

Određivanje zaustavnog puta motornog vozila u funkciji sigurnosti prometa

Korent, Dario

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

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:119:773069>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-11**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -
Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Dario Korent

**ODREĐIVANJE ZAUSTAVNOG PUTA MOTORNOG
VOZILA U FUNKCIJI SIGURNOSTI PROMETA**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2016.



Sveučilište u Zagrebu
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb
PREDDIPLOMSKI STUDIJ

Preddiplomski studij: Promet

Zavod: Zavod za cestovni promet

Predmet: Sigurnost cestovnog i gradskog prometa I

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Pristupnik: Korent Dario
Matični broj: 0135 193 243
Smjer: Cestovni

ZADATAK:

Određivanje zaustavnog puta motornog vozila u funkciji sigurnosti prometa

ENGLESKI NAZIV ZADATKA:

Determining the Stopping Distance of Motor Vehicle Related with Traffic Safety

Opis zadatka:

Sigurnost cestovnog prometa uvjetuju osnovni čimbenici čovjek-cesta-vozilo i incidentni čimbenici čija je pojava nesustavna i nepredvidiva. U sustavu osnovnih čimbenika jedan od elemenata koji znatno utječe na mogućnost nastanka prometne nesreće je i zaustavni put vozila. U završnom radu potrebno je analizirati utjecajne elemente koji određuju dužinu zaustavnog puta vozila u ovisnosti o stanju osnovnih čimbenika sigurnosti.

Zadatak uručen pristupniku:
20. ožujak 2015.

Nadzorni nastavnik:

Predsjednik povjerenstva za završni ispit:

Djelovođa:

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

ODREĐIVANJE ZAUSTAVNOG PUTA MOTORNOG

VOZILA U FUNKCIJI SIGURNOSTI PROMETA

DETERMINING THE STOPPING DISTANCE OF

MOTOR VEHICLE RELATED WITH TRAFFIC SAFETY

Mentor: dr. sc. Rajko Horvat

Student: Korent Dario, 0135193243

Zagreb, 2016.

ODREĐIVANJE ZAUSTAVNOG PUTA MOTORNOG VOZILA U FUNKCIJI SIGURNOSTI PROMETA

SAŽETAK

Zaustavni put motornog vozila jedna je od značajnijih veličina koje utječu na sigurnost cestovnog prometa. Na zaustavni put vozila utječu vozač, vozilo, cesta, promet na cesti i uvjeti koji prevladavaju u okolini. Brzina kretanja vozila jednake je od vrlo važnih veličina koja utječe na dužinu zaustavnog puta vozila. O brzini kretanja ovise i put reagiranja i put kočenja. Put reagiranja je put koji vozilo prijeđe za vrijeme uočavanja opasnosti ili prepreke od strane vozača te njegove reakcije potrebne da započne s procesom kočenja i vremena da kočioni sustav počne djelovati. Put kočenja je put koji vozilo prijeđe za trajanje kočenja. Na vrijeme reagiranja vozača utječu njegove subjektivne osobine, fizičko i psihičko stanje vozača i uvjeti objektivnih okolnosti. Važnost zaustavnog puta vozila apostrofirana je u prometnim nesrećama poput sudara vozila prilikom vožnje u slijedu, naleta na motociklistu, biciklistu, pješaka te udara vozila u objekt na ili pokraj ceste. Utjecanjem na čimbenike koji imaju značajnu ulogu u ostvarenju što kraćeg zaustavnog puta vozila poput smanjenja brzine kretanja vozila, povećanjem koeficijenta trenja između pneumatika i kolničkog zastora, pravilnim održavanjem kolnika i kolničkog zastora, povećanjem tehničke ispravnosti vozila i pravovremenim informiranjem vozača o vremenskim prilikama i incidentnim čimbenicima na cesti znatno bi se povećala sigurnost cestovnog prometa.

Ključne riječi: zaustavni put; put reagiranja; put kočenja; brzina; sigurnost u cestovnom prometu

SUMMARY

The stopping distance of the motor vehicle is one of the most significant variables that affect road safety. At the stopping impact driver, vehicle, road, traffic on the road and the conditions prevailing in the area. The speed of vehicle is one

of the very important value which affects the length of the stopping of the vehicle.

The speed of the dependent and the response time and braking distance. The way to respond is the path that the vehicle crosses during the hazard perception and obstacles by the driver and his reactions necessary to begin the process of braking and brake system time to take effect.

The braking distance is the path that the vehicle crosses the duration of braking. On

the driver's reaction time affects his subjective characteristics, physical and mental state of the driver and the conditions of objective circumstances.

The importance of stopping the vehicle is emphasized in traffic accidents such as vehicle collision when driving in sequence, flying to motorcyclists, bicyclists, pedestrians and hitting an object on or near the road. Influencing factors that play a significant role in achieving the shortest stopping vehicle such as reducing the speed of the vehicle, increasing the coefficient of friction between the tire and the road surface overlay, proper maintenance of pavement and road surface overlay, increasing road worthiness and timely information to the driver on the weather and incidental factors the road would significantly increase road safety.

Keywords: stopping distance; reaction time; braking distance; speed; road safety

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. OSNOVNI ČIMBENICI SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA	2
2.1. Čovjek kao čimbenik sigurnosti prometa	4
2.1.1. Osobne značajke vozača	6
2.1.2. Psihičke osobine čovjeka	7
2.1.3. Obrazovanje i kultura	9
2.2. Vozilo kao čimbenik sigurnosti prometa	10
2.2.3. Aktivni elementi sigurnosti vozila	10
2.2.4. Pasivni elementi sigurnosti prometa	10
2.3. Cesta kao čimbenik sigurnosti prometa	11
3. ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA ZAUSTAVNI PUT VOZILA	12
3.1. Vozač	12
3.2. Vozilo	15
3.3. Cesta	19
4. OSNOVNI ELEMENTI ZAUSTAVNOG PUTA VOZILA	20
5. ODREĐIVANJE ZAUSTAVNOG PUTA VOZILA	21
5.1. Put reagiranja	21
5.2. Put intenzivnog (forsiranog) kočenja	22
5.3. Put slobodnog kočenja	24
5.4. Zaustavni put kod intenzivnog (forsiranog) kočenja	27
5.5. Zaustavni put kod slobodnog kočenja	27
5.6. Zaustavni put u ovisnosti o vrsti kočnica	28
5.7. Zaustavni put u ovisnosti o pneumaticima	29
5.8. Zaustavni put u ovisnosti o stanju površine kolnika	30
6. UTJECAJ ZAUSTAVNOG PUTA NA SIGURNOST PROMETA	31
7. ZAKLJUČAK	33
8. POPIS LITERATURE	35
9. POPIS SLIKA	37
10. POPIS GRAFIKONA	37
11. POPIS DIJAGRAMA	37

1. UVOD

Cestovni promet kao dio prometnog sustava, jedan je od najznačajnijih podsustava gospodarskog, ekonomskog, društvenog i kulturološkog razvoja suvremenog društva. Iznimno brz razvoj cestovnog prometa osim pozitivnih gospodarskih, ekonomskih i drugih učinaka, zbog dinamičnosti i međusobne interakcije čimbenika koji određuju uvjete načina sudjelovanja u prometu ima i niz negativnih učinaka. Negativni učinci prije svega su ugrožavanje sigurnosti sudionika u prometu, odnosno njihovo smrtno stradavanje i teško ozljeđivanje. Prema analizama statističkih podataka¹ nepropisna brzina i brzina neprimjerena uvjetima na cesti najčešće su pogreške zbog kojih se događaju prometne nesreće na cestama u Republici Hrvatskoj. Nepropisna i neprimjerena brzina uzrok je događanja više vrsta prometnih nesreća poput sudara vozila prilikom vožnje u slijedu, nalet na motociklista, biciklista, pješaka te udara vozila u objekt na ili pokraj ceste. Kako su navedene prometne nesreće povezane sa zaustavnim putom motornog vozila, u završnom radu analiziran je utjecaj zaustavnog puta motornog vozila na sigurnost cestovnog prometa. Cilj završnog rada usmjeren je prema utvrđivanju čimbenika koji utječu nadužinu zaustavnog puta vozila, elementima s kojima je moguće smanjiti njegov utjecaj na mogućnost događanja prometnih nesreća i povećanje sigurnosti cestovnog prometa.

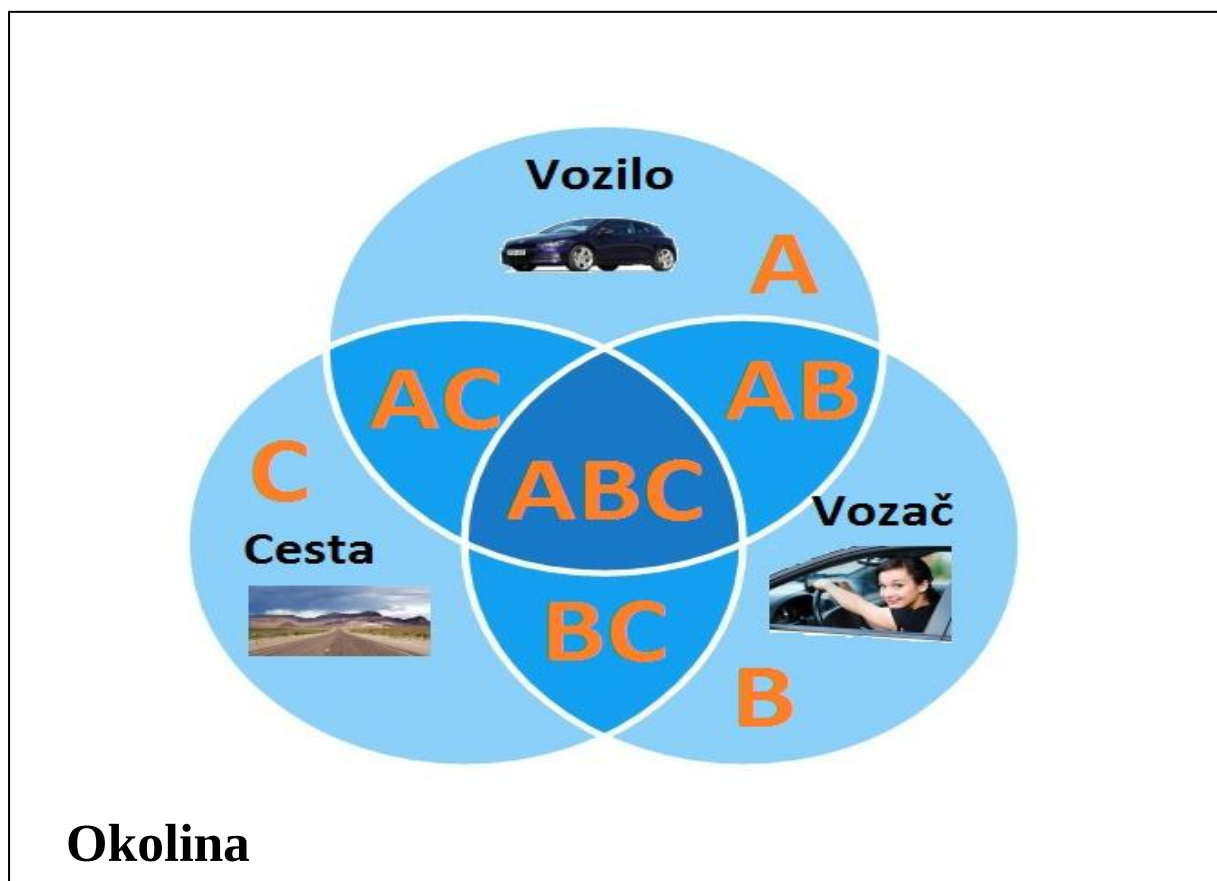
Završni rad je podijeljen usedam poglavlja. U uvodnom dijelu naveden je predmet istraživanja i struktura rada. U drugom poglavlju navedeni su i objašnjeni osnovni čimbenici sigurnosti prometa. U trećem poglavlju obrazloženi su čimbenici koji utječu na zaustavni put vozila. U četvrtom poglavlju analizirani su i detaljnije opisani osnovni elementi zaustavnog puta vozila. U petom poglavlju detaljnije je opisan način određivanja zaustavnog puta. Utjecaj zaustavnog puta na sigurnost prometa obrađen je u šestom poglavlju. U zaključku je obavljena sinteza znanstvenih činjenica, spoznaja i zakonitosti elaboriranih u analitičkom dijelu završnog rada povezanih s elementima koji određuju zaustavni put vozila i mogućim utjecajem na povećanje sigurnosti cestovnog prometa.

¹http://www.mup.hr/UserDocsImages/statistika/2015/Statisticki_pregled_2014.pdf

2. OSNOVNI ČIMBENICI SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA

Značajno obilježje cestovnog prometa je sigurnost svih sudionika. Sigurnost cestovnog prometa podrazumijeva da svaki sudionik u prometu započeto putovanje završi bez štetnih ili neželjenih posljedica koje nastaju djelovanjem čimbenika prometnog sustava. Osnovni čimbenici sigurnosti prometa su **vozilo, vozač i cesta**[1].

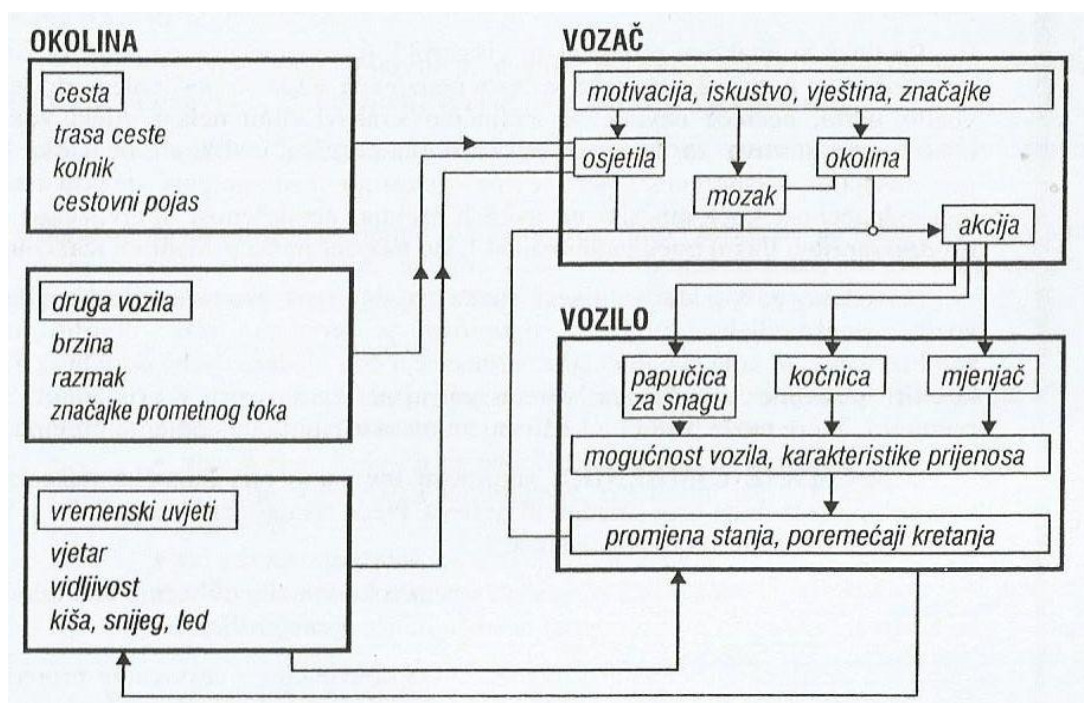
Svaki od navedenih čimbenika može biti uzrok nastanka prometne nesreće. Pojedini poremećaji kod navedenih čimbenika mogu biti povezani s umorom, vožnjom pod utjecajem alkohola, lijekova, droga, nekoncentriranosti, neispravnosti vozila i nedostatkom opreme na vozilima ili nedostacima na cesti odnosno stanjima koje izazivaju incidentni čimbenici poput prometa na cesti, pojave magle, kiše, snijega ili lošeg stanja kolnika i slično. S obzirom na brojnost poremećaja, utjecaj i međuovisnost navedenih čimbenika sigurnosti jednostavnije je prikazati Vennovim dijagramom (slika 1).



Slika 1: Vennov dijagram,
Izvor: [1]

Utjecaj okoline manifestira se tijekom upravljanja vozilom kada vozač prima obavijesti putem vida, sluha, mišićnim osjetom i mirisom što utječe na njegovu mogućnost percipiranja svih važnih obavijesti koje su potrebne za poduzimanje odgovarajućih radnji s vozilom. Prema nekim autorima, smatra se da je pojam okolina dosta širok i neprecizan s obzirom na to da se okolinom može smatrati i prostor gdje se vozač nalazi, temperatura u tom prostoru i slično [1].

Na slici 2 prikazani su elementi i međusobni odnosi kibernetskog sustava čovjek-vozilo-okolina. Prema slici se može zaključiti da postoji dvostruka razmjena obavijesti: okolina-vozilo i vozač-vozilo te jednostruka razmjena obavijesti između elemenata okolina-vozač.

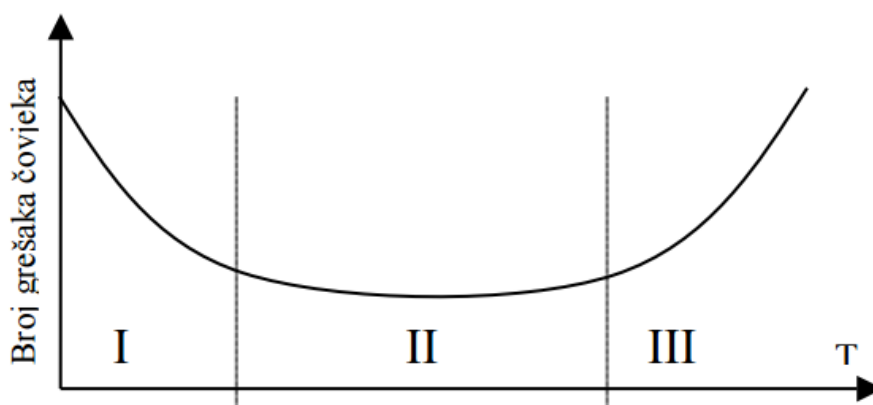


Slika 2: Elementi kibernetskog sustava čovjek-vozilo-okolina, [5]

Osnovni čimbenici vozač-vozilo-cesta ne obuhvaćaju sve elemente koji mogu utjecati na prometni sustav pa se tim čimbenicima moraju pridodati još i dopunski. Dopunski čimbenici sigurnosti prometa su promet na cesti i incidentni čimbenik.

2.1. Čovjek kao čimbenik sigurnosti prometa

Sposobnost čovjeka da pouzdano obavlja određene poslove ili radnje uz primjerenu učinkovitost definirana je stupnjem njegove radne sposobnosti. Takva sposobnost podrazumijeva smanjenje ili povećanje broja pogrešaka u obavljanju poslova ili zadataka u toku određenog radnog procesa. Prema provedenim istraživanjima radnih sposobnosti čovjeka dokazano je da na njegovu ergonomsku sposobnost, odnosno faze aktivnog djelovanja ljudskog organizma, utječe niz čimbenika koji su povezani s uvjetima u kojima čovjek obavlja određenu aktivnost, ali i sa samim psihofizičkim sposobnostima čovjeka (dijagram 1).

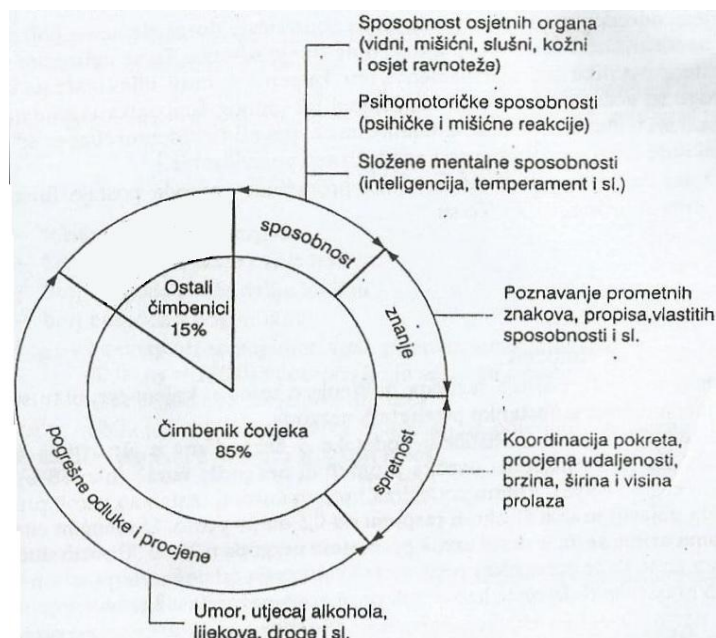


Dijagram1: Faze aktivnog djelovanja ljudskog organizma,[22]

Prema dijagramu 1, može se uočiti da se razdoblje aktivnog djelovanja ljudskog organizma karakterizira kroz tri faze i to: razdoblje prilagođavanja, razdoblje maksimalne adaptacije i razdoblje opadanja koncentracije. Prva faza je faza kolaudacije koja obiluje greškama, što se obrazlaže stanjem u kojemu je čovjek bio prije početka rada (odmor, san, vožnja do radnog mjesta), odnosno stanjem čiji su uzroci povezani s kompleksnim prilagođavanjem ljudskog organizma. Međutim, umorkod čovjeka može se javiti i ranije u slučaju poremećenih okolnih uvjeta koji nastaju i kao posljedica neergonomski oblikovanih radnih mjesta i položaja upravljačkih elemenata. U drugoj fazi ljudski organizam se maksimalno adaptira radnom procesu i broj grešaka u ovoj fazi je relativno mali i vremenski konstantan. Treća faza predstavlja razdoblje kada se javlja umor, koncentracija opada. To se odražava velikim brojem pogrešaka prilikom upravljanja vozilom.²

²https://www.google.hr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&sqi=2&ved=0ahUKEwj1ufLgNnJAhXH8RQKHTQsAeUQFggzMAM&url=http%3A%2F%2Fhrcaj.srce.hr%2Ffile%2F111358&usg=AFQjCNGzNsuHFXxraG5Oe5HOAl_rRBSTQA&bvm=bv.109910813,d.ZWU&cad=rja

Od tri osnovna čimbenika vozač-vozilo-cesta koji utječu na sigurnost prometa, utjecaj čimbenika **vozač** je najvažniji. Obavijesti vezane uz prilike na cesti vozač prima pomoću svojih osjetila. Na osnovi percepcije čovjek donosi odluke i regulira način kretanja vozila. Na slici 3 prikazan je dijagram na kojem se vide osnovni elementi čovjeka kao čimbenika sigurnosti prometa.



Slika 3: Osnovni elementi čovjeka kao čimbenika sigurnosti prometa[1]

Na slici 3 je prikazano da na ponašanje čovjeka u prometu utječu njegova sposobnost, znanje i spretnost, dok negativan utjecaj imaju pogrešne odluke i procjene, a na što utječe umor, utjecaj alkohola, lijekova, droge i slično.

U cjelinama 2.1.1., 2.1.2. i 2.1.3. detaljnije su objašnjeni čimbenici koji utječu na ponašanje čovjeka, a podijeljeni su u tri skupine koje su prikazane na slici 4:

- osobne značajke vozača;
- psihofizička svojstva i
- obrazovanje i kultura.



Slika 4.: Čimbenici koji utječu na ponašanje čovjeka u prometu

Osobne značajke vozača su sposobnost, stajališta, temperament, osobne crte i karakter. Osobnost definiramo kao organiziranu cjelinu svih osobina, svojstava i ponašanja kojima se svaka ljudska individualnost izdvaja od svih drugih pojedinaca određene društvene zajednice. Psihofizičke osobine vozača prilikom upravljanja vozilom su funkcije organa osjeta, psihomotorne sposobnosti i mentalne sposobnosti. Obrazovanje i kultura isto tako su važni čimbenici u međuljudskim odnosima u prometu.

2.1.1. Osobne značajke vozača

Osobne značajke vozača mogu se okarakterizirati sljedećim psihičkim osobinama:

- **Sposobnost** - skup prirodnih ili stečenih uvjeta koji omogućuju obavljanje neke aktivnosti. Vozač bi trebao imati razvijene sposobnosti brzog zapažanja i reagiranja na sve potencijalne opasnosti u prometu te sposobnost njihova uspješnog otklanjanja.
- **Stajališta** - karakterizira ih vrlo teško mijenjanje, a rezultat su odgoja u obitelji i školi, utjecaja društva i učenja. Bitni su sljedeći ispravni stavovi u prometu: apstinencija od alkohola i cigareta, kritičnost u procjeni vlastitih mogućnosti, poštivanje prometnih propisa, dok na primjer nekritičko stajalište prema vožnji, odnosno samouvjerenost i nepoštivanje prometnih znakova često dovode do prometnih nesreća.

- **Temperament** – definira se kao urođena osobina koja se očituje u načinu mobiliziranja psihičke energije kojom određena osoba raspolaže. Vidljiv je u jačini emocionalnog doživljavanja, brzini izmjenjivanja emocionalnih stanja, načinu kako se emocije izražavaju te općem tonu raspoloženja koji prevladava kod čovjeka. Prema temperamentu ljudi se dijele na kolerike, sangvinike, melankolike i flegmatike. Za vozača nisu pogodni kolerici i flegmatici.
- **Osobne crte** -svaki pojedinac ima niz osobnih crta koje su različito razvijene. Definiraju se kao specifične strukture pojedinca zbog kojih on u različitim situacijama reagira na isti način. Od važnijih crta mogu se izdvojiti: odnos pojedinca prema sebi, prema drugima i prema radu.
- **Karakter (značaj)** – definira se kao skup čovjekovih psihičkih osobina koje predstavljaju moralnu stranu njegove osobnosti. Izražava se u čovjekovu odnosu prema drugima i radu. Svaki pojedinac ima određene karakterne osobine koje mogu biti pozitivne (poštenje, marljivost, hrabrost, skromnost, društvenost) i negativne (sebičnost, lažljivost, plašljivost, hvalisavost, neodgovornost). Osobe s negativnim karakternim osobinama potencijalno su veća opasnost po sigurnost prometa od osoba s razvijenim pozitivnim karakternim osobinama.

2.1.2. Psihičke osobine čovjeka

Psihičke osobine čovjeka znatno utječu na sigurnost prometa. Kod upravljanja vozilom vrlo su važne sljedeće psihofizičke sposobnosti:

- funkcije organa osjeta;
- psihomotoričke sposobnosti i
- mentalne sposobnosti.

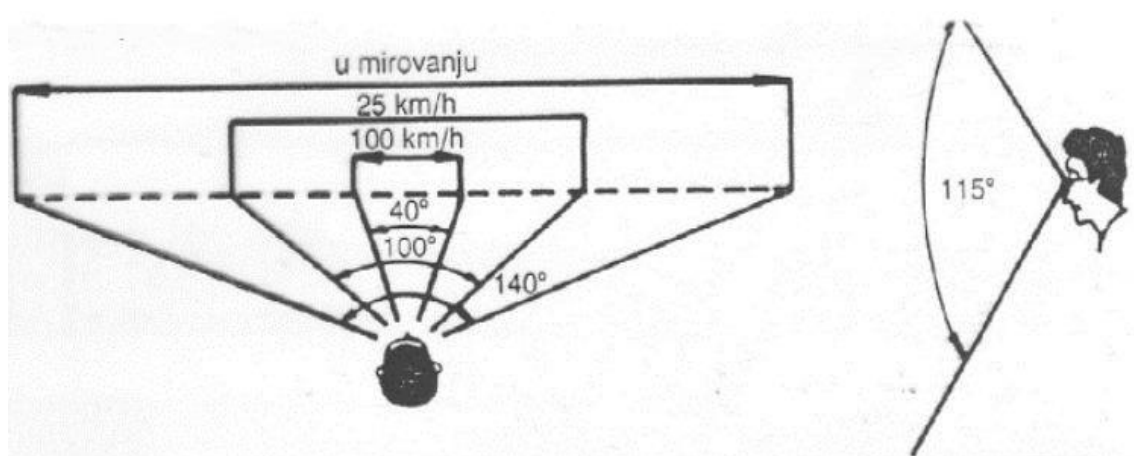
Funkcije organa osjeta su vrlo bitne kod upravljanja vozilom, jer pomoću vida koji spada u ovu skupinu vozač prikuplja najveći broj informacija. Za upravljanje vozilom važni su sljedeći osjeti:

- vid;
- sluh;
- ravnoteža;
- mišićni i

- mirisni.

a) **Osjet vida** -vid je, kao što je već navedeno, vrlo važna sposobnost, jer pomoću njega vozač donosi više od 95% odluka vezanih uz vožnju. Kod vida, vrlo su važne sljedeće karakteristike:

- prilagođavanje oka na svijetlo i tamu – to je sposobnost brzog zamjećivanja nakon promjene intenziteta svijetla te je vrlo važna karakteristika za vozače kod prolaska kroz tunel ili kod zaslepljivanja vozača svjetlima vozila koje dolaze iz suprotnog smjera.
- vidno polje – prostor u kojem čovjek uočava predmete, a da pritom ne pokreće glavu i oči. Dijeli se na vertikalno i horizontalno. Širina horizontalnog vidnog polja je od 40° do 140° , dok je širina vertikalnog oko 115° . Vidno polje dijeli se na: oštro, jasno, dovoljno jasno i periferno polje. Na slici 5 prikazana je širina vidnog polja ovisno o brzini.



Slika 5: Vidno polje vozača, [5]

- razlikovanje boja – ova sposobnost vrlo je bitna za opažanje prometnih znakova. Vrlo je važna pri vožnji noću ili po magli.
 - oštrina vida – definira se kao sposobnost uočavanja sitnih detalja, a ovisi o skupljanju i širenju zjenica, o akomodaciji leća oka i fotokemijskim procesima mrežnice oka. Smanjena oštrina vida može se ublažiti naočalama.
 - Sposobnost stereoskopskog zamjećivanja – određivanje odnosa predmeta po dubini. Vrlo je važna pri pretjecanju vozila.
- b) **Osjet sluha** – služi za kontrolu rada motora, za procjenu udaljenosti vozila i sl. Pomoću ovog osjeta prenosi se buka, koja izaziva umor i smanjuje vozačevu sposobnost za vožnju.

- c) **Osjet ravnoteže** – osobito je važan kod vozača motora, a pomoću njega osjeća se nagib ceste, usporavanje ili ubrzanje vozila, bočni pritisak u zavoju i sl.
- d) **Mišićni osjet** – daje vozaču obavijest o djelovanju vanjskih sila zbog promjene brzine i o silama koje nastaju pritiskom na kočnicu, spojku i sl.
- e) **Osjet mirisa** – nema velik utjecaj na sigurnost prometa osim u slučajevima duljeg kočenja, kad pregore instalacije na vozilu i sl.

Psihomotoričke sposobnosti definiramo kao sposobnosti koje omogućuju uspješno izvođenje pokreta koji zahtijevaju brzinu, preciznost i usklađen rad raznih mišića. Psihomotoričke sposobnosti koje su važne pri upravljanju vozilom su:

- brzina reagiranja;
- brzina izvođenja pokreta rukom i
- sklad pokreta i opažanja.

Vrijeme koje prođe od uočavanja neke zapreke ili iznenadne pojave do trenutka reagiranja nekom komandom vozila (najčešće kočnicom) naziva se **vrijeme reagiranja**. Vrijeme reagiranja ima vrlo važnu ulogu u duljini zaustavnog puta, što je detaljnije objašnjeno u trećem poglavlju.

Mentalne sposobnosti su mišljenje, pamćenje, inteligencija, učenje i sl. Jedna od najvažnijih mentalnih sposobnosti za vozače je inteligencija. Inteligencija je snalaženje u novonastalim situacijama. Inteligentniji vozači brže će uočiti neke neočekivane događaje u prometu i lakše će donijeti pravilne odluke.

2.1.3. Obrazovanje i kultura

Vrlo važna osobina vozača je da se ne nameće drugim sudionicima u prometu, nego da nastoji pomoći ostalim sudionicima u prometu kako bi se izbjegla prometna nesreća. Da bi ova osobina došla do izražaja, vozač mora dobro poznavati:

- zakone i propise o reguliranju prometa;
- kretanje vozila (dinamiku) i
- vlastite sposobnosti.

2.2. Vozilo kao čimbenik sigurnosti prometa

Elemente sigurnosti vozila koji utječu na sigurnost prometa možemo podijeliti na **aktivne** i **pasivne**. Smanjiti mogućnosti nastanka prometne nesreće zadatak je aktivnih elemenata, dok je zadatak pasivnih da u slučaju nastanka prometne nesreće ublaže njezine posljedice.

2.2.3. Aktivni elementi sigurnosti vozila

U aktivne elemente ubrajamo:

- kočnice;
- upravljački mehanizam;
- gume;
- svjetlosne i signalne uređaje;
- uređaje koji povećavaju vidno polje vozača;
- konstrukciju sjedala;
- usmjerivače zraka;
- uređaje za grijanje, hlađenje i provjetravanje unutrašnjosti vozila;
- vibracije vozila i
- buku.

Kočnice i gume kao aktivni elementi sigurnosti prometa koji izravno utječu na duljinu zaustavnog puta motornog vozila detaljnije su objašnjeni u trećem poglavlju.

2.2.4. Pasivni elementi sigurnosti prometa

Pasivni elementi sigurnosti prometa su:

- školjka (karoserija);
- vrata;
- sigurnosni pojasevi;
- nasloni za glavu;
- vjetrobranska stakla i zrcala;
- položaj motora, spremnika, rezervnog kotača i akumulatora;
- odbojnik i
- sigurnosni zračni jastuk.

2.3. Cesta kao čimbenik sigurnosti prometa

Prometne nesreće mogu nastati i zbog tehničkih nedostataka ceste. Cestu kao čimbenika sigurnosti prometa obilježuju:

- trasa ceste koja se sastoji od pravaca, zavoja i prijelaznih krivulja, a ti elementi trebaju biti izabrani tako da omogućuju sigurno kretanje vozila pri određenoj računskoj brzini. Trasom ceste određuju se smjer i visinski položaj ceste.
- tehnički elementi ceste – podrazumijevaju broj prometnih traka, širinu prometnih traka, širinu biciklističkih ili pješačkih staza/traka, širinu bankine, širinu rubnih trakova i sl.
- stanje kolnika, koje također može loše utjecati na sigurnost prometa. Pojava udarnih rupa, oštećenje gornje površine kolnika te smanjeni koeficijenti trenja često mogu biti uzrok prometne nesreće.
- oprema ceste koju čine prometni znakovi, kolobrani, ograde, živice, smjerokazi, mačje oči, kilometarske oznake, snjegobrani i vjetrobani.
- rasvjeta ceste – koja je nužan preduvjet za siguran promet, jer se velik dio prometa odvija noću.
- križanja – koja su vrlo važan element sigurnosti prometa, jer se na nepravilno konstruiranom križanju događa relativno velik postotak prometnih nesreća. Glavni kriteriji kod konstruiranja su: sigurnost vožnje, propusna moć, ekonomičnost i estetski izgled.
- utjecaj bočne zapreke –bočne zaprekemogu biti ograde,drveće,telefonski stupovi i reklamne ploče, a nepovoljno utječu na sigurnost prometa.
- održavanje ceste –tu ubrajamo popravke kolničkog zastora, zemljanog trupa ceste, potpornih i obložnih zidova, mostova i propusta te čišćenje kolnika. Vrlo je bitno da se obavljaju redovito i brzo tijekom cijele godine.

3. ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA ZAUSTAVNI PUT VOZILA

Najvažniji čimbenik duljine zaustavnog puta motornog vozila je brzina [17], koju definiramo kao put prijeđen u jedinici vremena. Obično se izražava u m/s, no u prometu je izražavamo u km/h. Za određivanje zaustavnog puta uzimamo onu brzinu kojom se vozilo kretalo u trenutku vozačevapritiska nogom na papučicu kočnice.

Ipak, brzina nije jedini čimbenik koji utječe na zaustavni put vozila. Iako ima najveći utjecaj na duljinu zaustavnog puta, prikazat će se i ostali čimbenici. Podijelit ćemo ih u tri skupine:

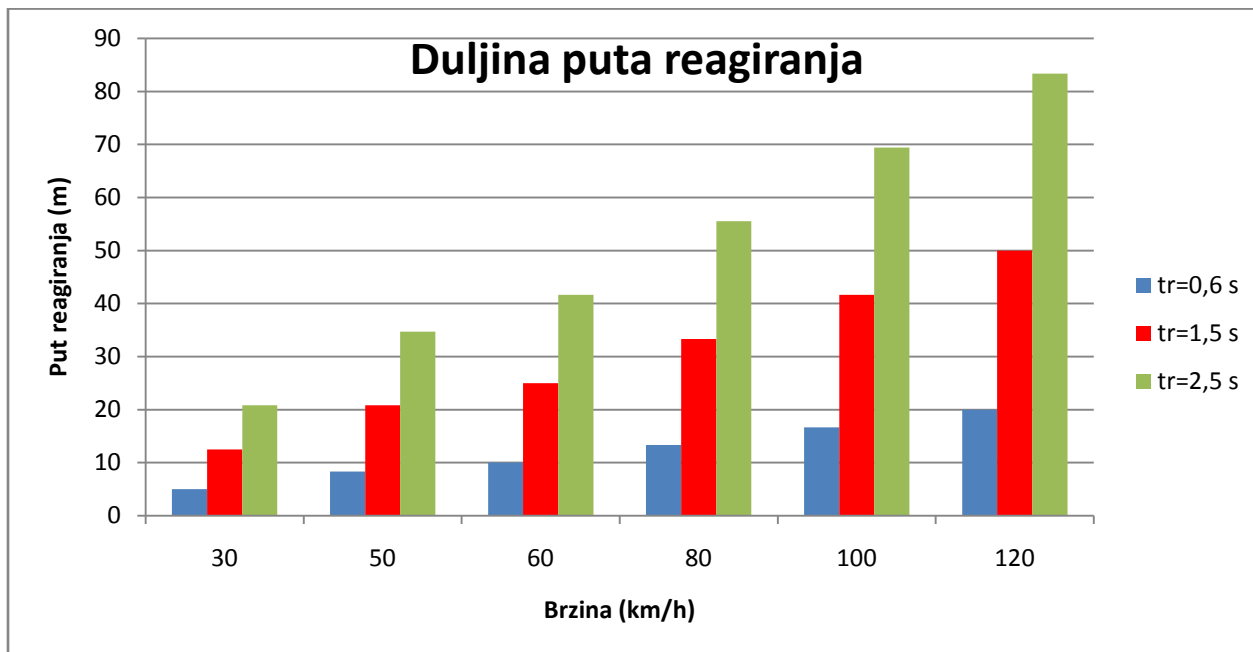
- vozač – pažnja, brzina reakcije, spretnost izvođenja pokreta, umor, utjecaj alkohola, droge i lijekova;
- vozilo – kočnice, gume, tehnika kočenja, trenutno stanje vozila, ukupna masa vozila i
- cesta – stanje kolnika, klimatski čimbenici.

3.1. Vozač

Trenutne sposobnosti vozača imaju velik utjecaj na duljinu zaustavnog puta motornog vozila.

Na grafikonu 1 prikazan je put koji vozilo prijeđe ovisno o trenutnom stanju vozača. Pod trenutnim stanjem vozača podrazumijeva se je li vozač umoran, pod utjecajem alkohola, lijekova, droga i slično. Plavom bojom označen je put reagiranja kod vozača koji je odmoran i koncentriran na vožnju ($t_r=0,6$ s), crvenom put reagiranja kod vozača koji nije koncentriran na vožnju (razgovara, koristi mobitel i sl. – $t_r=1,6$ s), dok je zelenom bojom označen put reagiranja vozača koji je pod utjecajem alkohola ($t_r=2,5$ s).³

³Cerovac V. Tehnika i sigurnost prometa. Zagreb:Fakultet prometnih znanosti; 2001., str.38



Grafikon 1: Duljina puta reagiranja u ovisnosti o trenutnom stanju vozača

Iz grafikona je vidljivo kako je pri brzini od 30 km/h kod koncentriranog vozača duljina puta reagiranja 5 m, a kod vozača u alkoholiziranom stanju 26 m, što je razlika od čak 21 m. Pri brzini od 120 km/h ta razlika je vrlo velika i iznosi čak 63 m.

a) Pažnja

Pažnja⁴ je usmjerenost psihičke i psihomotorne aktivnosti na određene sadržaje. U prometu se to odnosi na usmjeravanje percepcije na prometnu situaciju u kojoj se vozač nalazi što uključuje prometne znakove, druga vozila, uvjete na cesti, ostale sudionike u prometu i sl. Svojstva pažnje su: opseg pažnje, intenzitet pažnje ili koncentracija i pokretljivost. Najvažnije svojstvo za vozača je koncentracija, odnosno stupanj usmjerenosti aktivnosti na određeni sadržaj. Opseg pažnje i koncentracije usko su povezani. Ukoliko je opseg pažnje veći, koncentracija će biti manja. Jedno od negativnih svojstava je fluktuacija pažnje ili „bježanje“ pažnje mimo naše volje s jednog sadržaja na drugi, odnosno nemogućnost koncentracije. Vozači koji su koncentrirani na vožnju prate prometnu situaciju i pravovremeno poduzimaju određenu akciju, što rezultira smanjenjem zaustavnog puta vozila i izbjegavanjem neželjenog događaja na cesti.[5]

⁴Zagorac J., Perotić, V.: Prometna psihologija i kultura, 2007, str. 51

b) Brzina reakcije

Vrijeme reakcije usko je povezano sa brzinom reakcije, a označava vrijeme koje prođe od trenutka pojave nekog signala ili određene situacije do trenutka reagiranja nekom komandom vozila. Dijeli se na vrijeme zamjećivanja, vrijeme prepoznavanja, vrijeme procjene i vrijeme akcije. Vrijeme reagiranja ovisi o mnogo čimbenika: godinama starosti, jačini podražaja, složenosti prometne situacije, reagira li ruka ili noga, radi li se o desnoj ili lijevoj ruci ili nozi, brzini vožnje, umoru, konzumiranju alkohola, korištenju lijekova ili droga i slično. [10]

c) Spretnost izvođenja pokreta

Spretnost izvođenja pokreta važna je za sigurnost prometa. Vrlo su važni pokreti ruku i nogu, ali i njihova usklađenost.

d) Umor

Tijekom duge i naporene vožnje ili vožnje na povratku kući nakon napornog dana provedenog na poslu, dolazi do promjene u vozačevim sposobnostima. Nakon duže vožnje bez prekida i stanke pojavljuje se umor. Umor može biti mentalni ili tjelesni. Najdjelotvorniji način za suzbijanje umora je odmaranje. Udisanje čistog zraka također može pomoći u suzbijanju umora. [10]

e) Utjecaj alkohola

Alkoholno piće djeluje nepovoljno na vozače i izaziva:

- negativno djelovanje na osjetne organe (vid, sluh);
- pogrešnu reakciju i produljenje vremena reakcije vozača i
- izrazite promjene ličnosti.

Prema grafikonu 1, moguće je uočiti koliko je dulji put reagiranja vozača koji je u alkoholiziranom stanju u odnosu prema vozaču koji nije pod utjecajem alkohola. Iz prikaza je moguće zaključiti da se s konzumiranjem alkohola znatno se povećava put reagiranja, što u velikom postotku dovodi i do prometne nesreće.

f) Utjecaj droge i lijekova

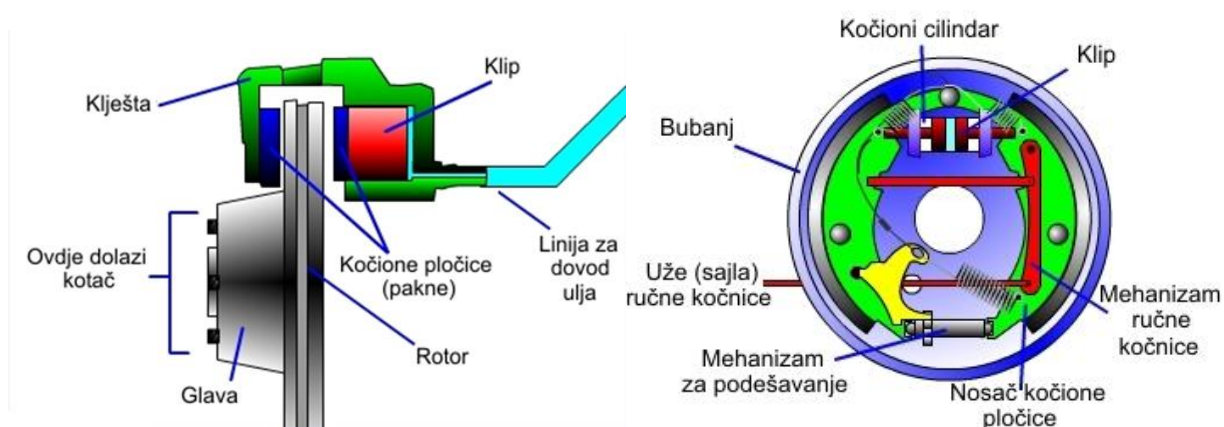
Droga i pojedini lijekovi mogu imati negativan utjecaj na čovjeka. Taj utjecaj manifestira se na način da se kroz centralni i autonomni živčani sustav umanjuju psihofizičke sposobnosti vozača a s time i na njegovo ponašanje.⁵

3.2. Vozilo

Promatrajući samo vozilo, na duljinu zaustavnog puta motornog vozila utječu sljedeći čimbenici: kočnice, gume, tehnika kočenja, tehnička ispravnost vozila, ukupna masa vozila.

a) Kočnice

Kočnice spadaju u aktivne čimbenike sigurnosti vozila i služe za usporavanje kretanja vozila ili potpuno zaustavljanje. Jedan su od najvažnijih sustava u vozilu te je njihova tehnička ispravnost vrlo važna. Najveća opasnost kod naglog kočenja je blokiranje kotača. Blokiranjem kotača može se izgubiti i do 60% kočione sile. Ako blokiraju prednji kotači vozilom se ne može upravljati, dok se kod blokiranja stražnjih kotača vozilo zanosi. Kako ne bi došlo do blokiranja kotača, mora se osigurati da sila kočenja bude manja ili jednaka sili trenja. To se može postići uređajem za ograničenje sile kočenja, odnosno ABS sustavom (anti-blokirajući sustav). Postoji više sustava za kočenje: disk kočnice (slika 6), bubanj

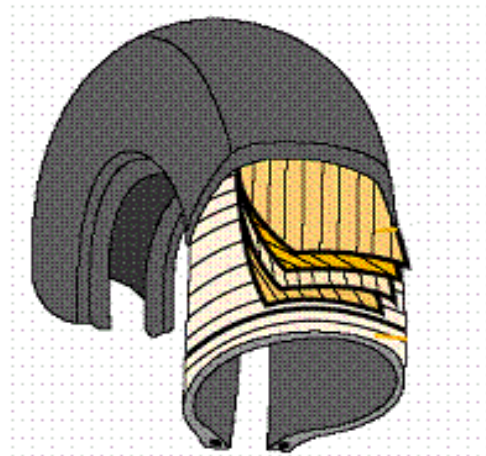
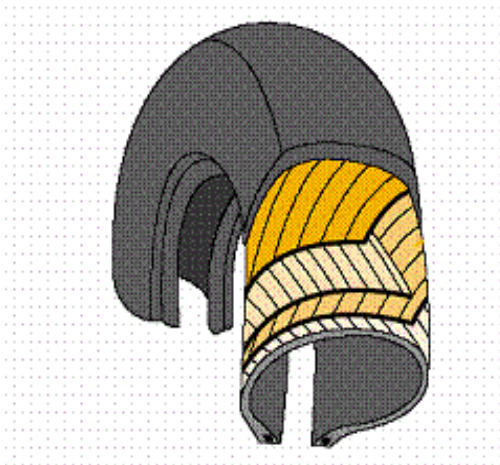


kočnice (slika 7) i mješoviti sustav. [2]

⁵Zagorac J., Perotić, V.:Prometna psihologija i kultura, 2007, str. 99

b) Gume

Gume imaju vrlo važno značenje za sigurnu vožnju, posebice kada pada kiša, snijeg ili prevladavaju drugi nepovoljni uvjeti na cesti. Dijelesu se na dijagonalne (slika 8) i radijalne (slika 9). Prednosti radijalnih guma u odnosu na dijagonalne su: manje zagrijavanje što im produžava vijek trajanja dulji, bolje iskorištenje snage motora pri većim ubrzanjima, bolja stabilnost vozila, kraći put kočenja.



D
a bi
se
zau

stavni put motornog vozila smanjio, potrebno je ostvariti što bolje prianjanje između pneumatika i podloge [16]. Na koeficijent trenja utječe vrsta kolnika, hrapavost površine kolnika i stanje kolnika s obzirom na vremenske uvjete (vlaga, voda, aquaplaning, snijeg, led i značajke guma (tlak, ljetni/zimski pneumatici). Slabljenje adhezijskih veza naročito se zapaža onda kada se pojavljuje rastezljivi i viskozni film koji se oblikuje od nečistoća što se nalaze na kolniku. Aquaplaning je opasna pojava vodenog sloja ispod gazne površine gume, kad kotač gubi izravan kontakt s asfaltnom podlogom te vozilo počinje nekontrolirano klizati, a vozač potpuno gubi kontrolu nad automobilom [17]. Koeficijent trenja uvelike se smanjuje u zimskim uvjetima, kada je kolnik pokriven snijegom i ledom. Sve to nepovoljno djeluje na sigurnost vožnje i produžuje zaustavni put motornog vozila.

Slika 8:
[https://www.tut
_car_component

Ljetni pneumatici imaju veću dodirnu površinu s cestom pa mogu prenijeti veće vučne ili kočne sile. Međutim, nedostatak ljetnim pneumatika je ta što im se smanjuje elastičnosti kod temperatura nižih od $+7^{\circ}\text{C}$, kao i svojstva prianjanja za podlogu, što utječe na vučne ili

kočne karakteristike vozila. U zimskim uvjetima gazeća površina postaje kruta te je zbog širine kanala prljanjanje na cesti lošije, a put kočenja je duži.[4]

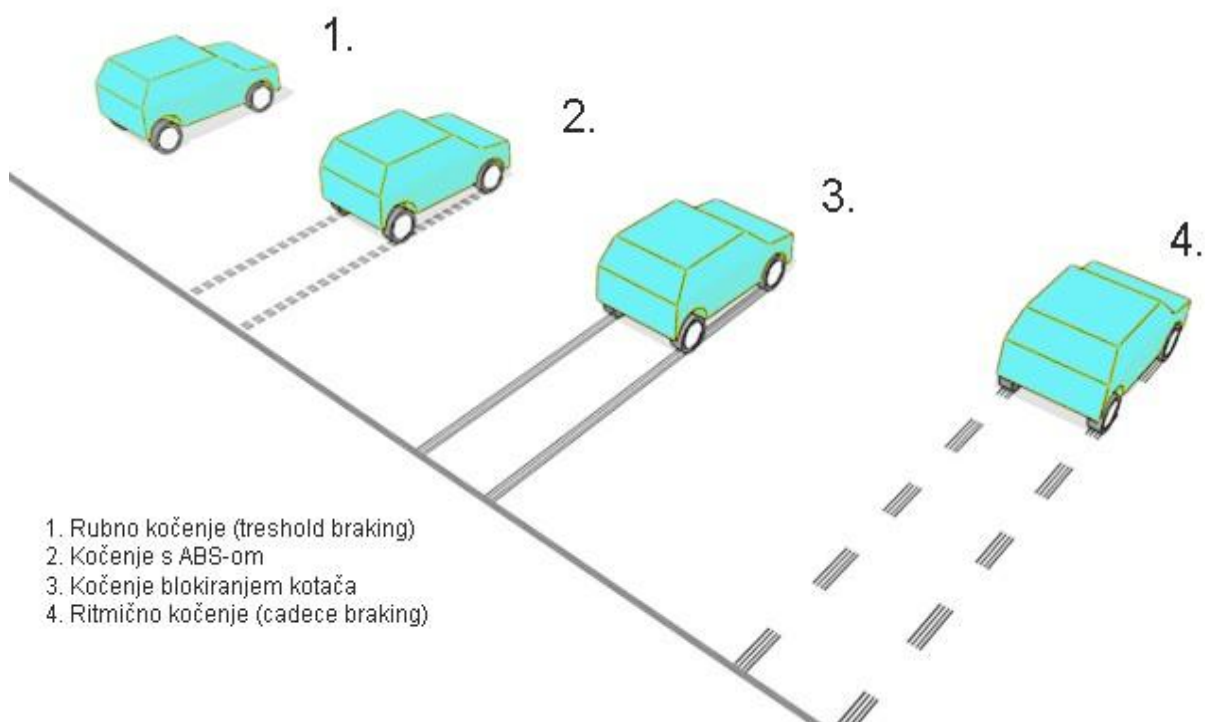
Zimski pneumatici elastični su i pri niskim temperaturama (do -30°C). Zimski pneumatici ne razlikuju se od ljetnih samo po dizajnu gazećeg sloja, već i po smjesi od koje je proizveden gazeći sloj, što omogućuje bolje prljanjanje u hladnim, vlažnim i snježnim uvjetima. Gazeća površina kod zimskih guma je mekša, što osigurava bolje prljanjanje na cesti kod niskih temperatura, ali se na suhoj cesti brže troši. Zahvaljujući dubljim i širim kanalima te posebnoj smjesi gazećeg sloja one imaju bolje prljanjanje i kraći put kočenja.[4]

c) Tehnika kočenja

Postoji više vrsta kočenja:

1. rubno kočenje;
2. kočenje s ABS-om;
3. kočenje blokiranjem kotača i
4. ritmično kočenje [16].

Slika 10: Tehnike kočenja, [11]



1. Rubno kočenje

Tehnika se temelji na takvom kočenju koje je na samoj granici blokiranja kotača. U praksi je jako teško odrediti tu granicu zbog raznih čimbenika koji utječu, kao npr. vrsta i stanje kolnika, vrsta i stanje pneumatika, temperatura kočnica i slično.

2. Kočenje s ABS-om

ABS (Anti-lockbraking system) najvažniji je elektronički sustav u modernim vozilima. ABS sustav sprječava blokiranje kotača, povećavajući time stabilnost i kontrolu nad vozilom. Ovaj sustav aktivira se samo kada dođe do blokiranja kotača.

3. Kočenje blokiranjem kotača

Ovom tehnikom najbrže ćemo se zaustaviti na mekim ili čak skliskim površinama kao što su snijeg i šljunak. Blokiranjem kotača na snijegu, ispred pneumatika se gomila sloj snijega koji pomaže pri kočenju. Međutim, ovom tehnikom gubi se mogućnost upravljanja vozilom. Blokirani kotači ostavljaju trag kočenja, što može pomoći u određivanju brzine kretanja vozila pri nastanku prometne nesreće.

4. Ritmično kočenje

Primjenom ove tehnike balansira se između kočenja i upravljanja vozilom. Prilikom kočenja blokiranjem kotača, oni će se vrlo brzo blokirati usporavajući vozilo, ali se gubi mogućnost upravljanja vozilom. Popuštanjem kočnice kotači se odblokiraju te se ponovno dobiva mogućnost upravljanja vozilom.

3.3. Cesta

Da bi vozilo pri kočenju ostvarilo što manji zaustavni put, potrebno je ostvariti dobar koeficijent trenja koji puno ovisi o stanju kolnika i o klimatskim čimbenicima.

a) Stanje kolnika

Loše stanje kolnika znatno utječe na sigurnost prometa. Pojavom udarnih rupa smanjuje se koeficijent trenja između kotača i podloge. Udarne rupe nastaju zbog dotrajalog zastora, njegove slabe kvalitete, lošeg održavanja i kaoposljedica smrzavanja [15].

Za sigurnu vožnju nužno je dobro prijanjanje između kotača i zastora. Na smanjenje prijanjanja znatno utječu lišće na cesti, pijesak, kamenje, onečišćen i blatnjav kolnik, neravnine na zastoru i slično.

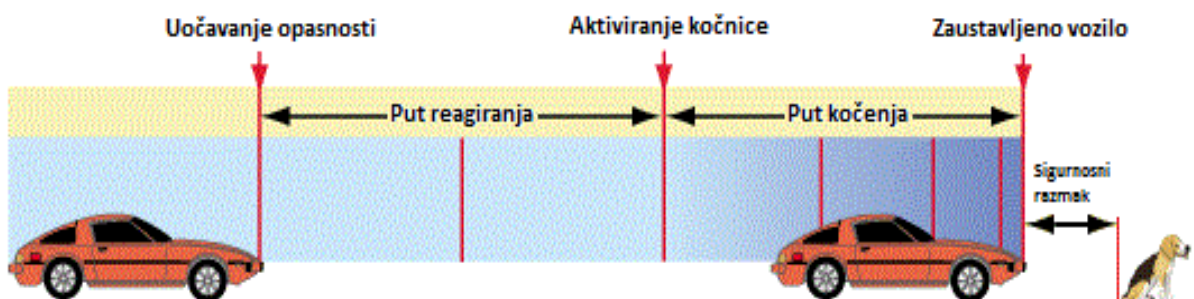
b) Klimatski čimbenici

Klimatski čimbenici su: prvakiša, kiša, poledica, snijeg i magla. Zajedničko obilježje svih nabrojanih uvjeta je da oni smanjuju koeficijent trenja, posebice prva kiša i poledica, čime nerijetko dolazi do prometne nesreće zbog produljenja zaustavnog puta motornog vozila.

4. OSNOVNI ELEMENTI ZAUSTAVNOG PUTA VOZILA

Zaustavni put vozila je put koji vozilo prijeđe od momenta uočavanja opasnosti, prepreke ili potrebe za zaustavljanjem, pa do konačnog zaustavljanja.

Osnovni elementi zaustavnog puta vozila su: **put reagiranja**, **put kočenja** i **sigurnosni razmak**. Put reagiranja je put koji vozilo prijeđe od trenutka uočavanja opasnosti do aktiviranja kočnice. Put kočenja je put koji vozilo prijeđe od trenutka aktiviranja kočnice do potpunog zaustavljanja vozila, a zavisi o brzini kojom se vozilo kretalo u momentu kad je počelo kočiti, o kvaliteti ceste, ispravnosti kočionog sustava, potrošenosti guma, opterećenosti vozila i slično [18]. U trećem poglavlju pobliže je objašnjeno o čemu ovisi vrijeme reagiranja, dok su postupci po kojima se izračunavaju put reagiranja i put kočenja prikazani u petom poglavlju. Sigurnosni razmak ovisi o tome je li vozilo kočilo slobodno ili intenzivno (forsirano). Za slobodno kočenje sigurnosni razmak uzima se 10 m, dok je kod intenzivnog kočenja 5 m.



Slika 11: Grafički prikaz zaustavnog puta

Iz svega navedenog zaključak je da brzina ima najveći utjecaj na duljinu zaustavnog puta motornog vozila (isto tako i na duljinu pojedinih elemenata zaustavnog puta – puta reagiranja i puta kočenja). Zbog toga je vrlo važno biti svjestan svojih sposobnosti, sposobnosti vozila, vremenskih prilika na cesti i utjecaja okoline, kako bi u slučaju nastanka opasnosti mogli pravodobno reagirati i spriječiti nastanak prometne nesreće.

5. ODREĐIVANJE ZAUSTAVNOG PUTA VOZILA

Da bi se vozilo zaustavilo, potrebno je ostvariti silu kočenja koja je jednaka kinetičkoj energiji vozila. Osnovna razlika između intenzivnog i slobodnog kočenja je da se kod intenzivnog kočenja usporenje odmah postiže u punoj vrijednosti, dok se kod slobodnog kočenja ono odvija u tri faze.

Kako se put reagiranja određuje kod intenzivnog i slobodnog kočenja na isti način, najprije je prikazano određivanje puta reagiranja, zatim put kočenja za slobodno i intenzivno i na kraju petog poglavlja zaustavni put za svako kočenje posebno.

5.1. Put reagiranja

Put reagiranja je put što ga vozilo prijeđe od trenutka kada je prepreka postala vidljiva vozaču do trenutka kada nasloni nogu na papučicu kočnice. Dužina puta reagiranja ovisi o vremenu reagiranja vozača i brzini gibanja vozila.

Vrijeme reagiranja vozača uključuje:

- vrijeme psihičke reakcije vozača – vrijeme od trenutka kada vozač uoči opasnost i donese odluku da je potrebno zaustaviti vozilo;
- vrijeme fizičke reakcije vozača – vrijeme koje je potrebno za premještanje noge s papučice gasa na papučicu kočnice i
- vrijeme reakcije mehanizma za kočenje – vrijeme koje je potrebno da se papučica kočnice pritisne do kraja kako bi se aktivirao uređaj za kočenje.

Za vrijeme fizičke reakcije i reakcije mehanizma za kočenje dolazi do pada brzine. To je zanemarivo mala veličina pa stoga možemo uzeti da je put reagiranja rezultat približno jednolikog gibanja vozila pa ga računamo po formuli:

$$l_r = v \cdot t_r = \frac{V}{3,6} \cdot t_r [m]$$

l_r = put kočenja [m]

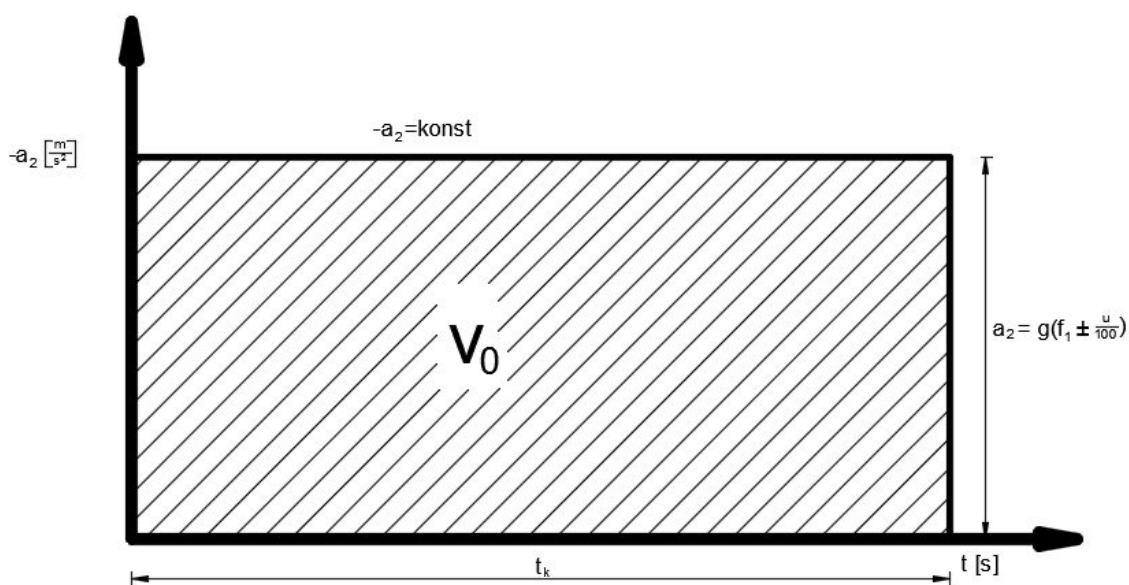
v = brzina vozila [m/s]

V = brzina vozila [km/h]

t_r = vrijeme reagiranja [s] .

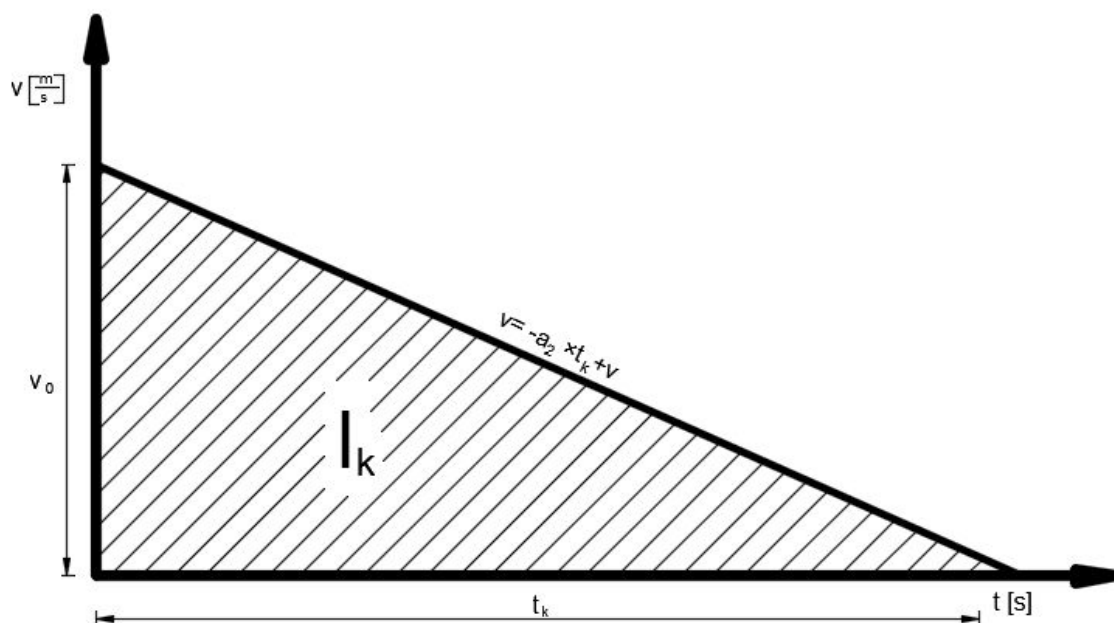
5.2. Put intenzivnog (forsiranog) kočenja

Kod intenzivnog kočenja dolazi do trenutalnog prirasta sile kočenja u punoj veličini od početka do kraja kočenja. Na slici 12 prikazan je dijagram usporenja u ovisnosti o vremenu, a na slici 13 dijagram brzine u ovisnosti o vremenu pri intenzivnom kočenju.



Slika 12: Ovisnost usporenja o vremenu pri intenzivnom kočenju

Usporenje je konstantno kroz cijeli proces kočenja. Brzina se iz dijagrama računa određivanjem površine pravokutnika čije su stranice određene vrijednostima usporenja i vremena kočenja.



Slika 13: Ovisnost brzine o vremenu pri intenzivnom kočenju

Sa slike 13 vidljivo je da brzina jednoliko opada od početka do kraja usporavanja. Put kočenja određuje se izračunavanjem površine pravokutnog trokuta čije stranice čine početna brzina i vrijeme kočenja.

Put kočenja može se odrediti i ako se kinetička energija (E_k) koju vozilo ima pri određenoj brzini izjednači s radom sile kočenja (P_k).

$$E_k = P_k$$

$$\frac{m \cdot v^2}{2} = G \cdot f_1 \cdot l_k \quad \longrightarrow \quad \frac{G \cdot v^2}{2 \cdot g} = G \cdot f_1 \cdot l_k$$

G = ukupna težina vozila (u slučaju da se koči na sva četiri kotača) [N]

g = ubrzanje sile teže [9,81 m/s²]

f_1 = koeficijent tangencijalnog prrianjanja

l_k = put kočenja [m]

Iz prethodne jednadžbe dobivamo:

$$l_k = \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot f_1} = \frac{V^2}{2 \cdot 3,6^2 \cdot 9,81 \cdot f_1} = \frac{V^2}{254 \cdot f_1} [m]$$

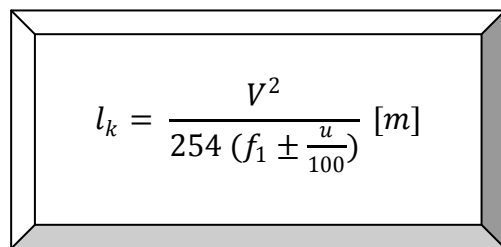
U slučaju da je cesta u nagibu, put intenzivnog kočenja može se izraziti:

$$\frac{G \cdot v^2}{2 \cdot g} = G \cdot f_1 \cdot l_k \pm G \cdot \frac{u}{100} \cdot l_k ,$$

gdje je „u“ uzdužni nagib (u postotku), a predznak je određen time kreće li se vozilo u usponu (+) ili u padu (-). Daljnjim uređivanjem prethodne jednadžbe dobiva se:

$$l_k = \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot (f_1 \pm \frac{u}{100})} = \frac{V^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 3,6^2 \cdot (f_1 \pm \frac{u}{100})} [m],$$

dok jednadžba u konačnici izgleda ovako:

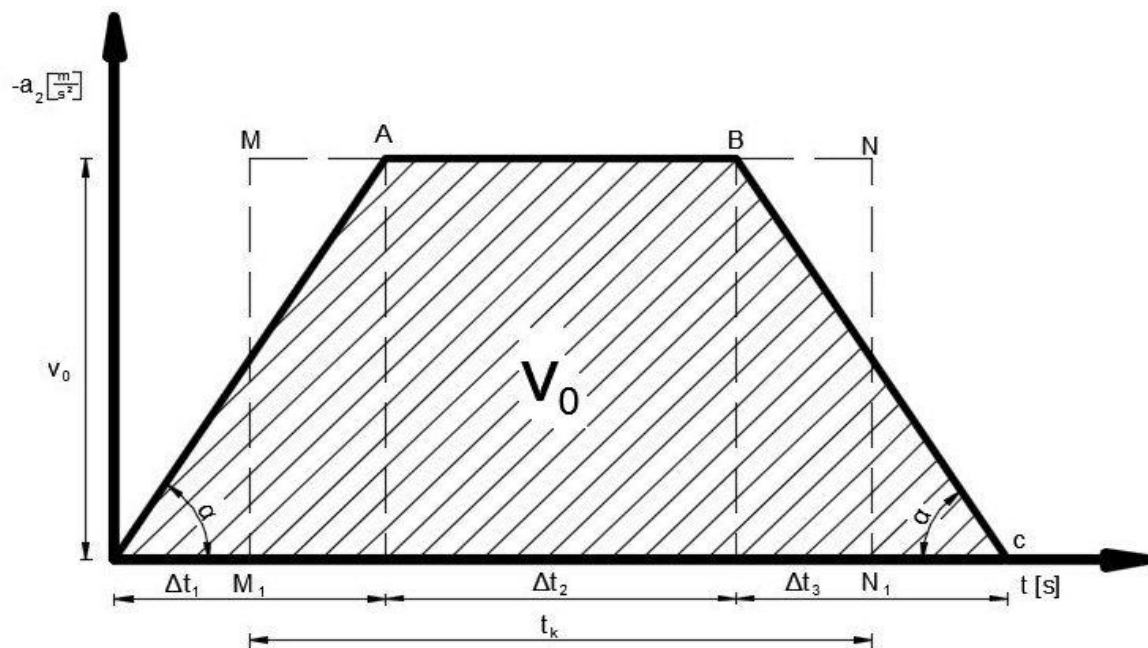


$$l_k = \frac{V^2}{254 (f_1 \pm \frac{u}{100})} [m]$$

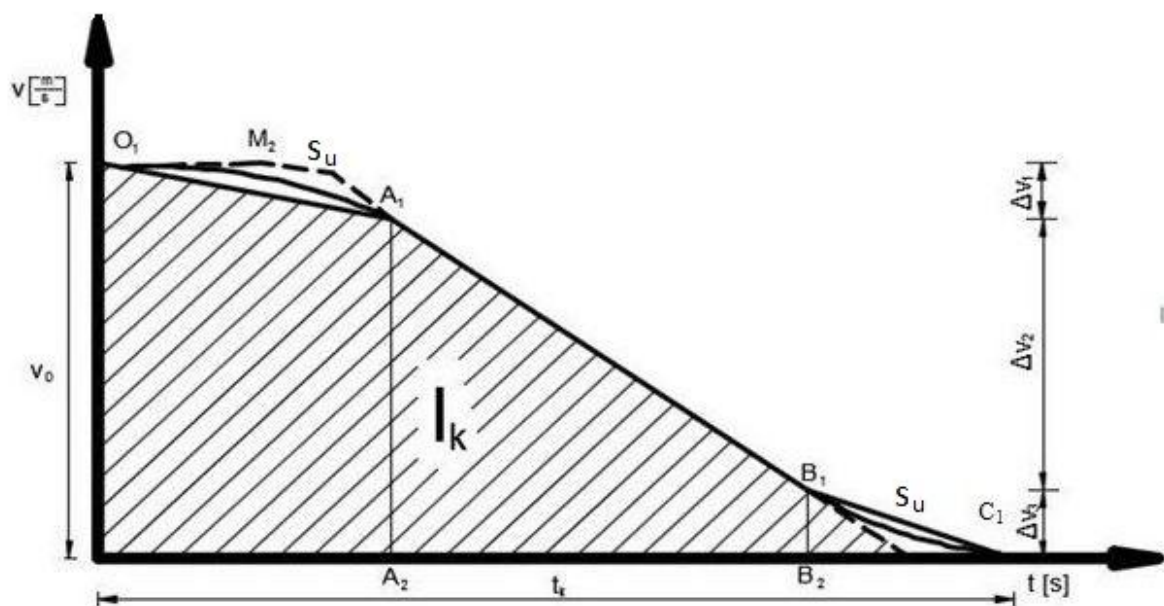
Potrebno je napomenuti da se intenzivno kočenje ne može prihvatiti kao kočenje vozača u normalnim uvjetima. Takvo kočenje primjenjuje se samo onda kad se na cesti pojavi iznenadna smetnja.

5.3. Put slobodnog kočenja

Kod slobodnog kočenja usporenje se ne postiže odmah u najvećoj vrijednosti, nego u tri faze. U prvoj fazi usporenje raste od nule do pune vrijednosti a_2 , u drugoj fazi usporenje je konstantno, dok u trećoj fazi opada od a_2 do nule. To se najbolje može vidjeti na dijagramu prikazanom na slici 14.



Zbog nekonstantnog usporavanja dolazi do bočnog udara ili trzaja. Bočni udar (s_u) može iznositi najviše $1,5 \text{ m/s}^3$. Izračunava se prema sljedećoj formuli:



Put slobodnog kočenja prikazuje se kao površina dijagrama $v=f(t)$. Iz dijagrama na slici 16 zaključuje se da se ukupna površina neće promijeniti ako se u prvom dijelu oduzme, a na zadnjem dijelu doda crtkana površina. Ukupna površina dobiva se zbrajanjem dvaju trapeza $00_1A_1A_2$ i $A_1A_2B_1B_2$ i trokuta $B_1B_2C_1$:

$$l_{s_k} = \frac{v_0 + (v_0 - \Delta v_1)}{2} \cdot \Delta t_1 + \frac{(v_0 - \Delta v_1) + \Delta v_3}{2} \cdot \Delta t_2 + \frac{\Delta v_3 \times \Delta t_3}{2}.$$

Kako je $\Delta t_1 = \Delta t_3 = \Delta t$ i $\Delta v_1 = \Delta v_3 = \Delta v$, nakon sređivanja jednadžbe dobiva se:

$$l_{s_k} = \frac{v_0}{2} (2 \cdot \Delta t + \Delta t_2).$$

Uspoređujući dijagrame usporenja i brzine intenzivnog kočenja i dijagrame usporenja i brzine slobodnog kočenja, zaključuje se da je put slobodnog kočenja:

$$l_{s_k} = l_k + \frac{v_0 \cdot \Delta t}{2}.$$

Ako je poznato da je $s_u = \frac{a_2}{s_u}$, dobiva se $\Delta t = \frac{g \cdot (f_1 \pm \frac{u}{100})}{s_u}$. Iz toga proizlazi konačna formula slobodnog kočenja:

$$l_{s_k} = \frac{V^2}{254 (f_1 \pm \frac{u}{100})} + \frac{1,36 \cdot V \cdot (f_1 \pm \frac{u}{100})}{s_u} [m]$$

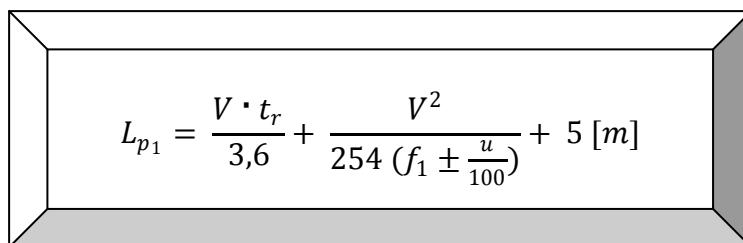
5.4. Zaustavni put kod intenzivnog (forsiranog) kočenja

Zaustavni put motornog vozila sastoji se od puta reagiranja, puta kočenja i sigurnosnog razmaka. Ako su navedeni elementi poznati, zaustavni put vozila izračunava se zbrojem duljine puta tih triju elemenata.

Put intenzivnog kočenja sastoji se od duljina puta reagiranja, puta intenzivnog kočenja i sigurnosnog razmaka koji iznosi 5 m:

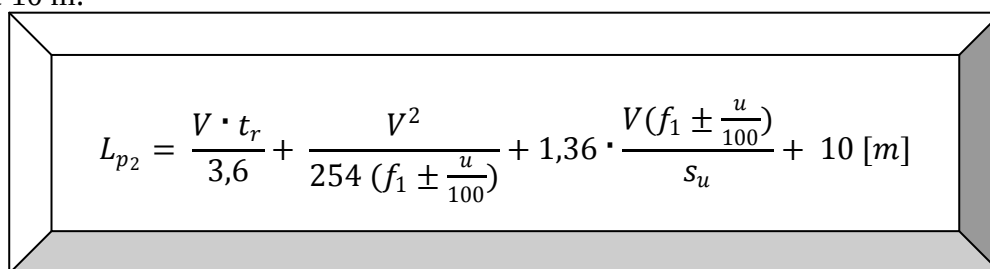
$$L_{p1} = l_r + l_k + r_z$$

odnosno


$$L_{p1} = \frac{V \cdot t_r}{3,6} + \frac{V^2}{254 (f_1 \pm \frac{u}{100})} + 5 [m]$$

5.5. Zaustavni put kod slobodnog kočenja

Zaustavni put motornog vozila kod slobodnog kočenja pri jednakoj brzini i jednakom vremenu reagiranja kao kod intenzivnog kočenja uvijek je veći, jerse kočenje vrši postupno, a ne odmah najjačom silom. Kod slobodnog kočenja vožnja je udobnija. Kao sigurnosni razmak uzima se 10 m:


$$L_{p2} = \frac{V \cdot t_r}{3,6} + \frac{V^2}{254 (f_1 \pm \frac{u}{100})} + 1,36 \cdot \frac{V(f_1 \pm \frac{u}{100})}{s_u} + 10 [m]$$

Razlika između zaustavnog puta motornog vozila pri slobodnom kočenju i zaustavnog puta motornog vozila pri forsiranom kočenju je ta da kod forsiranog kočenja sila kočenja odmah poprima najveću vrijednost, dok je kod slobodnog kočenja sila podijeljena na tri faze – u prvoj fazi od nule do maksimalne vrijednosti, u drugoj fazi sila kočenja je konstanta, dok u trećoj pada od maksimalne vrijednosti do nule.

5.6. Zaustavni put u ovisnosti o vrsti kočnica

Motorna vozila koncepcijski imaju ugrađena dva sustava kočenja i to bubanj kočnice ili disk kočnice. Zaustavni put ovisi o stanju kočnica poput starosti, istrošenosti, neispravnosti, zračnosti između dijelova koji ostvaruju trenje, zagrijavanju, o česticama vlage, prašine i maziva na tarnim površinama kočnica i slično. Često upotreba kočnica u gradskoj vožnji ili prilikom vožnje na nizbrdici može utjecati na efikasnosti kočenja s obzirom da se mehanička sila trenja pretvara u toplinsku energiju što je uzorkom do niskog koeficijenta trenja između tarnih kočnih obloga i diska odnosno bubnja. Dodatno, prilikom dulje slobodne vožnje na autocestama kada se ne upotrebljavaju kočnice, može zbog prašine, ulja, vlage ili sličnih uvjeta u početnoj fazi kočenja doći do smanjenog trenja između tarnih elemenata kočnica zbog čega se i produljuje zaustavni put vozila.

Zbog česte upotrebe kočnica iste su podložne bržem trošenju što dovodi do povećanja zazora između kočionih obloga i diska a što doprinosi produljivanju vremena odaziva kočionog sustava i početka pute kočenja. Zbog toga i kod bubanj kočnica, iako suvremeni sustavi imaju mogućnost automatskog podešavanja, u pojedinim uvjetima iste potrebno podešavati ručno. Prednost bubanj kočnih sustava je u tome što voda i nečistoća ne mogu u njih prodrijeti kao što je to slučaj sa sustavom disk kočnica. Međutim nedostatak im je što im se smanjuje efikasnost u uvjetima velike vlage i zimskim uvjetima odnosno prilikom dugotrajnog kočenja takav sustav kočnica u novije vrijeme rijetko koristi na prednjim kotačima vozila.

Kod disk kočnica jedna od najvećih prednosti je dobro hlađenje tarnih površina. Kočni disk je izvan kotača i stoga brže predaje toplinu. Upravo zato svi novi automobili imaju disk-kočnice bar na prednjim kotačima. Međutim, pločice u disk-kočnicama troše se brže nego čeljusti za kočenje u bubanj kočnicama i potrebno je redovito pregledavati debljinu obloga. Na osobnim vozilima najčešće se koristi mješoviti sustav kočenja, gdje se na prvim kotačima ugrađuju disk kočnice, dok su na stražnjim kotačima bubanj kočnice.

5.7. Zaustavni put u ovisnosti o pneumaticima

Vožnja s neispravnim vrijednostima tlaka u pneumaticima može utjecati na ponašanje vozila i produljenjem zaustavnog puta uzrokovati prometne nesreće. Ispravan tlak u gumama važan je za sposobnost amortizacije i prijanjanje gume na asfalt, a to izravno utječe na otpornost proklizavanju i zanošenju te na stabilnost, upravljivost i zaustavni put automobila. Prenizak tlak u gumama izaziva uvijanje gume te se smanjuje dodirna površina i otežava prijanjanje. Zbog toga se povećava zanošenje i produžava zaustavni put, a gume se brže troše. Veći tlak u pneumatiku od propisanog utječe na svojstva oslanjanja vozila, njegovu elastičnost i sposobnost da ublaži udare pri vožnji na neravnom kolniku. Zbog povećanog tlaka u pneumatiku povećava se opasnost od vanjskih oštećenja, što može produljiti zaustavni put vozila.



Slika 16: Tlak zraka u pneumaticima, [19]

Radijalna guma posljednjih je godina potpuno potisnula dijagonalnu gumu. Radijalna guma ima stabilnu gazeću površinu i njezin profil se samo malo deformira pri vožnji. To je važno na mokroj i skliskoj cesti kad žljebovi u profilu moraju biti otvoreni da mogu primiti vodu i izbaciti je dalje od gume, da bi guma imala što bolji dodir s cestom. Prilikom vožnje na vlažnom asfaltu pred gumom se formira val, koji stvara dinamički tlak u 'lijevku' između gume i asfalta, a on stvara silu na donjem dijelu gume. Kad ta sila preraste vertikalno opterećenje kotača vodeni val počinje podizati kotač. Ispod gazne površine kotača stvara se, najprije, vodeni klin, a potom vodeni sloj te automobil počinje klizati, odnosno nastaje aquaplaning. Na mokroj cesti je put kočenja s radijalnim gumama kraći za oko 12 posto. Nedostatak radijalnih guma je da se pri manjim, gradskim brzinama kotrljaju kruće. Posljedica je znatna buka na neravnom kolniku. Pri većim brzinama su radijalne gume, koje su punjene na pravilan tlak zraka, udobnije od dijagonalnih.

5.8. Zaustavni put u ovisnosti o stanju površine kolnika

Stanje površine kolnika uvjetovano je prije svega vremenskim prilikama. Kolnik može biti suh, onečišćen pijeskom i šljunkom, mokar, blatnjav, pokriven lišćem, snijegom ili zaleđen. Sve navedene pojave utječu na koeficijent trenja, što je prikazano na slici 18. Smanjeni koeficijent trenja između kotača i površine kolnika uzrokuje produljenje zaustavnog puta vozila. Jedno od svojstava kolnika koje značajno utječe na koeficijent trenja je i hrapavost kolničke površine.

Faktor trenja μ	suh	mokar
asfalt nov	0,7-0,8	0,5-0,6
asfalt star, prljav	0,6-0,7	0,25-0,45
šljunak, sitan kamen	0,6-0,7	0,3-0,5
snijeg ugažen	0,2-0,4	
led	0,05-0,1	

Slika 17: Koeficijent trenja između pneumatika i podloge, [20]

Prianjanje kotača na blatnom kolniku ima vrijednost otprilike kao i na ugaženom snijegu. Lišće koje se lijepi na mokrom kolniku stvara vrlo sklizav sloj jer odvaja gume kotača od podloge. To se događa jesenskih dana kada lišće opada sa bjelogoričnih stabala na dijelovima kolnika koji se pružaju kroz gradske perivoje ili kroz šumu na otvorenoj cesti. Najveću opasnost za vozače predstavlja činjenica što na takve uvjete nailaze iznenada.

Održavanje kolničke površine podrazumijeva i povećanje hrapavosti iste. Važno je voditi računa o ovom svojstvu kolnika i reagirati pravovremeno kada stanje kolničke površine ne zadovoljava određenim standardima koji jamče sigurno odvijanje prometa. Postoji nekoliko tehnologija povećanja hrapavosti površine kolnika: glodanje, nagrizanje kiselinom, urezivanje žljebova i obnova površine(recikliranje). Povećanjem hrapavosti kolnika kao preduvjeta povećanju prianjanja pneumatika na kolnik izravno se utječe na sigurnost na cestama jer se time povećava koeficijent trenja između podloge i pneumatika i skraćuje zaustavni put pri kočenju [21].

6. UTJECAJ ZAUSTAVNOG PUTA NA SIGURNOST PROMETA

Prometne nesreće sa smrtno nastradalim i teško ozlijeđenim osobama kao i velike materijalne štete dio su negativnih učinaka što ih je prouzročio iznimno brz razvoj cestovnog prometa. Zaustavni put motornog vozila ima veliku ulogu u sigurnosti prometa, jer se smanjenjem duljine zaustavnog puta može izbjeći prometna nesreća. Brzina ima najveći utjecaj na duljinu zaustavnog puta. Da bi vozač mogao procijeniti duljinu zaustavnog puta pri određenoj brzini, mora poznavati dinamiku vožnje. Pod dinamikom vožnje podrazumijeva se poznavanje sila i otpora koji djeluju na vozilo tijekom vožnje, a to su: otpor nagiba, otpor sile inercije, otpor kotrljanja, otpor zraka, vučna sila i sila kočenja. Otpor sile inercije produžuje zaustavni put vozila, dok otpor kotrljanja i otpor zraka pomažu vozilu pri kočenju i smanjuju zaustavni put. Prilikom kretanja vozila uz nagib, otpor nagiba smanjuje zaustavni put vozila, dok se prilikom kretanja vozila niz nagib zaustavni put vozila kod kočenja produžuje.

Na zaustavni put motornog vozila velik utjecaj imaju kočnice. Zbog toga je neophodno dnevnim tehničkim pregledima pratiti stanje vozila (stanje kočnica, kočiono ulje, tlak u gumama i slično). Dnevni preventivni tehnički pregled vozila obavlja vozač prije svakog uključivanja vozila u promet.

Pouzdanе kočnice predstavljaju osnovu aktivne sigurnosti kod vozila. Budući da se za sada ne može utjecati na vrijeme reakcije vozača, važno je obratiti pažnju na daljnje poboljšanje kočionih sustava. Pod tim se podrazumijeva razvoj elektroničkih sustava u vozilu kojima je svrha omogućiti vozaču sigurniju i udobniju vožnju. Neki od tih sustava su: ABS - sustav koji sprječava blokiranje kotača kod intenzivnog kočenja pri čemu se ostvaruje puno bolje upravljanje automobila; EBV - uređaj koji omogućuje pri kočenju na kotačima stražnje osovine intenzitet sile kočenja ovisno o opterećenju stražnjeg dijela vozila; DBC - sustav koji pomaže vozaču koji pri kočenju brzo, ali nedovoljno pritišće papučicu kočnice [14].

Iako su kočioni sustavi danas mnogo sofisticiraniji i sigurniji nego nekada, još uvijek ostaje čimbenik reakcije vozača kao i održavanje cesta i njihova rasvjeta. Kako bi vozač imao dovoljno vremena za reagiranje, važno je držati dovoljan razmak iza vozila koje se prati, prilagoditi brzinu vožnje uvjetima prometnog toka i vremenskih prilika, u blizini škole, vrtića, dječjeg igrališta ili parka smanjiti brzinu kretanja, kod približavanja pješaćkom prijelazu povećati pozornost i po potrebi smanjiti brzinu kretanja te poduzeti sve ostale mjere kako bi se vozilo stiglo zaustaviti pri iznenadnoj pojavi ili kod nalijetanja na prepreku.

Održavanje cesta može biti redovito ili izvanredno. Redovito održavanje cesta čini skup poslova odnosno radova i radnji te mjera koje se provode tijekom cijele godine sukladno mjesečnom odnosno višemjesečnom operativnom programu. Redovito održavanje prometnih površina koje čine sastavni dio ceste, podrazumijeva čišćenje i popravljivanje lokalnih oštećenja ceste poput saniranja udarnih rupa i mrežastih pukotina, zalijevanje pojedinačnih pukotina spojnica i reški asfaltnom smolom, ohrapavljenje zaglađenih asfaltnih površina ili posipanje s pijeskom te slične zahvate [18]. Izvanredno održavanje znatno je zahtjevnije jer su potrebni opsežniji radovi i zahvati na cestama, a temeljni im je cilj dugotrajnije uređenje i poboljšanje pojedinih dijelova ceste bez izmjene njenih tehničkih elemenata radi osiguranja sigurnosti, stabilnosti i trajnosti ceste i cestovnih objekata i povećanja sigurnosti prometa [18]. Sustav redovnog i izvanrednog održavanja izuzetno je značajan s osnova osiguranja optimalne hrapavosti i ravnosti kolnika s čime se osigurava i visoki koeficijent prijanjanja, a što je važno za osiguranje što kraćeg zaustavnog puta vozila. Ujedno s takvim održavanjem osigurava se i poboljšanje većine tehničkih elemenata ceste i cestovne okoline koji utječu na vidljivost i vidnu sposobnost svih sudionika u prometu, s čime se smanjuje mogućnost nastanka prometne nesreće.

Rasvjeta ceste također može doprinijeti povećanju sigurnosti prometa. Kvalitetnom cestovnom rasvjetom stvaraju se uvjeti za bolje zapažanje okoline noću što vozaču omogućava pravovremeno zamjećivanje iznenadne pojave opasnosti ili prepreke, a s time i pravovremeno reagiranje odnosno poduzimanje odgovarajuće radnje s vozilom. Cestovnom rasvjetom potrebno je rasvijetliti sva opasna mjesta kako bi vozač mogao na vrijeme spoznati stupanj opasnosti i prema tom stupnju opasnosti i reagirati. Jednako tako posebnu pozornost prilikom planiranja, projektiranja i postavljanja rasvjete potrebno je usmjeriti na raskrižja u razini, raskrižja u dvije ili više razina, raskrižja na kojima se promet obavlja kružno, na ceste u zavoju, mjesta uključivanja i isključivanja iz prometa, pješačke prijelaze i slično. Naime na takvim je mastima najveća gustoća prometa te je veoma važno da se i noću odnosno u vrijeme smanjene vidljivosti na njima osigura približno jednaka vidljivost kao i danju kako se zbog toga ne bi događale prometne nesreće.

Statističkim pregledom okolnosti koje su prethodile prometnim nesrećama jedna od pogrešaka vozača je naglo usporavanje – kočenje.⁶ Prema tim podacima moguće je povezati značaj utjecaja zaustavnog puta motornog vozila na sigurnost cestovnog prometa.

7. ZAKLJUČAK

Sigurnost cestovnog prometa jedna je od važnijih odrednica gotovo svih država svijeta. Posljedice koje nastaju u prometnim nesrećama utječu na društveni, ekonomski, gospodarski, demografski i kulturološki razvoj svake pojedine države. Stoga je osnovni cilj svih preventivnih programa pojedinih država smanjiti prvenstveno posljedice, a onda i broj prometnih nesreća. S obzirom da na sigurnost prometa utječe niz čimbenika, a da je zaustavni put vozila jedan od elementa u koji je određen djelovanjem više čimbenika, izmjenom ili poboljšanjem istih moguće je znatno povećati sigurnost cestovnog prometa.

Kako bi se smanjio zaustavni puta motornog vozila, što u većini slučajeva sprječava nastanak prometne nesreće, prije svega potrebno je smanjiti put reagiranja te put i vrijeme kočenja. S obzirom da se put reagiranja sastoji od vremena reagiranja koje najviše ovisi o vozaču odnosno o njegovu iskustvu, motivaciji, trenutnom stanju povezanim s utjecajem droga, lijekova, alkohola, umora, potrebno je utjecati na svijest vozača koju treba usmjeriti prema prihvaćanju činjenica da je za upravljanje vozilom potrebna puna psihofizička sposobnost jednako kao i za rukovanje bilo kojim alatom ili oruđem kako ne bi došlo do ozljeđivanja njega samog ili drugih osoba. S povećanjem svijesti vozača povećala bi se i prometna kultura svih sudionika u prometu, a što je jedan od preduvjeta za smanjenje broja prometnih nesreća i posljedica koje nastaju u njima

Jednako tako, s obzirom na to da vrijeme kočenja ovisi o tehničkoj ispravnosti vozila odnosno stanju i ispravnosti kočnica, pneumatika, ovjesa i općoj tehničkoj ispravnosti sustava za upravljanje vozilom, potrebno je utjecati na poboljšanje sustava održavanja vozila i njegove tehničke ispravnosti. Unaprjeđenjem sustava tehničkog pregleda vozila, redovnog i izvanrednog, kako od strane samih vozača tako i od strane ovlaštenih subjekata koji obavljaju redovni i izvanredni nadzor tehničke ispravnosti vozila, znatno bi se utjecalo na smanjenje zaustavnog puta vozila.

⁶http://www.mup.hr/UserDocsImages/statistika/2015/Statisticki_pregled_2014.pdf

Nadalje kako je kolnik i stanje na kolniku jedan od elementa koji utječe na zaustavni put, potrebno je unaprijediti sustav redovnog i izvanrednog održavanja kolnika posebno na dionicama cesta na kojima je prosječno dnevno opterećenje veće od planiranog prema toj kategoriji ceste. Naime, stvaranje kolotraga i smanjenje hrapavosti gazeće površine kolnika dodatno smanjuje koeficijent trenja što doprinosi povećanju zaustavnog puta vozila. To je posebno izraženo u uvjetima kada na cesti vladaju zimski uvjeti, kada pada kiša ili prevladavaju drugi uvjeti na cesti. Zbog navedenog potrebno je unaprijediti sustav redovnog održavanja cesta te pravovremeno obaviti mjerenje hrapavosti i ravnost kolnika sa suvremenim uređajima koji mogu obaviti takva mjerenja.

Dodatno, kao element koji bi znatno doprinio smanjenju zaustavnog puta vozila je i uvođenje sustava pravovremenog obavješćavanja vozača i sudionika u prometu o promijenjenim uvjetima na cesti uslijed incidentnih čimbenika. Postavljanje promjenljivih prometnih znakova na dionicama cesta gdje češće dolazi do nagle pojave magle, kiše, poledice, snijega ili sličnih uvjeta, vozači bi bili upozoreni na takve izmijenjene uvjete s čime bi mogli i prilagoditi upravljanje vozilom. Uz navedeno, i poboljšanjem rasvjete cesta znatno bi se utjecalo na vidljivost ceste i njezine okoline noću i vrijeme smanjene vidljivosti što bi jednako tako omogućilo da vozači pravovremeno spoznaju eventualnu opasnost na cesti i poduzmu odgovarajuću radnju vozilom kako ne bi izazvali prometnu nesreću.

Osim toga, osiguranjem uvjeta dovoljne duljine preglednosti, kako na cestama tako i na raskrižjima i drugim mjestima na cesti na kojima se odvije prvenstveno mješoviti promet, omogućilo bi se da vozači pravovremeno spoznaju moguću opasnost i poduzmu mjere za pravovremeno reagiranje ili zaustavljanje vozila.

Značajan element za smanjenje utjecaja zaustavnog puta kao elementa sigurnosti je i edukacija i obrazovanje s kojom bi trebalo započeti već od najranije dječje dobi.

8. POPIS LITERATURE

KNJIGE:

- [1] Cerovac V. Tehnika i sigurnost prometa. Zagreb; Fakultet prometnih znanosti; 2001.
- [2] Čevra A. Motori i motorna vozila 2. Zagreb; Školska knjiga; 2003.
- [3] Čović M., Hrgović T., Jelić I., Strinović D., Škavić J., Zečević D. Vještačenja u cestovnom prometu: Informator, Zagreb, 1987.
- [4] Mikulić D. Motorna vozila – teorija kretanja i konstrukcija. Velika Gorica: Veleučilište Velika Gorica; 2014.
- [5] Perotić V. Prometna tehnika 1. Zagreb: Škola za cestovni promet; 2006.
- [6] Rotim F. Elementi sigurnosti cestovnog prometa, svezak 1. Zagreb: Znanstveni savjet za promet JAZU, 1989.
- [7] Rotim F. Elementi sigurnosti cestovnog prometa, svezak 2. Zagreb: Znanstveni savjet za promet JAZU, 1990.
- [8] Rotim F., Peran Z. Forenzika prometnih nesreća, svezak 1: Hrvatsko znanstveno društvo za promet; 2011
- [9] Vodinelić V., Aleksić, Ž. Kriminalistika: Informator, Zagreb, 1990.
- [10] Zagorac J, Perotić V. Prometna psihologija i kultura. Zagreb: Škola za cestovni promet; 2007.

INTERNET STRANICE:

[11] <http://www.petabrzina.com/tehnike-kocenja>

[12] http://www.sup.hr/index.php?option=com_content&view=article&id=101:aquaplaning-smrtonosna-piruetna-na-kii&catid=56:ostalo&Itemid=86

[13] <http://www.instruktor-voznje.com.hr/kocenje/>

[14] http://www.instruktor-voznje.com.hr/put_kocenja/

[15] <http://www.sigurno-voziti.net/tehnika/tehnika07.htm>

[16] <http://www.webgradnja.hr/clanci/uzroci-loseg-stanja-kolnika-na-cestama/91/>

[17] <http://www.petabrzina.com/prianjanje>

[18] http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_07_90_1826.html

[19] <http://www.eko-voznja.com/propisan-tlak-zraka-u-gumama-vrlo-je-znacajan>

[20]

<http://repozitorij.fsb.hr/3147/1/analiza%20materijala%20valjaka%20za%20mjerjenje%20ko%20C4%8Dne%20sile.pdf>

[21] https://bib.irb.hr/datoteka/742165.Nova_metoda_ohrapavljivanja.doc

[22]

https://www.google.hr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&sqi=2&ved=0ahUK Ewj d1ufLgNnJAhXH8RQKHTQsAeUQFggzMAM&url=http%3A%2F%2Fhrcak.srce.hr%2Ffile%2F111358&usg=AFQjCNGzNsuHFXxraG5Oe5HOAl_rRBSTQA&bvm=bv.109910813,d.ZWU&cad=rja

9. POPIS SLIKA

Slika 1: Vennov dijagram,.....	2
Slika 2: Elementi kibernetiskog sustava čovjek-vozilo-okolina	3
Slika 3: Osnovni elementi čovjeka kao čimbenika sigurnosti prometa	5
Slika 4.: Čimbenici koji utječu na ponašanje čovjeka u prometu	6
Slika 5: Vidno polje vozača	8
Slika 6: Disk kočnica.....	15
Slika 7: Bubanj kočnica.....	15
Slika 8: Dijagonalna guma	16
Slika 9: Radijalna guma	16
Slika 10: Tehnike kočenja	17
Slika 11: Grafički prikaz zaustavnog puta	20
Slika 12: Ovisnost usporenja o vremenu pri intenzivnom kočenju.....	22
Slika 13: Ovisnost brzine o vremenu pri intenzivnom kočenju	23
Slika 14: Ovisnost usporenja o vremenu pri slobodnom kočenju	25
Slika 15: Ovisnost brzine o vremenu pri slobodnom kočenju	25
Slika 16: Tlak zraka u pneumaticima	29
Slika 17: Koeficijent trenja između pneumatika i podloge	30

10. POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1: Duljina puta reagiranja u ovisnosti o trenutnom stanju vozača	13
---	----

11. POPIS DIJAGRAMA

Dijagram 1: Faze aktivnog djelovanja ljudskog organizma	4
---	---