

# Analiza utjecaja kočionog sustava motornih vozila na sigurnost cestovnog prometa s prijedlogom mjera poboljšanja

---

**Bomoštar, Patrik**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*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:119:206280>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-30**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

**Patrik Bomoštar**

**ANALIZA UTJECAJA KOČIONOG SUSTAVA MOTORNIH  
VOZILA NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA S  
PRIJEDLOGOM MJERA**

**DIPLOMSKI RAD**

ZAGREB, 2024.

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

**DIPLOMSKI RAD**

**Analiza utjecaja kočionog sustava motornih vozila na sigurnost  
cestovnog prometa s prijedlogom mjera**

**Analysis of the influence of the braking system of motor  
vehicles on the safety of road traffic with a proposal for measures**

Mentor: doc.dr.sc. Rajko Horvat

Student: Patrik Bomoštar

JMBAG: 0135242335

Zagreb, rujan 2024.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**  
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 9. svibnja 2024.

Zavod: **Zavod za cestovni promet**  
Predmet: **Sigurnost cestovnog i gradskog prometa III**

**DIPLOMSKI ZADATAK br. 7689**

Pristupnik: **Patrik Bomoštar (0135242335)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Analiza utjecaja kočionog sustava motornih vozila na sigurnost cestovnog prometa s prijedlogom mjera poboljšanja**

Opis zadatka:

Kočioni sustavi motornih vozila vrlo su značajni aktivni elementi sigurnosti s obzirom na njihovu osnovnu funkciju povezanu uz zaustavljanje vozila i sprječavanje neželjenog događaja odnosno prometnih nesreće. U diplomskom radu potrebno je obaviti analizu razvoja kočionih sustava motornih vozila kao i istraživanje funkcionalnih obilježja kočnica u odnosu na razlike u silama kočenja prema stanju pneumatika, tlaku zraka u pneumatiku i općem stanju ovjesa. Temeljem analize i obavljenog istraživanja, potrebno je predložiti mjere za povećanje sigurnosti cestovnog prometa.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:

---

doc. dr. sc. Rajko Horvat

## SAŽETAK

U diplomskom radu obavljena je analiza čimbenika koji utječu na sigurnosti cestovnog prometa uz detaljnu analizu kočionih sustava i pneumatika vozila. Vozilo je jedan od veoma značajnih čimbenika sigurnosti cestovnog prometa a njegov utjecaj na sigurnost znatno ovisi o stanju i vrsti pneumatika i kvaliteti i stanju kočionog sustava. U slučaju nastanka opasnosti na cesti, uz brzinu i način reakcije čovjeka, kočioni sustav koji je ispravan i kvalitetno opremljen može itekako pomoći da se zaustavi što prije uz što veću stabilnost i upravljivost vozila bez slijetanja ili prevrtanja. Isto tako pneumatik, uz stanje kolnika, utječe na stabilnost, udobnost i upravljivost vozila te prenosi sve sile sa vozila na podlogu i sa podloge na vozilo. Pneumatik je jedini kontakt između vozila i podloge što itekako dolazi do izražaja kod motocikla. Dubina utora i tlak u pneumatiku ima značajan utjecaj na performanse pneumatika što se vidi i na putu kočenja. Također je obavljena analiza prometnih nesreća u Republici Hrvatskoj i analiza podataka prikupljenih sa tehničkog pregleda vozila.

Ključne riječi: čimbenici sigurnosti, vozilo, kočioni sustav, pneumatik, tlak, dubina utora, sigurnost, tehnički pregled vozila.

## **SUMMARY**

In the thesis, an analysis was conducted on the factors affecting road traffic safety, with a detailed examination of braking systems and vehicle tires. The vehicle is one of the most significant factors in road traffic safety, and its impact on safety greatly depends on the condition and type of tires, as well as the quality and condition of the braking system. In the event of a road hazard, along with the speed and manner of human reaction, a properly functioning and well-equipped braking system can significantly help in stopping the vehicle as quickly as possible while maintaining maximum stability and controllability, without skidding or overturning. Similarly, the tire, in addition to the condition of the road surface, affects the stability, comfort, and maneuverability of the vehicle, transferring all forces between the vehicle and the road surface. The tire is the only contact between the vehicle and the ground, which is particularly noticeable with motorcycles. The tread depth and tire pressure have a significant impact on tire performance, which is also evident in braking distance. Additionally, an analysis of traffic accidents in the Republic of Croatia was conducted, along with an analysis of data collected from technical inspection of vehicles.

Keywords: safety factors, vehicle, braking system, tire, pressure, tread depth, safety, vehicle technical inspection.

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. ČIMBENICI SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA .....	3
2.1. Čovjek kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa .....	4
2.1.1. Osobne značajke čovjeka .....	4
2.1.2. Psihofizička svojstva čovjeka .....	6
2.1.3. Obrazovanje i kultura .....	9
2.2. Cesta kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa.....	9
2.3. Vozilo kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa.....	13
2.3.1. Pasivni elementi vozila koji utječu na sigurnost prometa.....	14
2.3.2. Aktivni elementi vozila koji utječu na sigurnost prometa.....	16
2.4. Promet na cesti kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa.....	17
2.5. Incidenti čimbenik sigurnosti cestovnog prometa .....	17
3. ANALIZA RAZVOJA KOČIONIH SUSTAVA MOTORNIH VOZILA .....	19
3.1. Bubanj kočnice .....	22
3.2. Disk kočnice .....	26
3.3. Mehanički prijenosni mehanizam .....	29
3.4. Hidraulični prijenosni mehanizam .....	29
3.5. Pneumatski prijenosni mehanizam .....	32
3.6. Kombinirani prijenosni mehanizam.....	34
3.7. Regenerativno kočenje .....	35
3.8. Elektronički sustavi za stabilnost i kočenje cestovnih vozila .....	37
3.8.1. ABS ( Anti-LockBraking System).....	38
3.8.2. ASR ( Anti Slip Regulation).....	39

3.8.3. ESP (Electronic stability program).....	40
3.8.4. Bas (Brake Assist System).....	41
3.8.5. DBC (Dynamic Brake Control).....	42
3.8.6. SBC (Sensotronic Brake Control).....	43
3.8.7. EBD (Electronic Brake Distribution) .....	43
3.8.8. EBS (Electronic Braking System) .....	43
3.8.9. EWB (Electronic Wedge Brakes) .....	44
4. ANALIZA PROMETNIH NESREĆA U REPUBLICI HRVATSKOJ UZROKOVANIH IZNENADNIM KVAROM VOZILA .....	45
5. ANALIZA VRSTE I DIMENZIJE PNEUMATIKA NA POGONSKIM I PRATEĆIM OSOVINAMA NA KOEFIČIJENT KOČENJA .....	53
5.1. Radijalni pneumatik .....	55
5.2. Dijagonalni pneumatik.....	57
5.3. Podjela pneumatika i oznake pneumatika.....	58
5.4. Utjecaj pneumatika na zaustavni put .....	60
6. ANALIZA VRSTE I DIMENZIJE PNEUMATIKA NA POGONSKIM I PRATEĆIM OSOVINAMA MOTOCIKLA NA KOEFICIJENT KOČENJA .....	67
7. ANALIZA REZULTATA ISTRAŽIVANJA S PRIJEDLOGOM MJERA POBOLJŠANJA SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA.....	73
7.1. Rezultati ispitivanja stanja pneumatika i kočionog sustava u sklopu tehničkog pregleda ..	73
7.2. Prijedlog mjera poboljšanja sigurnosti cestovnog prometa .....	79
8. ZAKLJUČAK.....	81
Popis oznaka .....	83
Popis literature.....	84
Popis slika.....	87
Popis tablica .....	89



Popis grafikona.....	90
----------------------	----

# 1. UVOD

Promet se sastoji od puno elemenata koji su u međusobnoj interakciji a ta interaktivnost se odražava na nekoliko elemenata koji mogu znatno utjecati na sigurnost prometa. Sigurnost prometa se povećava i osigurava raznim metodama, odnosno smanjuje se opasnost ali se ne može ukloniti. Sigurnost se u pravilu prikazuje brojem prometnih nesreća. Do prometnih nesreća može doći na razne načine poput nepravilno projektirane i dimenzionirane ceste, neispravnog vozila odnosno neočekivanog kvara pojedinih elemenata vozila, nepravovremene procjene ili odluke čovjeka i drugih načina vezane uz čimbenike sigurnosti.

Čovjek kao čimbenik sigurnosti je jedan od značajnijih. Njegov utjecaj ogleda se u načinu prikuplja i obrađuje informacije, a svojim osjetilima i donosi odluke o smjeru i načinu kretanja u prometu na cestama. Svaka osoba razlikuje se prema individualnim osobinama što rezultira sposobnostima koje utječu na sigurnost vožnje.

Vozilo je također jedan od najvećih čimbenika sigurnosti prometa. Vozilo utječe na sigurnost svojim aktivnim i pasivnim elementima sigurnosti a od tih elemenata najvažniji su kočioni sustav i pneumatiki. Kočioni sustav omogućava usporavanje i potpuno zaustavljanje vozila kao i mirovanje prilikom parkiranja. Jedan od uvjeta za veću sigurnost upravo je kvalitetnim kočioni sustav. Uz navedeno, pneumatik je također jedan od elementa vozila koji omogućava kontakt sa podlogom i prenosi sve sile sa vozila na podlogu i obrnuto, isto tako je i zadužen za održavanje stabilnosti i upravljivosti vozila prilikom kretanja. Stanje i vrsta pneumatika utječe na upravljanje, ubrzavanje i kočenje vozila te mora zadržati određenu upravljivost u uvjetima poput kiše ili snijega.

Diplomski rad se sastoji od 8 poglavlja:

1. Uvod
2. Čimbenici sigurnosti cestovnog prometa
3. Analiza razvoja kočionih sustava motornih vozila
4. Analiza prometnih nesreća u Republici Hrvatskoj uzrokovana iznenadnim kvarom vozila
5. Analiza vrste i dimenzije pneumatika na pogonskim i pratećim osovina na koeficijent kočenja
6. Analiza vrste i dimenzije pneumatika na pogonskim i pratećim osovina motocikla na koeficijent kočenja
7. Analiza rezultata istraživanja s prijedlogom mjera poboljšanja sigurnosti cestovnog prometa
8. Zaključak

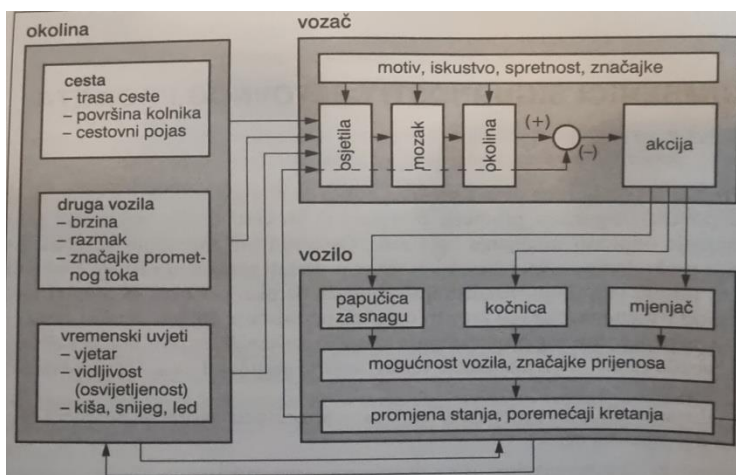
U ovome diplomskom radu navedeni su i objašnjeni čimbenici sigurnosti cestovnog prometa. Analiziran je i opisan kočioni sustav i njegove izvedbe. Provedena je analiza prometnih nesreća u Republici Hrvatskoj s naglaskom na iznenadni kvar vozila. Analiziran je utjecaj pneumatika na kočenje i stabilnost automobila i motocikla. Također su prikupljeni i obrađeni podaci sa tehničkog pregleda i zaključno predložene mjere povećanja razine sigurnosti cestovnog prometa.

## 2. ČIMBENICI SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA

Promet je dinamički sustav koji se sastoji od puno elemenata koji su u korelaciji, kako bi se promet odvijao na što sigurniji način ti elementi se moraju uskladiti. Pokazatelj sigurnosti prometa je broj prometnih nesreća koji se može smanjiti ukoliko su poznati uzroci prometnih nesreća također i mjera u kojoj utječu čimbenici na sigurnost je bitna za poznavati kako bi se mogla smanjiti opasnost na budućim projektima i obaviti rekonstrukcija postojeće infrastrukture na temelju uočenih nedostataka nekog opasnog dijela. Nastanak prometne nesreće može biti izazvan pogrešnim sudjelovanjem u sustavu i nepredvidljivim utjecajima koji ometaju sigurno odvijanje sustava kao i pogrešno planirano i projektirano odvijanje prometa. Svi Čimbenici koji utječu na sigurnost cestovnog prometa se mogu prikazati kao [1]:

- Čovjek,
- Cesta,
- Vozilo,
- Promet na cesti i
- Incidenti čimbenik

Čovjek također ima utjecaj na ostale čimbenike osim incidentnog čimbenika, čovjek je taj koji projektira i održava infrastrukturu, vozilo te utječe na ostale svojim prometovanjem koje nije nužno samo vozilom nego čovjek je također i putnik, pješak i biciklist. Na slici 1 je prikazan međusobni utjecaj čimbenika sigurnosti cestovnog prometa.



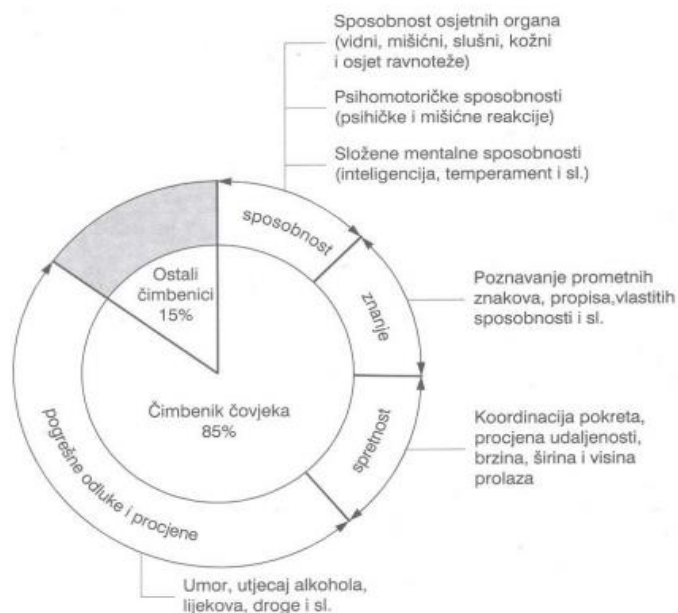
Slika 1: Međusobni odnos čimbenika sigurnosti cestovnog prometa

Izvor: [1]

## 2.1. Čovjek kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa

Čovjek je najvažniji čimbenik sigurnosti cestovnog prometa zato što je za razliku od drugih čimbenika, čovjek je jedini čimbenik koji posjeduje razum, svjesno je biće koje može donositi odluke, odnosno odlučiti kako će voziti. Čovjek zahvaljujući svojim osjetilima prima obavijesti o prilikama na prometnicima i na temelju njih i prometnih propisa može donositi racionalne odluke o svojoj vožnji: kako voziti, gdje voziti i kojom brzinom voziti.[2]

Čovjek je najveći uzrok nastanka prometnih nesreća, njegov utjecaj u prometnim nesrećama je 85% koji je posljedica čovjekovih unutarnjih karakteristika, na slici 2 je prikazan odnos čovjeka kao utjecaj u odnosu na ostale čimbenike.[1]



**Slika 2: Odnos čovjeka kao čimbenika sigurnosti cestovnog prometa u odnosu na ostale čimbenike**

Izvor: [1]

Na ponašanje čovjeka kao u prometu utječu osobne značajke čovjeka, psihofizička svojstva čovjeka i obrazovanje i kultura.[1]

U različitim situacijama čovjek reagira ovisno o stupnju obrazovanja, zdravstvenom stanju, starosti, temperamentu, moralu, osjećajima i inteligenciji.[1]

### 2.1.1. Osobne značajke čovjeka

Osobnost je organizirana cjelina svih osobina, svojstava i ponašanja kojima se svaka osoba ističe od svih drugih pojedinaca društvene zajednice. Psihički stabilna i skladno razvijena osoba je preduvjet uspješnog i sigurnog odvijanja prometa. Čovjekova psihološka stabilnost izložena je raznim vanjskim čimbenicima koji utječu na njegovo upravljanje vozilom. Stabilna psihička funkcija čovjeka omogućuje pravovremene i odgovarajuće odluke prilikom vožnje, ukoliko vozač nije psihološki stabilan njegove reakcije i odluke mogu ne biti pravovremene i odgovarajuće kao posljedica a uzrok nestabilnosti može biti iz okolice. Pojmom osobe u užem smislu smatraju se sposobnost, stajališta, temperament, osobne crte i značaj odnosno karakter.[1]

Sposobnost je skup urođenih i stečenih uvjeta koji omogućuju obavljanje aktivnosti. Urođene uvijete svih ljudskih aktivnosti čini anatomski građa ljudskog organizma, posebno živčanog sustava. Na osnovu tih prirodnih uvjeta pojedinac stječe nove sposobnosti u dodiru s prirodnim i društvenom okolinom. Svaki pojedinac ima različite sposobnosti, koje se kod vozača očituju brzinom reagiranja, registriranjem zbivanja u okolini, uspješnom rješavanju nastalih problema.[1]

Sposobnost upravljanja vozilom utječe na sigurnost i čini razliku između pojedinaca nevezano sa obrazovanjem, vanjski čimbenici koji utječu na smanjenje sposobnosti su alkohol, umor, pušenje, te niz unutarnjih čimbenika kao što je bio-ritam, brige, bolesti i slično.[3]

Stajališta vozača su rezultat odgoja u školi, obitelji i društvu koja mogu biti privremena ili stalna. Privremena stajališta se pojavljuju nakon pijanstva, neprospavane noći, svađe i sličnih situacija, dok stalna negativna stajališta nastaju zbog pogrešnog odgoja. Do nastanka prometnih nesreća često dovodi nekritično stajalište prema vožnji, samouvjerenost i nepoštivanje prometnih znakova.[1]

Stajalište vozača prema vožnji je sklonost pozitivnog ili negativnog reagiranja na određene pojave, situacije, predmete ili osobe. To je trajni sustav pozitivnog ili negativnog ocjenjivanja, osjećanja i sklonosti poduzimanju pozitivnih ili negativnih radnji u odnosu na određenu situaciju ili pojavu. Sudionik će, ukoliko mu uvjeti odvijanja prometa odgovaraju potrebama i željama, imati pozitivan stav a ako odvijanje prometa ne odgovara, vozač će vjerojatno imati negativna stajališta.[3]

Temperament je osobina koja je urođena i se očituje u načinu mobiliziranja psihičke energije kojom osoba raspolaže. temperament određuje brzinu, snagu i trajanje reagiranja određene osobe. Temperament obuhvaća psihičke osobine čovjeka koje su povezane s emocijama te se ljudi dijele na kolerike, sangvinike, melankolike i flegmatike. Profesionalni vozači ne bi smjeli biti osobe koleričnog ni flegmatičnog tipa.[1]

Temperament određuje kako će vozač upravljati vozilom, da li će vozač voziti brže, agresivnije, netolerantno, impulzivnije, nervozno ili će vozači voziti sporije, smirenije, tolerantnije i promišljenije.[3]

Osobne crte su strukture svakog pojedinca na temelju kojih pojedinac, u različitim situacijama, reagira na isti način. Pojedinaci imaju različito razvijeni niz osobnih crta. Znakovite osobne crte koje su odnos pojedinca prema sebi što se očituje kao samopouzdanje i samokritičnost, kao i odnos prema

drugima što se očituje kao agresivnost i dominacija, te odnos prema radu što se očituje kao upornost i marljivost.[1]

Vozač prilikom vožnje je pod utjecajem raznih stvari, vozač koji je dobar i odgovoran ograđuje se od vanjskih utjecaja koji otežavaju njegovo upravljanje vozilom, između kojih je korištenje mobitela prilikom vožnje, konzumiranje alkohola ili droga prilikom vožnje, također ne upravlja vozilom prilikom umora ili bolesti, te se maksimalno fokusira na vožnju kako bi vožnja bila što sigurnija.[3]

Karakter se očituje u moralu čovjeka i odnosu prema ljudima te poštivanju društvenih normi i radu. Očituje se i u ciljevima koje je pojedinac sebi postavio i u načinu na koji te ciljeve pojedinac ostvaruje. Među pozitivne karakterne osobine pripada poštenje, marljivost, skromnost, pristojnost, otvorenost, a u negativne ubrajamo lažljivost, hvalisanje, neodgovornost, lijenost.[1]

Pod pojmom karaktera podrazumijevamo mentalne i moralne karakteristike pojedinca. To su faktori koji određuju našu reakciju ili odgovor prilikom određenog događaja ili situacije, a riječ je o obrascima ponašanja, stilovima razmišljanja, kontroli osjećaja i obilježjima koji su povezani s našim unutarnjim stanjem. Karakter je zapravo ono što je zaista pojedinac, a stručnjaci smatraju da se to temelji na uvjerenjima koje je teško mijenjati, odnosno čvrsto formirana uvjerenja.[4]

### 2.1.2. Psihofizička svojstva čovjeka

Psihofizička svojstva čovjeka znatno utječu na sigurnost prometa. Psihofizička svojstva čovjeka koja dolaze do izražaja prilikom upravljanja vozilom su [1]:

- Funkcije organa osjeta
- Psihomotoričke sposobnosti
- Mentalne sposobnosti.

Funkcijama organa osjeta se podražuje živčani sustav te nastaje osjet vida, sluha, ravnoteže, mirisa i mišićni osjet. Osnovni psihički proces je podražaj koji dovodi do donošenja odluka. Za upravljanje vozilom važni su osjeti [5]:

- osjet vida
- osjet sluha
- osjet ravnoteže
- osjet mirisa
- mišićni osjet

Pokazalo da 95% odluka čovjek donosi na temelju vida stoga je osjet vida najvažniji za vozača. Kod osjeta vida najbitnije sposobnosti su [2]:

- prilagođavanje oka na svjetlo i tamu: što je sposobnost oka da se prilagodi na novi intenzitet svijetla nakon promjene. Izrazito važna sposobnost prilikom vožnje u tuneli i zasljepljivanja prilikom mimoilaženja sa drugim vozilima.
- vidno polje: je prostor koje vozač vidi bez pomicanja glave ili oči te u njemu uočava predmete. Vidno polje je podijeljeno na horizontalno i vertikalno vidno polje. Vertikalno vidno polje ima širinu 115° dok horizontalno, ovisno o brzini, 40° do 140°. Dijelovi vidnog polja su oštro (do 3°), jasno (do 10°), dovoljno jasno (do 20°) i periferno vidno polje.
- razlikovanje boja: ova sposobnost oka je najznačajnija kod prepoznavanja i uočavanja prometnih znakova. Ova sposobnost je naročito važna prilikom noćnih uvjeta ili uvjeta otežane vidljivosti. Ukoliko vozač ne raspoznaje boje znak može prepoznati bo obliku ili simbolu.
- oštrina vida: to je sposobnost uočavanja sitnih detalja, ukoliko je potrebna korekcija koriste se naočale ili kontaktne leće. Oštrina vida može se predočiti kao zapažanje najmanjeg razmaka između dvije crte ili točke.
- sposobnost stereoskopskog zamjećivanja: sposobnost predstavljena određivanjem odnosa predmeta po udaljenosti odnosno dubini, prilikom ovog zamjećivanja vozač koristi oba oka. Slabljenjem oštrine vida se smanjuje ova sposobnost a naročito je važna kod pretjecanja vozila.

Osjetilo sluha se dobivaju zvučne informacije rada motora na temelju kojih se korigira rad motora te se koristi za određivanje smjera i udaljenosti vozila pri kočenju. Osjetilom sluha se određuje mjesto izvora zvuka, smjer, kretanje, odmicanje i primicanje zvuka, dobivaju se i informacije o građi i veličini izvora zvuka što može imati značenje za sigurnost prometa u određenim situacijama. Putem organa sluha prenosi se buka koja loše utječe na vozača izazivanjem umora i smanjenjem njegove sposobnosti za vožnju.[1]

Ravnoteža tijela je održavanje stalnoga položaja tijela i njegovih dijelova. Najvažniji organ za ravnotežu je unutarne uho, kojim se zamjećuje smjer kretanja tijela. Središnjim živčanim sustavom se usklađuju tjelesne aktivnosti kojima se održava ravnoteža. U velikom mozgu nastaje osjećaj ravnoteže, a mali mozak podsvjesno aktivira mišiće da bi se spriječio poremećaj ravnoteže. Poremećaji ravnoteže tijela su najčešće posljedica oštećenja maloga mozga ili vestibularnoga sustava u unutaršnjem uhu.[6]

Osjet mirisa nema značajan utjecaj na sigurnost cestovnog prometa, jedino u iznimnim slučajevima kao što su dulje kočenje i kad pregore instalacije.[1]



Mišići su aktivni pokretači našeg tijela i zajedno s kostima čine sustav organa za kretanje. Radom mišića upravlja središnji živčani sustav na način da opuštanjem i stezanjem mišića pokreću kosti. Mišićni osjet daje vozaču motornog vozila obavijest o djelovanju vanjskih sila zbog promjene brzine i o silama koje nastaju prilikom pritiska noge na papučicu kočnice ili spojke.[3]

Psihomotoričke sposobnosti omogućuju uspješno izvođenje pokreta koji zahtijevaju određenu brzinu, preciznost i usklađen rad raznih mišića. Važne psihomotoričke sposobnosti pri upravljanju vozilom su [5]:

- brzina reagiranja,
- brzina izvođenja pokreta i
- sklad pokreta i opažanja.

Vrijeme reagiranja vozača je vrijeme koje prođe od trenutka pojave nekog signala ili situacije do trenutna reagiranja nekom komandom vozila. Vrijeme reagiranja iznosi između 0,5 – 1,5 sekundi a dijeli se na vrijeme zamjećivanja, vrijeme prepoznavanja, vrijeme procjene i vrijeme akcije. Vrijeme odnosno brzina reagiranja ovisi o [5]:

- individualnim osobina vozača,
- godinama starosti,
- jačini podražaja,
- složenosti prometne situacije,
- fizičkoj i psihičkoj kondiciji i stabilnosti vozača,
- koncentraciji i umoru vozača,
- tome da li reagira ruka ili noga,
- tome radi li se o lijevoj ili desnoj ruci ili nozi,
- tome da li je podražaj zvučni ili vidni,
- klimatskim uvjetima,
- brzini vožnje i
- preglednosti ceste.

Mentalne sposobnosti su mišljenje, pamćenje, inteligencija i učenje. Bolje razvijene mentalne sposobnosti omogućuju bolje upoznavanje okoline i uspješniju se prilagodbu okolnostima, dok osobu

koja je mentalno nedovoljno razvijena obilježava pasivnost svih psihičkih procesa, a time i nemogućnost prilagođavanja uvjetima prometa, za takve vozače je upravljanje vozilom iznimno naporna aktivnost i takve osobe ne mogu biti dobri vozači. Inteligencija je najbitnija sposobnost, to je sposobnost snalaženja u novonastalim situacijama uporabom novih, nenaučenih reakcija. Inteligentan vozač brzo uočava bitne odnose u složenijoj dinamičkoj prometnoj situaciji i može predvidjeti moguće ponašanje drugih sudionika u prometu te donijeti odgovarajuće odluke. U intelektualno nedovoljno razvijene osobe ti su procesi spori i pasivni.[5]

### 2.1.3. Obrazovanje i kultura

Obrazovanje i kultura utječu na međuljudske odnose u prometu. Vozač koji je stekao određeno obrazovanje će poštivati prometne propise i odnositi se ozbiljno prema ostalim sudionicima u prometu. Znanje nužno za sigurno odvijanje prometa [1]:

- poznavanje zakona i propisa o reguliranju prometa,
- poznavanje kretanja vozila i
- poznavanje vlastitih sposobnosti.

Kultura je skup materijalnih i duhovnih vrijednosti koje je čovjek stekao u svojoj povijesti. Dio ukupne kulture je i prometna kultura. Prometna kultura je odraz opće kulture pojedinca. U užem smislu, kultura je skup spoznaja, pravila i normi ponašanja određene grupe na osnovi kojih pojedinac vrednuje svoje ili tuđe ponašanje ispravnim ili neispravnim, društveno opravdanim ili neopravdanim.[5]

Prometna kultura je skup spoznaja, pravila i normi ponašanja u prometu, na osnovi kojih čovjek vrednuje ponašanje u prometu ispravnim ili neispravnim, opravdanim ili neopravdanim. Jedan dio prometne kulture čine pravila i propisi o ponašanju sudionika u prometu, a drugi dio su nepisana pravila koja vrijede za sve prometne situacije s ciljem uvažavanja i poštivanja svih sudionika u prometu, posebno nezaštićenih (pješaci, djeca, stariji, invalidi).[5]

## 2.2. Cesta kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa

Cesta je prometna površina koja služi za odvijanje prometa koja mora ispunjavati uvjete koji su propisani zakonom o cestama i ostalim propisima.

Tehnički nedostaci ceste su jedan od uzroka prometnih nesreća, ti nedostaci mogu nastati prilikom projektiranja ceste i pri njihovoj izvedbi. Tehnički nedostaci ceste se uklanjaju pravilnim rekonstrukcijama ceste kao i redovitim i pravilnim održavanjem ceste. Pravilno projektiranje ceste smanjuje njen nedostatak odnosno povećava sigurnost i smanjuje se potreba za rekonstrukciju infrastrukture. Cestu kao čimbenika sigurnosti cestovnog prometa obilježavaju [1]:

- Trasa ceste,

- tehnički elementi ceste,
- stanje kolnika,
- oprema ceste,
- rasvjeta ceste,
- križanja,
- utjecaj bočne zapreke,
- održavanje ceste.

Trasa ceste određuje smjer i visinski položaj ceste. Osnovni cilj trase je da bude funkcionalna, građevinski stabilna, estetski oblikovana te da se uklapa u okoliš. Pravilnim vođenjem trase ceste, oblikovanjem usjeka, zasjeke i nasipa i sadnjom raslinja se postiže psihološka sigurnost. Dobrim vođenjem trase ceste stvara se jasan vizualni dojam koji korisnika navodi na daljnji tok trase ceste. Trasa ceste je konstruirana s tri osnovne projekcije kao što su [7]:

- Horizontalna projekcija (tlocrtni elementi): ovu projekciju čine pravci, kružni lukovi i prijelaznice.
- Vertikalna projekcija kroz os ceste (uzdužni profil): ova projekcija prikazuje visinski tok trase ceste te sadrži liniju nivelete i terena.
- Vertikalna projekcija okomito na os ceste (poprečni profil): ova projekcija se dijeli na osnovne i dodatne elemente te elemente u vanjskom pojasu.

Osnovni elementi vertikalne projekcije su [7]:

- Prometni trak: može biti obilježen ili neobilježen a odnosi se na uzdužni dio kolnika po kojem se može nesmetano kretati jedan red vozila u jednom smjeru.
- Rubni trak: to je učvršćeni dio između bankine i kolnika.
- Rigol i jarak: to je objekt smješten uz rub kolnika namijenjen za odvodnju površinske vode.
- Bankina ili berma: to je zemljani pojas uz kolnik ili rubni trak koji služi za smještaj prometne signalizacije i opreme ceste.

Dodatni elementi vertikalne projekcije su trak za zaustavljanje vozila, trak za spora vozila, razdjelni pojas, trak za vozila javnog prometa, biciklistička traka, biciklistička staza i staza za pješake. [7]

Elementi u vanjskom pojasu ceste su pokosi nasipa i usjeka, zaobljenja pokosa, odvodni jarci, zaštitni kanali i potporni i uporni zidovi.[7]

Kolnik je dio cestovne površine namijenjen za promet vozila s jednim ili više prometnih trakova. Najčešća izvedba ceste je s dva prometna traka s odvojenim smjerovima kretanja.[7]

Rubni trakovi se izvode kako bi se omogućilo bolje iskorištavanje površine kolnika. Bankine povećavaju sigurnost prometa, a povećanjem dimenzija bankine se smanjuje broj nezgoda. Traka za spora vozila na većim usponima omogućuje izmicanje sporijih vozila, koja zbog uspona gube brzinu i ometaju promet, čime se povećava sigurnost prometa. Oštri zavoji posebno utječu na sigurnost prometa. Uzastopno izvođenje zavoja velikih i malih polumjera nije preporučljivo s aspekta sigurnosti odvijanja prometa. Polumjer zavoja i zapreke koje se nalaze uz slobodni profil ceste utječu na horizontalnu preglednost. Vertikalna preglednost je važan element sigurnosti, a važno ju je odrediti zbog poznavanja dužine zaustavnog puta. Prijelazna krivulja se izvodi između pravca i zavoja, a dužina se određuje na temelju vozno-dinamičkih, vizualnih i estetskih uvjeta. Na istoj dužini kao i prijelazna krivulja se izvodi prijelazna rampa te na tom dijelu provodi se poprečni nagib u pravcu u poprečni nagib u zavoju. Uzdužni nagib treba biti takav da ne zahtjeva čestu promjenu brzine.[7]

Dobro prianjanje između kolnika i pneumatika je važno za sigurnu vožnju. Loše stanje kolnika, odnosno neravnine i oštećenja kao i promijene na kolniku vezane uz meteorološke uvjete mogu utjecati na smanjenje sigurnosti prometa na način da mijenjaju koeficijent prianjanja između pneumatika i kolnika. Udarne rupe, nastale zbog dotrajalosti i slabe kvalitete materijala kao i lošeg održavanja, mogu dovesti do loma osovina, oštećenja pneumatika i upravljača. Prilikom vožnje na mokrom asfaltu se stvara, između pneumatika i kolnika, dinamički tlak zbog formiranja vala. Između gaznog sloja pneumatika i kolnika se stvara vodeni klin koje može dovesti do klizanja vozila.[7]

Suvremena cesta ima zadaću omogućiti što sigurnije kretanje vozila u normalnim vremenskim uvjetima, uvjetima smanjene vidljivosti kao i noću. Na kolnik se postavljaju različiti uređaji s ciljem povećanja sigurnosti prometa i kako bi se omogućilo kretanje najvećim mogućim brzinama uz potpunu sigurnost prometa u svim vremenskim uvjetima. Opremu ceste čine uređaji kao što su [7]:

- Mačje oči
- Kilometarski stupići
- Ograde
- Odbojne ograde
- Kolobrani
- Putokazi
- Opreme, znakova i oznaka za označavanje zavoja, radova, zapreka i oštećenja kolnika
- Mjernih, upravljačkih i nadzornih uređaja

- Opreme tunela

Rasvjeta ceste važan je preduvjet za sigurno odvijanje prometa. Rasvjeti ceste zadaća je ta da svim sudionicima u prometu osigura sigurnu vožnju u noćnim uvjetima. Cesta koja je dobro osvijetljena povećava udobnost i smanjuje umor kod vozača i smanjuje prometno opterećenje. Uvjeti koje rasvjeta ceste mora zadovoljiti [7]:

- tijekom vožnje cesta mora biti vidljiva u svim dijelovima,
- trasa ceste mora biti uočljiva i opremljena različitim pomoćnim uređajima,
- sva opasna mjesta treba istaknuti da ih vozač pravovremeno uoči,
- osigurana visoka osvijetljenost da se vozač ne napreže za vrijeme vožnje,
- jednolična rasvjeta na cijeloj dionici ceste i
- tlocrtna i uspravna signalizacija trebaju biti uočljivi i ne smiju zasljepljivati vozača

Cestovna rasvjeta mora biti planirana, projektirana i izvedena na način da povećava sigurnost prometa odnosno svih sudionika, a postavlja se prema projektu i preporukama Međunarodne komisije za rasvjetu CIE (Commission Internationale de l'Eclairage). Cestovna rasvjeta, ukoliko je kvalitetno izvedena, pridonosi smanjenju prometnih nesreća, otklanja loše posljedice efekta „crnog okvira“ i „crnog otvora“ pri ulazu i izlazu iz tunela danju i noću, olakšava prilagođavanje oka vozača na promjene svjetla pri prolasku kroz tunel, omogućuje brže kretanje motornih vozila i povećanje propusne moći, pridonosi iskorištenju cestovne mreže noću te jamči sigurno kretanje pješaka i vozila.[7]

Prometne površine na kojima se križaju ili spajaju dvije ili više cesta nazivaju se raskrižjem. Na prometno opterećenje raskrižja utječe prometno opterećenje cesta koje se križaju. Raskrižja u mreži javnih cesta dijele se na raskrižja u razini, kružna raskrižja, raskrižja u više razina te kombinirana raskrižja. Raskrižja moraju biti pregledna, jednostavna, bez složenih i dugih vođenja prometnih tokova što se može postići smislenim i kvalitetnim projektiranjem. Čimbenici prema kojima se određuje tip raskrižja su potrebni kapacitet i sigurnost prometa. Kriteriji na koje se daje pozornost pri izgradnji raskrižja su sigurnost vožnje, propusna moć, ekonomičnost i estetski izgled. Na sigurnost odvijanja prometnog toka u raskrižju utječu ova osnovna načela [7]:

- vidljivost u raskrižju,
- preglednost raskrižja,
- prilagodljivost raskrižja okolini i sudionicima u prometu i
- protočnost raskrižja.

Do sukoba prometnih tokova dolazi provođenjem prometnih radnji koje su [7]:

- Presijecanje: to je križanje prometnih pravaca u jednoj točki
- Ulijevanje: to je povezivanje dva prometna toka u jedan zajednički prometni tok
- Izlijevanje: to je podjela prometnog toka na dva ili više tokova
- Preplitanje: to je promjena iz jednog u drugi prometni tok.

Imamo stalne i privremene zapreke pod koje spadaju ograde, drveća, stupovi, reklamni panoi i slično. Zapreke se postavljaju u blizini ruba kolnika. Zapreke na kolniku poput uskog mosta, propusta, uzdignutog rubnjaka i slično mogu biti i posljedice rekonstrukcije ceste. Ove zapreke imaju negativan utjecaj na sigurnost prometa, na način da povećavaju mogućnost nastanka prometne nesreće. U urbanoj sredini drveća predstavljaju ozbiljan problem. Prema Zakonu o cestama (Hrvatski sabor, 2011), na javnoj cesti, radi zaštite javne ceste i sigurnosti prometa na njoj, je zabranjeno [7]:

- oštetiti, ukloniti, premjestiti, zakriti ili na bilo koji drugi način izmijeniti postojeće, stanje prometne signalizacije, prometnu opremu te cestovne uređaje,
- postavljati ograde, saditi živice, drveće i druge nasade i
- postavljati transparente, plakate i druge oblike obavještanja odnosno oglašavanja na način koji nije propisan

Osnovni cilj održavanja ceste je da cesta ispunjava svoju funkciju odnosno da da ostane tehnički i uporabno funkcionalna te da omogućuje sigurno i neometano kretanje. Održavanje ceste se temelji na dugoročnom, srednjoročnom i godišnjem planu održavanja ceste. Postoji redovito i izvanredno održavanje. Izvanredno održavanje su radovi koji nastaju kao posljedica neočekivanih događaja ili radovi koji se dugoročno planiraju dok se redovito provodi tijekom cijele godine. Glavna zadaća svakog održavanja ceste je [7]:

- zaustaviti propadanje ceste,
- omogućiti sigurno i neometano odvijanje prometa,
- dovesti cestu u projektirano stanje,
- zaštita okoliša od štetnog utjecaja ceste i cestovnog prometa i
- smanjenje trakova održavanja dobrim stanjem ceste.

### 2.3. Vozilo kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa

Vozilo se koristi kao prijevozno sredstvo ljudi i tereta a svojim eksploatacijskim značajkama i konstrukcijskim elementima utječe na sigurnost prometa. Vozilo može biti i uzročnik prometne nesreće ali nije nužno uvijek moguće odrediti sve parametre vozila, stoga se uzima samo jasno izražen kvar. Vozilo ima više elemenata koji na svoji način utječu na sigurnost prometa, te elemente dijelimo na pasivne elemente i aktivne elemente vozila koji utječu na sigurnost prometa [8].

### 2.3.1. Pasivni elementi vozila koji utječu na sigurnost prometa

Pod pojmom pasivni elementi vozila koji utječu na sigurnost prometa podrazumijevaju se tehnička rješenja u vozilu čija je svrha ublažiti posljedice nastale prometne nesreće. Pasivni elementi vozila su [8]:

- karoserija vozila,
- vrata,
- vjetrobranska stakla i zrcala,
- položaj motora,
- položaj spremnika goriva, rezervnog kotača i akumulatora,
- odbojnici,
- sigurnosni pojasevi i nasloni za glavu i
- sigurnosni zračni jastuk.

Karoserija vozila je pričvršćena za okvir a ima namjenu smještaja putnika i vozača. Karoserija mora biti elastična, čvrsta aerodinamičnog oblika i otporna na udar, savijanje i lom. Karoserija je sastavljena od tri dijela [8]:

- prednjeg dijela, koji se koristi za smještaj pogona motora,
- srednjeg dijela, čija je namjena smještaj putnika,
- stražnjeg dijela, koji služi za smještaj prtljage

Vrata na vozilu moraju biti izrađena na način da spriječe savijanje karoserije i izdrže udarna opterećenja te pritom mora biti ugrađen sustav koji sprječava otvaranje vrata prilikom udara a istovremeno će omogućiti lakše otvaranje vrata dok je u procesu spašavanja ozlijeđenih osoba. [8]

Vjetrobranska stakla i zrcala prilikom konstrukcije treba što više odmaknuti od putnika kako bi se izbjegao udar glavom također nosači stakla moraju biti što lakše konstrukcije zbog toga da se što lakše deformiraju kako bi se smanjila mogućnost nastanka ozlijede. Stakla u vozilu ne smiju [8]:

- izazvati ozljede o posjekotinama,
- oštetiti oko,
- mora štiti od vanjskih stranih tijela i
- mora ostati providno nakon naglog loma.

Motor se može u vozilu smjestiti na tri načina te svaki položaj ima određene prednosti [8]:

- S prednje strane vozila: s aspekta sigurnosti ovo je najbolji položaj motora jer u sudaru motor preuzima veći dio kinetičke energije te na taj način štiti putnike.
- Centralno: obično se koristi kod sportskih vozila konstruirana za utrke jer ovim položajem motora je težina ravnomjerno raspoređena na obje osovine.
- Sa stražnje strane vozila: ovaj položaj ima manu da prednji dio karoserije nije zaštićen te spremnik goriva zna biti smješten sprijeda što može dovesti do zapaljenja u sudaru.

Spremnik goriva se postavlja na drugačije mjesto, ovisno o položaju motora, i ima svoje prednosti i mane, al ako se uzme u obzir da frontalni sudar stvara najteže ozljede a naleti vozila straga se događaju pri malim brzinama stoga se može zaključiti da je najbolji položaj za spremnik goriva sa stražnje strane. [8]

Iako bi najbolji položaj za rezervni kotač bio u prednjem djelu vozila zbog preuzimanja djela kinetičke energije prilikom sudara, treba se uzeti i u obzir estetski oblik vozila i povećanje gabarita kao i otpora zraka zbog tog položaja. [8]

Akumulator se ne smije postavljati u prostor namijenjen za putnike niti u prostoru blizu spremnika goriva zbog samozapaljivog sadržaja akumulatora u lomljivoj ambalaži. [8]

Odbojnici su ublaživači udara koji se pričvršćuju na prednji i stražnji dio vozila kako bi preuzeli dio kinetičke energije sudara. Izrađuju se od posebnih vrsta plastike kako bi bili malih težina, da ne podliježu koroziji i da se pri malim brzinama ne deformiraju. [8]

Sigurnosni pojas se sastoji od remena, kopče za vezanje i razvezivanje i spojnice za pričvršćivanje remena na vozilo. Funkcija pojasa je da prilikom čelnog sudara zadrži čovjeka u sjedalu da ne bude odbačen prema kolu upravljača ili vjetrombranskom staklu. [8]

Naslon za glavu ima funkciju potpore glave, odnosno onemogućuju zabacivanje glave unazad u trenutku pojave nagle inercije prema iza što može izazvati ozljedu vratne kralježnice. [8]

Sigurnosni zračni jastuk se aktivira u trenutku sudara i puni se plinom kako bi dočekalo vozača ili putnika da se izbjegne udar tijela, zračni jastuk ima jednokratnu aktivaciju nakon toga se mora ugraditi novi. [8]



### 2.3.2. Aktivni elementi vozila koji utječu na sigurnost prometa

Pod pojmom aktivni elementi vozila koji utječu na sigurnost prometa podrazumijevaju se tehnička rješenja u vozilu čija je svrha spriječiti nastanak prometne nesreće. Aktivni elementi vozila su [8]:

- pneumatici,
- kočioni sustav,
- upravljački mehanizam,
- konstrukcija sjedala,
- svjetlosni i signalni uređaji,
- uređaji koji povećavaju vidno polje vozača,
- usmjerivači zraka,
- uređaji za grijanje, hlađenje i provjetravanje unutrašnjosti vozila i
- vibracije vozila i buka.

Glavna funkcija pneumatika je obavljanje prijanjanja između kotača i podloge s čime omogućava sposobnost vuče, kočenja te upravljanje vozila. Također pneumatik mora nositi teret vozila i ublaživati udarce.[8]

Kočioni sustav ima zadaću usporavanja vozila ili prema potrebi potpunog zaustavljanja vozila, vrlo važan čimbenik sigurnosti cestovnog prometa. [8]

Jedne od najtežih ozljeda prilikom čelnog sudara su posljedice udaranja prsnog koša u kolo upravljača, zato upravljači moraju moći apsorbirati udarac što se postiže plastičnim deformacijama cijevi te otporom trenja.[8]

Zadaća sjedala je pravilno pridržavanje tijela tijekom vožnje stoga je konstrukcija sjedala bitna. Nedovoljno dobro pridržavanje tijela vozača prilikom djelovanja centrifugalne sile može utjecati na sigurnost prometa. [8]

Svjetlosni i signalni uređaji služe za osvjetljavanje ceste, označavanje položaja vozila i davanje određenih signala. [8]

Vozaču se mora omogućiti što veće vidno polje kako bi prije mogao uočiti situaciju te pravodobno reagirati. Povećanje vidnog se postiže prozorskim staklima na vozilu, brisačima i peraćima vjetrobrana i vozačkim zrcalima. [8]

Usmjerivači zraka imaju zadaću smanjenja otpora zraka i povećanje stabilnosti vozila kod velikih brzina. Pri velikim brzinama prednji kraj se diže od podloge odnosno smanjuje mu se težina pa usmjerivači moraju povećati težinu tog kraja. [8]

Uređaji za grijanje hlađenje i provjetravanje unutrašnjosti vozila imaju zadaću održavati prostor provjetren i na prihvatljivoj temperaturi jer u hladnim, toplim i zagušljivim prostorima je znatno smanjena sposobnost vozača. [8]

Vibracije, iako sjedala i nasloni ih djelomično izoliraju, se prenose preko stopala na čovjeka te dugotrajnom izloženosti vibracije utječu na sposobnost i zdravlje čovjeka te samim time i sigurnost vožnje. [8]

Buka je jak i neugodan zvuk kojeg čovjek osjeti i stvara nelagodu čovjeku. Buka ima negativan utjecaj na živčani sustav i unutarnje organe može izazvati glavobolju, vrtoglavicu, razdražljivost te smanjuje sposobnost vozača. [8]

## 2.4. Promet na cesti kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa

Pod pojmom promet na cesti podrazumijeva se [1]:

- Organizacija prometa: odnosi se na prometne propise i tehnička sredstva za organizaciju prometa.
- Upravljanje prometom: podrazumijeva način i tehniku upravljanja cestovnim prometnicama.
- Kontrola prometa: obuhvaća način kontrole prometa te ispitivanje i statistiku prometnih nesreća.

Prometni znakovi upozoravaju vozače o uvjetima i obavezama vozača simbolima, signalima i dopunskim pločama. Probleme vezane za izradbu i obnovu prometne signalizacije, opreme ceste, zaštitne ograde itd., treba riješiti planom tehničkog reguliranja prometa. [1]

## 2.5. Incidenti čimbenik sigurnosti cestovnog prometa

Čimbenici koji se ne mogu predvidjeti jer ne podliježu nikakvim pravilnostima, za razliku od prethodnih čimbenika, nazivaju se incidentnim čimbenicima a podrazumijevaju [1]:

- atmosferske prilike,
- trag ulja na cesti,
- blato i nečistoće na cesti,
- odroni i

- divljači.

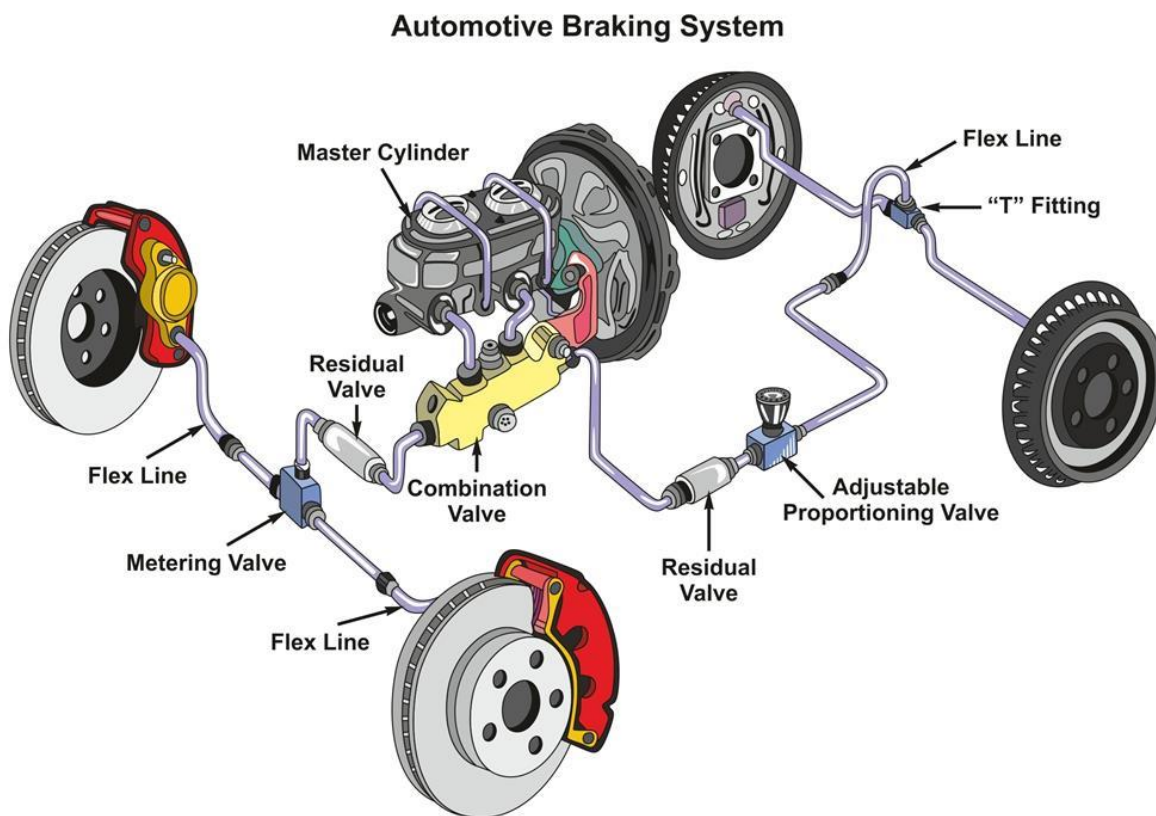
U atmosferske prilike spadaju [1]:

- kiša (smanjena vidljivost, skretanje prije vodenog klina),
- magla (smanjuje vidljivost),
- snijeg (otežava kočenje I smanjuje vidljivost),
- poledica (smanjen koeficijent prianjanja gume I podloge),
- vjetar (neprekidno se mijenja po pravcu I smjeru),
- atmosferski tlak (uvjetovan brzim i jakim promjenama vremena te utječu na vozača),
- visoke temp i
- Sunce.

### 3. ANALIZA RAZVOJA KOČIONIH SUSTAVA MOTORNIH VOZILA

Funkcija kočionih sustava motornih vozila je usporavanje i potpuno zaustavljanje vozila prilikom poduzimanja određenih radnji u prometu. Kvaliteta kočnica omogućuje što sigurnije zaustavljanje vozila stoga kočnice imaju utjecaj na samu sigurnost cestovnog prometa. Zadaća kočionih sustava je, prilikom kočenja, da omogući maksimalnu moguću efikasnost bez ugrožavanja stabilnosti i upravljivosti vozila. [9]

Uz samu brzinu kočenja i zadržavanja upravljivosti kočioni sustavi moraju biti takvi da je moguće kočiti više puta prije mijenjanja dijelova ili popravljanja. Uglavnom automobili imaju kočnice izvedene u obliku diska na prednjim kotačima a na stražnjim bubanj kočnicu, kako je prikazano na slici 3, dok neki imaju na sva četiri kotača diskove. [10]



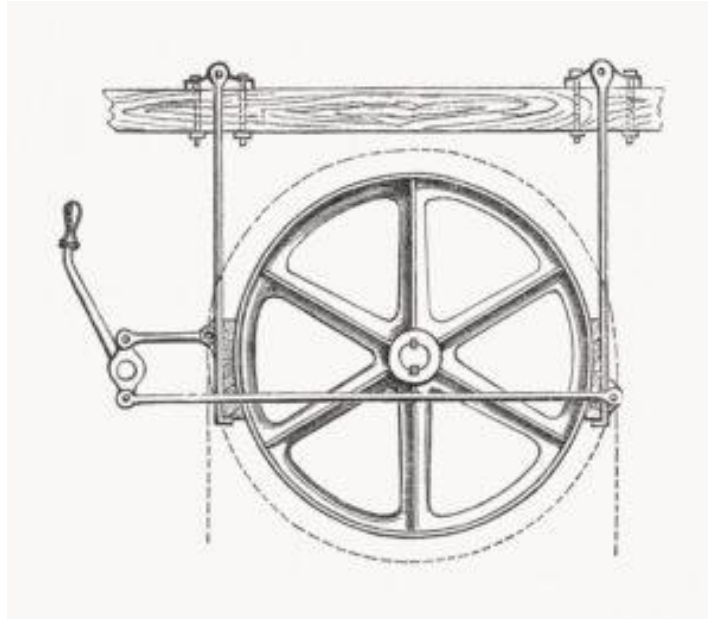
Slika 3: Kočioni sustav motornih vozila

Izvor: [11]

Razvojem kočionih sustava nastale su razne tehnologije izvedbe kočnica tijekom godina. U svim novim poboljšanjima kočionih sustava, glavni cilj bio je povećati sigurnost i učinkovitost automobila.

Od samog nastanka automobila, primijenjeno je nekoliko metoda kočenja. S napretkom povijesti kočnica, svaki novi sustav bio je izgrađen na temelju prethodnog. Tijekom godina tipovi kočnica koji su se koristili su [12]:

- Drvene kočnice s blokovima: ovaj kočioni sustav se temeljio na istim principima koji se i danas koriste, samo što su bili izvedeni od drvenih blokova i jedne poluge kojom je vozač aktivirao kočnicu kako je prikazano na slici 4. Ova vrsta kočnica koristila se na vozilima s čeličnim naplatcima, uključujući zaprege i parne automobile.
- Mehaničke bubanj kočnice: mehaničke bubanj kočnice smatraju se osnovom modernih kočionih sustava, francuski proizvođač Louisa Renault ih je razvio 1902., iako ih je prvi zamislio Gottlieb Daimler. Daimler je predložio da bi pričvršćivanje bubnja omotanog kablom na šasiju vozila moglo pomoći u zaustavljanju vozila, čime je stvoren prvi koncept bubanj kočnice.
- Hidrauličke kočnice: Malcolm Loughead je prvi predložio, 1918. godine, koncept kočionog sustava na četiri kotača koji koristi hidrauliku. Sustav je radi koristeći tekućinu za prijenos sile na kočione pločice prilikom pritiska papučice. Ovaj sustav kočenja postao je standard u gotovo svim vozilima do kraja 1920-ih godina.
- Disk kočnice: disk kočnice izumljene davno ali su popularnost stekle tek sredinom 20. stoljeća, kada je automobilska industrija naglo počela rast. Povećanjem težine i brzine vozila došlo je do toga da hidrauličke kočnice nisu bile učinkovite u raspršivanju topline. Prvi sustav, koji je integrirao disk i hidrauličke funkcije, nalazio se u modelu Chrysler Imperial.
- Antiblokirajuće kočnice (ABS): ABS sustav je razvijen kako bi spriječio blokiranje kočnica tijekom naglog kočenja. Radi tako što detektira trenutak kada bi moglo doći do blokiranja kotača i aktivira hidrauličke ventile kako bi smanjio pritisak na kočnicu jednog kotača. Ovaj sustav je revolucionirao način na koji kočnice funkcioniraju, pružajući vozačima veću kontrolu nad vozilom prilikom kočenja.



**Slika 4: Drvena kočnica s blokovima**

Izvor: [13]

Vozilo u pokretu ima neku količinu kinetičke energije koja se razlikuje na različitim brzinama, odnosno ovisi o brzini kretanja, težini, i nagibu ceste, stoga kočnice kod zaustavljanja vozila pretvaraju energiju u neki drugi oblik energije. Kod usporavanja i zaustavljanja vozila, kinetička energija se pretvara u toplinsku energiju koja nastaje trenjem između diska i pločica. Disk kočnica na automobilima mora biti ventilirana, to jest moraju imati cijevi kako bi se omogućio prolazak zraka kako bi se kočnica mogla hladiti. Ukoliko se kočnica ne može ohladiti, kočnica gubi određena svojstva kočionih elemenata. Pojavom električnih vozila se i pojavljuje novi mehanizam kočenja točnije regenerativno kočenje. [10]

Uvjeti koje kočioni sustav mora ispuniti su [9]:

- osigurati minimalni put kočenja ili maksimalno moguće usporenje pri naglom kočenju,
- osigurati stabilnost vozila pri kočenju,
- osigurati potrebnu udobnost putnika pri kočenju,
- osigurati dobro funkcioniranje sustava kočenja i pri učestalom kočenju (dobro odvođenje topline),
- dugi vijek trajanja i
- siguran rad.

Kočioni sustav motornih vozila može se podijeliti na ove dijelove sustava odnosno kočnice [9]:

- Radna kočnica: najvažniji dio kočionih sustava jer preuzima najvažniji zadatak, odnosno zadatak maksimalnog usporenja vozila u slučaju opasnosti i sva blaža, kratkotrajna kočenja, pri normalnim uvjetima kretanja. Mora u svim situacijama omogućiti vozaču brzo, sigurno i efikasno kočenje vozila. Radna kočnica mora djelovati podjednako na pojedine kotače iste osovine vozila.
- Pomoćna kočnica: služi za povećanje sigurnosti vozila u prometu, cilj je ostvariti veću pouzdanost sustava za kočenje. Zadatak je osigurati mogućnost usporenja vozila ukoliko dođe do otkaza radne kočnice.
- Parkirna kočnica: zadatak ove kočnice je osigurati trajno kočenje vozila u mjestu. Parkirna kočnica, pomoću čisto mehaničkog uređaja, nakon napuštanja vozila od strane vozača, mora zadržati vozilo u zakočenom položaju, i to bez obzira na podlogu, odnosno da li je vozilo na horizontalnoj podlozi ili s nagibom.
- Dopunska kočnica ili usporivač: namijenjen je za blago, dugotrajno usporavanje vozila, pri kretanju na dužim nizbrdicama. Dopunska kočnica je obavezno propisana samo za vozila većih ukupnih masa. Međutim, ako vozilo ima usporivač, on se često koristi i za sva blaga usporavanja, dakle u mnogim slučajevima kočenja, koja se normalno ostvaruju radnom kočnicom.

Kočnice se mogu izvesti na više načina a glavne izvedbe na koje se dijele su [9]:

- bubanj kočnice i
- disk kočnice.

A prema načinu prijenosa kočionog sustava [9]:

- mehanički,
- hidraulički,
- pneumatski i
- kombinirani.

### 3.1. Bubanj kočnice

Bubanj kočnice (slika 5) rade tako da ostvaruju trenje između unutarnje strane bubnja vezanog s kotačem i čeljusti oslonjenih na nepomični nosač. Čeljusti na sebi imaju tarnu površinu koja treba podnositi visoke temperature uz visoku čvrstoću i imati postojani koeficijent trenja. Bubanj kočnice se mogu podijeliti prema njihovoj izvedbi na [14]:

- Simplex izvedbu,
- Duplex izvedbu i
- Duoduplex izvedbu.



**Slika 5: Bubanj kočnica u dijelovima**

Izvor: [15]

Kod kočenja, simplex izvedbom bubanj kočnice (slika 6), na jednom kraju čeljusti se razmiču, dok na drugom se zakreću oko osovinica. Razmicanje čeljusti pri kočenju može se izvesti ekscentrom ili konusnim umetkom u kočnicama s mehaničkim i pneumatskim prijenosnim mehanizmom. U kočnicama s hidrauličnim i hidro-pneumatskim prijenosnim mehanizmom razmicanje se vrši s hidrauličkim kočnim cilindrom. Kočenje prestaje tako da opruga odmakne čeljusti od bubnja do čega dolazi prestankom djelovanja sile. [14]

Početkom kočenja stvara se sila trenja između čeljusti i bubnja zbog čega nastaje okretni moment na čeljust oko osovinice koji povećava pritisak čeljusti na bubanj. Stoga je ona čeljust sa samopojačnom silom čeljusti. Na suprotnoj čeljusti se također stvara moment oko osovinice koji u ovom slučaju smanjuje silu pritiska te čeljusti na bubanj pa je to čeljust sa samooslabljenom silom čeljusti. Okreće li se kotač u suprotnome smjeru čeljusti će imati obrnuto djelovanje. Takva kočnica se naziva simplex kočnicom. [14]





**Slika 6: Simplex kočnica**

Izvor: [16]

Duplex kočnica stvara samopojačnu silu za obje čeljusti izvodi se (slika 7). Izvodi se s dva kočna cilindri s jednim klipom za svaki. Prilikom kočenja bubanj se okreće u jednom smjeru a kočni cilindri djeluju na obje čeljusti zbog čega nastaje okretni moment oko osovinica povećavajući. Kod duplex kočnice samopojačanje djeluje na obje čeljusti pri vožnji u jednom smjeru dok u vožnji u drugom smjeru dolazi do samooslabljivanja obju čeljusti i to predstavlja nedostatak ovoga rješenja. [14]

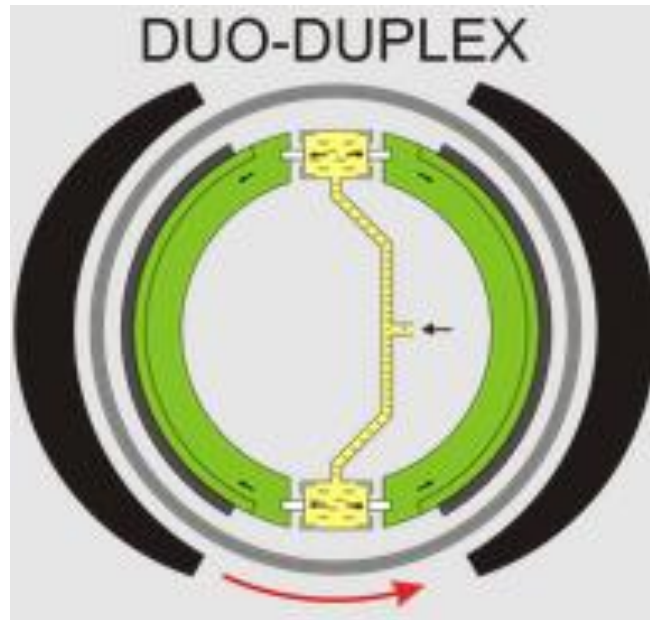


**Slika 7: Duplex kočnica**

Izvor: [16]

Duoduplex kočnica djeluje s oba dvije čeljusti sa samopojačanim silama tijekom vožnje u oba smjera. Na krajevima čeljusti se nalaze kočni cilindri s dva klipa koji djeluju na obje čeljusti. [14]

Nakon istrošenja tarnih obloga na čeljustima mijenjaju se ili čeljusti ili samo tarne obloge koje su sa čeljustima spojene pomoću ljepljive ili zakivanja. Bubanj kočnice se najčešće ugrađuju u stražnje kotače automobila, autobusa, teretnih vozila i drugih motornih vozila. [14]

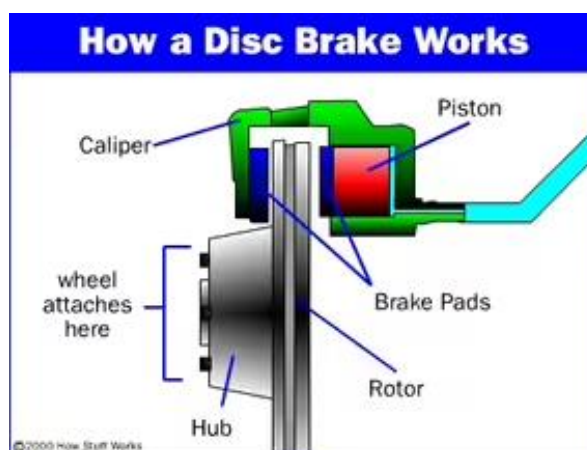


**Slika 8: Duoduplex kočnica**

Izvor: [17]

### 3.2. Disk kočnice

Kod disk kočnica (slika 9) kočna sila se ostvaruje između bočnih strana diska koji je povezan s kotačem i kočnih obloga vezanih za nepomični nosač preko sedla u obliku slova U. Sila pritiskivanja obloga na disk ostvaruje se pomoću kočione tekućine koja se dovodi pod povećanim tlakom u cilindre koji se nalaze u sedlu. Tekućina pritiskuje klipove, a oni kočne papučice na disk. Kočenje završava prestankom djelovanja tlaka tekućine tada se obloge odmiču i ostaju neposredno uz disk. [14]



**Slika 9: Disk kočnica**

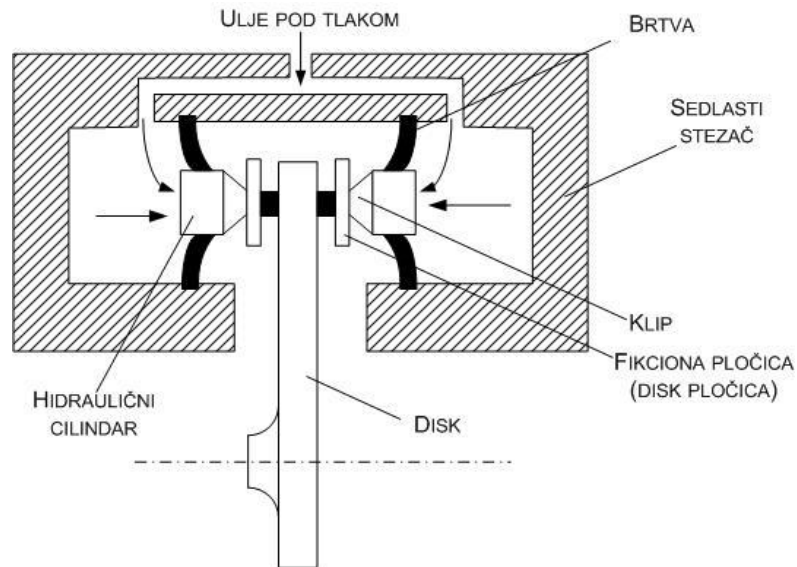
Izvor: [18]

Za razliku od bubanj kočnica disk kočnice omogućavaju brže i ujednačenije kočenje vozila, zbog znatno boljeg odvođenja topline i znatno manje osjetljivosti na povećano termičko opterećenje koje nastaje pri višestrukome uzastopnom i dugotrajnom kočenju. Kod disk kočnica ne dolazi do pojave efekta samokočnosti. Kod disk kočnica je potrebna veća sila aktiviranja koja se postiže pomoću pneumatskih servo uređaja. [19]

Disk kočnice nisu jako osjetljive na promjenu vrijednosti koeficijenta trenja između obloga kočnice i diska što omogućava veću ujednačenost kočenja pojedinih kotača a time i veću kočnu stabilnost vozila. Zbog male zračnosti između obloga kočnice i diska dolazi do efekta tzv. samočišćenja što također ide u prilog ujednačenijem kočenju. Disk kočnice omogućavaju brže i ujednačenije kočenje pojedinih kotača vozila a time naravno osiguravaju i veću kočnu stabilnost vozila. [19]

Svaka disk kočnica, neovisno o izvedbi, se sastoji od diska koji rotira zajedno s kotačem, i nepomičnog sedlastog stezača koji sadrži jedan ili više radnih hidrauličnih cilindara a po svojoj izvedbi mogu biti s fiksnom ili pomičnom stegom. [19]

Kod disk kočnice s fiksnom stegom (slika 10), sedlasti stezač sadrži najmanje dva nasuprotno smještena radna hidraulična cilindra. Kada se aktivira kočnica, tlak radnog medija raste te dolazi do aksijalnog pomaka klipova čime kočne papuče bivaju pritisnute nabočne stijenke diska. Uslijed aksijalnog pomaka radnih klipova dolazi do elastične deformacije gumenih brtvi prilikom deaktiviranja kočnice, što osigurava automatsko odmicanje klipova od diska za iznos koji odgovara veličini deformacije gumenih brtvi. [19]

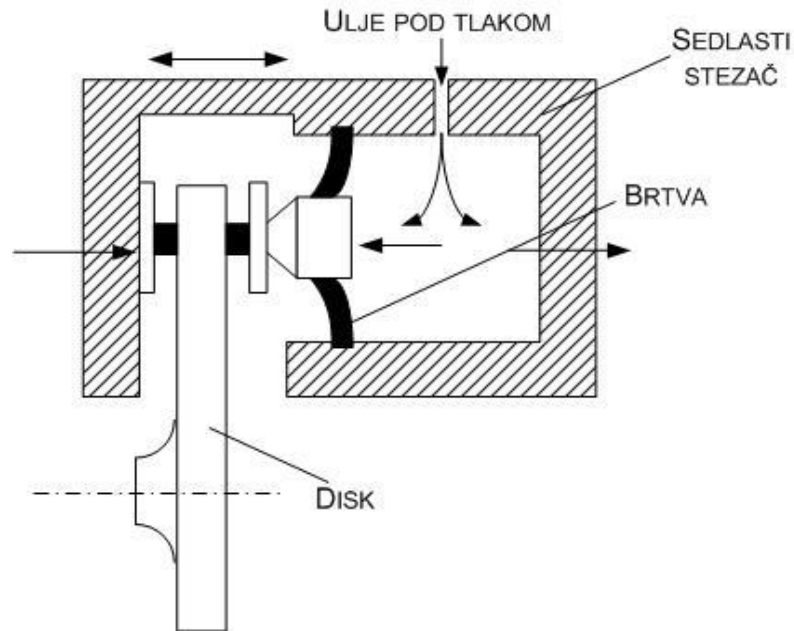


**Slika 10: Disk kočnice s fiksnom stegom**

Izvor: [19]

Kod disk kočnica s pomičnom stegom (slika 11) sedlasti stezač se pomiče aksijalno a sadrži jedan ili više radnih hidrauličnih cilindara smještenih samo s jedne strane diska. Kada se kočnica aktivira,

tlak radnog medija raste te dolazi do aksijalnog pomaka radnog klipa koji pritišće papuču kočnice na disk. Tlak radnog medija djeluje i na dno cilindra te dolazi do pomaka sedlastog stezača kojim se pritiskuje druga papuča o disk. [19]



**Slika 11: Disk kočnica s pomičnom stegom**

Izvor: [19]

Zbog velikih zagrijavanja diskovi se ne zaštićuju kako bi se mogli hladiti okolnim zrakom. Na vozilima gdje se kočnice jako opterećuju, diskovi se ugrađuju s unutarnjim rebrima koja osiguravaju dodatno strujanje zraka i bolje hlađenje. Disk kočnice se ugrađuju na prednje kotače, a kod vozila s jačom opremom ili snagom se ugrađuju i na stražnje kotače, tada se parkirna kočnica ugrađuje u isti sklop s posebnim tarnim elementima i mehaničkim aktiviranjem. [14]

Prilikom višestrukog i intenzivnog kočenja diskovi se zagrijavaju čak i do temperature crvenog usijavanja što je više od 850 °C te pri tim temperaturama, mehanička svojstva diskova se pogoršavaju i dolazi do smanjivanja koeficijenta trenja te otkazivanja diskova. Taj problem su stručnjaci vodećih svjetskih proizvođača automobila riješili ugradnjom keramičkih diskova. [14]

Keramički diskovi (slika 12) mogu izdržati temperature do 1600 °C i lakši su od klasičnih za 70 % pa imaju manje momente inercije. Veća otpornost na visoke temperature omogućuje veći pritisak između kočionih pločica i diskova što uz isti ili sličan koeficijent trenja stvara znatno veći moment kočenja. Lakši kočioni diskovi povećavaju dinamičku stabilnost automobila. Pri brzini od 100 km/h vozila mogu stati u 30 metara, ta udaljenost je 10 % kraća u usporedbi s najboljim klasičnim diskovima. Na tijelu vozača se javljaju sile koje su za 50 % veće od težine tijela. Keramički diskovi imaju neusporedivo veću trajnost i osiguravaju ravnomjernije kočenje, usprkos znatno intenzivnijeg kočenja. Osim što podnose jako velike temperature, keramički diskovi reagiraju brže i imaju za 25 %

veću kočnu silu nego klasični diskovi. Zbog svoje cijene keramički diskovi se ugrađuju samo u sportske automobile bez obzira na bolje performanse. [14]

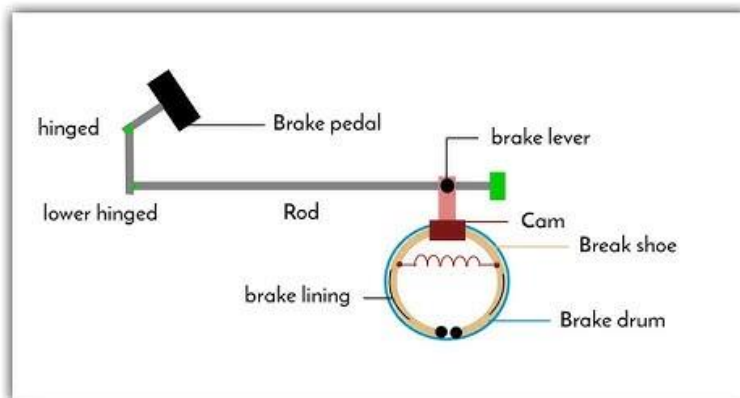
### 3.3. Mehanički prijenosni mehanizam

Kod mehaničkog prijenosnog mehanizma (slika 12) kočiona sila se prenosi pomoću polužja, spona i čeličnih užadi. Koristi se kod motocikla, manjih traktora za zadnje kotače, pomoćnih i parkirnih kočnica te se koristi na naletnim kočnicama lakših priključnih vozila. Radi tako da se potiskivanjem papučice kočnice povlači spona ili čelično uže koje aktivira kočnicu. Pomak čeličnoga užeta prenosi se na polugu koja zakreće ekscentar bubanj kočnice, a on potiskuje čeljusti kočnica na bubanj ostvarujući trenje. Ostvarena sila na papučici ovisi o prijenosnom odnosu ukupnog polužja. Nakon puštanja papučice prestaje kočenje na način da opruga vraća polužje u otkačeni položaj, a druga opruga odvaja čeljusti od bubnja. [14]

Aktivacija pomoćnih i parkirnih kočnica se obavlja pomoću ručice umjesto papučice. Parkirna kočnica sadrži uređaj koji omogućuje zadržavanje kočnice u određenom položaju. [14]

Elementi prijenosa sile moraju biti izvedeni na način da na njih ne utječu progibi ovješena kotača niti zakretanje upravljački kotača. Mehanički prijenos mehanizma ima velike prazne hodove čime se produljuje vrijeme aktiviranja kočnica. Svi ti nedostaci su razlog zašto mehanički prijenosni sustav nije našao širu primjenu na motornim vozilima. [14]

## Mechanical Braking Operating Principle



- How does mechanical braking works full explained

Slika 12: Rad mehaničkog prijenosnog mehanizma

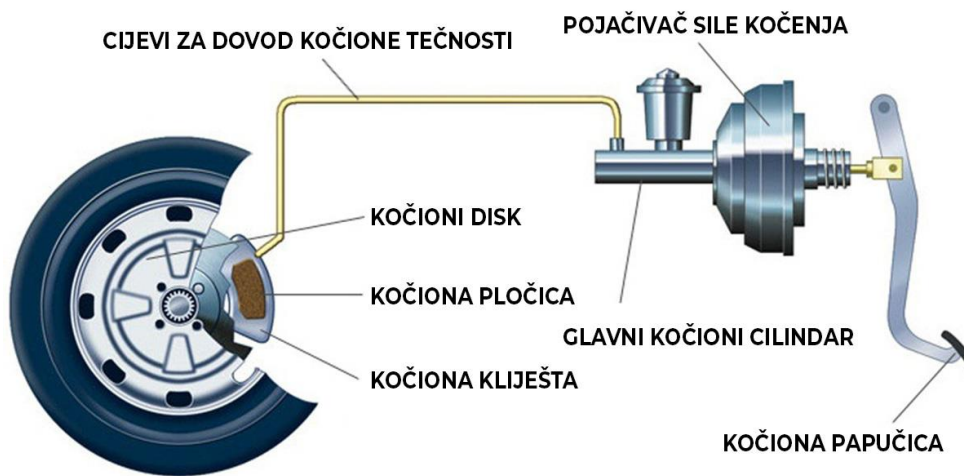
Izvor: [20]

### 3.4. Hidraulični prijenosni mehanizam

Hidraulički prijenosni mehanizam se koristi uglavnom kod osobnih vozila i kod manjih teretnih vozila. Prednost, u odnosu na mehanički prijenosni mehanizam, je ta što hidraulično aktiviranje kočnica omogućava jednoliki prijenos sile na kočnice pojedinih kotača vozila. Hidraulični sistem se relativno jednostavno održava a sam sistem nije posebno osjetljiv na utjecaj vanjske prljavštine koja inače djeluje na vozilo tokom njegove eksploatacije. [19]

Načelo rada hidrauličkog prijenosnog mehanizma (slika 13) se temelji na Pascalovom zakonu. Sila se prenosi koristeći ulje u kočnicama u zatvorenom sustavu. Tlak se širi jednako u svim smjerovima u tekućini, čime je omogućena isključiva upotreba ovog mehanizma u radnim kočnicama. [14]

Za aktiviranje kočnice potrebno je pritisnuti papučicu preko koje se potiskuje klip u glavnome cilindru. Povećava se tlak u cjevovodu, potiskivanjem klipa, koji se prenosi u kočne cilindre koji se nalaze u kotačima vozila. Tlak djeluje na klipove koji potiskuju čeljusti kočnica na bubanj kočnice i dolazi do kočenja. Kada vozač prestane kočiti tlak se smanjuje i opruga odvajaju čeljusti od bubnja, radi na isti način i kod disk kočnica. [14]



### HIDRAULIČNI KOČIONI SISTEM

Slika 13: Rad hidrauličkog prijenosnog sustava

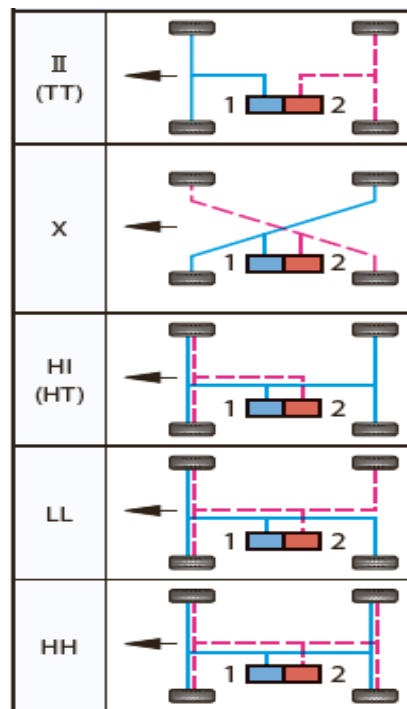
Izvor: [21]

Kod jednokružnih kočnica se iz jednog izvoda na glavnome cilindru povezuju svi kočni cilindri zajedničkim cjevovodom. Prednost je jednostavna konstrukcija a nedostatak je taj da u slučaju puknuća cjevovoda na bilo kojem mjestu dolazi do curenja tekućine pri čemu se gubi mogućnost kočenja. [14]

Kako bi se izbjegli ovi nedostaci razvile su se dvokružne kočnice. Glavni cilindar ima dva neovisna izvoda za priključak dvaju neovisnih cjevovoda koji su povezani s nekim kočnim cilindrima tako je ostvarena veća pouzdanost kočnica, jer u slučaju otkaza jednog hidrauličkog kruga, drugi krug može kočiti kotače iz drugog kruga. [14]

Postoje različita dvokružna sustava kočnica kako je prikazano na slici 14 [19]:

- TT: jedan krug djeluje samo na prednje, a drugi samo na stražnje kotače vozila.
- X: najčešće rješenje. svaki hidraulički krug djeluje na jedan prednji kotač i dijagonalno suprotni stražnji kotač.
- HT: jedan hidraulički krug djeluje na sve kotače, a drugi samo na prednje.
- LL: svaki krug djeluje na oba prednja kotača i po jedan od stražnjih.
- HH: oba kočiona kruga djeluju na sve kotače.



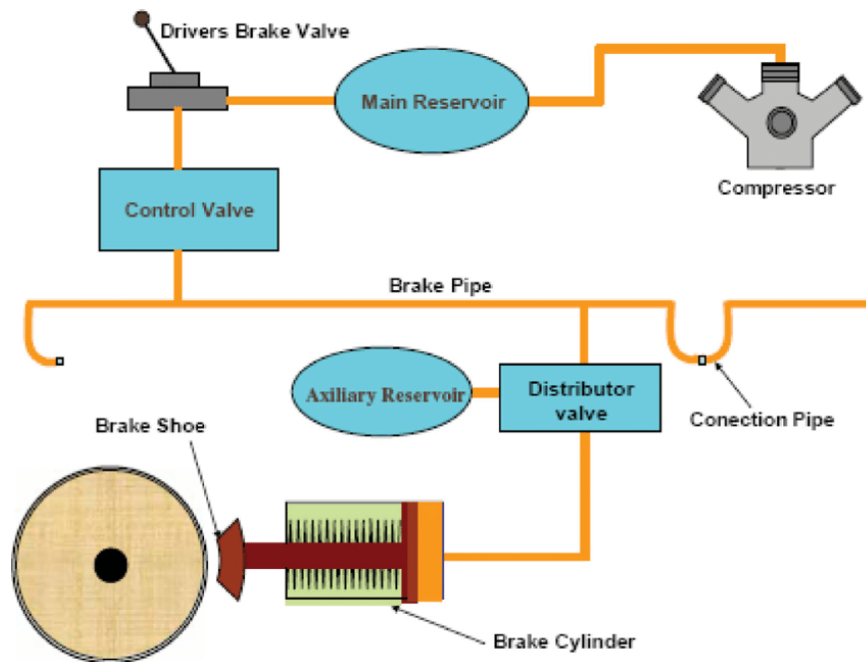
**Slika 14: Prikaz dvokružnih sustava kočnica**

Izvor: [19]



### 3.5. Pneumatski prijenosni mehanizam

Da bi se, kod vozila čija ukupna masa je veća od 3500 kg, postiglo zadovoljavajuće usporenje potrebna je velika sila aktiviranja kočionog sustava koju vozač ne bi mogao ostvariti pritiskom noge. Zbog toga se koristi pneumatski prijenosni sustav (slika 15), kod kojih se pomoću zraka pod povećanim tlakom vrši aktiviranje radnih kočnih cilindara na kotačima vozila. Kod pneumatskog prijenosnog mehanizma, vozač pritiskom noge na pedalu kočnog ventila vrši samo regulaciju količine i tlaka zraka koji se pušta u radne kočne cilindre na kotačima vozila i na taj način ujedno onda i regulira intenzitet kočenja vozila. [19]



**Slika 15: Rad pneumatskog prijenosnog mehanizma**

Izvor: [22]

Moguće grupe u koje se svrstavaju dijelovi i sklopovi kočnica su [14]:

- Uređaji za opskrbljivanje energijom: imaju funkciju dovođenja potrebne energije odnosno stlačeni zrak. Tu spadaju: kompresor, regulator tlaka, sušilo zraka i regeneracijski spremnik zraka.
- Uređaji za aktiviranje kočnice: to su sklopovi koji imaju funkciju upravljanja djelovanja kočnice, a ti sklopovi su pneumatski razvodnik ili ventil radnih kočnica, ventil parkirne kočnice i ventil za automatsko uključivanje kočnica priključnog vozila u slučaju njegovog odvajanja od vučnog vozila.

- Prijenosni uređaji: obuhvaća sve uređaje koji imaju funkciju prijenosa energije do kočnog mehanizma, a ti uređaji su sigurnosni ventil, spremnici stlačenoga zraka s ventilima za ispuštanje vode, relejni ventil, regulator sile kočenja i kočni cilindri.
- Kočni mehanizam: to je sama kočnica ili bubanj ili disk.

Kod pneumatskog prijenosnog mehanizma također postoji jednokružna ili dvokružna izvedba kočnica. [14]

Jednokružne kočnice imaju zajednički prijenosni uređaj. Stlačeni zrak se prenosi na sve kočne cilindre. U slučaju kvara u takvom uređaju cijeli kočni uređaj gubi funkciju. [14]

Dvokružne kočnice imaju dvokružno izveden prijenosni uređaj. Jedan krug prenosi stlačeni tlak na prednje kotače, a drugi na stražnje. U slučaju kvara na jednome krugu drugi će omogućiti kočenje tako da su dvokružne kočnice puno sigurnije od jednokružnih. [14]

Sustav radi na način da kompresor usisava zrak i tlači ga kroz regulator tlaka i sušilo zraka. [14]

Regulator tlaka propušta zrak, iz kompresora, ili prema spremnicima stlačenog zraka ili prema okolini. Na taj način se regulira radni tlak zraka. [14]

Svrha sušila zraka je odstraniti veći dio vlage iz stlačenoga zraka. Zrak koji kompresor usisava iz okoline sadrži određenu količinu vlage. Komprimiranjem i hlađenjem zraka na okolišnu temperaturu kondenzira dio vlage koja je u obliku vodene pare i skuplja se u dijelovima pneumatske kočnice u obliku tekućine. Ova pojava ima nekoliko nedostataka poput [14]:

- smrzavanja i otkazivanja pojedinih ventila pri niskim temperaturama,
- korozije spremnika, ventila i cilindara,
- ispiranja mazivnog sredstva u pojedinim sklopovima.

Kako bi se izbjegli neželjeni efekti ugrađuje se sušilo zraka i regeneracijski spremnik koji omogućuje regeneraciju sušila dok zrak ne prolazi kroz njega nego ga regulator ispušta u okolinu. [14]

Zrak iz sušila ide u sigurnosni ventil, koji u dvokružnim kočnicama ima funkciju opskrbljivanja zrakom i osiguravanja radnog tlaka za [14]:

- oba kruga radnih kočnica,
- krug parkirne kočnice,
- krug kočnica priključnog vozila,
- pomoćne pneumatske krugove.

Zrak se raspoređuje iz sigurnosnih ventila u spremnike stlačenoga zraka koji na sebi imaju s donje strane ventil za ispuštanje vode koji može biti ručni i automatski. Stlačeni zrak se dovodi iz spremnika do ventila radnih kočnica čiji je zadatak da na pritisak papučice upravlja s dva neovisna kruga kočnica na vučnom vozilu i, ukoliko je priključeno, kočnicama priključnog vozila preko njegovog upravljačkog ventila. [14]

Za radnu i parkirnu kočnicu kočni cilindri stražnjih kotača su kombinirani. Dio kombiniranog cilindra koji se odnosi na parkirnu kočnicu nalazi se u otkočenom stanju ako je u njemu doveden stlačeni zrak. Opruga aktivira kočnicu ispuštanjem tog zraka i tako osigurava vozilo protiv kretanja za vrijeme stajanja i na nagibu kada je vozilo u mirovanju. Pomicanjem ručice parkirne kočnice dolazi do ispuštanja zraka iz dijela kočnih cilindara koji se odnose na parkirnu kočnicu, a opruge potiskuju klipove i uključuju kočnicu. Relejni ventil ima funkciju brzog punjenja i pražnjenja kočnih cilindara kako bi se ostvario brz odaziv kočnica. [14]

### 3.6. Kombinirani prijenosni mehanizam

Kombinirani prijenosni mehanizam se sastoji od pneumatskog i hidrauličnog dijela. Hidraulični se koristi kao radni dio a pneumatski samo za stvaranje potrebne sile pritiska na klip glavog kočnog cilindra. [19]

Prednost ovog prijenosnog mehanizma je laganiji smještaj cilindra unutar kočnice, brz odaziv i jednoličnije kočenje. [19]

Vozač pritiskom noge na pedalu pneumatskog kočnog ventila pušta zrak iz spremnika u pneumatski servo kočni cilindar, gdje se sila tlaka zraka, preko membrane i potisne poluge, prenosi na klip glavog hidrauličnog kočnog cilindra rezultirajući porastom tlaka tekućina u hidrauličnom dijelu kočne instalacije. [19]

Navedeni prijenosni mehanizam se naziva Hidropneumatski a postoji i elektropneumatski prijenosni mehanizam. Taj se mehanizam primjenjuje kod vozila većih dužina i u kombinaciji vučnih i priključnih vozila. [14]

Pneumatski mehanizam ostvaruje potrebne sile kočenja, a upravljanje se ostvaruje električnim putem. U tu svrhu se ugrađuju elektropneumatski ventili koji upravljaju s upuštanjem i ispuštanjem stlačenog zraka u kočne cilindre pomoću električnog impulsa dobivenog od djelovanja vozača na papučicu kočnice. [14]

Ovakva izvedba omogućava istovremeno kočenje svih kotača i brži odaziv kočenja. Istovremeno djelovanje kočnica važno je kod dužih vozila i kombinacija s priključnim vozilima, jer se ostvaruje veća stabilnost vozila pri kočenju. [14]

### 3.7. Regenerativno kočenje

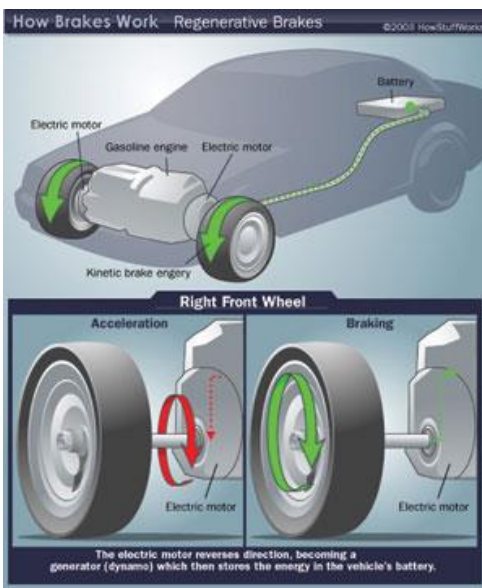
Regenerativno kočenje se odnosi na mehanizam koji usporava brzinu vozila pretvarajući kinetičku energiju u neki drugi koristan oblik energije. Ova energija se, električnim i hibridnim vozilima, pohranjuje u baterijama ili u kondenzatoru kako bi se iskoristila za kasniju upotrebu. Sljedeći oblik sustava za pohranu energije uključuje upotrebu komprimiranog zraka i zamašnjaka. [10]

Komprimirani zrak se prvi put pojavljuje na traktorima Krieger koji su bili djelomično pogonjeni električnim pogonom, a dijelom s konjskom vučom. Ti krugovi imaju električne motore na svim kotačima i ponašaju se poput generatora u uvjetima kočenja, akumuliraju energiju kočenja kao struju za punjenje ugrađenih baterija. [10]

Sustav kočenja na trenje se i dalje koristi uz električno regenerativno kočenje iz razloga što regenerativno kočenje ima znatno manji učinak pri nižim brzinama, pa je trenje tijekom kočenja i dalje potrebno za zaustavljanje vozila u potpunosti. Trenje tijekom kočenja je neophodno kao alternativa u slučaju kvara regenerativnog kočenja. Regenerativno kočenje se odnosi samo na pogonske kotače, vozila s regenerativnim kočenjem imaju najčešće dva pogonska kotača, pa je zbog kočenja u teškim uvjetima trenje potrebno kod drugih kotača. [10]

Snaga za usporenje vozila treba se rasporediti na kočni sustav u hitnim situacijama tako da bude višestruko veća od snage za ubrzanje. Zbog toga je potrebno koristiti kočenje trenjem, uz regeneracijsko kočenje, kako bi se postigao željeni efekt krajnjeg kočenja. [10]

Regenerativno kočenje (slika 16) je svako kočenje gdje se dio kinetičke energije pohranjuje u nekom obliku energije, umjesto da se topline rasipa u okoliš, kako bi se dio pohranjene energije mogao koristiti u nekim uvjetima za bolji, učinkovitiji rad stroja, a takva energiju se može koristiti na razne načine, od punjenja baterija do dodatne snage automobila. Ovi uređaji koriste veliki broj dodatnih senzora za utvrđivanje koliko intenzivno zapravo vozač namjeru kočiti. Uređaj otkriva položaj papučice kočnice i očitava silu koja izračunava željeni stupanj usporavanja. Uređaj istodobno očitava brzinu kotača putem senzora koji se koriste za ABS, određujući tako vrstu površine po kojoj se vozilo kreće: led, snijeg, busen ili asfalt. [10]



**Slika 16: Regenerativno kočenje**

Izvor: [23]

Najznačajnije prednosti regenerativnog kočenja su [10]:

- uštedu energije vraćanjem dijela energije u mrežu,
- niže troškove održavanja zbog smanjenog korištenja mehaničkog kočenja i smanjenog trošenja kočnica,
- veću udobnost putnika zbog dobrih, mekih i stabilna reakcija sile kočenja,
- smanjenje prašine u okolišu uzrokovane mehaničkim kočnicama,
- smanjenje kočione buke,
- i posredno, kao rezultat smanjene potrošnje energije, smanjene emisije CO<sub>2</sub> koje bi trebale biti proizvedene i uštedjeti energiju.

Najznačajniji nedostaci regenerativnog kočenja su [10]:

- regenerativno kočenje radi samo na pogonskim kotačima,
- regenerativne kočnice obično ne daju dovoljno sile kočenja u uvjetima zaustavljanja panike,
- učinkovitost regenerativnog sustava ograničena je faktorima poput kapaciteta sustava skladišta energije i izlaza električnog motora,

- tradicionalni regenerativni sustavi nespojivi su s neelektričnim, nehibridnim vozilima.

Postoje različite vrste regenerativnog kočenja [10]:

- regenerativno kočenje na temelju principa zamašnjaka,
- regenerativno kočenje na temelju principa generatora i
- hidrauličko regenerativno kočenje.

Kod regenerativnog kočenja na principu zamašnjaka, prilikom usporavanja vozila, određena količina kinetičke energije se prenosi na zamašnjak odnosno kinetička energija kretanja vozila pretvara se u kinetičku energiju zamašnjaka koja se, ukoliko je vozilu potrebno još energije, prenosi sa zamašnjaka na kotače. [10]

Pogon elektromotora može raditi u svim kvadrantima nM dijagrama ako su ostvareni uvjeti. U kvadrantima gdje su okretni moment i brzina vrtnje istog smjera, pogonsko stanje je motorno, a gdje je smjer momenta i brzine različit, vozno stanje je kočenje. Radno stanje kočenja želi usporiti ili zaustaviti pogon elektromotora. [10]

Kod hidrauličkog regenerativnog kočenja prilikom pritiska na papučicu kočnice, kinetička energija vozila se pretvara u energiju potrebnu za pogon reverzibilne pumpe koja potiskuje tekućinu iz niskotlačnog spremnika u visokotlačni spremnik. U visokotlačnom spremniku tekućina smanjuje količinu dušika koji se nalazi u visokotlačnom spremniku, povećavajući pritisak pri kočenju vozila. Energija potrošena na pogon pumpe može potpuno zaustaviti vozilo. Dušik ostaje pod visokim tlakom sve dok vozač ne pritisne papučicu gasa i tada dušik pod pritiskom počinje potiskivati tekućinu natrag kroz reverzibilnu pumpu. Takav sustav kočenja učinkovito koristi energiju potrebnu da bi se vozilo zaustavilo. [10]

### 3.8. Elektronički sustavi za stabilnost i kočenje cestovnih vozila

Program elektroničke stabilnosti revolucionarizirao je postupak upravljanja vozilom. Mehanika upravljača i ovjesa te brojna elektronika za sprječavanje blokiranja kotača i proklizavanja pogonskih kotača osiguravaju optimalne uvjete za upravljanje vozilom. Program elektronske stabilnosti je prva aktivna potpora upravljanju automobila, koja vozaču omogućuje da se u slučaju gubitka kontrole nad vozilom lakše vrati na željenu putanju. [9]

Elektronički sustav za kočenje je dizajniran da bi skratio put kočenja i omogućio vozaču da pritiskanjem i otpuštanjem kočnice upravlja vozilom bez gubitka kontrole i s time izbjegne opasnu situaciju. [9]

Elektronički sustavi za stabilnost cestovnih vozila su [24]:

- ABS ( Anti-Lock Braking System)

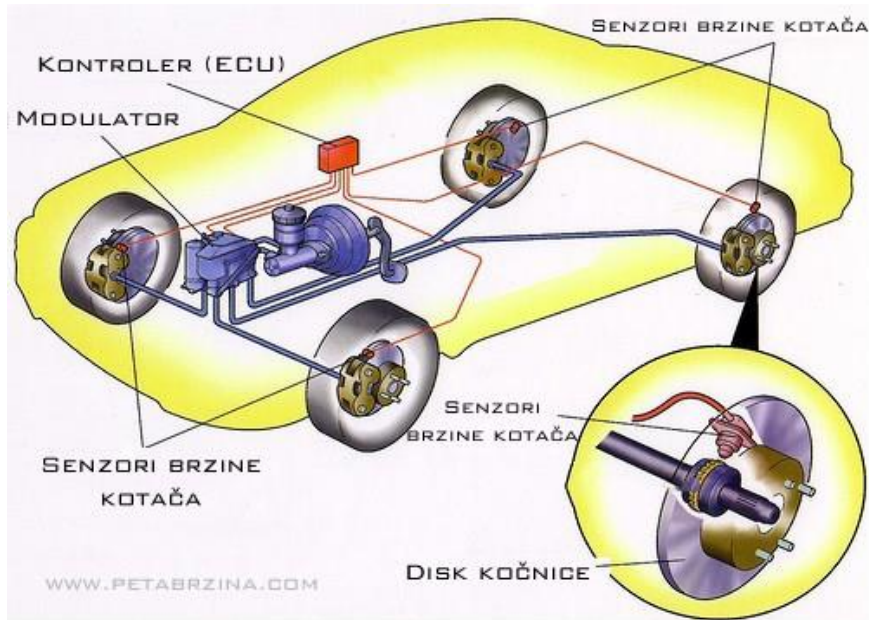
- ASR ( Anti Slip Regulation)
- ESP (Electronic stability program)
- Bas (Brake Assist System)
- DBC (Dynamic Brake Control)
- SBC (Sensotronic Brake Control)
- EBD (Electronic Brake Distribution)
- EBS (Electronic Braking System)
- EWB (Electronic WedgeBrakes)

### 3.8.1. ABS ( Anti-LockBraking System)

ABS je protublokirajući sustav kočnica koji osigurava kotrljanje kotača i upravljanje vozilom tako da sprječava blokiranje kotača i time nekontrolirano gibanje vozila. Kotrljanjem kotača se zadržava upravljivost. ABS se koristi i u hidrauličkim i pneumatskim kočnicama. Tijekom kočenja regulira se kočni tlak pojedinih kotača ovisno o prljanju između podloge i kotača te se time sprječava blokiranje kotača. Sprječavanje blokiranja kotača se postiže na način da se kotač više puta koči i otkoči pri granici blokiranja što omogućuje kotrljanje, prljanje i prijenos sile između kotača i podloge. Djelovanje ABS-a može se osjetiti kod nekih automobila u obliku vibracija ili trzanja papučice pri naglom pritisku na papučicu kočnice. Do te pojave dolazi radi razlike tlaka ulja pri radu pumpe, a u suvremenim ABS sustavima kod pojedinih vozila manje je izražena. [24]

Elementi od kojih se ABS sastoji su (Slika 17) [14]:

- senzora kotača s impulsnim prstenovima,
- elektronički upravljački uređaj i
- hidroagregat s elektromagnetnim ventilima.



**Slika 17: Prikaz ABS**

Izvor:[25]

Prednosti koje ima korištenje ABS [14]:

- zadržane su bočne sile vođenja i vozna stabilnost,
- vozilo ostaje upravljivo pa je moguće izbjegavati prepreke,
- postizanje optimalnog puta kočenja na normalnoj podlozi i
- sprječavanje lokalnih istrošenja pneumatika jer kotači ne mogu blokirati.

Duljina zaustavnog puta, u prosjeku, osobnih vozila na ljetnim pneumaticima, pri brzini od 100 km/h, iznosi oko 35 m, zahvaljujući ABS. [24]

Prilikom kočenja hidraulični sustav koji pritišće kočnice prema diskovima se aktivira što rezultira usporavanje vozila. Ukoliko jedan kotač blokira, odnosno usporava brže od ostalih, sustav preko ventila popušta pritisak kočenja na tom kotaču. ABS sustav mjeri brzine kotača do nekoliko puta u sekundi što omogućava brzu reakciju sustava. ABS se može postaviti na prednje, ili na sve kotače. ABS omogućava intenzivno kočenje bez gubitka mogućnosti upravljanja vozilom. [9]

### 3.8.2. ASR ( Anti Slip Regulation)

ASR (eng. Anti Slip Regulation) sustav, ili druge često korištene kratice TC (eng. Traction Control), ETC (eng. Electronic Traction System) ili TCS (eng. Traction Control System), ima funkciju sprječavanja proklizavanja pogonskih kotača prilikom kretanja vozila s mjesta ili ubrzavanja. ASR se ugrađuje kao



dodatak ABS i oba sustava koriste zajedničke senzore i često zajednički upravljački uređaj a izmjena podataka se obavlja putem CAN (eng. Control Area Network) sabirnice. Glavna razlika između ova dva sustava je što ABS zaustavlja okretanje kotača za vrijeme kočenja a ASR za vrijeme kretanja ili ubrzavanja. [24]

Prednosti ovoga sustava su [14]:

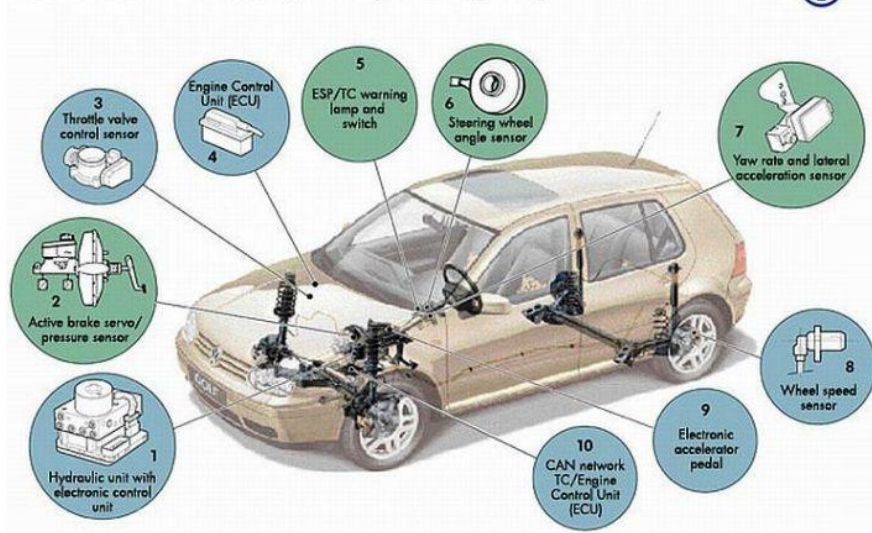
- poboljšanje vuče pri pokretanju ili ubrzavanju,
- povećavanje vozne sigurnosti pri velikim pogonskim silama,
- automatska prilagodba momenta motora stanjima prijanjanja i
- informacija vozaču o dostizanju granica dinamike vozila.

ASR radi tako da ne dozvoljava da prilikom naglog starta vozila, dođe do proklizavanja pogonskih kotača. ASR pomaže i savladavanju uspona po klizavom terenu, bez obzira da li se vozilo kreće po snijegu, kiši, blatu ili pijesku. Ukoliko je došlo do proklizavanja jednog ili oba pogonska kotača, senzori to detektiraju, aktivira se kočnica na tim kotačima i time se sprječava daljnje proklizavanje vozila. ASR sustava omogućava lakše vraćanje na željenu putanju ukoliko dođe do iznenadnog zanošenja prilikom bržeg ulaska u horizontalne zavoje. [9]

### 3.8.3. ESP (Electronic stability program)

ESP (eng. Electronic Stability Program), ili drugi nazivi koji proizvođači koriste poput DSC (eng. Dynamic Stability Control), VSC (eng. Vehicle Stability Control) i ESC (eng. Electronic Stability Control), je sustav elektroničke kontrole stabilnosti. Poprečna i uzdužna stabilnost se postiže kočenjem pojedinih kotača i preuzimanje kontrole vozila radi sprječavanja zanošenja oko okomite osi. Za ESC sustav su važni parametri masa vozila, moment tromosti i bočna krutost pneumatika. Integracijom druge generacije pneumatika u ESC uključuje nadzor tlaka i bočne sile do kuta bočnog klizanja. Razvijanjem nove generacije pneumatika treba smanjiti podupravljivosti i preupravljivosti vozila. Na slici 18 su prikazani dijelovi ESP. [24]

## Electronic Stability Program (ESP)



Slika 18: Dijelovi elektroničkog programa stabilnosti

Izvor: [26]

Osnovne komponente ESP sustava su [9]:

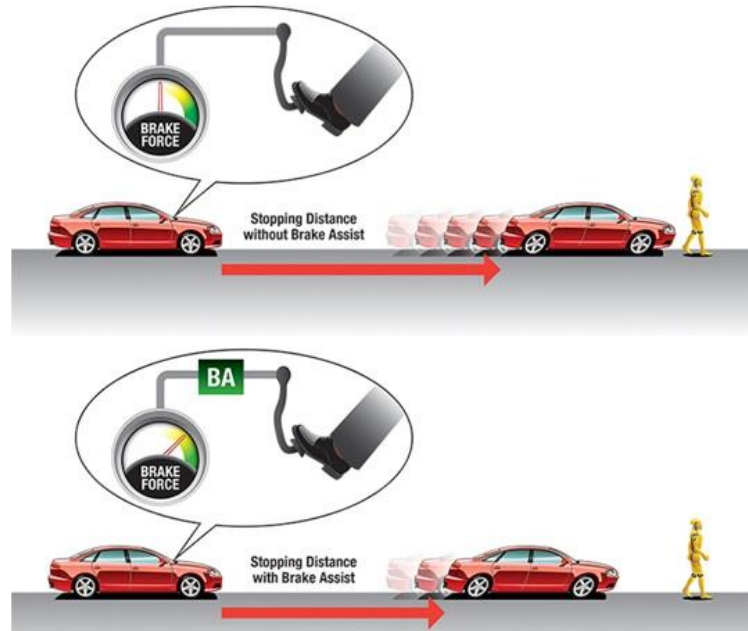
- hidraulička jedinica s integriranom upravljačkom jedinicom,
- senzori brzine za četiri kotača,
- senzor kuta zakretanja vozila i
- senzor vrtnje oko vertikalne osi.

ESP sustav određuje koji će se kotač kočiti i kojom snagom i da li je potrebno smanjiti moment motora. Kad bi vozilu u zavoju pojavilo podupravljanje odnosno premali zakret upravljača, prednji dio vozila bi se nastavio kretati ravno. ESP sustav tada pomoću pumpe upravljanja kočnim tlakom djeluje na stražnji, unutarnji kotač i na taj način se suprotstavlja podupravljanju i stabilizira vozilo. Kod pojave preupravlja odnosno kad vozilo ima preveliki zakret dolazi do izbacivanja stražnjeg dijela vozila. ESP sustav tada stabilizira vozilo kočenjem prednjeg vanjskog kotača. [14]

### 3.8.4. Bas (Brake Assist System)

Procijenjeno je da se zaustavni put skratio za otprilike 45% implementacijom sustava pomoć pri kočenju kako je prikazano na slici 19. Sustav može razlikovati usporavanje na semaforu i naglo kočenje pri incidentnim situacijama. Elektronika radi na principu da mjeri brzinu pritiska pedale i snagu pritiska i kada se dogodi nagla promjena te regulira tlak kočenja. Sustav naglog kočenja ili skraćeno BAS (eng. Brake Assist System) ili također korištena kratica PBS (eng. Panic Brake Assist) ima

funkciju ostvariti što brže zaustavljanje vozila. Ovaj sustav nadopunjuje ABS tehnologiju i omogućuje da se još učinkovitije vozilo zaustavi. [24]



**Slika 19: Razlika zaustavnog puta bez i sa BAS-om**

Izvor: [27]

Osnovni dijelovi BAS sustava su [14]:

- BAS upravljački uređaj ( integriran u elektronicu ESP sustava),
- uključni magneta,
- prekidač nultog položaja i
- senzor pomaka pedale kočnice.

### 3.8.5. DBC (Dynamic Brake Control)

Dinamička kontrola kočenja, skraćeno DBC (eng. Dynamic Brake Control), ovaj sustav koristi senzore za brzinu i silu pritiska kočnice, ti podatci se šalju u ECU (eng. Electronic Control Unit). ECU izračunava namjeru vozača i ako uoči da je namjera zaustaviti se u nuždi, pustit će maksimalan pritisak tlaka u kočne cilindre, radi što kraćeg puta zaustavljanja. ECU uzima u obzir i brzinu vozila i razinu istrošenosti kočnica. Sustav ima funkciju nadziranja i podešavanja kočenja svakog kotača te osiguranja najučinkovitijeg kočenja i najbolju stabilnost u svim uvjetima. Time se osigurava najkraći zaustavni put i uz nedovoljan pritisak papučice. [24]

DBC je hidraulički sustav koji pruža bolju i precizniju silu kočenja prilikom naglog zaustavljanja. DBC je povezan s ABS-om i ESP-om. Stražnji kotači se rasterećuju kad se zaustave što može dovesti do klizanja stražnje osovine vozila, u zavojima, zato što se na prednjoj osovini povećava opterećenje. CBC (eng. Cornering Brake Control) u kombinaciji s ABS-om se suprotstavlja savijanju stražnje osovine tijekom kočenja u zavojima na način da se osigura optimalna raspodjela sile kočenja u zavojima, sprječavajući proklizavanje. [24]

### 3.8.6. SBC (Sensotronic Brake Control)

SBC (eng. Sensotronic Brake Control) ili EHB (eng. Electro Hydraulic Brake) je elektrohidraulički kočioni sustav, kod kojeg se pritiskom kočnice impuls prenosi električnim vodovima a tlak kočnica generira elektromotor kojim upravljaju senzori. U biti ovaj sustav pretvara konvencionalni hidraulički kočioni sustav u još snažniji mehatronički sustav s boljom kontrolom sile kočenja i kraćim putem kočenja. [24]

Mikroračunalo, koje je integrirano u podatkovnu mrežu, iz različitih elektroničkih upravljačkih jedinica procesira informacije. Na taj način se pruža izrazito veća sigurnost i udobnost za vozače. Prednost EHB sustava je idealno osovinsko opterećenje i brz odaziv kočnica zbog dinamičkog prijenosa. [24]

### 3.8.7. EBD (Electronic Brake Distribution)

EBD (eng. Electronic Brake Distribution) je sustav koji pomaže svaki put kad se pritisne papučica, bilo u normalnim situacijama ili tijekom naglog zaustavljanja, što se razlikuje od ABS-a. Zadatak EBD sustava je smanjiti silu kočenja na stražnjim kotačima prije paljenja ABS-a prilikom vožnje kroz zavoj. Težina vozila tijekom kočenja u pravocrtnom gibanju se prebacuje na prednje kotače. Zbog toga prednja osovina treba doći do blokade prije stražnje kako bi se održala stabilnost i smjer vožnje. [24]

EBD sustav može dinamički modulirati snagu kočenja na svakom kotaču. ECU smanjuje silu kočenja na kotaču za koji je utvrđeno da je pod lakšim opterećenjem od ostalih. Kako bi se spriječilo blokiranje i proklizavanje kotači koji se najmanje prijanjaju uz cestu dobivaju najmanju silu kočenja. [24]

### 3.8.8. EBS (Electronic Braking System)

EBS (eng. Electronic Braking System) se ugrađuje u kamione s krutom šasijom i tegljače s poluprikolicom/prikolicom. EBS ima pomoćni pneumatski sustav. EBS koristi električni impuls kao pokretač kočionog sustava i zbog toga je odaziv kočnica trenutna. Pritiskom na papučicu kočnice šalje se električni impuls kompjuteru koji se, uključujući i brzinu, osovinsko opterećenje i status diferencijala, obrađuje i šalje različite impulse odvojeno na svaki kotač vozila. Ima mogućnost predviđanja prevrtanja i sprječavanje prevrtanja kočenjem na određene kotače, ili regulacijom broja okretaja motora. Električno kočenje može savladati veća opterećenja i brzine nego s mehaničko. Manja je i količina topline koja se oslobađa kod električnog kočenja nego kod mehaničkog kočenja. [24]

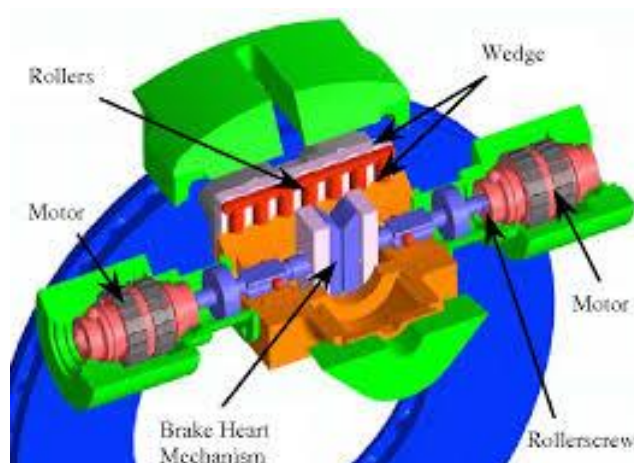
### 3.8.9. EWB (Electronic Wedge Brakes)

EWB (eng. Electronic Wedge Brakes) sustav je elektronski klinasti sustav kočnica koji radi na sličan princip kočnica za konjske kočije, gdje se klin koristi za kočenje. Tradicionalni klinasti zračni kočioni sustav je bubanj kočnica sa kontinuiranim mehaničkim samopojačavanjem. Klin koristi kinetičku energiju vozila za kočenje. Potrebna je samo jedna desetina pogonske energije koja je potrebna današnjim hidrauličkim sustavima kočenja. Što se vozilo kreće većom brzinom, kočnice jače reagiraju. [24]

ABS-u je potrebno da stvori potpunu snagu kočenja, između 140 i 170 milisekundi, dok EWB-u oko 100 milisekundi. EWBima mogućnost diferencijalnog kočenja po potrebi ovisno o stanju ceste i opterećenju. Iz primjene EWB sustava proizlaze poboljšane performanse ABS-a, kraći zaustavni put na skliskim cestama, kontinuirana raspodjela snage kočnice, ekološka prihvatljivost te dodatni volumen u motornom prostoru. [24]

Dijelovi EWB-a su (slika 20)[24]:

- kočna čeljust,
- kočni disk,
- kočna pločica,
- elektromotor,
- klinovi i
- valjci.



**Slika 20: Dijelovi EWB-a**

Izvor: [28]

## 4. ANALIZA PROMETNIH NESREĆA U REPUBLICI HRVATSKOJ UZROKOVANIH IZNENADNIM KVAROM VOZILA

Prometnom nesrećom se podrazumijeva događaj na cesti koji je posljedica kršenjem prometnih propisa gdje je sudjelovalo najmanje jedno vozilo u pokretu i u kojem je najmanje jedna osoba ozlijeđena ili poginula, ili u roku od 30 dana preminula od posljedica te prometne nesreće ili je prisutna materijalna šteta. Prometnom nesrećom se ne smatra kada je radno vozilo, radni stroj, motokultivator, traktor ili zaprežno vozilo, koje se kretalo nerazvrstanom cestom ili obavljajuči radove u pokretu, sletjelo s nerazvrstane ceste ili se prevrnulo ili udarilo u neku prirodnu prepreku, a pritom nije sudjelovalo drugo vozilo ili pješak i kada tim događajem nije prouzročena šteta drugoj osobi. [29]

Prošle godine odnosno 2023. kalendarske godine je bilo 23.971 prometnih nesreći, taj broj je najveći broj prometnih nesreća u proteklih 10 godina kao što se može očitati iz tablice 1. U tablici 1 je prikazan broj prometnih nesreća ovisno o posljedicama, kao i broj nastradalih osoba i broj kazni.

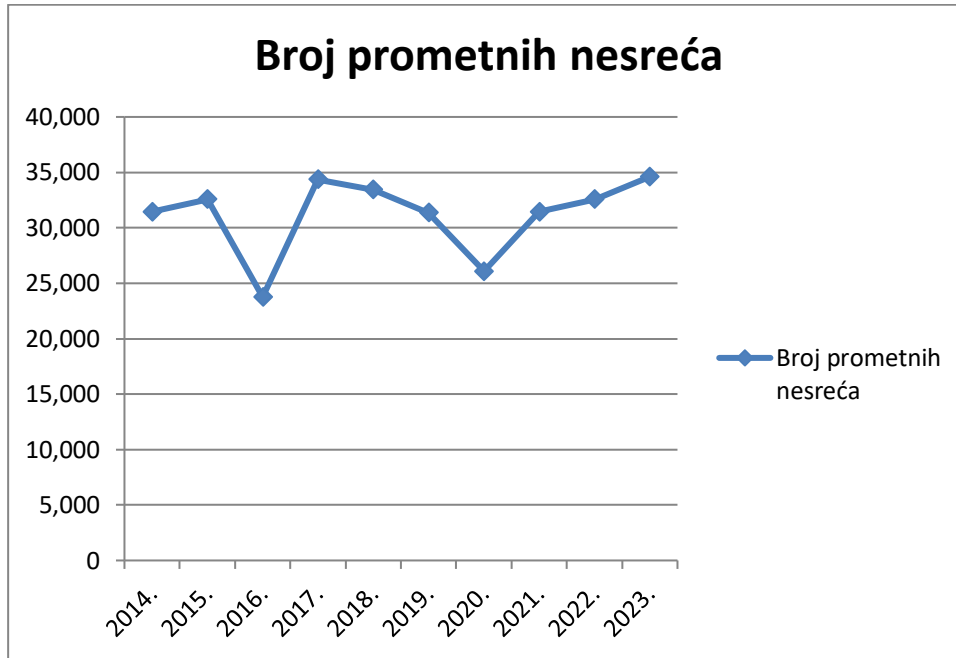
**Tablica 1: Osnovni pokazatelji sigurnosti cestovnog prometa od 2014. do 2023. godine**

Osnovni pokazatelji	Godina										Prosjek
	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.	2022.	2023.	
<b>Prometne nesreće</b>	31.432	32.571	32.757	34.368	33.440	31.367	26.074	31.453	32.561	34.604	32.063
<i>Verižni indeks</i>	92,4	103,6	100,6	104,9	97,3	93,8	83,1	120,6	103,5	106,3	
s nastradalim osobama:	10.607	11.038	10.779	10.939	10.450	9.695	7.710	9.146	10.005	10.633	10.100
s poginulim osobama	284	317	279	307	297	279	214	263	243	251	273
s ozlijeđenim osobama	10.323	10.721	10.500	10.632	10.153	9.416	7.496	8.883	9.762	10.382	9.827
s materijalnom štetom	20.825	21.533	21.978	23.429	22.990	21.672	18.364	22.307	22.556	23.971	21.963
<b>Nastradale osobe</b>	14.530	15.372	14.903	14.939	14.306	13.182	10.272	12.210	13.604	14.478	13.780
<i>Verižni indeks</i>	92,9	105,8	96,9	100,2	95,8	92,1	77,9	118,9	111,4	106,4	
poginule	308	348	307	331	317	297	237	292	275	274	299
teško ozlijeđene	2.675	2.822	2.747	2.776	2.731	2.492	2.295	2.610	2.910	3.102	2.716
lakše ozlijeđene	11.547	12.202	11.849	11.832	11.258	10.393	7.740	9.308	10.419	11.102	10.765
<b>Prekr.utvr.nadzor.prom.za koje je:</b>	798.596	827.628	826.876	752.785	722.095	714.399	696.540	693.668	656.007	708.467	739.706
<i>Verižni indeks</i>	109,0	103,6	99,9	91,0	95,9	98,9	97,5	99,6	94,6	108,0	
izrečeno upozorenje	215.525	212.785	196.441	165.010	168.195	166.402	154.037	120.005	114.390	141.022	165.381
novčana kazna na mjestu prekršaja	218.394	197.425	190.587	176.670	169.725	167.916	114.326	96.420	78.381	96.109	150.595
izdan prekršajni nalog	61.804	51.003	44.648	37.316	37.662	37.261	33.648	31.215	33.063	44.255	41.187
sastavljeno izvješće o prekršaju	302.873	366.415	394.900	373.789	346.513	342.820	394.529	446.029	430.173	617.104	401.514
<b>Vozači s negativ.bod.dana 31.12.</b>	112.321	97.150	84.955	84.178	30.404	68.008	73.643	87.842	96.802	99.054	83.436

Izvor: [30]

U grafikonu 1 se prikazuje promjena broja prometnih nesreća u periodu od 2014. Do 2023. godine u Republici Hrvatskoj.

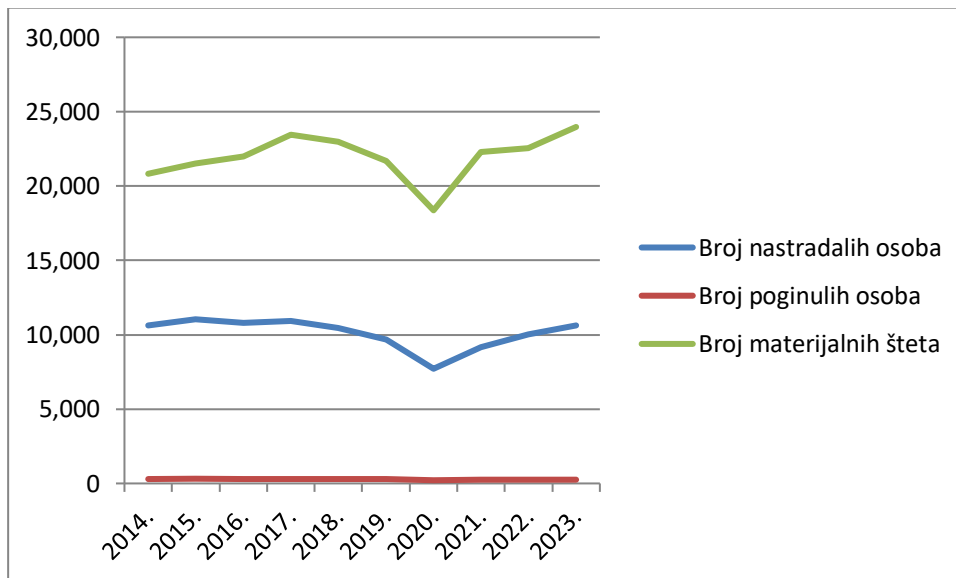
**Grafikon 1. Prometne nesreće u RH**



Izvor: izradio autor, [30]

U grafikonu 2 je prikazana promjena broja nesreći sa smrtno stradanim i ozlijeđenim osobama u odnosu na materijalnu štetu.

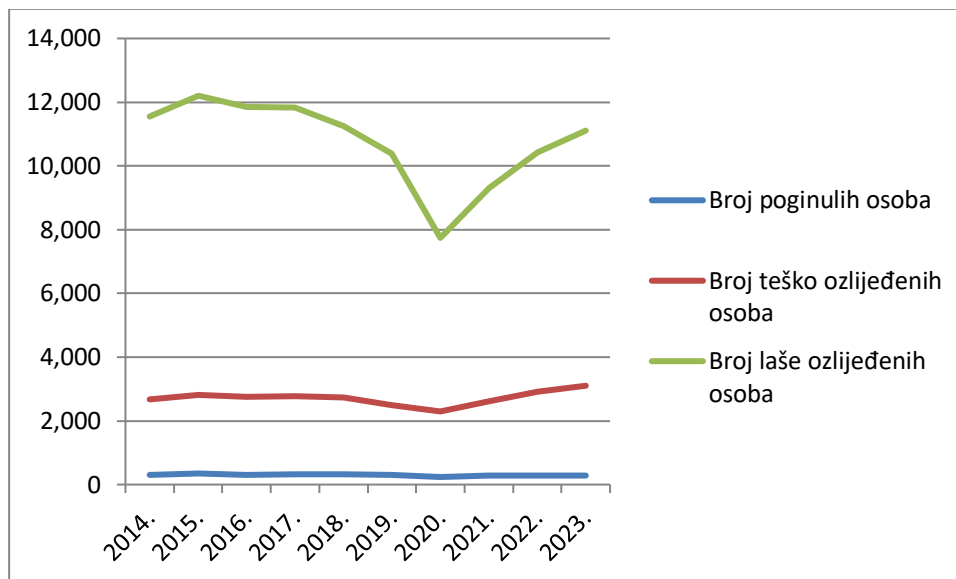
**Grafikon 2: Odnos broja prometnih nesreća sa materijalnom štetom, nastradalim i smrtno nastradalim osobama**



Izvor: izradio autor, [30]

Od svih prometnih nesreća gdje su bile prisutne ozlijeđe, broj ljudi koji je stradao je prikazan na grafikonu 3 gdje je prikazan odnos broja lako i teško ozlijeđenih i smrtno stradalih osoba.

**Grafikon 3: Odnos broja prometnih nesreća sa lakim, teškim i smrtnim posljedicama**



Izvor: izradio autor, [30]

U tablici 2 je prikazan broj prometnih nesreća prema vrsti vozila u periodu od 2014. do 2023. godine podijeljen prema vrsti vozila dok u tablici 3 je prikazan broj s nastradalim a u tablici 4 broj s poginulim osobama.

**Tablica 2: Broj prometnih nesreća prema vrsti vozila**

Vrsta vozila	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.	2022.	2023.
Moped	1.061	1.071	950	971	823	762	598	653	729	694
Motocikl	1.432	1.501	1.402	1.555	1.658	1.439	1.213	1.364	1.642	1.874
Četverocikl	28	44	59	54	47	50	27	35	27	27
Osobno vozilo	27.530	28.621	28.834	30.292	29.394	27.492	22.474	27.200	28.140	29.837
Autobus	724	771	704	744	698	675	371	442	457	522
Teretno vozilo	4.414	4.534	4.627	4.864	5.049	4.846	4.655	5.825	5.523	6.143
Traktor	398	357	359	333	332	331	341	362	364	392
Bicikl	1.486	1.478	1.394	1.324	1.274	1.156	1.155	1.282	1.317	1.331
Tramvaj	149	148	126	140	135	133	73	94	94	93
Ostala vozila	2.691	2.941	3.058	3.269	3.497	1.297	1.299	1.628	1.542	1.675
<b>UKUPNO</b>	<b>39.913</b>	<b>41.466</b>	<b>41.513</b>	<b>43.546</b>	<b>42.907</b>	<b>38.181</b>	<b>32.206</b>	<b>38.885</b>	<b>39.835</b>	<b>42.588</b>

Izvor [30]



**Tablica 3: Broj prometnih nesreća s nastradalim osobama prema vrsti vozila**

Vrsta vozila	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.	2022.	2023.
Moped	816	846	753	724	614	562	461	495	527	520
Motocikl	1.086	1.131	1.042	1.167	1.298	1.102	929	1.073	1.249	1.469
Četverocikl	20	34	41	36	30	35	18	24	21	20
Osobno vozilo	8.525	8.924	8.807	8.991	8.529	7.914	6.112	7.358	7.969	8.451
Autobus	226	242	198	197	198	175	101	126	127	138
Teretno vozilo	1.102	1.181	1.119	1.203	1.197	1.191	1.075	1.293	1.281	1.457
Traktor	148	125	125	116	127	135	136	138	149	149
Bicikl	1.251	1.282	1.192	1.121	1.083	953	973	1.038	1.124	1.109
Tramvaj	63	83	55	63	64	65	31	37	36	46
Ostala vozila	384	404	401	402	420	303	276	331	316	349
<b>UKUPNO</b>	<b>13.621</b>	<b>14.252</b>	<b>13.733</b>	<b>14.020</b>	<b>13.560</b>	<b>12.435</b>	<b>10.112</b>	<b>11.913</b>	<b>12.799</b>	<b>13.708</b>

Izvor: [30]

**Tablica 4: Broj prometnih nesreća s poginulim osobama**

Vrsta vozila	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.	2022.	2023.
Moped	14	16	11	8	4	9	5	7	8	6
Motocikl	46	60	35	39	63	51	45	58	46	69
Četverocikl	1	1	1	1	2	1	-	-	0	0
Osobno vozilo	210	239	231	254	218	209	165	199	187	171
Autobus	6	13	8	8	9	6	4	4	8	7
Teretno vozilo	61	57	51	61	51	56	40	67	53	65
Traktor	11	5	8	7	9	14	5	8	4	7
Bicikl	21	37	28	23	23	15	12	27	13	20
Tramvaj	1	1	-	2	2	1	1	-	0	0
Ostala vozila	25	22	21	27	20	30	23	30	27	22
<b>UKUPNO</b>	<b>396</b>	<b>451</b>	<b>394</b>	<b>430</b>	<b>401</b>	<b>392</b>	<b>300</b>	<b>400</b>	<b>346</b>	<b>367</b>

Izvor: [30]

Vozilo je dio prometnog sustava te ima utjecaj na sigurnost cestovnog prometa, neispravnost vozila može biti postojana i vidljiva ali isto tako na vozilu može doći do iznenadnog kvara ili kvara nekih dijelova vozila koji itekako utječu na sigurnost i mogu sami uzrokovati prometnu nesreću, a teško je predvidjeti točnije uočiti njihov kvar unaprijed. U tablici 5 je prikazan broj prometnih nesreća podijeljeno prema uzrocima prometnih nesreća dok u tablici 6 prema uzrocima broj s nastradalima a u tablici 7 broj s poginulim osobama prema uzrocima.

**Tablica 5: Broj prometnih nesreća prema uzrocima prometnih nesreća**

Okolnosti		2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.	2022.	2023.
Pogreške vozača	Nepropisna brzina	671	718	843	1.009	945	875	797	769	745	740
	Brzina neprim. uvjetima	6.795	6.885	6.835	6.675	6.530	5.837	5.019	5.676	6.189	6.369
	Vožnja na ned. udalj.	2.354	2.394	2.477	2.583	2.332	2.225	1.501	2.103	2.076	2.308
	Zakašnjelo uoč. opasno.	171	181	176	242	240	213	194	212	208	235
	Neprop. pretjecanje	647	758	735	745	750	642	508	603	656	654
	Neprop. obilaženje	666	656	644	695	664	554	500	692	587	568
	Neprop. mimoilaženje	709	736	708	702	739	602	514	617	570	621
	Neprop. uklj. u promet	1.650	1.563	1.560	1.753	1.701	1.572	1.250	1.511	1.423	1.481
	Nepropisno skretanje	1.506	1.572	1.648	1.735	1.641	1.536	1.169	1.384	1.429	1.526
	Nepropisno okretanje	254	238	259	234	242	207	156	196	182	203
	Neprop. vožnja unazad	2.679	2.819	2.866	2.826	3.007	2.853	2.499	2.999	2.996	3.152
	Neprop. prestrojavanje	656	708	636	712	656	676	500	665	701	738
	Nepoš. predn. prolaza	3.910	4.169	4.189	4.509	4.308	3.885	3.224	3.832	4.005	4.251
	Nepropisno parkiranje	84	80	90	112	113	172	128	161	176	205
	Naglo uspor. kočenje	33	29	27	26	30	41	35	45	47	31
	Nepoš. svjetlos. znaka	573	599	605	654	593	516	409	483	482	516
	Neosig. teret na vozilu	69	73	82	89	98	76	85	99	77	96
	Nemarno postup. s voz.	329	382	358	397	378	436	548	673	706	852
	Ostale pogreške voz.	4.136	4.371	4.108	4.353	4.235	4.161	2.157	2.839	2.993	3.430
	Nepropis. kretanje voz. na	1.878	2.030	2.344	2.622	2.656	2.890	2.627	3.432	3.952	4.219
<b>UKUPNO</b>	<b>29.770</b>	<b>30.961</b>	<b>31.190</b>	<b>32.673</b>	<b>31.858</b>	<b>29.969</b>	<b>23.820</b>	<b>28.991</b>	<b>30.200</b>	<b>32.195</b>	
Pogreške pješaka	Nepoš. svjetl. znaka	70	84	79	73	69	80	100	129	136	131
	Nekori. obiljež. pješ. prij.	101	89	73	94	92	77	66	79	74	69
	Nekorištenje pothod.	5	4	-	1	5	3	2	-	2	3
	Ostale pogreške pješ.	240	249	230	218	181	146	97	130	128	141
	<b>UKUPNO</b>	<b>416</b>	<b>426</b>	<b>382</b>	<b>386</b>	<b>347</b>	<b>306</b>	<b>265</b>	<b>338</b>	<b>340</b>	<b>344</b>
Ostali uzroci	Neoček. pojava opasn.	1.186	1.106	1.104	1.253	1.166	1.031	728	772	601	603
	Iznen. kvar na vozilu	60	78	81	56	69	61	41	46	44	31
	Ostalo	...	...	...	...	...	...	1.220	1.306	1.376	1.431
	<b>UKUPNO</b>	<b>1.246</b>	<b>1.184</b>	<b>1.185</b>	<b>1.309</b>	<b>1.235</b>	<b>1.092</b>	<b>1.989</b>	<b>2.124</b>	<b>2.021</b>	<b>2.065</b>
<b>SVEUKUPNO</b>	<b>31.432</b>	<b>32.571</b>	<b>32.757</b>	<b>34.368</b>	<b>33.440</b>	<b>31.367</b>	<b>26.074</b>	<b>31.453</b>	<b>32.561</b>	<b>34.604</b>	

Izvor: [30]

Tablica 6: Broj prometnih nesreća s nastradalima prema uzrocima

Okolnosti		2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.	2022.	2023.
Pogreške vozača	Nepropisna brzina	329	338	382	466	376	378	360	338	360	354
	Brzina neprim.vučetima	3.195	3.294	3.229	3.048	2.971	2.686	2.170	2.485	2.873	2.927
	Vožnja na ned. udalj.	864	859	929	942	796	802	547	754	732	824
	Zakašnjelo uoč.opasno.	79	75	70	82	96	101	90	104	100	127
	Neprop.pretjecanje	271	291	284	286	286	262	182	222	259	239
	Neprop.obilaženje	108	84	92	87	86	71	63	67	58	67
	Neprop.mimoilaženje	83	88	64	68	71	64	49	48	52	50
	Neprop.uklj.u promet	544	529	495	544	528	509	389	421	407	457
	Nepropisno skretanje	430	446	465	456	434	400	259	337	351	399
	Nepropisno okretanje	46	39	47	51	64	35	32	32	32	43
	Neprop.vožnja unazad	192	191	183	189	189	181	149	168	187	191
	Neprop.prestrojavanje	110	128	104	121	121	131	88	106	115	143
	Nepošť.predn.prolaza	1.618	1.744	1.710	1.805	1.706	1.540	1.274	1.492	1.639	1.737
	Nepropisno parkiranje	7	8	9	12	8	4	3	2	3	3
	Naglo uspor. kočenje	20	24	20	22	22	22	15	23	24	15
	Nepošť.svjetlos.znaka	213	218	205	221	191	184	139	167	177	218
	Neosig.teret na vozilu	8	9	9	10	7	7	7	7	6	8
	Nemamo postup.s voz.	77	83	69	75	47	59	62	102	106	117
	Ostale pogreške voz.	1.259	1.390	1.205	1.196	1.171	1.027	521	660	717	825
	Nepropis. kretanje voz. na	682	723	781	839	883	901	799	1.044	1.210	1.265
<b>UKUPNO</b>	<b>10.135</b>	<b>10.561</b>	<b>10.352</b>	<b>10.520</b>	<b>10.053</b>	<b>9.364</b>	<b>7.198</b>	<b>8.579</b>	<b>9.408</b>	<b>10.009</b>	
Pogreške pješaka	Nepošť. svjetl. znaka	48	53	56	49	45	51	48	62	72	70
	Nekori.obiljež.pješ.pr.	90	87	72	87	86	74	59	73	63	67
	Nekorištenje pothod.	5	4	-	-	5	2	-	-	1	3
	Ostale pogreške pješ.	202	220	200	184	163	129	335	124	118	118
<b>UKUPNO</b>	<b>345</b>	<b>364</b>	<b>328</b>	<b>320</b>	<b>299</b>	<b>256</b>	<b>442</b>	<b>259</b>	<b>254</b>	<b>258</b>	
Ostali uzroci	Neoček.pojava opasn.	116	95	84	92	86	63	60	54	54	59
	Iznen. kvar na vozilu	11	18	15	7	12	12	10	8	12	9
	Ostalo	...	...	...	...	...	...	...	...	277	298
<b>UKUPNO</b>	<b>127</b>	<b>113</b>	<b>99</b>	<b>99</b>	<b>98</b>	<b>75</b>	<b>70</b>	<b>308</b>	<b>343</b>	<b>366</b>	
<b>SVEUKUPNO</b>	<b>10.607</b>	<b>11.038</b>	<b>10.779</b>	<b>10.939</b>	<b>10.450</b>	<b>9.695</b>	<b>7.710</b>	<b>9.146</b>	<b>10.005</b>	<b>10.633</b>	

Izvor: [30]

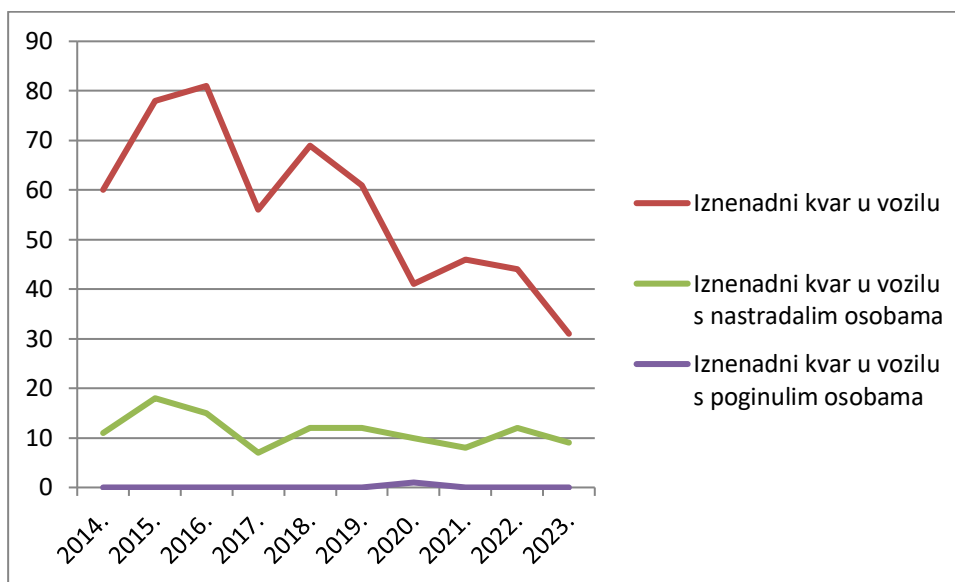
**Tablica 7: Broj prometnih nesreća s poginulim osobama prema uzrocima**

Okolnosti		2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.	2022.	2023.
Pogreške vozača	Nepropisna brzina	14	18	17	15	12	18	21	10	12	15
	Brzina neprim. uvjetima	117	124	107	102	134	111	75	96	97	93
	Vožnja na ned. udalj.	11	4	10	8	8	9	4	4		5
	Zakašnjelo uoč. opasno.	3	2	5	3	5	4	5	4	3	7
	Neprop. pretjecanje	8	12	12	17	10	6	6	16	13	14
	Neprop. obilaženje	1	2	3	-	3	-	-	4	0	2
	Neprop. mimoilaženje	2	4	2	1	2	2	-	1		1
	Neprop. uklj. u promet	5	15	4	4	2	6	3	9	2	6
	Nepropisno skretanje	3	4	8	5	5	5	4	9	5	4
	Nepropisno okretanje	1	1	-	-	-	-	1	-	0	0
	Neprop. vožnja unazad	1	4	1	7	5	1	1	2	3	2
	Neprop. prestrojavanje	1	1	1	-	-	-	1	-	1	2
	Nepoš. predn. prolaza	25	33	19	25	14	19	15	15	12	15
	Nepropisno parkiranje	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
	Naglo uspor. kočenje	1	-	-	-	-	-	-	-	0	0
	Nepoš. svjetlos. znaka	1	3	-	11	11	4	2	2	6	2
	Neosig. teret na vozilu	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
	Nemamo postup. s voz.	2	2	-	-	2	1	2	3	2	3
	Ostale pogreške voz.	42	50	45	44	36	45	19	5	21	21
	Nepropis. kretanje voz. na	30	23	32	50	36	36	34	59	52	45
<b>UKUPNO</b>	<b>268</b>	<b>302</b>	<b>266</b>	<b>292</b>	<b>285</b>	<b>267</b>	<b>193</b>	<b>239</b>	<b>229</b>	<b>237</b>	
Pogreške pješaka	Nepoš. svjetl. znaka	-	2	2	2	-	1	3	-	0	1
	Nekori. obiljež. pješ. pr.	4	1	3	3	5	2	1	-	2	5
	Nekorištenje pothod.	-	-	-	-	1	-	-	-	0	1
	Ostale pogreške pješ.	11	10	8	9	4	7	15	13	3	2
	<b>UKUPNO</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>19</b>	<b>13</b>	<b>5</b>	<b>9</b>
Ostali uzroci	Neoček. pojava opasn.	1	2	-	1	2	2	1	2	1	0
	Iznen. kvar na vozilu	-	-	-	-	-	-	1	-	0	0
	Ostalo	...	...	...	...	...	...	...	9	8	5
	<b>UKUPNO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>5</b>
<b>SVEUKUPNO</b>	<b>284</b>	<b>317</b>	<b>279</b>	<b>307</b>	<b>297</b>	<b>279</b>	<b>214</b>	<b>263</b>	<b>243</b>	<b>251</b>	

Izvor: [30]

U grafikonu 4 je prikazan broj prometnih nesreća nastalih zbog iznenadnih kvarova na vozilu i broj tih nesreća sa ozlijeđenim i poginulim osobama.

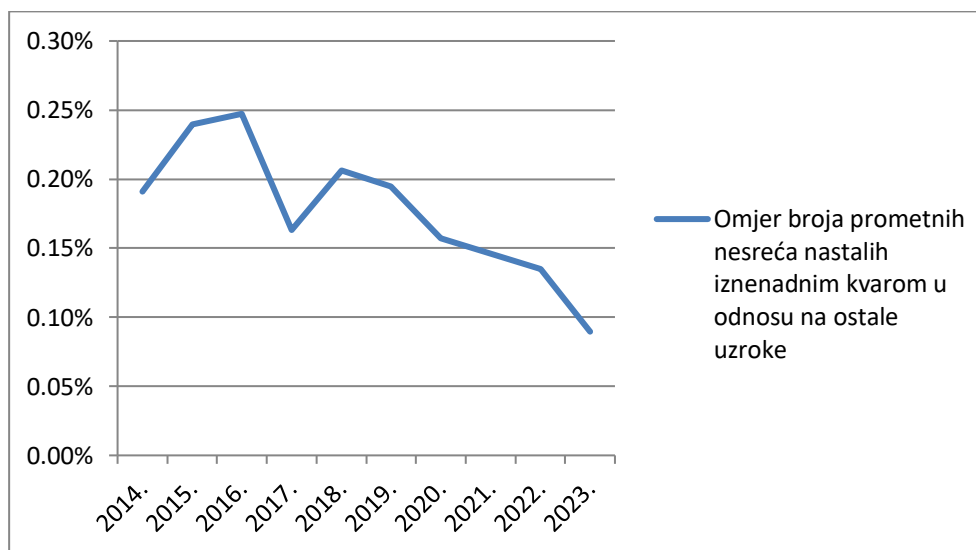
**Grafikon 4: Broj prometnih nesreća nastalih zbog iznenadnog kvara s različitim posljedicama**



Izvor: izradio autor, [30]

U grafikonu 5 je prikazan omjer, u postotcima, između prometnih nesreća nastalih iznenadnim kvarom vozila i ostalih uzroka prometnih nesreća.

**Grafikon 5: Omjer broja prometnih nesreća nastalih iznenadnim kvarom u odnosu na ostale uzroke**



Izvor: izradio autor, [30]

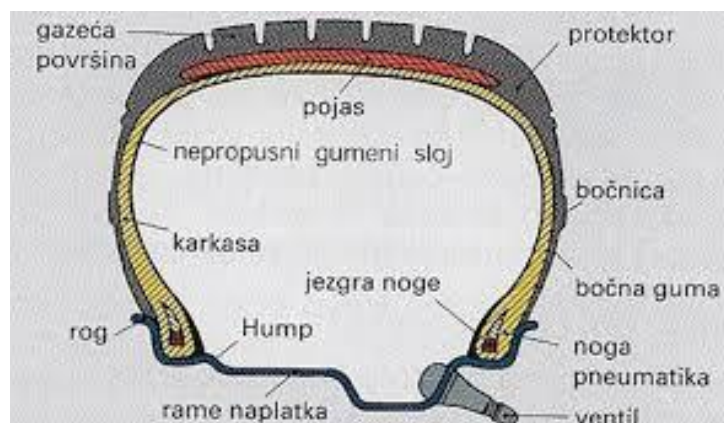
## 5. ANALIZA VRSTE I DIMENZIJE PNEUMATIKA NA POGONSKIM I PRATEĆIM OSOVINAMA NA KOEFICIJENT KOČENJA

Jedina veza između vozila i podloge je pneumatik, ima ključnu funkciju u sigurnosti cestovnog prometa. Pneumatik mora osigurati sigurnost, udobnost i može doprinijeti smanjenju goriva. Eksploatacijom pneumatik gubi svoja svojstva kao posljedicu trošenja. Također s vremenom se i gubi tlak u pneumaticima zbog poroznog svojstva gume i mogućih oštećenja na ventilima. Tlak u pneumaticima ima veliki utjecaj na udobnost, sigurnost i uštedu goriva. Pneumatik mora precizno usmjeravati vozila bez obzira na poprečne sile, stanje kolnika i klimatskih uvjeta. Kako bi pneumatik mogao ispunjavati svoju zadaću potrebno je poštivati propisani tlak od proizvođača. Pneumatik mora podnijeti težinu vozila dok je vozilo zaustavljeno ili ubrzava ili usporava. Ukoliko je pneumatik krivih dimenzija točnije nedovoljnih dolazi do jakog zagrijavanja pneumatika što povećava mogućnost puknuća pneumatika usred vožnje.[31]

Sila pogonskog agregata vozila i silu koja nastaje tijekom kočenja pneumatik prenosi na kolnik odnosno podlogu po kojoj se vozilo kreće. Kvaliteta i veličina površine pneumatika koja se dotiče sa podlogom određuje razinu prijenosa sile. Ubrzavanje se prenosi preko pogonske osovine odnosno kotača i pneumatika na pogonskoj osovini. [31]

Obliku pneumatika je nalik na šuplji torus, što je matematičko tijelo koje je nastalo rotacijom kružnice oko pravca na njezinoj ravnini, koji ona ne siječe, koji je otvoren sa strane gdje se postavlja na naplatak. Pneumatik se izrađuje od kombinacijom više materijala. Osnovni dijelovi pneumatika su (slika 21) [32]:

- vanjski sloj s profiliranom gaznom površinom i bokom pneumatika i
- kostur ili karkasa koji ima funkciju nošenja opterećenja kada je pneumatik napuhan.



Slika 21: Osnovni dijelovi pneumatika

Izvor: [33]

Gazni sloj (protektor) je dio koji dolazi u kontakt s podlogom te se mora voditi računa o otpornosti, habanju, prianjanju i čvrstoći materijala prilikom odabira. Površina gaznog sloja (gazeća površina) se sastoji od rebara i kanala različitih veličina, odnosno utora. Izgled utora ovisi o namjeni pneumatika. Utori profila su povezani te njihova dubina se povećava prema ramenima kako bi se voda i toplina bolje odvodila. [32]

Razlikujemo tri vrste profila pneumatika [32]:

- simetrični (kompaktna vozila),
- asimetrični (limuzine i sportska vozila) i
- usmjereni (sportska vozila).

Glavni sastojci gumene smjese koja se koristi za gaznu površinu su [32]:

- sirova guma tj. kaučuk (od 30 do 45%),
- čađa i mineralna punjenja (od 20 do 40%)
- i ulje (od 0 do 20%).

U gumene smjese se stavlja još 5 do 15 % različitih posebnih dodataka, ali taj sadržaj je obično tajna proizvođača. [32]

Najbitniji strukturni element pneumatika je karkasa. Veliki broj kordnih niti s visokom elastičnosti čine karkasu a preko njih se navlači gumeni sloj. Pneumatik bez zračnica se oblaže materijalom koji sprječava propuštanje zraka. Kordne niti su načinjene od prirodnih, sintetičkih i čeličnih materijala. [32]

Postoje dvije konstrukcije pneumatika radijalni i dijagonalni pneumatik. [32]

Kod radijalnih pneumatika karkasa se, u glavnom, sastoji od jednog ili dva sloja, a kod dijagonalnih pneumatika od dva ili više slojeva. Kut pod kojim su postavljene niti čine osnovnu razliku između radijalnih i dijagonalnih pneumatika. [32]

Karkasa je, od zamora materijala i oštećenja, zaštićena bočnim djelom pneumatika. Nosivi element pneumatika je zrak, te postoje, s obzirom na način zadržavanja zraka, dvije izvedbe pneumatika a to su sa i bez zračnice. [32]

Pneumatik sa zračnicom se danas, skoro pa uopće, ne koristi. Zračnica drži zrak u gumi, a zračnica je zatvorena gumena cijev, u kojoj je nepropusno ugrađen povratni zračni ventil. Kroz taj ventil se pneumatik puni zrakom i taj ventil izbija kroz rupu u naplatku. Povratni ventil dopušta samo protok zraka u zračnicu, ispuštanje zraka je moguće samo ako se ventil otvori pritiskom na iglu ventila. [32]

Pneumatici bez zračnica (tubeless pneumatici) su standardni pneumatici koji su obloženi tankim slojem vrlo elastične nepropusne gume s unutarnje strane pneumatika. Ventil se ugrađuje neposredno u naplatak i te je tako manja mogućnost za istjecanje zraka. Jednostavnija je montaža pneumatika bez zračnice i vrlo je mala vjerojatnost iznenadnog pražnjenja pri oštećenjima, zbog elastičnog unutarnjeg sloja gume koji sprječava brzo istjecanje zraka. [32]

## 5.1. Radijalni pneumatik

Konstrukcija Radijalnog pneumatika je nastala 1946. (Michelin & Citroen), to je standardna konstrukcija pneumatika za cestovna vozila. Ovaj tip pneumatika ima nizak otpor kotrljanja što smanjuje potrošnju goriva, veću bočnu stabilnost, bolje kočenje i trakciju, veću udobnost i otporniji je na trošenje. [34]

Radijalni pneumatik (Slika 22) ima više slojeva tekstilne ili čelične mreže složenih u raznim smjerovima. Pojas pneumatika se gotovo ni ne rasteže čime se postiže da prilikom vožnje gazeća površina ne mijenja svoj oblik. Radijalni pneumatici sa čeličnim pojasom imaju dulji vijek trajanja ali su znatno kompleksniji za proizvodnju a samim time i skuplji. Dodaje se kevlar kabel za dodatnu čvrstoću, izdržljivost i otpornost na bušenje. [31]



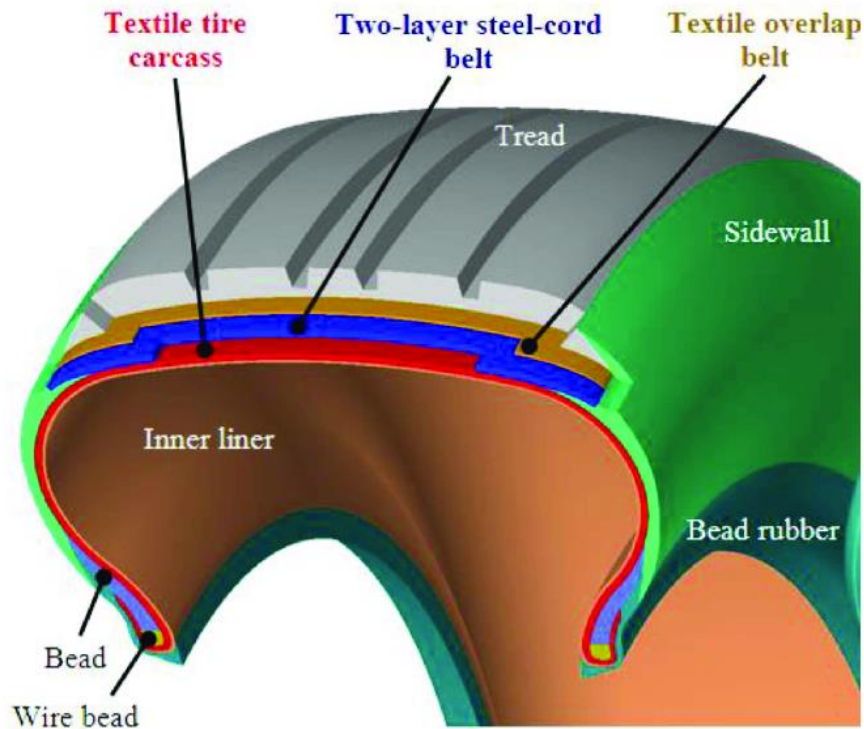
Slika 22: Prikaz radijalnog pneumatika

Izvor: [35]

Gazeća površina je stabilna i njezin profil pri vožnji ima malo deformiranje što ima veliki utjecaj na mokroj i skliskoj cesti kada žljebovi u profilu moraju ostati otvorene da mogu primiti i izbaciti vodu kako bi pneumatik imao što bolji dodir s površinom. Ovisno o namjeni profili pneumatika se razlikuju, za cestu koja je pokrivena snijegom pogodniji je duboki, grubi profil, dok se na suhoj cesti pri većim temperaturama isti taj profil pregrijava. Pneumatik se sastavlja do raznih slojeva koji čine kostur i



obično su izraženi od vlakana koji se pletu međusobno i oblažu gumom što omogućava fleksibilnost pneumatika ali ne i elastičnost. Profil sa bočnim zidom je spojeno ramenom pneumatika te njegov dizajn i izrada utječu na ponašanje pneumatika u zavojima. Bočni zid je iznimno debela guma koja ide od stope do profila i pneumatiku daje bočnu stabilnost. Informacije o pneumatiku se nalaze na bočnom zidu. Na slici 4 je prikazana konstrukcija radijalnog pneumatika. [31]



**Slika 23: Prikaz konstrukcije radijalnog pneumatika**

Izvor: [36]

Prilikom kočenja na mokrom kolniku, s radijalnim pneumaticima, zaustavni put je kraći za oko 12 % a poprečne sile, koje vode kotač, u zavoju oko 15 % veće. Radijalni pneumatici u odnosu na dijagonalne pneumatice, prilikom kretanja po neravnom kolniku pri manjim brzinama proizvode veću buku i imaju veću krutost. [32]

Radijalni pneumatici pri većim brzinama su znatno udobniji od dijagonalnih. Također zbog svoje konstrukcije radijalni pneumatici proklizuju manje na kolniku u odnosu na dijagonalne, te ujedno i se manje habaju. [32]

## 5.2. Dijagonalni pneumatik

Dijagonalni pneumatik se primjenjuje najčešće kod poljoprivrednih vozila i bicikla. Osnovna im je značajka da omogućavaju brži porast otpora s brzinom vožnje, veći otpor kotrljanja pri malim brzinama, veću deformaciju kontaktne površine (self-cleaning, dobro za off-road) i otpornije bočne stijenke. [34]

Dijagonalni pneumatik (slika 24) izveden je od čelične žice i mreže, poliesterskih vlakana, gume, tekstila i plastike postavljenih tako da presjek slojeva bude postavljen po dijagonali gazećeg dijela pneumatika. [31]

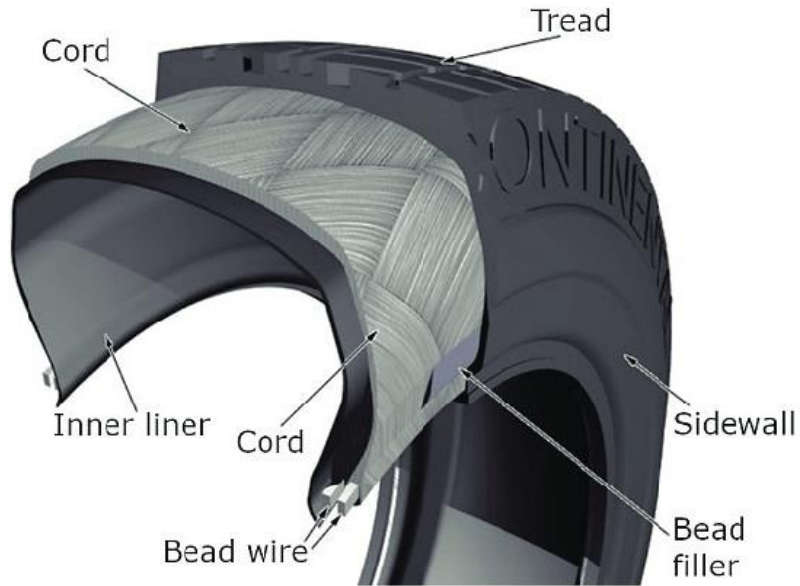


**Slika 24: Prikaz dijagonalnog pneumatika**

Izvor: [35]

Dijagonalni pneumatik se sastoji od više gumenih slojeva koji se međusobno preklapaju dijagonalno. Bočne strane pneumatika su spojene sa gazećim slojem što znači da gumeni sloj ojačan sa nitima prolazi s jedne na drugu bočnu stranu. Zbog toga su deblje i kruće bočne stranice. Krute bočne stranice onemogućuju dovoljnu deformaciju prilikom većeg opterećenja vozila pa se pneumatik deformira u području gazećeg sloja i smanjuje se kontaktna površina između pneumatika i podloge. Dijagonalni pneumatici su skloni pregrijavanju zbog debelog sloja gume koja prenosi toplinu na sve dijelove pneumatika. Pneumatik ne apsorbira neravnine i udarce zbog svoje krutosti nego ih prenosi na vozilo što vožnju čini nelagodnijom. [31]

Karkasa dijagonalnih pneumatika se sastoji od najmanje dva sloja gumiranih vlakana. Od više slojeva je formirana struktura nalik na isprepletenu mrežu. Pri deformaciji pneumatika povećava se unutarnje trenje između slojeva a posljedica je da se generira toplina, koja tijekom vremena smanjuje trajnost pneumatika. Na slici 25 je prikazana konstrukcija dijagonalnog pneumatika. [32]



**Slika 25: Prikaz konstrukcije dijagonalnog pneumatika**

Izvor: [37]

### 5.3. Podjela pneumatika i oznake pneumatika

Dijagonalni i radijalni pneumatici se mogu podijeliti na tri vrste a to su [32]:

- Ljetni,
- Zimski i
- Cjelogodišnji pneumatici.

Ljetni pneumatici su namijenjeni da se koriste na toplim temperaturama, najučinkovitiji su na temperaturama iznad 25 °C a svoja svojstva gubi na 7 °C. Ljetni pneumatik se stvrdne na nižim temperaturama odnosno plastificira što smanjuje mogućnost deformiranja pneumatika po podlozi i performanse pneumatika. Na slici 26 su prikazane sve vrste pneumatika kako bi se mogao usporediti izgled. [32]



**Slika 26: Prikaz vrsti pneumatika**

Izvor: [38]

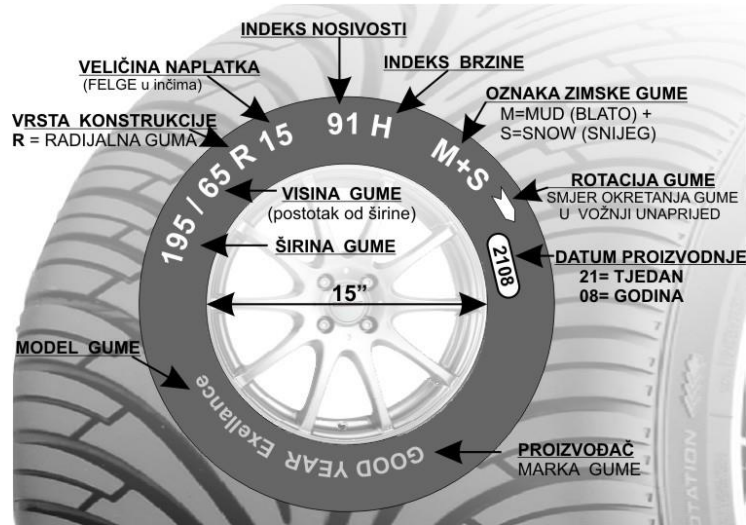
Zimski pneumatik za razliku od ljetnog najbolja svojstva imaju na temperaturama ispod 7 °C. Zimski pneumatici imaju dubinu profila od 8 milimetara i za razliku od ljetnih pneumatika gotovo pet puta više odvodnih kanala što im omogućuje učinkovitije izbacivanje i odvodnju vode. Zimski pneumatik, sa snježnom i ledenom podlogom, ima do četiri puta bolji kontakt od ljetnih pneumatika te bolje pokreće, vodi i koči na snijegu, ledu i općenito pri niskim temperaturama. Ukoliko se zimski pneumatik koristi ljeti, zbog prevelike temperature, pneumatik će se znatno više trošiti odnosno uništiti. [32]

Cjelogodišnji pneumatici su namijenjeni za vožnju kroz cijelu godinu i da imaju dobre karakteristike i ljeti i zimi, iako na kraju imaju loše rezultate na testiranjima jer su premekani za ljetno, a pretvrđi za zimu. Brže se troše ljeti, a zimi se ponašaju lošije od zimskih pneumatika. [32]

Osnovne nazivne veličine pneumatika su [32]:

- osnovna širina pneumatika (B): najkraći razmak između vanjskih površina bokova napuhanog pneumatika ne računajući reljef koji čine natpisi, ukrasi, zaštitne vrpce ili rebra, za razliku od radne širine koja uključuje natpise, zaštitne vrpce i rebra
- visina pneumatika (H): razmak koji je jednak polovici razlike vanjskog promjera pneumatika (D) i nazivnog promjera naplatka (d)
- vanjski promjer pneumatika (D) – najveći promjer napuhanog pneumatika

Na slici 27 je prikazan primjer oznake pneumatika sa opisom što koji broj znači i širina gume se izražava u milimetrima dok veličina naplatka u inčima. U tablici 8 je opisana oznaka pneumatika.



Slika 27: Značenje oznake pneumatika

Izvor: [39]

Tablica 8: Opis oznake pneumatika

195	Nazivna širina pneumatika – 195 milimetara
65	Odnos visine i širine – visina pneumatika je 65 % od širine pneumatika
R	Vrsta konstrukcije pneumatika – radijalni
15	Promjer naplatka – 15 inča
91	Indeks nosivosti pneumatika – 615 kg/kotaču

Izvor: izradio autor

#### 5.4. Utjecaj pneumatika na zaustavni put

Koeficijent prijanjanja je odnos između obodne sile kotača i normalnog opterećenja. Najveća vrijednost koeficijenta prijanjanja nastaje pri proklizavanju (8-30 %), a jednaka je vrijednosti statičkog trenja. Pri čistom klizanju vrijednost koeficijenta prijanjanja jednaka je vrijednosti trenja klizanja. Razlika vrijednosti između statičkog trenja i trenja klizanja može iznositi 20-30 %. Vrsta i stanje kolnika, opterećenje, brzina kretanja, tip i vrsta pneumatika utječu na koeficijent prijanjanja. U odnosu na suhi kolnik vrijednost koeficijenta prijanjanja se smanjuje na mokrom i prljavom kolniku. U tablici 9 se prikazuju i prosječne i granične vrijednosti koeficijenta prijanjanja raznih vrsta kolničkih zastora i različitih stanja koje su samo okvirne vrijednosti pošto prijanjanje ovisi o više elemenata. [9]

**Tablica 9: Vrijednosti koeficijenta prianjanja raznih vrsta kolnika**

Vrsta kolničkog zastora	Stanje kolničkog zastora	Granične vrijednost	Prosječna vrijednost
Beton	Suh, nov, grub	0.73– 0.90	0.82
	Suh, star, istrošen, glatki	0.65– 0.80	0.72
	Mokar, star, istrošen, glatki	0.41– 0.67	0.54
Asfalt	Suh, nov, grub	0.72 – 0.87	0.80
	Suh, star, istrošen, glatki	0.70 - 0.79	0.80
	Mokar, star, istrošen, glatki	0.53 – 0.73	0.63
Makadam	Suh, tvrd, prašnjav	0.41 – 0.55	0.48
	Vlažan, tvrd, blatnjav	0.37 – 0.47	0.42
	Mokar, tvrd, pješčan	0.27 – 0.43	0.35
Snijeg	Utrti suhi	0.13 – 0.19	0.16
	Rasuti suhi	0.12 – 0.16	0.14
	Raskvašeni mokri	0.18 – 0.22	0.20

Izvor: [9]

U tablici 4 se prikazuje vrijednost koeficijenta prianjanja na asfaltnim i betonskim cestovnim površinama za različite brzine kretanja i stanja pneumatika, koriste se novi i korišteni pneumatik sa većom dubinom utora od 1.6 mm. [9]

**Tablica 10: Prikaz vrijednosti koeficijenta prianjanja ovisno o brzini**

Brzina vozila [km/h]	Stanje pneumatika	Stanje površine kolnika			
		Suha ploha	Mokra ploha, visina vode = 0,2 mm	Pljusak, visina vode = 1 mm	Lokva, visina vode = 2 mm
		Koeficijent prianjanja			
50	novi	0.8	0.65	0.55	0.5
	korišteni	1.0	0.5	0.4	0.25
90	novi	0.8	0.6	0.3	0.05
	korišteni	0.95	0.2	0.1	0.05
130	novi	0.75	0.55	0.2	0
	korišteni	0.9	0.2	0.1	0

Izvor: [9]

Zaustavni put je put koje je vozilo prošlo od trenutka od kada vozač uoči neku prepreku do trenutka potpunog zaustavljanja a sastoji se od puta reagiranja i puta kočenja. Put reagiranja je put koje vozilo prijeđe od uočavanja do reagiranja pritiskom papučice kočnice, a put kočenja je od pritiska papučice do potpunog zaustavljanja. [1]

Neki čimbenici koji utječu na zaustavni put uključuju [40]:

- brzini vožnje,
- stanje kočionog sustava,
- vrsti pneumatika,
- vrijeme reakcije,
- nagib ceste,
- starost pneumatika,
- razina i kvaliteta kočione tekućine,
- tlak pneumatika,
- marka i kvaliteta pneumatika,
- je li cesta mokra ili i
- dubina utora.

Na slici 28 su prikazane dubine utora u inčima i odgovarajuće veličine u milimetrima. [41]

**Tread Depth Chart**

Millimeters	Inches
0.8	1/32
1.6	2/32
2.4	3/32
3.2	4/32
4.0	5/32
4.8	6/32
5.6	7/32
6.4	8/32
7.1	9/32
7.9	10/32
8.7	11/32

**Slika 28: Prikaz dubine utora u milimetrima i inčima**

Izvor: [41]

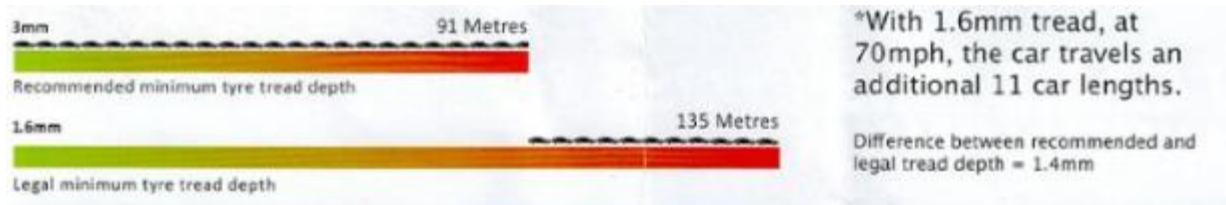
Legalna dubina utora je 1.6 mm ali to ne znači da je pneumatik ispravan, odnosno da ima zadovoljavajuće performanse, na slici 29 su prikazane razine istrošenosti pneumatika ovisno o dubini utora. [42]

Tread depth	Worn %	Comment
8mm	0%:	NEW
7mm	15%:	GOOD
6mm	31%:	GOOD
5mm	47%:	OK
4mm	62%:	CHECK MONTHLY
3mm	78%:	RECOMMENDED CHANGE
2mm	94%:	CHANGE NOW
1.6mm	100%:	LEGAL LIMIT

**Slika 29: Razina istrošenosti pneumatika ovisno o dubini utora**

Izvor: [42]

Na slici 30 je prikazana razlika puta kočenja pri brzini od 70 mph (112.65 km/h) između donje legalne granice dubine utora i preporučene dubine za izmjenu.



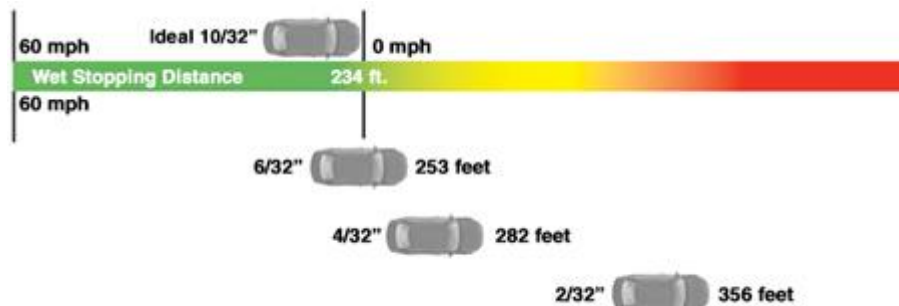
**Slika 30: Razlika puta kočenja između dubine pneumatika 3mm i 1.6mm**

Izvor: [42]

Razlika između puta kočenja s pneumatikom od dubine utora 3 mm za koju je preporučena izmjena i pneumatika sa najmanjom legalnom dubinom od 1.6 mm je dužina 44 metara, to je 11 vozila ako se uzme prosjek duljine vozila 4 m. [42]

Na slici 31 su prikazani udaljenosti puta kočenja pri brzini od 60 mph 96.56 km/h na mokrom kolniku za različite dubine utora na pneumatiku koje su: 10/32, 6/32, 4/32 i 2/32 inča. A na tablici 11 su prikazani rezultati s preračunatim vrijednostima. [41]





Slika 31: Udaljenosti puta kočenja za pneumatike različitih dubina utora

Izvor: [41]

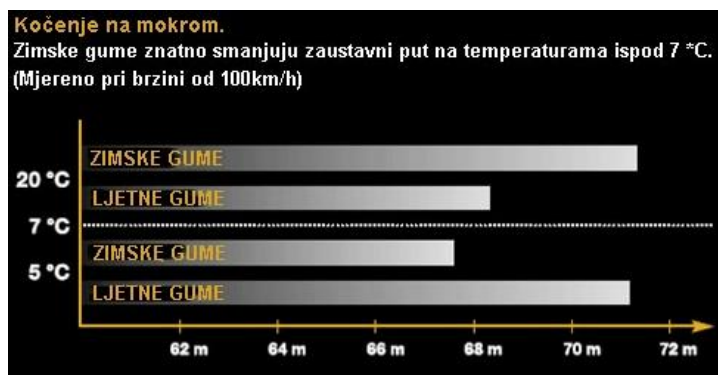
Tablica 11: Rezultati s preračunatim vrijednostima

Dubina utora u inčima [in]	Dubina utora u milimetrima [mm]	Put kočenja u stopama [ft]	Put kočenja u metrima [m]
10/32	7.9	234	71.32
6/32	4.8	253	77.12
4/32	3.2	282	85.95
2/32	1.6	356	108.51

Izvor: izradio autor, [41]

Na mokrom kolniku, razlika između puta kočenja s pneumaticima dubine utora 1.6 mm u odnosu na onaj s dubinom utora 7.9 mm je 37.19 m.

Na slici 32 je prikazana razlika udaljenosti puta kočenja između ljetnih i zimskih pneumatika na različitim temperaturama koje su prethodno spomenute u poglavlju 5.3. [43]



Slika 32: Razlika u duljini kočenja zimskog i ljetnog pneumatika

Izvor: [43]

Prethodno je spomenuto da postoje tri vrste pneumatika, ljetni, zimski i cjelogodišnji pneumatici. Na slici 33 su prikazane duljine puta kočenja svakog pneumatika na mokroj, suhoj i podlozi prekrivenom snijegom a u tablici 12 su prikazani rezultati. [44]



Slika 33: Udaljenosti puta kočenja, za zimski, cjelogodišnji i ljetni pneumatik

Izvor: [44]

Tablica 12: Prikaz rezultata kočenja svih pneumatika

Uvjeti ceste [mph]([kmh])	Cjelogodišnji [ft]([m])	Ljetni [ft]([m])	Zimski [ft]([m])
Suhi 60 (96.56)	131 (39.93)	120 (36.58)	155 (47.24)
Mokri 60 (96.56)	215 (65.53)	157 (47.85)	181 (55.17)
Snijeg 40 (64.37)	184 (56.08)	351 (106.98)	156 (47.55)

Izvor: [44]

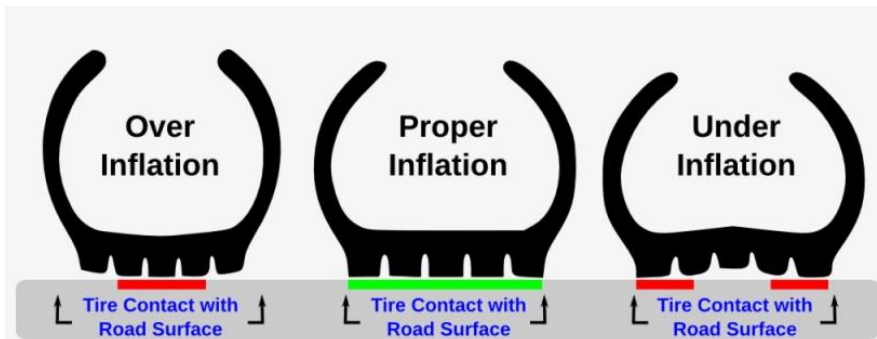
U tablici 13 se nalazi rezultat još jednog testiranja svih vrsta pneumatika na različitim podlogama i temperaturama. [9]

**Tablica 13: Utjecaj pneumatika na duljinu zaustavnog puta ovisno o temperaturi i podlozi**

PODLOGA	TEST	LJETNI PNEUMATIK [m]	CJELOGODIŠNJI PNEUMATIK [m]	ZIMSKI PNEUMATIK [m]
SUHA	100 - 0 km/h 10°C	38	49	51
	100 - 0 km/h 25°C	38	52	56
MOKRA	80 - 0 km/h 10°C	43	44	40
	80 - 0 km/h 25°C	40	47	45
SNIJEG	40 - 0 km/h	61	42	29

Izvor: [9]

Tlak u pneumaticima itekako utječe na duljinu zaustavnog puta, a utječe tako da pneumatik sa prevelikim tlakom ima smanjenu kontaktnu površinu s podlogom što smanjuje prijanjanje ali je i čvršći što može dovesti do klizanja, a kod pneumatika sa premalim tlakom se kontaktna površina smanjuje i utječe negativno na prijanjanje. Na slici 34 je prikazana razlika kontaktne površine ovisno o tlaku pneumatika.[42]

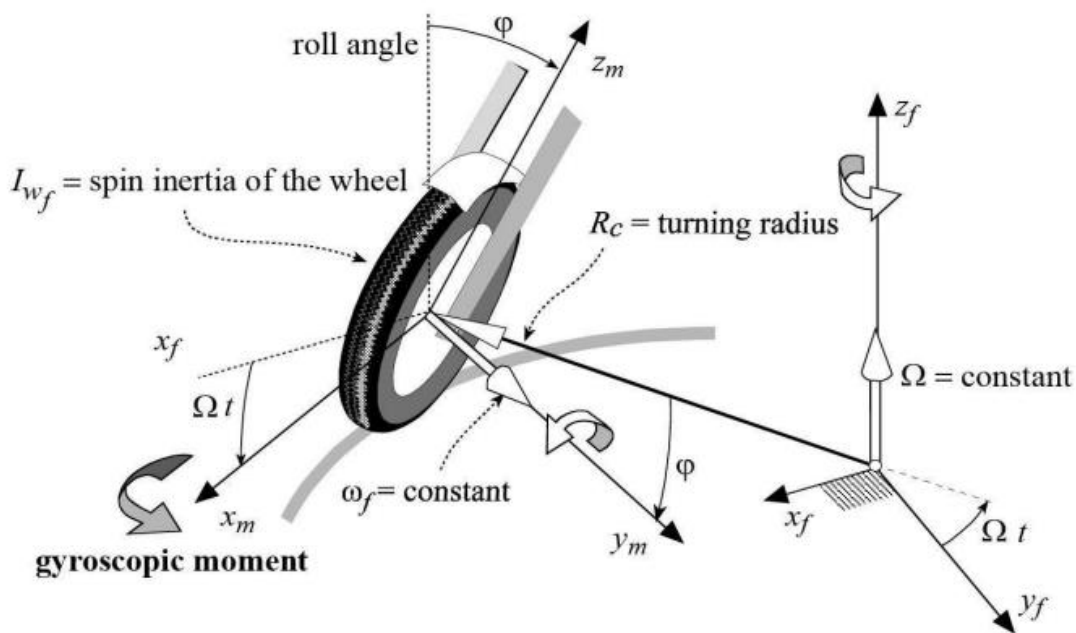


**Slika 34: Prikaz kontaktne površine za različite tlakove**

Izvor: [45]

## 6. ANALIZA VRSTE I DIMENZIJE PNEUMATIKA NA POGONSKIM I PRATEĆIM OSOVINAMA MOTOCIKLA NA KOEFICIJENT KOČENJA

Motocikli su vozila s jednim tragom i dva kotača koji voze na principu žiroskopskog efekta. Žiroskopski efekt se kod motocikla pojavljuje tijekom skretanja kotačima ili rotacijom motora te može biti usmjeren uzdužno i poprečno. Razmatrajući prednji kotač koji rotira konstantnom brzinom dok prolazi kroz zavoj nekog radijusa  $R_c$  s nekom konstantnom brzinom vilice  $\Omega$ , kotač izaziva žiroskopski moment (slika 35) oko horizontalne osi koji izaziva efekt ravnjanja kotača. [45]



Slika 35: Žiroskopski efekt nastao zbog gibanja prednjeg kotača u zavoju

Izvor: [47]

Kretanje kotača dok skreće generira žiroskopski moment oko horizontalne osi, koji ima učinak ispravljanja kotača. Žiroskopski moment je jednak umnošku zamaha  $L$  krutog tijela i kutne brzine tijela  $\Omega$ . [45]

$$Mg \approx I_{w_f} \omega_f \Omega \cos \varphi \quad (6.1)$$

U većini slučajeva je radijus skretanja mnogo veći od radijusa kotača pa se koristi ovaj izraz koji vrijedi ako je brzina vilice motocikla  $\Omega$  mala ili zanemarivo mala u odnosu na kutnu brzinu tijela  $\omega_f$ . [47]

Ukoliko se zanemari činjenica da kotači, promatrajući oba kotača, i imaju male razlike u kutovima nagiba i smjerovima tijekom skretanja, njihovi žiroskopski učinci se mogu zbrojiti. [47]

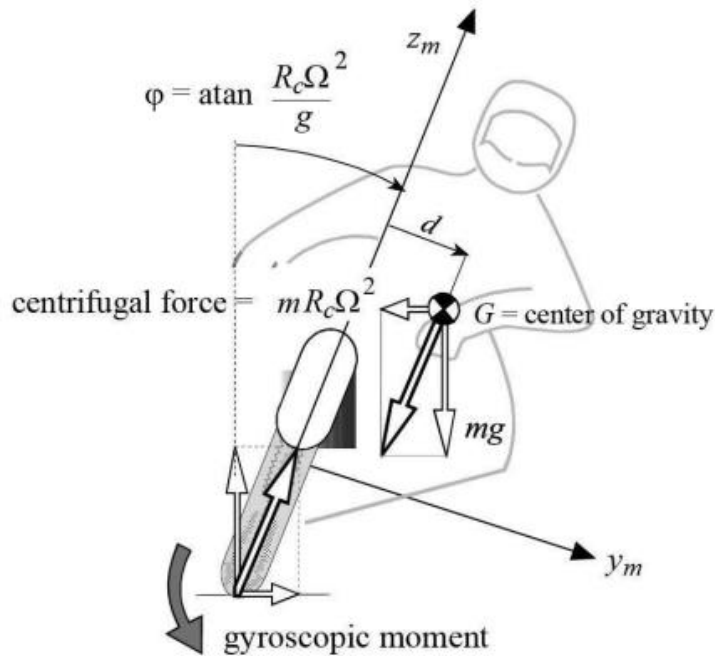
$$Mg \approx (I_{w_f} \omega_f + I_{w_r} \omega_r) \Omega \cos \varphi = I_w \omega \Omega \cos \varphi \quad (6.2)$$

Ravnoteža motocikla nastaje kada rezultanta težinske sile i centrifugalne sile presijecaju liniju koja spaja kontaktne točke s podlogom dvaju kotača. Ako se žiroskopski učinak zanemari i pretpostavi se da su kotači bez debljine, idealni kut nagiba u stanju stabilnog skretanja se izračunava sljedećim izrazom [47]:

$$\varphi = \arctg\left(\frac{R_c \Omega^2}{g}\right) \quad (6.3)$$

Žiroskopski učinak kotača tijekom skretanja nastaje kao moment koji ispravlja motocikl. Vozač se može nagnuti u smjeru skretanja, radi očuvanja ravnoteže, na takav način da rezultanta težinske sile i centrifugalne sile generiraju moment jednak i suprotan žiroskopskom momentu dvaju kotača, kao što je prikazano na slici 36. [47]

$$M = -\sqrt{(mg)^2 + (mR_c \Omega^2)^2} \cdot d = -M_g \quad (6.4)$$



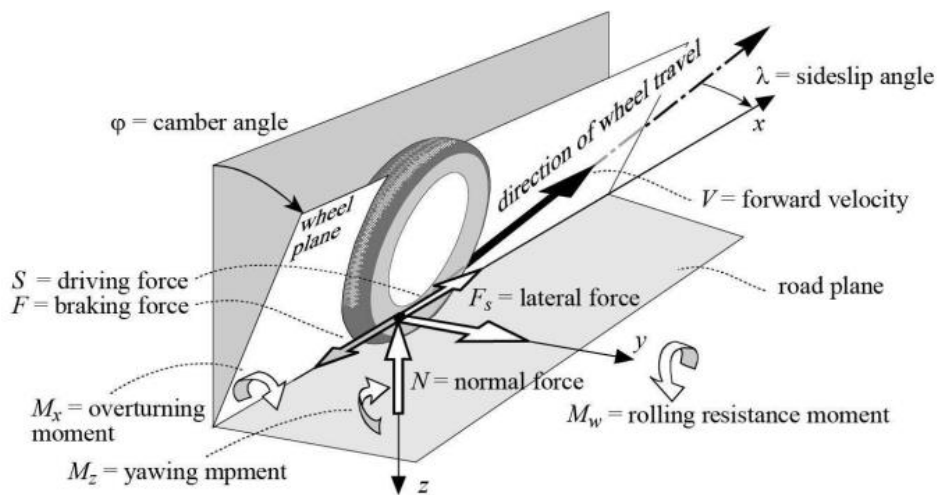
Slika 36: Utjecaj žiroskopskog momenta na motocikl tijekom skretanja

Izvor: [47]

Pneumatici motocikla su najbitniji element, njihova sposobnost deformiranja je najbitnija karakteristika jer s deformiranjem se održava kontakt između kotača i podloge. Pneumatik utječe na udobnost vožnje i stvaranje prijanjanja putem čega se prenose sile ubrzanja i kočenja na podlogu. Karakteristike pneumatika su veliki utjecaj na samu stabilnost motocikla, bočne i uzdužne sile djeluju u točkama između kotača i podloge. [47]

Interakcija gume s cestom može se predstaviti sustavom sastavljenim od tri sile i tri momenta, kao što je prikazano na slici 37 [47]:

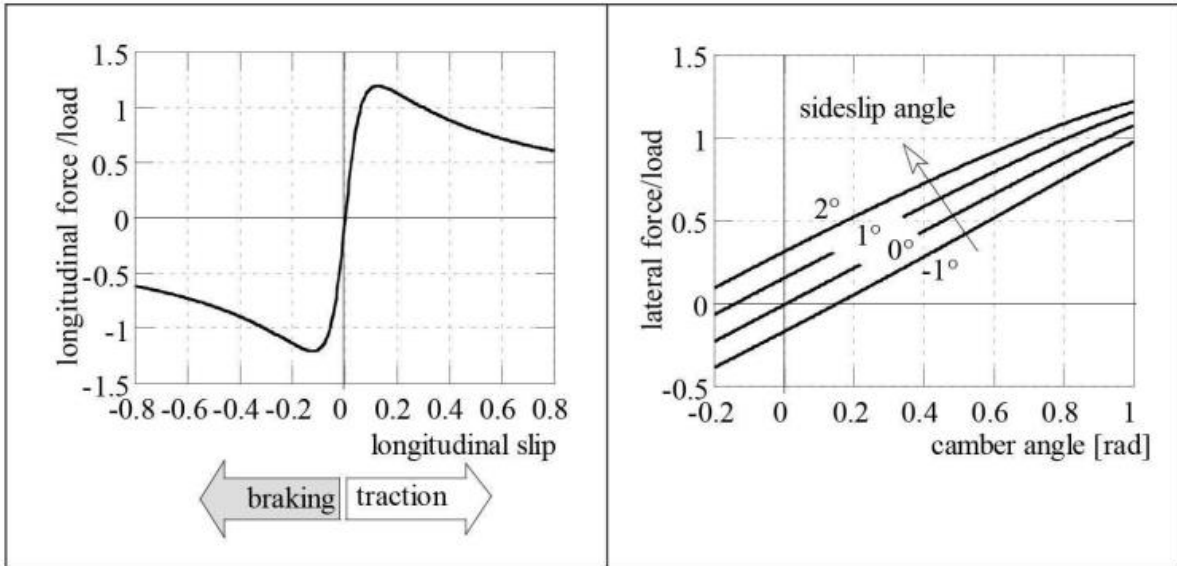
- uzdužna sila koja djeluje duž osi paralelne s presjekom ravnine kotača i ravnine ceste, prolazi kroz točku kontakta (smatra se pozitivnom ako je u vožnji, a negativnom ako je u kočenju), u smjeru  $x$ ;
- vertikalna sila okomita na ravninu ceste (vertikalno opterećenje koje djeluje na kotač, smatra se pozitivnim u smjeru prema gore), duž  $z$  osi;
- bočna sila, u ravnini ceste, okomita na uzdužnu silu, u smjeru  $y$ ;
- moment prevrtanja oko  $x$  osi,
- moment otpora kotrljanja oko  $y$  osi,
- moment skretanja oko  $z$  osi.



**Slika 37: Prikaz interakcija gume s cestom kroz tri sile i 3 momenta**

Izvor: [47]

Čistim proklizavanjem se podrazumijeva situacija kada se događa samo ili uzdužno ili bočno proklizavanje. Uzdužna sila ovisi o uzdužnom proklizavanju, dok je bočna sila funkcija kuta nagiba i kuta bočnog proklizavanja. Na slici 38 prikazane su tipične uzdužne i bočne sile u uvjetima čistog proklizavanja a krivulje koje pokazuju oblik sličan silama prikazanim na slici 38 mogu se opisati matematičkom formulom nazvanom "Čarobna formula". [47]



**Slika 38:Prikaz tipičnih i bočnih sila**

Izvor: [47]

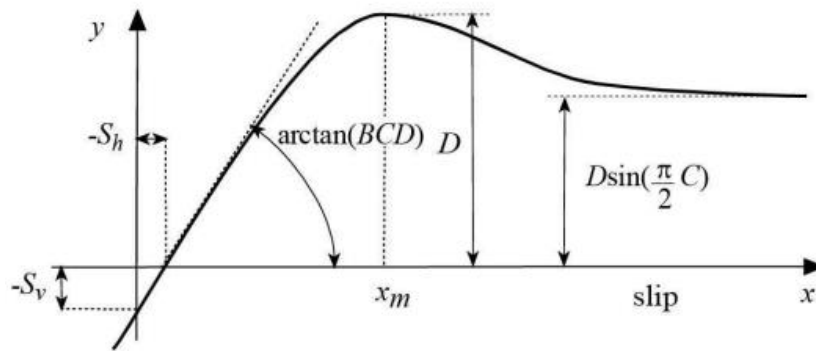
Model koji je predložio Pacejka (1993.), pristup je u glavnom empirijski ali rezultati dobro reproduciraju stvarno ponašanje gume, se temelji na takozvanoj "čarobnoj formuli", što je jedna jedina jednadžba koja se može koristiti za prikaz uzdužne sile vožnje ili kočenja, bočne sile ili momenta oko z osi. Izraz je sljedeći [47]:

$$Y(x)=y(x) + S_v$$

$$y(x)=D*\sin\{c*\arctg[B_x-E(B_x-\arctg B_x)]\}$$

$$X= x + S_h \tag{6.5}$$

B, C, D i E četiri parametra, Sv označava pomak krivulje duž y osi, a Sh označava pomak krivulje duž x osi. Veličina y može predstavljati ili uzdužni potisak ili bočnu silu, dok x predstavlja odgovarajuću količinu proklizavanja. Na slici 39 je prikazana tipična varijacija Pacejkine krivulje. [47]



**Slika 39: Prikaz krivulje i parametara magične formule**

Izvor: [47]

Nagib u ishodištu je rezultat umnoška BCD a ti parametri su [47]:

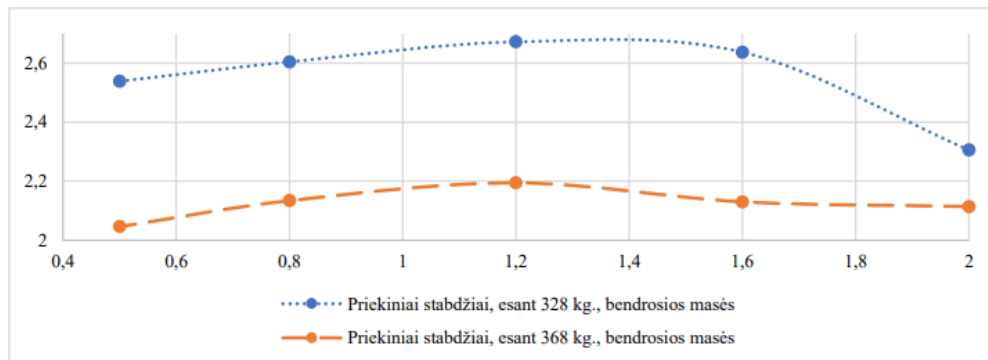
- Parametar D predstavlja vršnu vrijednost (samo kada je  $E < 1$  i  $C \geq 1$ ) i ovisi o vertikalnom opterećenju.
- Parametar C kontrolira asimptotsku vrijednost koju krivulja postiže kako proklizavanje teži beskonačnosti, i na taj način određuje konačni oblik krivulje.
- Parametar B određuje nagib krivulje od ishodišta.
- Parametar E karakterizira zakrivljenost u blizini vrhunca i istovremeno određuje položaj samog vrhunca.

Tlak u pneumatiku ima utjecaj na motociklu isto kao i na automobilu a njegov utjecaj je ispitan na motociklu modela Yamaha XVS650 (2006). Testiranje se vršilo vožnjom motocikla brzinom 50 km/h i kočenjem prednjom, stražnjom i s obje kočnice. Testiralo se sa masom vozila i masom vozača od 95 kg i sa masom vozila masom vozača od 95 kg i vrećom pijeska od 40 kg pri tlaku pneumatika od [48]:

- 2 bara
- 1.6 bara
- 1.2 bara
- 0.8 bara
- 0.5 bara



Deceleracija prednjih kočnica sa ukupnom masom od 328 kg po tlakovima i usporedba sa deceleracijom sa ukupnom masom 368 kg je prikazano na grafikonu 6, plava točkasta linija predstavlja rezultate mase od 328 kg. [48]



**Grafikon 6: Utjecaj tlaka pneumatika na deceleraciju motocikla**

Izvor: [48]

## 7. ANALIZA REZULTATA ISTRAŽIVANJA S PRIJEDLOGOM MJERA POBOLJŠANJA SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA

U sklopu izrade ovog diplomskog rada prikupljeni su i podaci vezani uz tehnički pregled vozila. Kontrola kočnica se obavlja na način da nadzornik vozilo postavi na uređaj za ispitivanje kočnica vozila (slika 40) te ispituje kočionu silu na prednjoj i stražnjoj osovini, te kočionu silu pomoćne kočnice. Ukupni koeficijent sile kočenja radne kočnice za osobna vozila prvi puta registrirana prije 1. siječnja 2012. ne smije biti manji od 50%, odnosno 58% za osobna vozila prvi puta registrirana nakon 1. siječnja 2012. godine. Ukupni koeficijent sile pomoćne kočnice za osobna vozila ne smije biti manji od 16%. Razlika sila kočenja za radnu kočnicu na kotačima iste osovine ne smije biti veća od 25%, a za pomoćnu kočnicu 30%. Nejednolikost sile kočenja na jednom kotaču ne smije biti veća od 20%. Postotak nejednolikosti sile kočenja izračunava se približno na polovici sile kočenja koja izaziva blokadu, a za osnovicu izračunavanja se uzima veća sila kočenja. Sva odstupanja od ovih zakonskih normi značilo bi ne samo pad na tehničkom pregledu nego i opasnost na cesti iz razloga što bi vjerojatno prilikom naglog kočenja došlo ili do zanošenja ili prevrtanja vozila. [50]



**Slika 40: Uređaj za ispitivanje sile kočenja vozila**

Izvor:[51]

### 7.1. Rezultati ispitivanja stanja pneumatika i kočionog sustava u sklopu tehničkog pregleda

U tablici 14 prikazan je popis vozila nakon tehničkog pregleda odnosno podaci o starosti dimenzije pneumatika, prijeđenim kilometrima i vrsti kočionog sustava. U tablici 15 su prikazani rezultati s aspekta pneumatika a u tablici 16 rezultati vezani uz kočioni sustav. Tehnički neispravna vozila posebno su označena žutom podlogom odnosno crvenom bojom slova i brojeva, a greške s aspekta pneumatika su prikazane u tablici 17 kao što su i greške prikazane u tablici 18.

**Tablica 14: Popis vozila s tehničkim specifikacijama**

TEHNIČKE SPECIFIKACIJE VOZILA								
R.Br.	Marka vozila	Tip, Model vozila	Prijeđeni Kilometri [km]	Starost vozila [god]	Konstrukcija pneumatika	Dimenzije pneumatika	Vrsta kočnica	Vrsta kočionog sustava
1	Ford	Grand C-MAX	202.007	9	Radijalni	215/50 R17	Disk kočnica	Hidraulični
2	Fiat	Croma	205.498	18	Radijalni	205/55 R16	Disk kočnica	Hidraulični
3	Mazda	6, SP CD129	157.956	13	Radijalni	215/50 R17	Disk kočnica	Hidraulični
4	Dacia	Logan, 0.9 TCE	164.160	6	Radijalni	185/65 R15	Disk kočnica	Hidraulični
5	Volkswagen	Golf, 1.9 TDI	224.370	16	Radijalni	195/65 R15	Disk kočnica	Hidraulični
6	Peugeot	107	138.806	17	Radijalni	155/65 R14	Disk kočnica	Hidraulični
7	Renault	Clio, 1.5 DCI	183.996	20	Radijalni	175/65 R14	Disk kočnica	Hidraulični
8	Suzuki	Vitara	183.190	9	Radijalni	215/55 R17	Disk kočnica	Hidraulični
9	Renault	Clio, 1.5 DCI SOCIETE	178.511	10	Radijalni	185/65 R15	Disk kočnica	Hidraulični
10	Dacia	Logan, 1.4 BASE	94.068	17	Radijalni	165/80 R14	Disk kočnica	Hidraulični
11	Opel	Corsa, 1.2 16V	149.897	13	Radijalni	185/70 R14	Disk kočnica	Hidraulični
12	Kia	Rio	38.031	7	Radijalni	185/ 65 R15	Disk kočnica	Hidraulični
13	Renault	Clio, 1.5 DCI	196.461	18	Radijalni	185/60 R15	Disk kočnica	Hidraulični
14	Peugeot	5008	283.256	11	Radijalni	215/65 R16	Disk kočnica	Hidraulični
15	Opel	Astra	235.781	11	Radijalni	235/50 R18	Disk kočnica	Hidraulični
16	Volkswagen	Tiguan	116.079	9	Radijalni	215/60 R17	Disk kočnica	Hidraulični
17	Chevrolet	Spark	19.947	16	Radijalni	155/60 R13	Disk kočnica	Hidraulični
18	Chevrolet	Captiva	115.106	14	Radijalni	215/70 R16	Disk kočnica	Hidraulični
19	Škoda	Octavia	229.522	17	Radijalni	225/45 R17	Disk kočnica	Hidraulični
20	Fiat	Punto	369.820	19	Radijalni	165/70 R14	Disk kočnica	Hidraulični
21	Renault	Megane	128.300	16	Radijalni	195/65 R15	Disk kočnica	Hidraulični
22	Ford	Focus	186.429	15	Radijalni	195/65 R15	Disk kočnica	Hidraulični
23	Škoda	Felicia	143.752	24	Radijalni	165/70 R13	Disk kočnica	Hidraulični
24	Suzuki	Celerio	21.584	7	Radijalni	165/65 R14	Disk kočnica	Hidraulični
25	Volkswagen	Golf, 1.6 TDI	174.348	11	Radijalni	195/65 R15	Disk kočnica	Hidraulični
26	Opel	Corsa, 1.3 CDTI	117.162	20	Radijalni	175/65 R14	Disk kočnica	Hidraulični
27	Peugeot	307	348.988	18	Radijalni	195/65 R15	Disk kočnica	Hidraulični
28	Audi	A4	351.995	29	Radijalni	195/65 R15	Disk kočnica	Hidraulični
29	Seat	Leon	260.613	24	Radijalni	195/65 R15	Disk kočnica	Hidraulični
30	BMW	Serija 3	244.572	12	Radijalni	225/50 R17	Disk kočnica	Hidraulični
31	Nissan	Juke	96.603	8	Radijalni	215/55 R17	Disk kočnica	Hidraulični
32	Citroen	C5	226.058	11	Radijalni	225/55 R17	Disk kočnica	Hidraulični
33	Volkswagen	Sharan	165.512	23	Radijalni	215/55 R16	Disk kočnica	Hidraulični

Izvor: izradio autor

**Tablica 15: Rezultati ispitivanja pneumatika**

R.Br.	Dubina utora [mm]	Starost pneumatika [god ]	Tlak u pneumaticima [bar]		Koeficijent (radno kočenje) [%]	Koeficijent (parkirno kočenje) [%]
			Prednja	Stražnja		
1	2	3	1,7	2,3	53	18
2	2,2	9	2	2,6	59	16
3	2,3	8	2,2	2,3	54	16
4	2	2	2,3	2,3	59	23
5	1,8	9	1,9	2,4	46	14
6	2	8	2,1	2,5	59	20
7	2	2	2	2,5	65	19
8	1,2	9	2	2,3	43	13
9	2	8	1,6	2,1	55	16
10	2	2	1,5	2,2	40	12
11	2,5	9	2	2,3	51	17
12	2,4	5	2,2	2,3	51	18
13	2,5	2	2,1	2,3	54	10
14	2,2	9	2,2	2,6	54	14
15	1	8	2,5	2,5	55	18
16	1,8	2	1,8	2,4	48	15
17	2,5	9	2,1	2,6	47	14
18	1,6	8	2	2,2	54	17
19	2,5	2	2,1	2,1	52	17
20	2,5	9	1,9	2,5	47	14
21	2,3	8	1,9	2,6	48	18
22	2,2	2	2	2,4	43	16
23	1,8	9	2	2,6	56	21
24	2,4	5	2	2,5	52	16
25	2,3	2	2,1	2,4	60	16
26	2	9	2,2	2,3	53	14
27	2,3	8	1,9	2,2	43	13
28	0,8	2	2,2	2,2	48	18
29	2,4	9	2,3	2,1	50	14
30	2,4	8	2,1	2,6	50	20
31	1,8	2	2,2	2,5	48	16
32	2,5	9	1,9	2,4	54	17
33	2	8	2,1	2,3	52	17

Izvor: izradio autor

**Tablica 16: Rezultati ispitivanja kočionog sustava**

R. Br.	Mjerenje sile kočenja (radno kočenje - 1.osovina) [N]		Mjerenje sile kočenja (radno kočenje - 2.osovina) [N]		Maksimalna razlika (radno kočenje) [%]	Koeficijent (radno kočenje) [%]	Mjerenje sile kočenja (parkirno kočenje) [N]		Maksimalna razlika (parkirno kočenje) [%]	Koeficijent (parkirno kočenje) [%]
	Lijevo	Desno	Lijevo	Desno			Lijevo	Desno		
1	3.210	3.260	2.410	2.610	8	53	2.070	1.910	8	18
2	3.320	3.350	2.490	2.650	6	59	1.610	1.560	3	16
3	3.530	3.650	1.860	2.060	10	54	1.610	1.740	7	16
4	2.540	2.570	2.080	2.180	5	59	1.600	2.020	21	23
5	2.550	2.740	1.590	1.740	9	46	1.200	1.450	17	14
6	1.980	1.780	1.500	1.540	10	59	1.120	1.140	2	20
7	2.250	3.430	2.110	2.000	34	65	1.570	1.220	22	19
8	2.460	2.460	1.490	1.450	3	43	1.320	1.120	15	13
9	2.590	2.810	1.750	1.820	8	55	1.390	1.200	14	16
10	2.130	1.950	800	1.160	31	40	740	1.120	24	12
11	2.430	2.280	1.700	1.660	6	51	1.310	1.400	6	17
12	2.210	2.360	1.460	1.730	16	51	1.230	1.500	18	18
13	2.690	2.730	1.560	1.720	9	54	1.340	280	79	10
14	2.430	2.370	2.400	2.100	11	54	1.430	1.400	3	14
15	3.110	3.120	2.370	2.360	0	55	1.830	1.680	8	18
16	2.910	2.830	2.160	2.140	3	48	1.590	1.480	7	15
17	1.950	1.760	770	1.300	41	47	630	1.100	43	14
18	3.810	4.070	2.560	2.730	6	54	2.420	1.750	28	17
19	2.970	2.950	2.130	2.030	5	52	1.760	1.580	10	17
20	2.100	2.010	1.290	1.320	4	47	920	1.100	16	14
21	2.580	2.550	1.490	1.660	10	48	1.450	1.610	10	18
22	2.130	2.390	1.720	1.760	11	43	1.490	1.530	3	16
23	2.170	1.990	1.900	1.910	8	56	1.570	1.480	6	21
24	1.970	1.930	1.270	1.210	5	52	990	1.020	3	16
25	3.210	3.460	1.960	2.010	7	60	1.600	1.270	21	16
26	2.690	2.370	1.870	1.260	33	53	1.510	660	56	14
27	2.270	2.290	1.320	1.610	18	43	1.200	1.140	5	13
28	1.700	2.620	2.040	1.960	35	48	1.560	1.520	3	18
29	2.570	2.850	1.830	1.930	10	50	1.064	1.520	30	14
30	2.490	2.720	2.370	2.460	8	50	1.990	1.950	2	20
31	2.230	2.300	1.600	1.840	11	48	1.100	1.520	28	16
32	3.620	3.800	2.520	2.190	13	54	2.220	1.670	25	17
33	3.600	3.640	2.490	2.660	6	52	1.850	2.110	12	17

Izvor: izradio autor

**Tablica 17: Opis grešaka za neispravna vozila s aspekta pneumatika**

R.Br.	Stanje pneumatika	Tlak u pneumaticima [bar]	Opis greške
1	Nezadovoljavajuće	Premali tlak pneumatika	Premali tlak u pneumaticima prednje osovine
8	Nezadovoljavajuće	Odgovarajući tlak pneumatika	Potrošenost gaznog sloja. Nezadovoljavajuća dubina utora
9	Nezadovoljavajuće	Premali tlak pneumatika	Premali tlak u pneumaticima prednje osovine
10	Nezadovoljavajuće	Premali tlak pneumatika	Premali tlak u pneumaticima prednje osovine
15	Nezadovoljavajuće	Odgovarajući tlak pneumatika	Potrošenost gaznog sloja. Nezadovoljavajuća dubina utora
16	Nezadovoljavajuće	Premali tlak pneumatika	Premali tlak u pneumaticima prednje osovine
18	Nezadovoljavajuće	Odgovarajući tlak pneumatika	Potrebna skora zamjena pneumatika zbog istrošenosti
28	Nezadovoljavajuće	Odgovarajući tlak pneumatika	Potrošenost gaznog sloja. Nezadovoljavajuća dubina utora

Izvor: Izradio autor

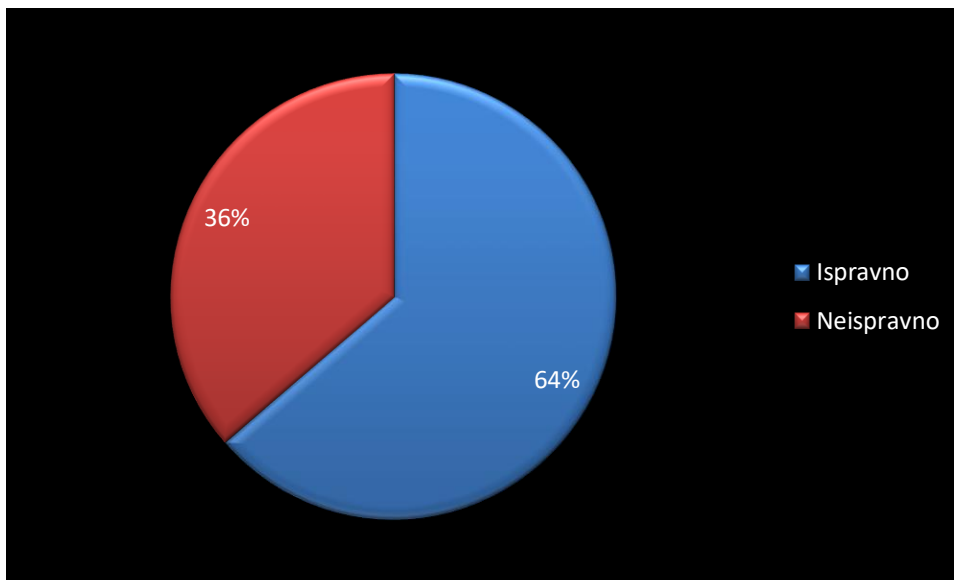
**Tablica 18: Opis grešaka za neispravna vozila s aspekta kočionog sustava**

Redni broj	Opis greške
5	1.Potrebna skora zamjena kočione tekućine
7	1.Izvršni kočioni element radne kočnice 2.Razlika kočenja lijevo - desno
10	1.Izvršni kočioni element radne I parkirne kočnice 2.Razlika kočenja lijevo - desno
13	1.Potrebna skora zamjena kočione tekućine 2.Izvršni kočni elementi parkirne kočnice, 3.razlika kočenja lijevo – desno 4.Poluga parkirne kočnice prevelika
17	1.Izvršni kočioni element radne I parkirne kočnice 2.Razlika kočenja lijevo - desno
26	1.Izvršni kočioni element radne I parkirne kočnice 2.Razlika kočenja lijevo - desno
28	1.Izvršni kočioni element radne kočnice 2.Razlika kočenja lijevo - desno

Izvor: Izradio autor

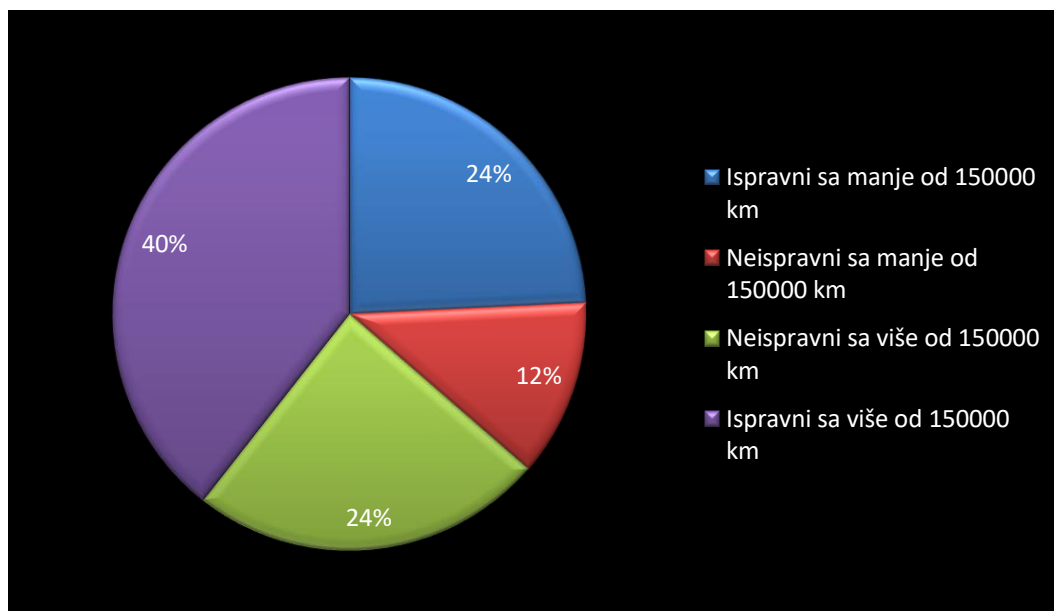
Od 33 ispitanih automobila 12 ih je neispravno odnosno 36.36%, prikazano u grafikonu 7, što je veliki udio neispravnih vozila. Od 12 neispravnih vozila 8 ih je prešlo više od 150,000 km odnosno 66.67% što je 24.24% kako je prikazano u grafikonu 8. Od svih vozila koja su tehnički neispravna 2 vozila imaju neispravni kočioni sustav i neispravne pneumatike, dok samo neispravne pneumatike ima 6 vozila a samo neispravan kočioni sustav ima 5 vozila. Prosječna starost voznog parka na temelju ovog uzorka je 14.78 godina.

**Grafikon 7: Odnos između ispravnih i neispravnih vozila ispitanih vozila**



Izvor: izradio autor

**Grafikon 8: Prikaz ispravnosti vozila s obzirom na km**



Izvor: izradio autor

## 7.2. Prijedlog mjera poboljšanja sigurnosti cestovnog prometa

Pneumatici, kao i većina drugih elemenata vozila, imaju svoj vijek trajanja. Performanse pneumatika uvelike ovise o gaznom sloju, vrsti, tlaku i dubini utora pneumatika. Pravilan odabir pneumatika može puno doprinijeti sigurnosti cestovnog prometa jer kriva vrsta pneumatika, nepravilni tlak u pneumatiku, istrošen gazni sloj i nedovoljna dubina utora produljuju put kočenja kao i stabilnost i upravljivost ne samo prilikom kočenja nego i vožnje bilo riječ o kretanju u pravcu ili zavoju. Pneumatik je itekako značajan za stabilnost motocikla pošto se ravnoteža održava na temelju žiroskopskog efekta. Kočioni sustavi su itekako bitni njihov krivi rad može doći do nestabilnog i neupravljivog kočenja ili čak i prebačaja i slijetanja s kolnika.

Pneumatik omogućava kontakt između vozila i podloge i prenosi sve sile sa vozila na podlogu te mu s time osigurava potrebnu stabilnost. Minimalnu granicu dubinu utora potrebno je ograničiti na minimalno 3 mm, vrijednost razlike dužine puta kočenja između pneumatika sa dubinom utora 1.6 mm i 3 mm je veća nego kod razlike pneumatika sa dubinom utora 3mm i 8mm. Također dubina utora što je manja se na mokrom kolniku povećava vjerojatnost hidrodinamičkog plivanja.

Jednako tako predlaže se povećati kontrolu pneumatika i u sklopu tehničkog pregleda, rutinske policijske kontrole i prilikom uključivanja vozila na autocestu. Zbog dostupnosti opreme za vrijeme tehničkog pregleda uvesti da se detaljno provjerava pneumatik, kontrola starosti pneumatika, prijanjanja gaznog sloja, dubine utora i tlaka pneumatika. Za vrijeme rutinske policijske kontrole početi provjeravati dubine utora i tlak u pneumatiku, kako bi vozač mogao biti djelomično upućen o



vlastitom stanju vozila. Na autocesti, pošto se radi o velikim brzinama, uvesti kontrolu tlaka i dubine utora pneumatika.

Nadalje prema rezultatima istraživanja proizlazi i potreba za uvođenjem dva obavezna tehnička pregleda tijekom godine. Takva mjera ima za cilj kontrolirati da li je pneumatik odgovarajuće ovisno o godišnjem dobu i učestalijom kontrolom smanjiti vjerojatnost i upozoriti vozača o kvaru vozila.

Jedna od mjera je uvesti obavezne male servise na vozilima svakih 15 000 km, gdje će se pregledavati i po potrebi mijenjati ulje i filteri i obavezno pregledavati kočioni sustav i stanje pneumatika.

Osim toga mjera koja se predlaže je uvođenje nezavisne organizacije koja bi obavljala detaljne očevide prometnih nesreća. Cilj ove mjere je imati detaljne podatke o prometnoj nesreći, pogotovo o vozilima, i s time povećati pravednost presude o krivnji. Sa detaljnijim podacima očevidima omogućila bi se veća detaljnost statistike o prometnim nesrećama na temelju čega se može korektivno djelovati na promet.

Čovjek je izuzetno važan čimbenik sigurnosti prometa. Čovjek ne sudjeluje samo kao vozač već i kao putnik, pješak ili biciklist te može ugroziti sigurnost prometa. Zato je potrebna dodatna edukacija ljudi. Cilj je kandidatima autoškole probuditi svijest o opasnostima vožnje i neispravnosti vozila i prometnoj kulturi. Pošto ne planiraju svi ljudi polagati vozački ispit, kroz osnovnu i srednju školu dodatno educirati učenike kako bi imali prihvatljivu razinu znanja o propisima.

## 8. ZAKLJUČAK

Promet je vrlo kompleksan dinamički sustav koji ima puno elemenata koji su međusobno povezani i, najbitnije, ti elementi utječu svi na sigurnost, između ostalog, i na druge elemente kao i sami sebe. Razina sigurnost ili opasnost sustava se može procijeniti brojem prometnih nesreća. Do prometne nesreće može doći zbog nekog od ili nekoliko čimbenika sigurnosti čovjek, cesta, vozilo, promet na cesti i incidentni čimbenik.

Čovjek je najveći čimbenik sigurnosti prometa i on upravlja vozilom i određuje svoj smjer kretanja. Svaki čovjek ima svoje urođene karakteristike kojima utječe na upravljanje vozila i indirektno može utjecati na druge vozače. Psihofizičke sposobnosti i iskustva omogućavaju uočavanje, reakciju i poduzimanje odgovarajućih radnji u skladu sa situacijom nastalom u prometu. Čovjek također može svjesno konzumirati alkohol i droge te pod utjecajem toga upravljati vozilom i time ugroziti sve sudionike oko sebe uključujući i samoga sebe. Potrebno je buđenje svijesti o opasnostima i podizanje prometne kulture svih sudionika prometa.

Cesta utječe na stabilnost vozila i psihi vozača, ovisno o kvaliteti održavanja i projektirana, isto tako svojom opremom može pomoći ali može i otežati. Velik broj prometnih znakova utječe na psihi i percepciju te s time smanjuje sigurnost odvijanja prometa. Incidentni čimbenici su nepredvidljivi događaji koji mogu stvoriti oštećenja ili dovesti prljavštinu na cesti i ometati čovjeka i njegove sposobnosti zapažanja.

Vozilo je prijevozno sredstvo koje služi za prijevoz tereta i ljudi, te čini jedan od najvažnijih elemenata cestovnog prometa. Vozilo mora, uz mogućnost prijevoza tereta i ljudi, imati sposobnost sigurnog zaustavljanja i zaštitu putnika i tereta. To postiže aktivnim i pasivnim elementima koji utječu na sigurnost cestovnog prometa. Pasivni elementi su bitni ali nemaju funkciju sprječavanja nastanka prometne nesreće nego smanjenja posljedica prometne nesreće nakon nastanka. Aktivni elementi imaju funkciju sprječavanja nastanka prometne nesreće. Jedni od aktivnih elemenata su između ostalog i pneumatici i kočioni sustav.

Kočioni sustav ima funkciju zaustavljanja vozila na optimalnoj udaljenosti uz što veću moguću stabilnost. Mora biti izveden na način da se može više puta uzastopno kočiti bez otkaza sustava, kotači prilikom kočenja moraju se i dalje kotrljati do trenutka dok se vozilo ne zaustavi, u protivnom blokiraju i nema kontrole više kotača na cestu ni prijenosa sile usporenja nego vozilo klizi do zaustavljanja. S obzirom da raspoređena masa u vozilo nije jednaka, osovine i kotači osovina nisu jednako opterećeni stoga kočioni sustav mora uravnotežiti kočenje svakog kotača kako ne bi došlo do slijetanja, prevrtanja ili izvrtanja vozila.

U sklopu analize utjecaja pneumatika na koeficijent kočenja ispitane su vrijednosti različitih podloga s različitim stanjem kolničkog zastora iz čega se može zaključiti da je najbolja podloga asfalt, iako novi suhi beton ima veću prosječnu vrijednost koeficijenta prianjanja od novog i suhog asfalta, ali kad su suhi, stari i malo istrošeni asfalt ima istu prosječnu vrijednost koeficijenta prianjanja kao i kad je nov dok beton nema. Preporuka za mijenjanje pneumatika je na dubini utora od 3 mm. Put kočenja pneumatika na mokrom kolniku sa dubinom utora 3 mm je 86 m, od puta kočenja sa novim pneumatikom je duži za otprilike 14 m, a put kočenja sa pneumatikom čija dubina utora je 1.6 mm je 109 m, što je duže za 37 m od puta kočenja sa novim pneumatikom. Zimski pneumatici imaju bolje eksploatacijske vrijednosti na temperaturama ispod 7 °C dok ljetni iznad toga, optimalno oko 20 °C. Kočenje sa cjelogodišnjim pneumaticima nema najkraći put kočenja, od kočenja sa zimskim i ljetnim, u niti jednom uvjetu, ali je najdulji put kočenja u uvjetima mokrog kolnika. Kočenje cjelogodišnjim pneumaticima tijekom zimskih uvjeta ima kraći put kočenja od kočenja s ljetnim pneumaticima a tijekom ljetnih uvjeta ima kraći put kočenja od kočenja sa zimskim.

Pneumatik je taj koji sve sile prenosi na kolnik, sile ubrzanja, sile kočenja i preuzima na sebe sile podloge i bočne sile pogotovo kod motocikla gdje je pneumatik jedino što omogućuje ravnotežu. To je jedina veza između podloge i vozila. Glavna zadaća je prenijeti sve sile koje vozilo stvara na kolnik i zadržati vozilo stabilnim. Pneumatik mora imati određenu dubinu utora putem utora izbacuje vodu da ne dođe do hidrodinamičkog plivanja, gaznim slojem stvara prianjanje između kolnika i kotača a zrak unutar pneumatika preuzima opterećenje na sebe. Kako bi kontaktna površina ostala optimalna važno je voditi briga o tlaku pneumatika a pogotovo istrošenosti gaznog sloja, točnije dubine utora jer itekako može povećati put kočenja pogotovo što se ide prema istrošenijem pneumatiku razlika se eksponencijalno povećava. Karakteristike pneumatika ovise i o temperaturi zato je bitno koristiti odgovarajuću vrstu pneumatika.

## Popis oznaka

Mjerna jedinica	Značenje
%	Postotak
°C	Celzijev stupanj
mm	Milimetar
m	Metar
km/h	Kilometar na sat
in	Inči
ft	Stopa
mph	Milja na sat
$\phi$	Kut rotacije
$\Omega(\omega)$	Kutna brzina
M	Moment
I	Moment inercije
F	Sila
m	masa tijela
g	gravitacijska konstanta
R	Radijus

## Popis literature

- [1] Cerovac V., Tehnika i sigurnost prometa, Zagreb, Fakultet prometnih znanosti, 2001.
- [2] Šepić, T.: Prometna kultura i edukacija kao čimbenici povećanja sigurnosti cestovnog prometa, specijalistički završni rad, Veleučilište u Rijeci, Rijeka, 2020.
- [3] Španić, J.: Vozač kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa, završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2020.
- [4] <https://krenizdravo.dnevnik.hr/zdravlje/psihologija/koja-je-razlika-između-karaktera-i-osobina>(Pristupljeno: rujan, 2024.)
- [5] Sokač, T.: Utjecaj procesa osposobljavanja kandidata za vozače na sigurnost cestovnog prometa, završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2016.
- [6] <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=52005>(Pristupljeno: rujan, 2024.)
- [7] Božinović, F.: Cesta kao čimbenik sigurnosti prometa, završni rad, Veleučilište u Šibeniku, Šibenik, 2022.
- [8] Došlić, I.: Analiza utjecaja vozila i ceste na sigurnost cestovnog prometa, završni rad, sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2015.
- [9] Filipović, K.: Utjecaj suvremenih elektroničkih sustava za kočenje na stabilnost cestovnih vozila, završni rad, sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2015.
- [10] Škorić, J.: Regenerativno kočenje, završni rad, sveučilište u Šibeniku, Šibenik, 2020.
- [11] [https://www.autostanic.hr/Content/Images/uploaded/shutterstock\\_715713514.jpg](https://www.autostanic.hr/Content/Images/uploaded/shutterstock_715713514.jpg)(Pristupljen o: rujan, 2024.)
- [12] <https://www.gregmonforton.com/windsor/car-accident-lawyer/car-safety-evolution/evolution-brake-systems.html>(Pristupljeno: rujan, 2024.)
- [13] [https://www.abebrakes.com/wp-content/uploads/2021/06/ABE\\_history\\_01.jpg](https://www.abebrakes.com/wp-content/uploads/2021/06/ABE_history_01.jpg)(Pristupljeno: rujan, 2024.)
- [14] Šakota, L.: Kočnice i kočioni sustavi automobila u funkciji sigurnosti, završni rad, sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2019.
- [15] <https://autoportal.hr/wp-content/uploads/2020/07/Bubanj-kocnice-4.jpg> (Pristupljeno: rujan, 2024.)
- [16] <https://www.knottuk.com/business-segments/brake-technology/products/drum-brakes/>(Pristupljeno: rujan, 2024.)
- [17] <https://qph.fs.quoracdn.net/main-qimg-c03903ea776626a447ef5bd42d9d3bdd> (Pristupljeno: rujan, 2024.)
- [18] <https://media.hswstatic.com/eyJidWNrZXQiOiJjb250ZW50Lmhzd3N0YXRpYy5jb20iLCJrZXkiOiJnaWZcL2Rpc2MtYnJha2UzLmpwZyIsImVkaXRzIjp7InJlc2l6ZSI6eyJ3aWR0aCI6Mjg1fSwidG9Gb3JtYXQiOiJhdmlmIn19>(Pristupljeno: rujan, 2024.)
- [19] Kučinić, T.: Autorizirana predavanja iz kolegija Cestovna prijevozna sredstva, Zagreb, 2020./2021.
- [20] <https://i.ytimg.com/vi/BX9Z8fCqY-c/hq720.jpg?sqp=-oaymwEhCK4FEIIDSFryq4qpAxMIARUAAAAGAEIAADIQj0AgKJD&rs=AOn4CLB2bsv4aQ6ab - OVACU33KI32SD6w> (Pristupljeno: rujan, 2024.)

- [21] <https://strongauto.ba/wp-content/uploads/2022/05/Hidraulicni-kocioni-sistemz.jpg> (Pristupljeno: rujan, 2024.)
- [22] <https://www.researchgate.net/profile/Prabin-Jha/publication/327596022/figure/fig4/AS:694968406528007@1542704788899/Schematic-layout-of-Pneumatic-braking-system.png> (Pristupljeno: rujan, 2024.)
- [23] <https://korak.com.hr/regenerativno-kocenje/> (Pristupljeno: rujan, 2024.)
- [24] Kamber, F.: Analiza rada elektronskih sustava za stabilnost vozila, završni rad, sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2021.
- [25] <https://www.petabrzina.com/wp-content/uploads/2011/12/abs-principijelna-shema.jpg> (Pristupljeno: rujan, 2024.)
- [26] [https://automania.hr/wp-content/uploads/2014/04/bosch\\_esp\\_3\\_clanak.jpg](https://automania.hr/wp-content/uploads/2014/04/bosch_esp_3_clanak.jpg) (Pristupljeno: rujan, 2024.)
- [27] <https://autoportal.hr/wp-content/uploads/2021/02/BAS-kocnice.jpg> (Pristupljeno: rujan, 2024.)
- [28] <https://d3i71xaburhd42.cloudfront.net/7f2571441e9d0290789755bf5aba3cf077cb792d/250px/2-Figure1-1.png> (Pristupljeno: rujan, 2024.)
- [29] Zakon o sigurnosti prometa na cestama, čl. 2., Narodne novine br. (67/08., 48/10., 74/11., 80/13., 158/13., 92/14., 64/15., 108/17., 70/19., 42/20., 85/22., 114/22., 133/23.,) (Pristupljeno: rujan, 2024.)
- [30] [https://mup.gov.hr/UserDocsImages/statistika/2024/6/Bilten\\_o\\_sigurnosti\\_cestovnog\\_prometa\\_2023.pdf](https://mup.gov.hr/UserDocsImages/statistika/2024/6/Bilten_o_sigurnosti_cestovnog_prometa_2023.pdf) (Pristupljeno: rujan, 2024.)
- [31] Pavlik, I.: Utjecaj pneumatika na stabilnost cestovnih vozila, završni rad, sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2016.
- [32] Vidović, T.: Utjecaj pneumatika na stabilnost cestovnih vozila, završni rad, sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2017.
- [33] <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSoWCy-TInehSP8In-9MmxYREK8XDNSSmzoA&s> (Pristupljeno: rujan, 2024.)
- [34] Lulić, Z., Šagi, G., Ormuž, K.: Autorizirana predavanja iz kolegija Teorija kretanja vozila, Zagreb, 2022./2023.
- [35] <https://autoportal.hr/wp-content/uploads/2020/09/Radijalne-Dijagonalne.jpg> (Pristupljeno: rujan, 2024.)
- [36] <https://www.researchgate.net/publication/370883825/figure/fig1/AS:11431281159815925@1684502927726/Construction-of-radial-tire-casing-6.png> (Pristupljeno: rujan, 2024.)
- [37] <https://www.researchgate.net/publication/352045817/figure/fig1/AS:1030067316596736@1622598594489/Construction-of-the-diagonal-tire-Source-Warecki-nd.png> (Pristupljeno: rujan, 2024.)
- [38] <https://carorbis.com/wp-content/uploads/2023/03/Summer-Tyres-vs-Winter-Tyres-vs-All-Season-Tyres.png> (Pristupljeno: rujan, 2024.)
- [39] [https://www.autopraonica-vulkanizer-extreme.com/wp-content/uploads/2015/09/oznake\\_na\\_gumi.jpg](https://www.autopraonica-vulkanizer-extreme.com/wp-content/uploads/2015/09/oznake_na_gumi.jpg) (Pristupljeno: rujan, 2024.)
- [40] <https://www.chapelhilltire.com/how-does-tire-tread-depth-affect-braking-distance/> (Pristupljeno: rujan, 2024.)
- [41] <https://www.hunter.com/ar/stopping/> (Pristupljeno: rujan, 2024.)

- [42] <https://www.jthughes.co.uk/Blog/View/How-Stopping-Distance-is-Affected-by-Tyres/12632>  
(Pristupljeno: rujan, 2024.)
- [43] <https://blog.olx.ba/2014/08/razlika-izmedu-ljetnih-zimskih-cjelogodisnjih-guma/> (Pristupljeno: rujan, 2024.)
- [44] <https://www.cjponyparts.com/resources/summer-all-season-winter-tires-infographic>  
(Pristupljeno: rujan, 2024.)
- [45] [https://www.nicepng.com/ourpic/u2q8e6t4w7u2r5e6\\_tire-check-without-a-pressure-gauge-easy-tire/](https://www.nicepng.com/ourpic/u2q8e6t4w7u2r5e6_tire-check-without-a-pressure-gauge-easy-tire/) (Pristupljeno: rujan, 2024.)
- [46] Conjar, V.: Vozila koja koriste žiroskopski efekt, završni rad, veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2015.
- [47] Cossalter, V. : Motorcycle dynamics (second edition), 2nd English edition 2006
- [48] Mikelionis, L.: Motociklostabdymoefektyvumopriklausomybènuoslègiopadangoseirbendrosiosma sès, znanstveni časopis, 2023;298-302. <https://hdl.handle.net/20.500.12259/256352>
- [49] [https://transport.ec.europa.eu/news-events/news/2023-figures-show-stalling-progress-reducing-road-fatalities-too-many-countries-2024-03-08\\_en](https://transport.ec.europa.eu/news-events/news/2023-figures-show-stalling-progress-reducing-road-fatalities-too-many-countries-2024-03-08_en) (Pristupljeno: rujan, 2024.)
- [50] <https://www.hak.hr/vozila/tehnicki-pregledi/korak-po-korak/> (Pristupljeno: rujan, 2024.)
- [51] <https://www.hak.hr/vozila/tehnicki-pregledi/mjerni-uredjaji/> (Pristupljeno: rujan, 2024.)

## Popis slika

Slika 1: Međusobni odnos čimbenika sigurnosti cestovnog prometa.....	3
Slika 2: Odnos čovjeka kao čimbenika sigurnosti cestovnog prometa u odnosu na ostale čimbenike .....	4
Slika 3: Kočioni sustav motornih vozila.....	19
Slika 4: Drvena kočnica s blokovima.....	21
Slika 5: Bubanj kočnica u dijelovima.....	23
Slika 6: Simplex kočnica.....	24
Slika 7: Duplex kočnica.....	25
Slika 8: Duoduplex kočnica.....	26
Slika 9: Disk kočnica.....	26
Slika 10: Disk kočnice s fiksnom stegom.....	27
Slika 11: Disk kočnica s pomičnom stegom.....	28
Slika 12: Rad mehaničkog prijenosnog mehanizma.....	29
Slika 13: Rad hidrauličnog prijenosnog sustava.....	30
Slika 14: Prikaz dvokružnih sustava kočnica.....	31
Slika 15: Rad pneumatskog prijenosnog mehanizma.....	32
Slika 16: Regenerativno kočenje.....	36
Slika 17: Prikaz ABS.....	39
Slika 18: Dijelovi elektroničkog programa stabilnosti.....	41
Slika 19: Razlika zaustavnog puta bez i sa BAS-om.....	42
Slika 20: Dijelovi EWB-a.....	44
Slika 21: Osnovni dijelovi pneumatika.....	53
Slika 22: Prikaz radijalnog pneumatika.....	55
Slika 23: Prikaz konstrukcije radijalnog pneumatika.....	56
Slika 24: Prikaz dijagonalnog pneumatika.....	57
Slika 25: Prikaz konstrukcije dijagonalnog pneumatika.....	58
Slika 26: Prikaz vrsti pneumatika.....	59
Slika 27: Značenje oznake pneumatika.....	60
Slika 28: Prikaz dubine utora u milimetrima i inčima.....	62
Slika 29: Razina istrošenosti pneumatika ovisno o dubini utora.....	63
Slika 30: Razlika puta kočenja između dubine pneumatika 3mm i 1.6mm.....	63
Slika 31: Udaljenosti puta kočenja za pneumatike različitih dubina utora.....	64
Slika 32: Razlika u duljini kočenja zimskog i ljetnog pneumatika.....	64
Slika 33: Udaljenosti puta kočenja, za zimski, cjelogodišnji i ljetni pneumatik.....	65
Slika 34: Prikaz kontaktne površine za različite tlakove.....	66
Slika 35: Žiroskopski efekt nastao zbog gibanja prednjeg kotača u zavoju.....	67
Slika 36: Utjecaj žiroskopskog momenta na motocikl tijekom skretanja.....	68
Slika 37: Prikaz interakcija gume s cestom kroz tri sile i 3 momenta.....	69
Slika 38: Prikaz tipičnih i bočnih sila.....	70
Slika 39: Prikaz krivulje i parametara magične formule.....	71



Slika 40: Uređaj za ispitivanje sile kočenja vozila ..... 73

## Popis tablica

Tablica 1: Osnovni pokazatelji sigurnosti cestovnog prometa od 2014. do 2023. godine .....	45
Tablica 2: Broj prometnih nesreća prema vrsti vozila .....	47
Tablica 3: Broj prometnih nesreća s nastradalim osobama prema vrsti vozila .....	48
Tablica 4: Broj prometnih nesreća s poginulim osobama .....	48
Tablica 5: Broj prometnih nesreća prema uzrocima prometnih nesreća .....	49
Tablica 6: Broj prometnih nesreća s nastradalima prema uzrocima.....	50
Tablica 7: Broj prometnih nesreća s poginulim osobama prema uzrocima .....	51
Tablica 8: Opis oznake pneumatika .....	60
Tablica 9: Vrijednosti koeficijenta prljanjanja raznih vrsta kolnika.....	61
Tablica 10: Prikaz vrijednosti koeficijenta prljanjanja ovisno o brzini.....	61
Tablica 11: Rezultati s preračunatim vrijednostima .....	64
Tablica 12: Prikaz rezultata kočenja svih pneumatika.....	65
Tablica 13: Utjecaj pneumatika na duljinu zaustavnog puta ovisno o temperaturi i podlozi .....	66
Tablica 14: Popis vozila s tehničkim specifikacijama .....	74
Tablica 15: Rezultati ispitivanja pneumatika .....	75
Tablica 16: Rezultati ispitivanja kočionog sustava .....	76
Tablica 17: Opis grešaka za neispravna vozila s aspekta pneumatika.....	77
Tablica 18: Opis grešaka za neispravna vozila s aspekta kočionog sustava .....	77

## Popis grafikona

Grafikon 1. Prometne nesreće u RH .....	46
Grafikon 2: Odnos broja prometnih nesreća sa materijalnom štetom, nastradalim i smrtno nastradalim osobama .....	46
Grafikon 3: Odnos broja prometnih nesreća sa lakim, teškim i smrtnim posljedicama .....	47
Grafikon 4: Broj prometnih nesreća nastalih zbog iznenadnog kvara s različitim posljedicama ....	52
Grafikon 5: Omjer broja prometnih nesreća nastalih iznenadnim kvarom u odnosu na ostale uzroke .....	52
Grafikon 6: Utjecaj tlaka pneumatika na deceleraciju motocikla .....	72
Grafikon 7: Odnos između ispravnih i neispravnih vozila ispitanih vozila .....	78
Grafikon 8: Prikaz ispravnosti vozila s obzirom na km .....	79

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je \_\_\_\_\_ diplomski rad  
(vrsta rada)

isključivo rezultat mogega 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 utjecaja kočionog sustava motornih vozila na sigurnost cestovnog prometa s prijedlogom mjera, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, 12.9.2024.

Patrik Bomoštar, *Patrik Bomoštar*  
(ime i prezime, potpis)