava kočnicu. Ovaj sustav naziva se *Exit assist* sustav i prikazan je na slici 13 [24].



Slika 13. *Exit assist* sustav marke Seat [24]

Tablica 5. SEAT modeli s adaptivnim sustavima za kočenje u voznom parku RH

SEAT					
Model	**Tip**	**Inteligentni sustav za pomoć pri kontroli brzine**	**Napredni sustav za upozoravanje u slučaju odvraćanja pozornosti vozača**	**Sustav upozoravanja na sudar s pješakom i biciklistom**	**Sustav za kočenje u slučaju opasnosti za pješake i bicikliste**
Ateca	KHP1	-	-	serija 2018	serija 2018
	KHP2	dodatno	dodatno	serija 2018	serija 2018
	KHP5	dodatno	dodatno	serija 2018	serija 2018
	KHP8	dodatno	dodatno	serija 2018	serija 2018
	KHP6	dodatno	dodatno	serija 2018	serija 2018
Ibiza	KJ11	-	-	serija 2020	serija 2020
	KJ12	dodatno	-	serija 2020	serija 2020
	KJ14	dodatno	dodatno	serija 2020	serija 2020
	KJ15	dodatno	dodatno	serija 2020	serija 2020
Arona	KJ71	-	-	serija 2020	serija 2020
	KJ72	dodatno	-	serija 2020	serija 2020
	KJ75	dodatno	dodatno	serija 2020	serija 2020
	KJ78	dodatno	dodatno	serija 2020	serija 2020
Tarraco	KN22	dodatno	dodatno	serija 2018	serija 2018
	KN24	serija 2018	dodatno	serija 2018	serija 2018
	KN25	serija 2018	dodatno	serija 2018	serija 2018
Leon SpT	KL*2	dodatno	-	serija 2019	serija 2019
	KL*4	dodatno	dodatno	serija 2019	serija 2019
	KL*5	dodatno	dodatno	serija 2019	serija 2019
	KL*B	dodatno	dodatno	serija 2020	serija 2020
	KL*C	dodatno	dodatno	serija 2020	serija 2020
Formentor	KM7B	serija 2020	dodatno	serija 2020	serija 2020
	KM7C	serija 2020	dodatno	serija 2020	serija 2020

Jedini proizvođač od pet najzastupljenijih u Republici Hrvatskoj koji ima nešto drugačije izvedbe adaptivnih sustava za kočenje je marka vozila Hyundai. Njegove izvedbe adaptivnih sustava za kočenje su:

- Sustav prepoznavanja prepreka i pješaka sprijeda te autonomnog kočenja u slučaju nužde,
- Sustav prepoznavanja prepreka i autonomnog kočenja,
- Sustav upozorenja o mogućnosti sudara sprijeda,
- Sustav prepoznavanja prepreka, pješaka i biciklista sprijeda te autonomnog kočenja u slučaju nužde,
- Sustav koji primjenjuje kočnice kako bi spriječio ili umanjio naknadni udar kada je vozilo sudjelovalo u sudaru,
- Sustav upozorenja o mogućnosti sudara sprijeda i prilikom skretanja (detekcija vozila, bicikla, pješaka,
- Napredni sustav upozorenja i pomoći vozaču za izbjegavanje sudara sprijeda i prilikom skretanja (detekcija vozila, bicikla, pješaka).

Iako ovaj proizvođač ima najviše izvedbi adaptivnih sustava za kočenje, zanimljivo je što se ovi sustavi nalaze na jako malo njegovih modela. Tako se sustav prepoznavanja prepreka i pješaka sprijeda te autonomnog kočenja u slučaju nužde nalazi na svim modelima ovog proizvođača kao dio standardne opreme, osim na modelu i40 gdje je dio dodatne opreme. Ostali modeli marke vozila Hyundai koji imaju adaptivni sustav za kočenje su: Hyundai i30 koji u paketu standardne opreme ima još i sustav prepoznavanja prepreka i autonomnog kočenja i sustav upozorenja o mogućnosti sudara sprijeda, Hyundai Kona s paketom dodatne opreme sa sustavom prepoznavanja prepreka, pješaka i biciklista sprijeda te autonomnog kočenja u slučaju nužde, Hyundai Tuscon kojemu je dio standardne opreme sustav koji primjenjuje kočnice kako bi spriječio ili umanjio naknadni udar kada je vozilo sudjelovalo u sudaru i kao dio dodatne opreme sustav upozorenja o mogućnosti sudara sprijeda i prilikom skretanja (detekcija vozila, bicikla, pješaka) te Hyundai Santa Fe koji kao standardnu opremu sadrži napredni sustav upozorenja i pomoći vozaču za izbjegavanje sudara sprijeda i prilikom skretanja (detekcija vozila, bicikla, pješaka). Podatke o modelima Hyundaija i njihovoj raspodjeli prema adaptivnim sustavima za kočenje prikazuje tablica 6.

Uvidom u podatke o pet najzastupljenijih proizvođača koji sadrže neku izvedu adaptivnog sustava za kočenje a koji su registrirani u Republici Hrvatskoj dobiva se podatak da je najranija serija s takvim sustavima zapravo serija 2015 proizvođača Volkswagen i to za kategoriju vozila N1 (laka teretna vozila). Najranija upotreba ovih sustava za kategoriju M1 kod svih proizvođača je serija 2018. Od svih proizvođača ističe se Volkswagen koji je u najvećem broju svih svojih modela ovakve sustave uveo kao dio standardne, a ne dodatne opreme vozila.

Tablica 6. HYUNDAI modeli s adaptivnim sustavima za kočenje u voznom parku RH

HYUNDAI							
Model	**Sustav prepoznavanja prepreka i pješaka sprijeda te autonomnog kočenja u slučaju nužde**	**Sustav prepoznavanja prepreka i autonomnog kočenja**	**Sustav upozorenja o mogućnosti sudara sprijeda**	**Sustav prepoznavanja prepreka, pješaka i biciklista sprijeda te autonomnog kočenja u slučaju nužde**	**Sustav koji primjenjuje kočnice kako bi spriječio ili umanjio naknadni udar kada je vozilo sudjelovalo u sudaru**	**Sustav upozorenja o mogućnosti sudara sprijeda i prilikom skretanja (detekcija vozila, bicikla, pješaka)**	**Napredni sustav upozorenja i pomoći vozaču za izbjegavanje sudara sprijeda i prilikom skretanja (detekcija vozila, bicikla, pješaka)**
i10	standardna oprema	-	-	-	-	-	-
i20	standardna oprema	-	-	-	-	-	-
Bayon	standardna oprema	-	-	-	-	-	-
i30	standardna oprema	standardna oprema	standardna oprema	-	-	-	-
i40	dodatna oprema	-	-	-	-	-	-
Kona	standardna oprema	-	-	dodatna oprema	-	-	-
Tucson	standardna oprema	-	-	-	standardna oprema	dodatna oprema	-
Santa Fe	standardna oprema	-	-	-	-	-	standardna oprema
IONIQ	standardna oprema	-	-	-	-	-	-
IONIQ 5	standardna oprema	-	-	-	-	-	-

6. ZAKLJUČAK

Sigurnost cestovnog prometa predstavlja izazov za sve sudionike koji svakodnevno ostvaruju velik broj zahtjeva za prijevozom. U cestovnom prometu sudjeluju vozači motornih vozila, pješaci, biciklisti i motociklisti koji su svakodnevno u kontaktu jedni s drugima. Sudionici kao što su pješaci i biciklisti su ugroženi na poseban način, jer su za razliku od ostalih sudionika najmanje zaštićeni. Čovjek zbog svoje prirode predstavlja čimbenik sigurnosti cestovnog prometa kojeg je jako teško mijenjati i ne postoji obrazac ponašanja koji je jednak za svakog sudionika. Osim ljudskog čimbenika, na sigurnost prometa utječe cesta svojim karakteristikama i zajedno s okolinom te vozilo. Ljudski faktor je najviše podložan pogreškama, a kako bi cesta mogla podnijeti ljudske pogreške to zahtjeva velike financijske troškove. Iz tog se razloga u skorije vrijeme automobilska industrija okreće razvoju novih sustava kojima je zadatak da spriječe ili isprave ljudsku pogrešku prilikom vožnje i tako izbjegnu nastanak prometne nesreće. Ovakvi sustavi nazivaju se napredni sustavi pomoći vozaču i njihova glavna uloga je zaštita svih sudionika u prometu, kako onih koji se nalaze u vozilu tako i onih koji se nalaze izvan njega.

S obzirom da su ovi sustavi u svojim početcima, odnosno nešto ubrzaniji razvoj vidljiv je tek u posljednjih desetak godina, bilo je potrebno definirati zakonsku regulativu koja će odrediti definicije, standarde i norme koje ovi sustavi moraju zadovoljavati kako bi ispunili svoju primarnu funkciju. Europska Unija donijela je 2019. godine Uredbu 2019/2144 Europskog parlamenta i Vijeća o zahtjevima za homologaciju tipa za motorna vozila i njihove prikolice te za sustave, sastavne dijelove i zasebne tehničke jedinice namijenjene za takva vozila, u pogledu njihove opće sigurnosti te zaštite osoba u vozilima i nezaštićenih sudionika u cestovnom prometu. Ovom Uredbom definira se *automatizirano vozilo* kao vozilo koje je konstruirano na način da se može kretati bez stalnog nadzora vozača, ali se intervencija vozača ipak očekuje u određenim trenutcima. *Potpuno automatizirano vozilo* prema ovoj Uredbi je vozilo koje se kreće bez ikakvog nadzora vozača.

S obzirom da kočenje predstavlja krucijalni proces prilikom vožnje, ovim završnim radom analizirani su adaptivni sustavi za kočenje i inteligentni sustav za pomoć pri kontroli brzine. *Adaptivni sustav za kočenje* definiran je kao sustav koji može automatski primijetiti potencijalni sudar i pokrenuti sustav kočenja na vozilu kako bi se usporilo njegovo kretanje i izbjegao ili ublažio sudar. *Inteligentni sustav za pomoć pri kontroli brzine* može se koristiti zasebno, ali svoju punu efektivnost postiže u kombinaciji s adaptivnim sustavom za kočenje, čime vožnja postaje automatizirana na višoj razini.

Adaptivni sustavi za pomoć vozaču koriste različite tehnologije kao što su RaDAR i LiDAR tehnologija te video kamere. Domet RaDAR tehnologije je približno 300 metara, ima mogućnost očitanja predmeta od metala te nije pod utjecajem vremenskih neprilika s obzirom da se radiovalovi kreću kroz zrak, odnosno bez medija. Glavni nedostatak ove tehnologije leži upravo u činjenici da se radiovalovi kreću kroz zrak pa može doći do miješanja s drugim radiovalovima, ali s obzirom da je ova tehnologija jeftinija od LiDAR-a, ima veliku primjenu.

LiDAR tehnologija radi na istom principu kao i RaDAR tehnologija, osim što ne mjeri vrijeme i udaljenost pomoću radiovalova već to čini pomoću lasera. Ono što ovu tehnologiju izdvaja kao efikasniju od RaDAR tehnologije je njezina brzina i mogućnost prikupljanja veće količine podataka čime je i sama tehnologija preciznija.

Adaptive Cruise Control odnosno prilagodljivi tempomat je napredni sustav pomoći vozaču koji koristi RaDAR tehnologiju. Održava zadanu brzinu ali pomoću RaDAR tehnologije prikuplja podatke o objektima ispred vozila te u slučaju smanjenja sigurnosnog razmaka može samostalno prilagoditi brzinu vozila. *Automatic Emergency Braking* sustav pomoću RaDAR i LiDAR tehnologija prikuplja podatke o objektima ispred vozila te ukoliko očita da nema pritiska na kočnicu, a sigurnosni razmak se smanjuje, na kontrolnu ploču vozila šalje vizualno i/ili zvučno upozorenje. U svrhu ispitivanja učinkovitosti ovih sustava provedena je studija IIHS-a (*Insurance Institute for Highway Saftey*) 2019. godine u Sjedinjenim Američkim Državama. Studija je analizirala prometne nesreće te utvrdila reduciran broj onih u kojima se vozilo svojim prednjim dijelom sudarilo sa stražnjim dijelom vozila ispred sebe, upravo zbog djelovanja ovog sustava. Broj prometnih nesreća reduciran je za 50 %, kao i broj ozljeda u ovom tipu prometnih nesreća za 56 %.

S obzirom da ovakvi podaci dokazuju da primjena ovih sustava ima pozitivan utjecaj na sigurnost prometa, završnim radom analiziran je vozni park u Republici Hrvatskoj kako bi se utvrdila prisutnost ovih sustava. Za izradu završnog rada korišteni su podaci Centra za vozila Hrvatske koji je proveo analizu tržišta i voznog parka kao institucija zadužena za provođenja postupka registracije svih osobnih vozila na području Republike Hrvatske.

Prema zadnje dostupnim podacima iz 2020.godine, vozni park Republike Hrvatske broji 1.841.862 osobna vozila. Od ukupnog broja, 95.577 vozila je u toj godini bilo prvi put registrirano, a ukoliko se analizira period od posljednjih pet godina, uočava se porast registriranih vozila generalno i onih koja su prvi put registrirana. Prema podacima Centra za vozila Hrvatske i nakon provedene analize potrebne za izradu ovog završnog rada definirano je pet najčešćih proizvođača vozila na području Republike Hrvatske te je analizirana prisutnost adaptivnih sustava za kočenje i inteligentnog sustava za pomoć pri kontroli brzine u njihovim modelima. Pet najčešćih proizvođača su Volkswagen, Škoda, Seat, Audi i Hyundai.

Ono što se ističe kao velika prednost korištenja ovih sustava je i činjenica da su svi proizvođači obratili posebnu pozornost na ranjive sudionika prometa kao što su pješaci i biciklisti, tako što su razvili posebne izvedbe ovih sustava koji su namijenjeni upravo za izbjegavanje sudara s njima. Ono što je zajedničko svim proizvođačima je i vremenski period u kojem su počeli s primjenom adaptivnih sustava za kočenje i sustava inteligentne pomoći pri održavanju brzine. Analizom zastupljenosti ovih sustava u voznom parku Republike Hrvatske velika većina modela ovih proizvođača krenula je s primjenom istih od 2018. godine pa nadalje. To potvrđuje činjenicu da se automobilska industrija u skorije vrijeme okreće razvoju inteligentnih rješenja kako bi se održala i poboljšala razina sigurnosti cestovnog prometa. Podaci o zastupljenosti ovih sustava u voznom parku Republike Hrvatske zasigurno nude pozitivnu sliku budućnosti za sigurnost cestovnog prometa, ali i ostavljaju mjesta za još ubrzaniji razvoj i širu primjenu adaptivnih sustava za kočenje kod cestovnih vozila.

LITERATURA

[1] Europska Unija. Uredba (EU) 2019/2144 Europskog parlamenta i Vijeća o zahtjevima za homologaciju tipa za motorna vozila i njihove prikolice te za sustave, sastavne dijelove i zasebne tehničke jedinice namijenjene za takva vozila, u pogledu njihove opće sigurnosti te zaštite osoba u vozilima i nezaštićenih sudionika u cestovnom prometu: Službeni list Europske Unije L 325, 16. prosinca 2019.

[2] Republika Hrvatska. Zakon o sigurnosti prometa na cestama. Izdanje 67. Zagreb: Narodne novine; 2008.

[3] Republika Hrvatska. Pravilnik Ministarstava pomorstva, prometa i veza. Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti prometa. Izdanje 1829. Zagreb: Narodne novine; 110/2001.

[4] Pjaca – Hidraulika kočenja i kvačila. Preuzeto s: https://pajca.hr/autodijelovi/hidraulika-kocenja-i-kvacila/, *pristupljeno dana: 28.5.2022.*

[5] Šarić Ž. *Ovjes, kočnice, pneumatici*. [Prezentacija] Cestovna prijevozna sredstva. Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. akademska godina 2020./2021.

[6] Šakota L. *Kočnice i kočioni sustavi automobila u funkciji sigurnosti*. Završni rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2019. Preuzeto s: https://repozitorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A1871/datastream/PDF/view, *pristupljeno dana: 03.6.2022.*

[7] How a car works – How ABS works. Preuzeto s: https://www.howacarworks.com/technology/how-abs-works, *pristupljeno dana: 05.6.2022.*

[8] Euroauto – Što je ESP i kako radi. Preuzeto s: https://www.euroauto.hr/blog/sto-je-esp-i-kako-radi-107/, *pristupljeno dana: 05.6.2022.*

[9] Wixsite – Electronic Stability Control. Preuzeto s: https://rinaots3.wixsite.com/racunala-u-autima/about2-c1s3v, *pristupljeno dana: 05.6.2022.*

[10] SAE - Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles. Preuzeto s:https://www.sae.org/standards/content/j3016_202104/, *pristupljeno dana 01.7.2022.*

[11] Ministarstvo unutarnjih poslova – Bilten o sigurnosti cestovnog prometa 2020. Preuzeto s:*https://mup.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/bilteni/Bilten_o_sigurnosti_cestovnog_prometa_2020.pdf, pristupljeno dana 29.8.2022.*

[12] Synopsys – What is ADAS. Preuzeto s: https://www.synopsys.com/automotive/what-is-adas.html, *pristupljeno dana 01.7.2022.*

[13] Eichberger A. *ADAS systems*. [Prezentacija] Road Saftey Summer School. Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. Akademska godina 2020./2021.

[14] DeWeSoft – Types of ADAS sensors in use today. Preuzeto s: https://dewesoft.com/daq/types-of-adas-sensors, *pristupljeno dana 02.7.2022.*

[15] LiDAR RaDAR – LiDAR and RaDAR information. Preuzeto s: https://lidarradar.com/, *pristupljeno dana 02.7.2022.*

[16] Britannica – Lidar. Preuzeto s: https://www.britannica.com/technology/lidar, *pristupljeno dana 02.7.2022.*

[17] Byri – Cruise control. Preuzeto s: https://www.byri.net/2021/06/14/cruise-control-is-mandatory-in-2022-it-is-becoming-clearer/, *pristupljeno dana 02.7.2022.*

[18] Self Study Programme 620, Audi ACC systems, AUDI, Audi AG. Preuzeto s : https://procarmanuals.com/self-study-program-620-audi-acc-systems/

[19] Cerovac V. *Tehnika i sigurnost cestovnog prometa.* Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, 1997.

[20] Volkswagen Driver Assistance Systems, Design and Function, Version 2, Volkswagen Group of America, LLC, 2016. Preuzeto s: https://procarmanuals.com/self-study-program-890253-volkswagen-driver-assistance-systems-version-2/

[21] Kelly Blue Book – How Does Automatic Emergency Braking Work. Preuzeto s: https://www.kbb.com/car-news/how-does-automatic-emergency-braking-work/#:~:text=When%20sensors%20or%20cameras%20detect,it%20automatically%20activates%20the%20brakes, *pristupljeno dana 04.7.2022.*

[22] Audi ACC systems, Self study program 620. Preuzeto s: https://procarmanuals.com/self-study-program-620-audi-acc-systems/

[23] Škoda – auto. Preuzeto s: https://www.skoda-auto.com/world/safety-assistence-system-city?detailLayerSlide=0, *pristupljeno dana* 27.8.2022.

[24] Seat Leon features driving assistance systems. Preuzeto s: https://www.seat.com/company/news/cars/seat-leon-features-driving-assistance-systems, *pristupljeno dana 29.8.2022.*

Popis slika

Slika 1. Općeniti izgled sustava za kočenje [4] 6
Slika 2. Duplex izvedba bubanj kočnice [6] 7
Slika 3. Disk kočnica [4] 8
Slika 4. Prikaz hidrauličnog prijenosnog mehanizma [4] 9
Slika 5. Princip rada ABS sustava [7] 11
Slika 6. Princip rada ESC sustava [9] 12
Slika 7 ADAS sustavi koji koriste RaDAR tehnologije [14] 16
Slika 8. Princip rada ACC sustava [18] 20
Slika 9. Sustav za kočenje u slučaju opasnosti marke Volkswagen Golf [20] 23
Slika 10. Radna ograničenja Adaptive Cruise Control sustava [20] 26
Slika 11. Određivanje vozila relevantnog za ACC sustav kod marke vozila Audi [22] 28
Slika 12.Front assist sustav marke vozila Škoda [23] 30
Slika 13. Exit assist sustav marke Seat [24] 33

Popis tablica

Tablica 1. VOLKSWAGEN (M1 kategorija) modeli s adaptivnim sustavima za kočenje u voznom parku RH 24
Tablica 2. VOLKSWAGEN (N1 kategorija) modeli s adaptivnim sustavima za kočenje u voznom parku RH 27
Tablica 3. AUDI modeli s adaptivnim sustavima za kočenje u voznom parku RH 29
Tablica 4. ŠKODA modeli s adaptivnim sustavima za kočenje u voznom parku RH 31
Tablica 5. SEAT modeli s adaptivnim sustavima za kočenje u voznom parku RH 34
Tablica 6. HYUNDAI modeli s adaptivnim sustavima za kočenje u voznom parku RH ... 36

Popis grafikona

Grafikon 1. Broj registriranih vozila u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2011. do 2020. godine [22] 22

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je Završni rad
(*vrsta rada*)
isključivo rezultat mojega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom Analiza adaptivnih sustava za kočenje kod cestovnih vozila, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, 5.9.2022.

Luka Zovak, Luka Zovak
(ime i prezime, *potpis*)