

# Utjecaj pneumatika na stabilnost cestovnih vozila

---

Pavlik, Igor

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:315507>

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

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



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Igor Pavlik**

**UTJECAJ PNEUMATIKA NA STABILNOST  
CESTOVNIH VOZILA**

**ZAVRŠNI RAD**

**Zagreb, 2016**

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet Prometnih znanosti

**ZAVRŠNI RAD**

**UTJECAJ PNEUMATIKA NA STABILNOST CESTOVNIH  
VOZILA**

**THE IMPACT OF TIRES ON THE STABILITY OF ROAD  
VEHICLES**

Mentor: dr. sc. Željko Šarić

Student: Igor Pavlik

JMBAG: 0135223864

**Zagreb, srpanj 2016**

# UTJECAJ PNEUMATIKA NA STABILNOST CESTOVNIH VOZILA

## SAŽETAK:

Pneumatik je jedina dodirna površina cestovnog vozila sa podlogom. Mora osigurati određeni broj funkcija sigurnosti poput usmjeravanja, elastičnosti, podnošenja opterećenja, prijenosa sile, izdržljivosti itd. Prilikom vožnje dolazi do promjene dodirne površine između pneumatika i podloge. Velika elastičnost pneumatika i plina unutar njega omogućuju mu da podnosi opterećenja nastala preprekama ili neravninama na cesti. Prianjanje je rezultat djelovanja adhezijskih sila i sile trenja. Sile se javljaju između kontaktne površine pneumatika vozila i površine po kojoj se vozilo kreće. Prianjanje omogućuje vozilu da ubrza, usporava i skreće sigurno. Nije konstantna veličini već ovisi o mnogo faktora. Sposobnost prianjanja vozila uvelike ovisi i o težini koja djeluje na kotače. Povećanjem težine povećava se i sila trenja.

## KLJUČNE RIJEČI:

Pneumatik; Stabilnost cestovnih vozila; Prianjanje pneumatika; Funkcije pneumatika;

## SUMMARY:

The tire is the only contact area of road vehicles with the ground. It must provide a number of security features such as routing, elasticity, load carrying, transfer of force, endurance and so on. While drivin there is a change of the contact area between the tire and the surface. Great elasticity of tires and gas within it allows him to tolerate the loads created by obstacles or uneven road. Adhesion is a result of adhesion force and friction force. The forces are occurring between the contact surfaces of tires of the vehicle and the surface on which the vehicle is moving. Adhesion allows the vehicle to accelerate, slow down and turn safely. It is not a constant size, but it depends on many factors. The ability of the vehicle to grip greatly depends on the weight that is acting on the wheels. With increasing weight increases the frictional force.

## KEYWORDS:

The Tire; The Sstability of Road Vehicles; Tire Grip; The Functions of the Tire;

## **SADRŽAJ:**

1. UVOD .....	1
2. STABILNOST VOZILA .....	2
2.1. Uzdužna stabilnost vozila.....	4
2.2. Poprečna stabilnost vozila .....	4
2.3. Funkcija pneumatika.....	6
3. RAZVOJ PNEUMATIKA KOD CESTOVNIH VOZILA.....	8
4. KARAKTERISTIKE RAZLIČITIH VRSTA PNEUMATIKA .....	10
4.1. Dijagonalni pneumatik .....	10
4.2. Radijalni pneumatik.....	11
4.3. Vrste profila.....	14
4.4. Oznake na pneumaticima.....	16
4.5. Održavanje pneumatika .....	22
5. KOEFICIJENT PRIANJANJA PNEUMATIKA KAO FAKTOR STABILNOSTI CESTOVNIH VOZILA .....	24
5.1. ABS (Anti-lock Braking System) – Sustav protiv blokiranja kotača.....	24
5.2. Usporedba usporenja prilikom intenzivnog kočenja s aktiviranim i deaktiviranim ABS-om.....	26
5.3. ESP (Electronic Stability Program) – Elektronički program stabilnosti .....	35
5.4. Skijanje ili glisiranje (Aquaplaning).....	36
6. UTJECAJ KOEFICJENTA PRIANJANJA PNEUMATIKA NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA.....	38
7. ZAKLJUČAK .....	40
LITERATURA.....	41
POPIS ILUSTRACIJA.....	42

# 1. UVOD

Pneumatik je sastavni dio cestovnog vozila. Utječe na stabilnost vozila, prijenos sila i momenta, a samim time i sigurnost u odvijanju prometa. Uz pravilnu upotrebu i pomoć dodatnih sustava omogućuje upravljanje vozila i zaustavljanje u kritičnim situacijama.

Napretkom tehnologije razvijaju se nove tehnike izrade pneumatika sa kojima se povećavaju pozitivne karakteristike kao što su povećanje stabilnosti, trajnosti, nosivosti i slično.

Materija rada prikazana je u sedam poglavlja:

1. Uvod
2. Stabilnost vozila
3. Razvoj pneumatika kod cestovnih vozila
4. Karakteristike različitih vrsta pneumatika
5. Koeficijent prijanjanja pneumatika kao faktor stabilnosti cestovnih vozila
6. Utjecaj koeficijenta prijanjanja pneumatika na sigurnost cestovnog prometa
7. Zaključak

U drugom poglavlju će biti objašnjena stabilnost vozila i detaljnije objašnjena uzdužna i poprečna stabilnost vozila.

U trećem poglavlju biti će prikazan razvoj pneumatika kod cestovnih vozila.

U četvrtom poglavlju biti će prikazane različite vrste pneumatika, označavanje pneumatika, objašnjena europska etiketa za pneumatike i održavanje pneumatika.

U petom poglavlju biti će objašnjen koeficijent prijanjanja kao faktor stabilnosti cestovnih vozila i uvjeti koji utječu na njegovo smanjenje. Biti će prikazani i analizirani rezultati mjerenja deceleracije i zaustavnog puta vozila s uključenim i isključenim ABS sustavom, te objašnjeni ABS i ESP sustavi.

U šestom poglavlju biti će prikazan utjecaj koeficijenta prijanjanja na sigurnost cestovnog prometa.

## 2. STABILNOST VOZILA

Stabilnost, svojstvo nekoga mehaničkog, tehničkog ili dr. sustava da samostalno održava ili uspostavlja ravnotežno stanje nakon prestanka djelovanja uzroka koji je ravnotežu poremetio.[1] U mehanici se govori o statičkoj stabilnosti položaja tijela, dok u tehnici se govori o stabilnosti konstrukcija, vozila, brodova, zrakoplova i dr. Stabilnost kao pojam se koristi i u drugim ljudskim djelatnostima za prikaz otpora otklonu od ustaljenog sustava. Ekonomska stabilnost, stabilnost meteorološkog stanja, stabilnosti političkog zbivanja su primjeri gdje se pojam stabilnosti koristi za prikazivanje stanja sustava. Stabilnost je neposredno vezana sa ravnotežom tijela. Kada promatramo ljudski hod kao mehanički sustav, za ravnotežu odnosno stabilnost sustava potrebno je više različitih organa. Analogno tome postoje više mehaničkih i tehničkih sustava kojima se poboljšava stabilnost vozila u raznim uvjetima eksploatacije vozila.

Stabilnost motornih vozila se definira kao njihova sposobnost kontroliranog gibanja, bez klizanja i prevrtanja. S obzirom na ravninu u kojoj se ponašanje motornog vozila promatra, razlikuje se uzdužna i poprečna stabilnost.[2]

Sposobnost kretanja u različitim uvjetima predstavlja eksploatacijsku karakteristiku vozila koja pokazuje sposobnost sustava da bez opasnosti od naglog smanjenja koeficijenta prijanjanja između pneumatika i podloge održava vozilo u željenom pravcu vožnje. Naglim opadanjem, odnosno smanjenjem koeficijenta prijanjanja vozilo može početi nekontrolirano klizati, te dolazi do zanošenja vozila zbog djelovanja inercije. Stabilnost vozila dolazi do izražaja prilikom kretanja po klizavim površinama ili prilikom kretanja velikim brzinama.

Stabilnost vozila ovisi o:

- Konstruktivnim karakteristikama vozila.
- Svojstvima pneumatika.
- Stanju i uvjetima na podlozi po kojoj se vozilo kreće.

Nekontrolirano uzdužno gibanje u pravcu izdužene osi vozila, odnosno klizanje ili prevrtanje vozila oko prednje ili stražnje osovine karakterizira se kao gubitak uzdužne stabilnosti.

Kao posljedica bočnog klizanja jedne ili više osovine ili bočnog prevrtanja vozila dolazi do gubitka poprečne stabilnosti vozila. Sile koje najčešće mogu uzrokovati nestabilnosti su[2]:

- Komponenta gravitacije u vertikalnim ravninama zbog nagiba ceste.
- Inercijske sile.
- Vjetar.
- Nalet drugog vozila ili sudionika u prometu.

Klizanje vozila se pojavljuje u poprečnom i uzdužnom pravcu, dok kada je u pitanju prevrtanje vozila može češće doći do bočnog prevrtanja nego uzdužnog. Koeficijent statičke stabilnosti KSS (eng. Static Stability Factor – SSF) definiran je za ocjenjivanje i uspoređivanje različitih vozila. Koeficijent statičke stabilnosti može se za određeni interval izraziti brojem zvjezdica kao što je prikazano u tablici 1.

Prema [2] koeficijent statičke stabilnosti može se izračunati po formuli (1):

$$KSS = \frac{s}{2 h_T} \quad (1)$$

Gdje je

s - širina automobila.

$h_T$  – visina težišta.

Što je veći koeficijent statičke stabilnosti smatra se da je vozilo stabilnije, a samim time i sigurnije.

Tablica 1. Kriterij za dodjelu zvjezdica sigurnosti prema iznosu koeficijenta statičke stabilnosti, [2]

KSS	Broj zvjezdica
iznad 1.45	*****
od 1.25 do 1.44	****
od 1.13 do 1.24	***
od 1.04 do 1.12	**
ispod 1.03	*

Veliki utjecaj na stabilnost vozila ima raspored mase vozila, odnosno položaj težišta. Položaj težišta odnosno centra mase vozila je eksploatacijski parametar te se kao takav tijekom uporabe vozila mijenja u odnosu na broj putnika, količini i rasporedu tereta itd. [2]



## **2.1. Uzdužna stabilnost vozila**

Prilikom kretanja vozila u određenim uvjetima eksploatacije moguća su prevrtanja (nestabilnost) automobila oko zadnje ili prednje osovine.

Prevrtanje oko zadnje osovine se može dogoditi prilikom kretanja automobila na velikom usponu, kretanjem vozila velikom brzinom ili kod velikog ubrzavanja vozila. Prednji dio vozila se odvajaju od površine i težište vozila se pomiče.

Prevrtanje oko prednje osovine može se dogoditi prilikom kretanja niz strmu kosinu bez kočenja, kod kretanja automobila niz strmu kosinu s izraženim kočenjem, kod kretanja automobila velikim usporenjem, odnosno prilikom intenzivnog kočenja. U svim slučajevima dolazi do prenošenja težišta tijela na prednji dio vozila, odnosno prednju osovinu te na nju u tome trenutku djeluju puno veće sile od normalnih.

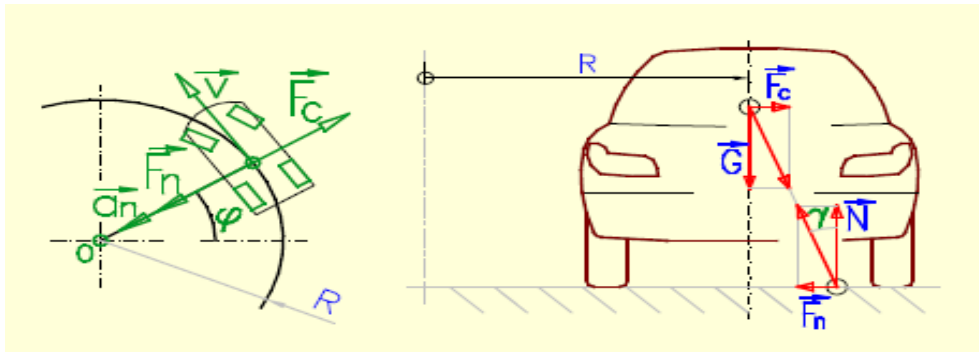
Prometne nezgode povezane sa uzdužnom stabilnosti se rijetko događaju. Konstrukcijom vozila sa težištem u centru vozila, projektiranjem prometnica sa ograničenjem uzdužnog nagiba na 12% i povećanjem stabilnosti smanjila se pojava prometnih nezgoda povezanih samo sa uzdužnom stabilnošću. Trenutno, najveći broj nesreća povezanih sa uzdužnom stabilnošću je posljedica nestručnog rukovanja odnosno postavljanja težišta bliže krajnjim osovinama prijevoznog sredstva.

## **2.2. Poprečna stabilnost vozila**

Poprečna stabilnost vozila predstavlja sposobnost vozila da se suprotstavi bočnim silama. Poprečna stabilnost osigurava potrebnu sigurnost od poprečnog klizanja i prevrtanja vozila. Kada se govori o poprečnoj stabilnosti sa aspekta kretanja vozila, promatramo dva slučaja:

- Kretanje vozila na cesti sa poprečnim nagibom.
- Kretanje vozila na ravnom horizontalnom putu u zavoju.

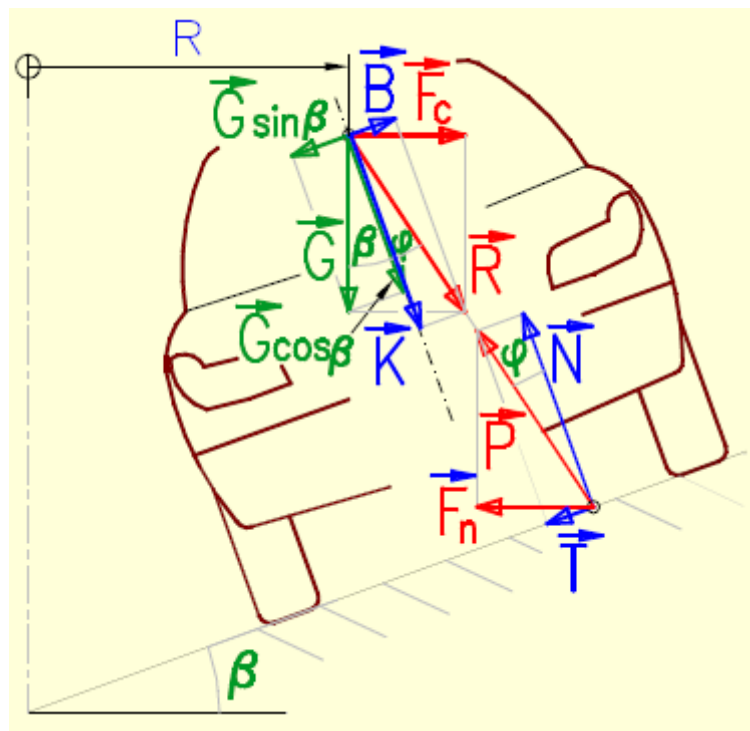
Poprečni nagib na cestama od 2.5% na pravcu koji služi za odvodnju vode ne smanjuje poprečnu stabilnost u toj mjeri da utječe na sigurnost. Pri kretanju vozila kroz zavoj na vozilo djeluje više sila. Osim povećanih poprečnih nagiba u zavojima na vozilo u zavoju djeluje komponenta sile nazvana centrifugalna sila koja ovisi o brzini vozila, njegovoj masi i radijusa zavoja.



Slika 1. Prikaz centrifugalne sile, [3]

Na slici 1 ilustrirana je centrifugalna sila koja nastoji izbaciti vozilo iz zavoja, te sa time utječe na poprečnu stabilnost vozila.

Poprečni nagib u zavoju maksimalnog iznosa do 7% služi da smanji utjecaj centrifugalne sile tako da se poveća bočna komponenta sile nazvana centripetalna sila koja vuče vozilo prema središtu zavoja.



Slika 2. Prikaz vozila u zavoju sa nagibom, [3]

U idealnom slučaju ravnoteže, težina vozila i centrifugalna sila mogu se poništiti i na taj način rezultanta postaje okomita na cestu što omogućuje prolazak vozila kroz zavoj bez sile trenja. Idealni uvjeti se ne mogu postići na prometnicama te trenje klizanja pruža dodatan otpor centrifugalnoj sili i omogućuje ravnotežu u sustavu sila.

### **2.3. Funkcija pneumatika**

Pneumatik je jedina dodirna površina vozila sa tlom i ključan je za sigurnost putnika kao i tereta koji se prevozi. Pneumatik mora osigurati određeni broj funkcija sigurnosti poput usmjeravanja, elastičnosti, podnošenja opterećenja, prijenosa sile, izdržljivosti itd.[4]

Funkcija pneumatika je da jamči sigurnost, udobnost i uz pravilno korištenje smanji potrošnju goriva. Tijekom eksploatacijskog vremena pneumatik se troši i gubi svoja svojstva. Pneumatik tokom vremena gubi tlak zbog prirodne poroznosti gume i oštećenja poput onih na ventilima ili naplatku. Vrijednost tlaka uvjetuje sve ostale funkcije pneumatika: funkciju sigurnosti, uštede goriva, udobnosti, a neispravna vrijednost tlaka štetno djeluje na sve te performanse.

Jedna od osnovnih zadaća pneumatika je precizno usmjeravanje vozila bez obzira na stanje ceste i klimatske uvjete. Pneumatik mora podnositi poprečne sile bez da to utječe na pravac kretanja vozila. Svako vozilo ima propisanu vrijednost tlaka u pneumaticima za različite vrste ovjesa. Za idealnu stabilnost putanje potrebno je poštivati propisane vrijednosti tlaka u pneumaticima na prednjoj i stražnjoj osovini vozila.

Dok je vozilo zaustavljeno ali i u vožnji pneumatici moraju nositi težinu vozila, te kao takvi moraju biti otporni na značajni prijenos opterećenja prilikom ubrzavanja i kočenja. Automobilski pneumatik nosi teret preko 50 puta veći od svoje težine. Pneumatik dimenzija nedovoljnih za opterećenje zagrijati će se. To može dovesti do oštećenja pneumatika tijekom vožnje i rezultirati opasnim puknućem pneumatika.

Pneumatik prenosi korisnu silu ostvarenu putem motora i sile koje nastaju prilikom kočenja na podlogu kojom se vozilo kreće. Kvaliteta doticajne površine pneumatika sa podlogom uvjetuje razinu prijenosa sile. Ubrzavanje vozila prenosi se isključivo pneumaticima pogonske osovine. Odabirom neprimjerenih pneumatika mijenjaju se karakteristike prijenosnih mehanizama te se mijenja vrijednost sila koje se prijenose na podlogu.

Prilikom okretanja pneumatika dolazi do promjene kontaktne površine između pneumatika i podloge. Velika elastičnost pneumatika i plina unutar njega omogućuju mu da

podnosi opterećenja nastala preprekama ili neravninama na cesti. Propisana vrijednost tlaka unutra pneumatika omogućuje postizanje dobre razine udobnosti i usmjeravanja vozila.

Trošenje pneumatika ovisi o uvjetima upotrebe. Preveliko opterećenje, kretanje vrzinom većom brzinom od propisane, stanje ceste, neispravan ovjes i nepravilna vrijednost tlaka su neki od elementa koji uvelike povećavaju trošenje pneumatika.

### 3. RAZVOJ PNEUMATIKA KOD CESTOVNIH VOZILA

Prirodna guma je glavna sirovina koja se koristi u proizvodnji pneumatika. Osim prirodne gume koristi se i sintetička guma dobivena iz nafte. U cilju razvoja boljih karakteristika čvrstoće, elastičnosti i sposobnosti nošenja, guma mora biti tretirana sa raznim kemikalijama te zatim zagrijana. Američki izumitelj Charles Goodyear slučajno je 1839. otkrio proces jačanja gume, poznat kao vulkanizacije ili proces očvršćivanja. Tijekom eksperimenta s mješavinom indijske gume i sumpora, Goodyearu je slučajno pala smjesa na vruću peć. Pojavila se kemijska reakcija i umjesto da se topi, mješavina gume i sumpora formirana čvrstu kvržicu.

Nedugo nakon otkrivanja vulkanizacije počela je proizvodnja pneumatika od pune gume (bez prostora za plin). Takvi su pneumatici bili dovoljno čvrsti, otporni na posjekotine i ogrebotine. Takvi pneumatici su bili teški te nisu imali dobra apsorberajuća svojstva što je utjecalo na udobnost tokom vožnje. [4]

Pojavom pneumatika koji koristi „zarobljeni“ zrak unutar gume znatno su smanjene vibracije i povećan je koeficijent prijanjanja pneumatika. Robert W. Thomson, škotski inženjer, prvi je patentirao plinom, odnosno zrakom punjen pneumatik 1845. godine. Njegov izum je bio ispred svojeg vremena te nije privukao mnogo interesa. Pneumatik punjen zrakom ponovo je izumio John Boyd Dunlop 1880. godine te je njegov izum odmah bio popularan među biciklistima. [5]

Sljedećih pola stoljeća prevladavali su dijagonalni pneumatici sastavljeni od unutarnje cijevi koja je sadržavala komprimirani plin. Slojevi pneumatika su ojačani tkanenim nitima koje su ugrađene u gumeni sloj. Dijagonalni pneumatik je ime dobio po dijagonalno položenih nitima ukoliko promatramo gazeći dio pneumatika. Niti u susjednim slojevima pneumatika se međusobno križaju. Ova vrsta pneumatika se može i danas pronaći na kolekcionarskim vozilima i radnim strojevima. [4]

U Europi 1948. godine pojavio se radijalna pneumatik. Svojim konstrukcijskim rješenjima ima veće prijanjanje te omogućuje sigurniju i udobniju vožnju u odnosu na dijagonalni pneumatik.

Danas velike tvornice sa kvalificiranim radnicima mogu proizvesti više od 250 milijuna novih guma godišnje. Automatizacija je olakšala mnoge korake u proizvodnji ali još uvijek kvalificirani radnici sastavljaju komponente pneumatika. [5]

Glavni sastavni dijelovi pneumatika su gumena gazeća površina i nosiva tekstilna unutrašnja struktura, karkasa. Karkasa je kružno učvršćena na dvjema gumom prevučanim žičanim pletenicama, koje na kotaču naliježu na ramenima naplatka. U gazeću površinu je oblikovan profil pneumatika od različitih žljebova i međulamela.

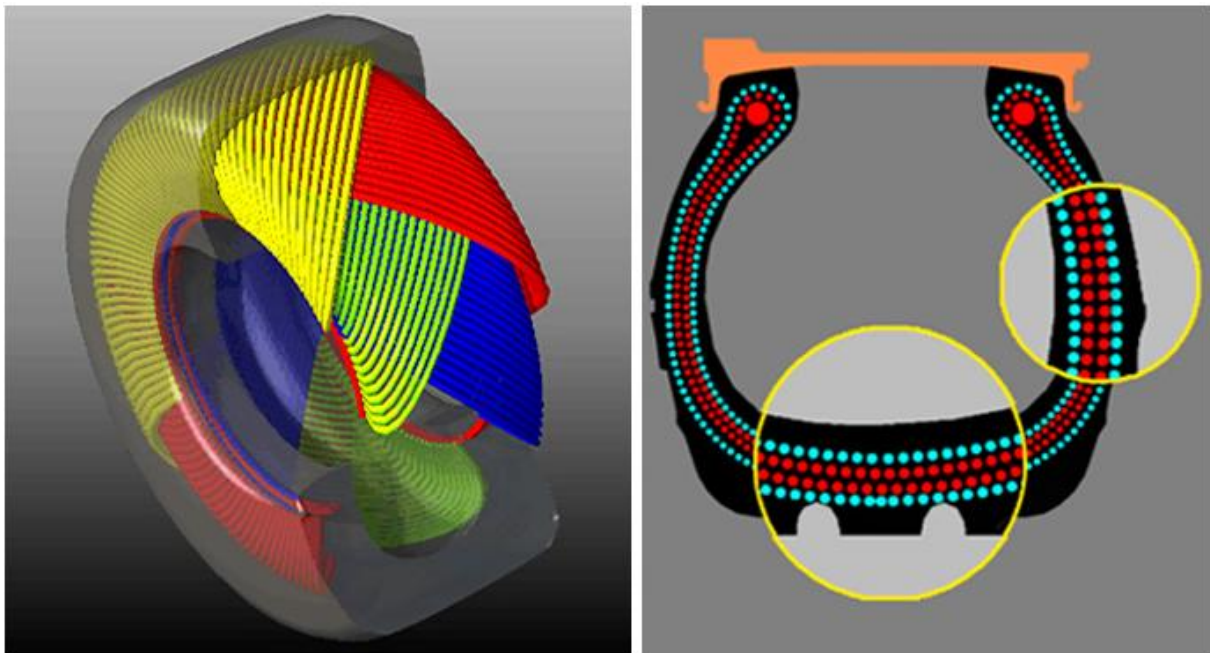
Vrsta i oblik profila ovisi o namjeni pneumatika. Za prometnice prekrivene snijegom potreban je grub, dubok profil koji nije primjeren za suhe ceste jer se pneumatik s njime više zagrijava i dolazi do pregrijavanja. Gazeća površina izrađena je od gumene smjese čiji su glavni sastojci sirova guma (kaučuk), čađa i ulje. Osim toga u gumenoj smjesi još različitih posebnih dodataka o kojima tvornice podatke tajno čuvaju. Omjerima različitih sastojaka i punjenja u gumenoj smjesi ovise osobine pneumatika. Danas se proizvode pneumatici koji dobro prianjaju uz skliski kolnik na niskim temperaturama, ali se iznimno troše.

## 4. KARAKTERISTIKE RAZLIČITIH VRSTA PNEUMATIKA

Zbog raznih klimatskih uvjeta, geografske lokacije, godišnjih doba i vrstama vozila postoje razne vrste i izvedbe pneumatika. Po konstrukciji možemo ih podijeliti na dijagonalne i radijalne pneumatike. Pneumatici mogu biti izvedeni sa zračnicom (tube type) i bez nje (tubeless).

### 4.1. Dijagonalni pneumatik

Dijagonalni pneumatik izrađen je od čelične žice, čelične mreže, poliesterska vlakna, gume, tekstila i plastike postavljenih tako da presjek slojeva bude postavljen po dijagonali ukoliko promatramo gazeći dio pneumatika.



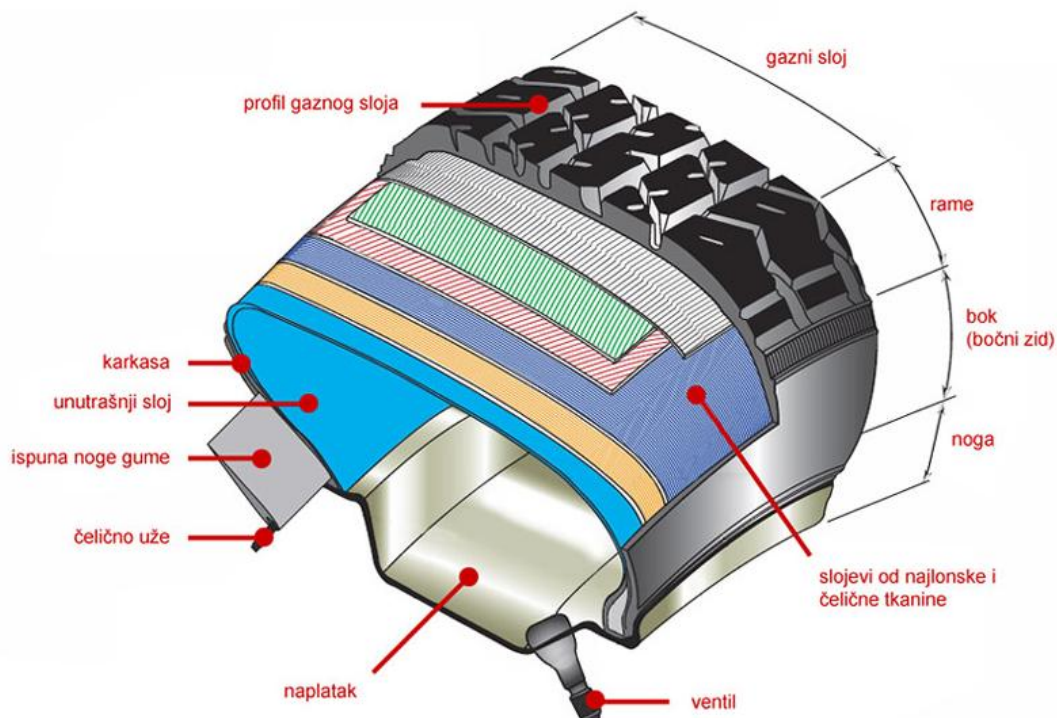
Slika 3. Prikaz dijagonalnog pneumatika, [7]

Dijagonalni pneumatik konstruiran je od više gumenih slojeva koji se međusobno dijagonalno preklapaju. Bočne strane pneumatika i gazeći sloj su spojeni što znači da gumeni sloj ojačan sa nitima prolazi s jedne bočne strane do druge i povezuje cijeli pneumatik kao što je vidljivo na slici 3. Takva izvedba utječe na bočne stranice te čini ih debelima i krutima. Krute bočne stranice ne omogućuju dovoljnu deformaciju prilikom većeg opterećenja vozila pa se pneumatik deformira u području gazećeg sloja i smanjuje kontaktnu površinu između pneumatika i podloge. Dijagonalni pneumatici su osjetljivi na pregrijavanje zbog debelog sloja gume koja toplinu prenosi na sve dijelove pneumatika. Zbog krutosti dijagonalni

pneumatik ne apsorbira neravnine i udarce, nego ih prenosi na vozilo što uvelike povećava nelagodu u vožnji.

## 4.2. Radijalni pneumatik

Radijalni pneumatik zbog boljih karakteristika potpuno je potisnuo uporabu dijagonalnih pneumatika. Više slojeva tekstilne ili čelične mreže složenih u raznim smjerovima pneumatiku daje prednosti nad dijagonalnim pneumaticima. Pojas pneumatika gotovo se ne rasteže te tako stabilizira gazeću površinu da profil prilikom vožnje ne mijenja svoj oblik. Radijalne gume sa čeličnim pojasom znatno su složenije za proizvesti te zbog toga i skuplje ali im je vijek trajanja dulji. Za dodatnu čvrstoću i otpornost na bušenje i izdržljivost dodaje se kevlar kabel.[8]

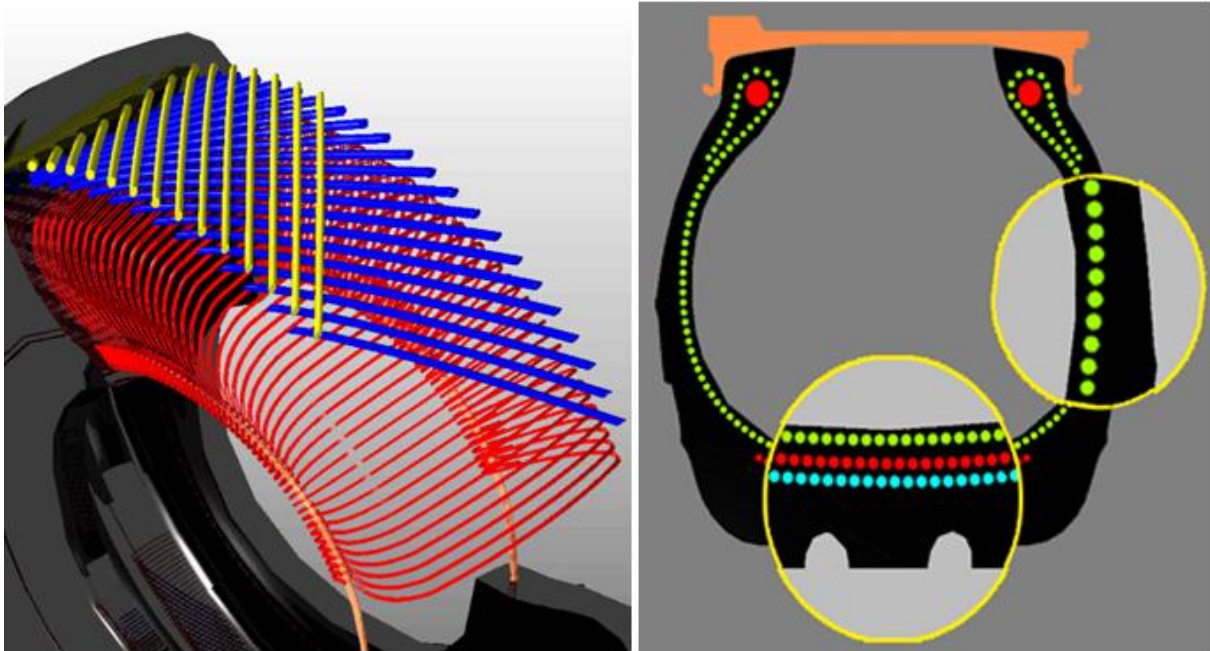


Slika 4. Prikaz konstrukcije radijalnog pneumatika (Maxxis International), [9]

Na slici 4. je su prikazani konstrukcijski dijelovi pneumatika. Stabilna gazeća površina i njezin profil malo se deformiraju pri vožnji što je važno na mokroj i skliskoj cesti kad žljebovi u profilu moraju ostati otvoreni da mogu primiti vodu i izbaciti je dalje od pneumatika da bi pneumatik imao što bolji dodir s površinom. Oblik profila ovisi o namjeni. Za cestu pokrivenu snijegom pogodniji je duboki, grubi profil, dok se isti profil na suhoj cesti pri većim temperaturama pregrijava. Pneumatik je sastavljen do raznih slojeva koji čine kostur i obično su izrađeni od vlakana koji se pletu zajedno i oblažu gumom što omogućuje da pneumatik bude fleksibilan ali ne i elastičan. Rame pneumatika spaja profil sa bočnim zidom te njegov dizajn i izrada imaju važnu ulogu kako će se pneumatik ponašati u zavojima. Bočni



zid je područje iznimno debele gume koja ide od stope do profila i pneumatiku daje bočnu stabilnost. Na bočnom zidu nalaze se informacije o pneumatiku.



Slika 5. Struktura radijalnog pneumatika, [7]

Na slici 5. je prikazana struktura radijalnog pneumatika. Konstrukcijom je postignuta da bočni zid i profil djeluju kao dva nezavisna dijela pneumatika. Savijanje bočnog zida se ne prenosi na profil te on ostaje u optimalnom kontaktu sa površinom što omogućuje veliki prijenos korisnog momenta na podlogu.

Na mokroj cesti put kočenja radijalnog pneumatika je kraći za oko 12% u odnosu na dijagonalni. Nedostatak radijalnih pneumatika je da pri manjim gradskim brzinama nastaje buka na neravnoj podlozi.[10]

Pri većim brzinama pneumatik koji sadrži pravilan tlak plina je udobniji od dijagonalnih. U jednakim uvjetima vožnje radijalni pneumatik ima duži vijek trajanja nego dijagonalni. Pojas ispod gazeće površine sprečava sitna pomicanja i gužvanje profila. Profil radijalnog pneumatika proklizava znatno manje na kolniku nego profil dijagonalnog. Zbog svojih karakteristika radijalni pneumatik se manje troši, te mu je manji otpor kotrljanja što istodobno smanjuje potrošnju goriva. Sve prednosti radijalnih pneumatika dolaze do izražaja ako su postavljeni na sve kotače vozila.



Slika 6. Prikaz pneumatika sa aditivom crvene boje, [9]

Na svojstva pneumatika osim konstrukcijskih rješenja utječu i materijali koji se koriste za njegovu proizvodnju. Za izradu radialnih pneumatika koriste se više različitih sastojaka. Ti sastojci u osnovi čine prirodne i sintetičke gume, tekstilne i metalne žice, kao i razne kemijske elemente i procesi koji su potrebni tokom postupka proizvodnje kako bi se osigurala potrebna svojstva. Pneumatici su obično crne boje zbog aditiva kojima se poboljšava trajnost i njihova svojstva. Kao što je prikazano na slici 6. pneumatici ne moraju nužno biti crne boje. Ako se zadovolji razina zaštite protiv atmosferskih čimbenika, posebno UV zračenja i ozona, smjesi se može dodati aditiv za određenu boju. Različite vrste pneumatika se koriste za određena godišnja doba, geografske lokacije i klimu koja vlada u određenom području. Postoje ljetni pneumatici, zimski pneumatici i cjelogodišnji pneumatici.

Pneumatici se razlikuju po obliku gazne površine i sastavu materijala što dolazi do izražaja ovisno o temperaturi okoline i površini preko koje pneumatik prelazi (suhi kolnik, snijeg, voda na kolniku).

Ljetni pneumatici su konstruirani i izrađeni od smjese koja je otporna na visoke temperature. Njihova elastičnost drastično se smanjuje na temperaturama nižim od +7 °C.

Profil i dubina utora na gaznom sloju kod ljetnog pneumatika se razlikuje u odnosu na zimski.

Zimski pneumatiki su posebno konstruirani i izrađeni od specijalne smjese kako bi se spriječilo stvrdnjavanje na niskim temperaturama, a samim time povećalo prljanje na površinu što utječe na zaustavni put u odnosu na ljetne pneumatike. Smjesa koja se koristi za izradu gazećeg sloja zimskog pneumatika je na bazi silike. Silika predstavlja hidratizirani silicij dioksid koje se dodaje smjesi gaznog sloja za poboljšanje voznih osobina. Još jedna od važnih karakteristika kod zimskih pneumatika su dublji utori na kontaktnoj površini, što omogućava efikasnije odvođenje vode između pneumatika i površine. Time se sprječava glisiranje odnosno aquaplaning.

### 4.3. Vrste profila

Gazni sloj je dio pneumatika koji je u stalnom kontaktu sa podlogom po kojoj se giba cestovno prijevozno sredstvo. Izrađen je od čvrste gume veoma otporne na habanje. Na površini protektora nalaze se utori koji služe za odvodnju vode i osiguravaju bolje prljanje na mokroj podlozi. Zimski i ljetni pneumatiki imaju različite profile utora na dodirnom sloju.

Razlikujemo tri vrste profila:

- Simetrični profil.
- Asimetrični profil.
- Usmjereni profil.



Slika 7. Simetrični profil, [6]

Simetrični profil prikazan na slici 7. dizajniran je za kratka putovanja i namijenjen kompaktnim putničkim vozilima. Neke prednosti ovog profila su velika otpornost,

dugovječnost, izvrsno držanje ceste i udobna vožnja. Ovakav pneumatik ima manju otpornost na aquaplaning.



Slika 8. Asimetrični profil, [6]

Asimetrični profil prikazan na slici 8. dizajniran je za limuzine ili sportska vozila. Na bočnim stranama stoje oznake „inside“ i „outside“ što označava smjer montaže. Bočne strane smanjuju otpornost na udarce. Dobre karakteristike ovog pneumatika su velika stabilnost, tiha vožnja i otpornost na aquaplaning.



Slika 9. Usmjereni profil, [6]

Usmjereni profil prikazan na slici 9. dizajniran je za sportska vozila i kao takav ima izvrsnu kontrolu proklizivanja, dobro držanje ceste na podlozi pokrivenoj slojem snijega, visoku otpornost na od aquaplaninga i pouzdano ponašanje pri kretanjima velikim brzinama. Pneumatici na bočnim stranama imaju strelicu koja pokazuje smjer montaže.

#### 4.4. Oznake na pneumaticima

Postoji više sistema označavanja pneumatika, a prevladavaju američki i europski način označavanja. Globalizacijom tržišta na pneumaticima se može pronaći istovremeno više različitih sistema označavanja. Najznačajniji sistemi označavanja su:

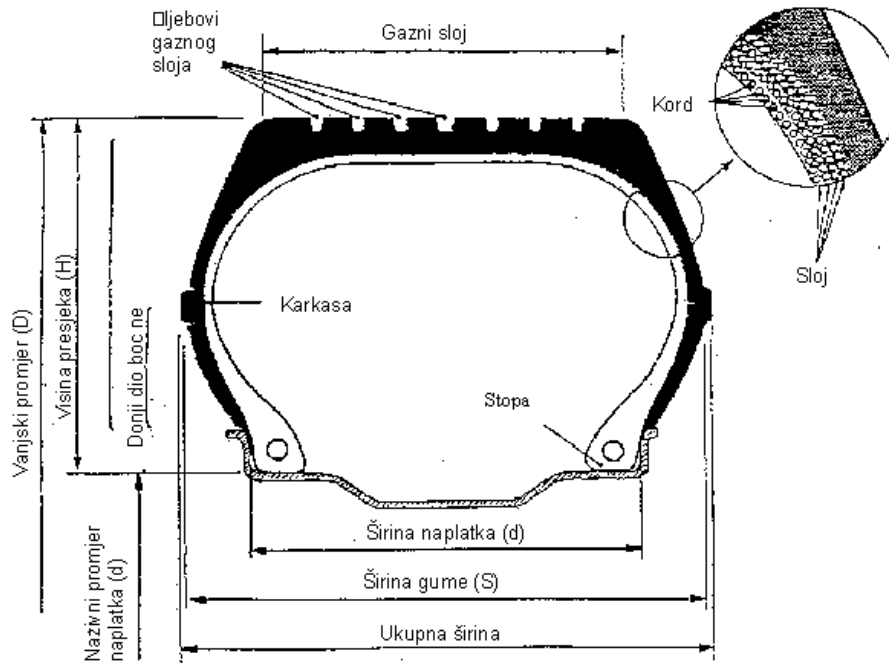
- Europski baziran na ETRTO normama.
- ISO standardi.
- ECE standardi.
- Američki U. S. Tire and Rim Association (T&RA).
- DOT - Department of Transportation (USA ministarstvo prometa) standard.
- FMVSS - Federal Motor Vehicle Safety Standard – standardi.

Označavanje pneumatika prema europskim normamavrši se prema nazivnim dimenzijama neopterećene gume, njenoj arhitekturi i radnim karakteristikama.

U europskom sistemu označavanja koriste se sljedeće dimenzije:

- Nazivna širina pneumatika (S) u milimetrima.
- Nazivna veličina naplatka (d) u inčima.
- Odnos visine (H) i širine (S) pneumatika umnožen za stotinu. Ovaj odnos se naziva aspekt pneumatika te je izražen u postotkuširine pneumatika.

Uvođenjem radijalnih pneumatika pojavile su se serije H „80“ i „70“ koje su označavale odnos visine i širine pneumatika. Razvojem tehnologije izrade odnos se sve više smanjuje te se pojavljuju serije H „55“ i „50“ za vozila viših klasa dok kod sportskih vozila se koristi serija H „25“. Prednost manjih visina pneumatika je u manjim deformacijama usred djelovanja bočnih sila što povećava stabilnost vozila ali na takvim pneumaticima je vožnja neudobnija zbog manje sposobnosti deformiranja boka pneumatika i na taj način prigušenja neravnina na cesti. Na slici 10 su prikazane dimenzije pneumatika.



Slika 10. Dimenzije pneumatika, [11]

Tablica 2. Značenje oznake 185/75 R 14 86 H

Primjeri oznaka 185/70 R 14 - 86H	
185	nazivna širina gume 185 mm
/70	odnos H/S je 70 %
R	radijalni pneumatik
14	nominalni promjer naplatka je 14 inča
86	indeks nosivosti odgovara opterećenju od 530 daN
H	slovena oznaka za maksimalnu brzinu do 210 km/h

Izvor: [11]

U tablici 2 prikazano je značenje oznake 185/70 R 14 - 86H koja se nalazi na pneumaticima na europskom tržištu.

Prema američkim normama, pneumatik se označava mnogo opsežnije nego prema europskim normama.

Oznake na pneumaticima koji se nalaze na europskom tržištu sadržavaju:

- Oznake dimenzija, arhitekture i radnih karakteristika slične europskim normama,
- DOT oznaka proizvođača, tipa pneumatika, mjesta i vremena proizvodnje,
- UTQGS (Uniform Tire Quality Grading Standards) oznake kvaliteta pneumatika,
- direktne podatke o radnim i konstrukcijskim karakteristikama kao što su maksimalni pritisak, maksimalno opterećenje, arhitektura pneumatika, da li treba unutrašnju gumu ili ne, te brojevi slojeva karkase u omotaču i boku.

Američke P-Metric oznake dimenzija, arhitekture i radnih karakteristika. Ove oznake su uz male razlike iste kao europske ali se naprijed dodaju slovne oznake kao:

- P – passenger (putničko),
- LT – Light truck (laki kamion).

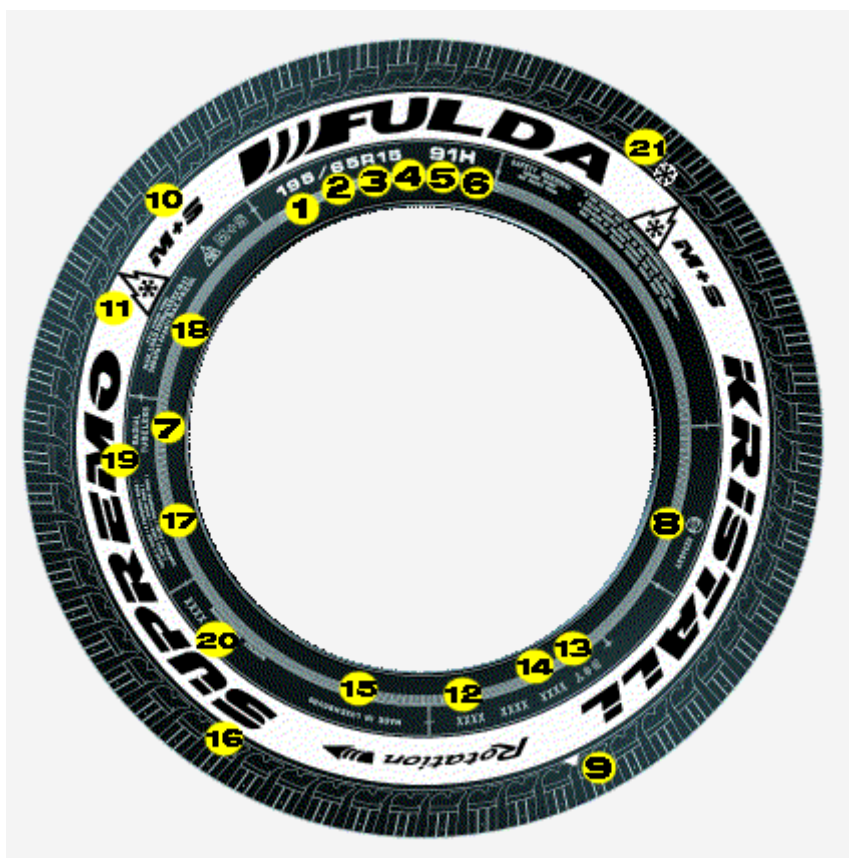
DOT oznaku daje američki Department of Transportation. Primjer oznake je:

DOT M5H3 459X 3602

- M5 je oznaka za proizvođača (Michelin).
- 3602 znači da je pneumatik proizveden u 36 tjednu 2002. godine.
- ostale oznake su interna oznaka proizvođača i karakteristika pneumatika radi komunikacije sa kupcem.

UTQGS (Uniform Tire Quality Grade Standard) standard označavanja kvaliteta pneumatika:

- Izdržljivost protektora na trošenje koja se označava brojevima od 50 do 600. Referentni pneumatik označena je brojem 100 i to odgovara vijeku od cca 50.000 km na usvojenom referentnom putu. Broj 200 označava dvostruku veći vijek, 300 trostruku veći vijek.
- Koeficijent prijanjanja označava se slovima A, B i C. Oznaka AA je oznaka za najbolja svojstva na suhoj i mokroj podlozi. Oznaka A znači da pneumatik ima jako dobra svojstva i na suhoj i mokroj podlozi. B oznaka znači da je pneumatik jako dobar na jednoj od ove dvije podloge a zadovoljavajuća na drugoj. C oznaka znači da je pneumatik samo zadovoljavajuć i na suhoj i na mokroj podlozi.
- Temperaturna svojstva označavaju otpornost pneumatika na pregrijavanje pri porastu brzine uz ostale kontrolirane uvjete (opterećenje). Pneumatik temperature klase A izdržavaju test pri brzinama od 230km/h, pneumatik klase B pri brzinama od 200 km/h a pneumatik kvaliteta C izdržavaju test pri brzinama od 170 km/h.



Slika 11. Oznake na pneumatiku, [12]

Karakteristične oznake na pneumaticima su prikazane na slici 11. i njihovo značenje je:

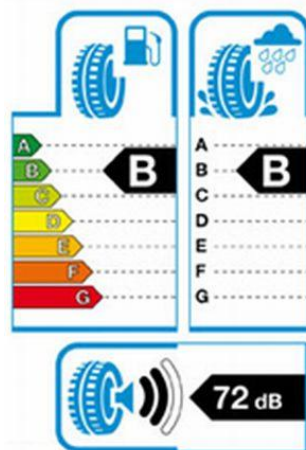
1. Širina pneumatika u mm.
2. Poprečni presjek u %.
3. Konstrukcija pneumatika (R = radijalna).
4. Promjer naplatka u inčima.
5. Najveća nosivost (indeks nosivosti).
6. Simbol kategorije brzine..
7. Pneumatik bez zračnice.
8. Homologacijska oznaka i broj ECE.
9. Mjesto indikatora dubine utora.
10. M&S ( blato i snijeg) oznaka zimske otpornosti pneumatika.
11. Testirana i odobrena za uporabu u teškim snježnim uvjetima.
12. Datum proizvodnje (tjedan, godina).
13. Mjesto za oznaku prikladnosti transporta.
14. Kod proizvođača.
15. Država proizvodnje.



16. Naziv modela pneumatika.
17. Detaljnije informacije o konstrukciji pneumatika.
18. Oznaka nosivosti i tlaka.
19. Vrsta pneumatika.
20. Oznaka kvalitete.
21. Mjesto zimskog indikatora dubine kanala.

Indeksi nosivosti i kategorija dozvoljene brzine navedeni su na oba boka gume. Kategorija brzine označava najveću dopuštenu brzinu vožnje s gumom. Neoznačenima radijalnim pneumaticima je dopuštena brzina 110 km/h. Dijagonalni pneumatici su ograničeni na brzinu od 100 km/h. Kod obnovljenih pneumatika najveća je dopuštena brzina 110 km/h ako nisu drukčije označeni. Pneumatici za posebne svrhe (posebno teške) uvjete uporabe moraju na boku imati navedena odgovarajuća brzinska ograničenja. U nekim državama obvezna je naljepnica s najvećom dopuštenom brzinom za pneumatike, a mora biti nalijepljena tako da je vozač vidi. Dok su navedeni pneumatici postavljeni na vozilu nije preporučljivo preći dopuštenu brzinu.

Od studenog 2012. godine svi novoproduzveni pneumatici moraju biti obilježeni s novom EU etiketom za pneumatike prikazane na slici 12. Standardizirana etiketa za pneumatike sadržavat će informacije o tri osnovne karakteristike i to: učinkovitost potrošnje goriva, prijanjanje na mokroj cesti i vanjska buka pri kotrljanju. [13]



Slika 12. Europska etiketa za pneumatike, [13]

Pneumatik se tijekom kotrljanja deformira i otpušta energiju. Riječ je o sila otpora koje djeluju na vozilo. Na taj način izgubljena energija izražena je kao otpor kotrljanja, a mjeri se količinom energije koja se izgubi po jedinici prijeđenog puta i po jedinici mase koja se prevozi. Otpor kotrljanja neposredno utječe na potrošnju goriva i na okoliš. Manji

otporkotrljanja predstavlja manji gubitak energije i time manje pridonosi zajedničkim silama otpora, što uzrokuje smanjenje potrošnje goriva i ispuštanja CO<sub>2</sub>.



Slika 13. Oznaka kategorije pneumatika s obzirom na utjecaj potrošnje goriva,

Izvor: [13]

Pneumatici su podijeljeni na kategorije od A (zelena) do G (crvena) što se može uočiti na slici 12. Razlika između pojedinačnih kategorija predstavlja smanjenje odnosno povećanje potrošnje goriva. Slika 13 predstavlja oznaku kategorije utjecaj pneumatika na potrošnju goriva.



Slika 14. Oznaka prijanjanja na mokroj podlozi,

Izvor: [13]

Oznaka prijanjanja na mokroj podlozi prikazana je na slici 14. Pneumatik s odličnim prijanjanjem na mokroj cesti ima kraći put kočenja te samim time povećava stabilnost i neposredno sigurnost vozila. Prijanjanje pneumatika na mokroj podlozi izraženo je kategorijama od A do G, pri čemu A označava najbolje prijanjanje, a G najlošije prijanjanje.



Slika 15. Oznaka razine buke,

Izvor:[13]

Vanjska buka prilikom kotrljanja gume izražena je u decibelima, a osim toga na etiketi Europske komisije nalaze se još jedan, dva ili tri zvučna vala. Jedan crni val znači najnižu razinu buke. To znači da je razina buke pri kotrljanju gume najmanje 3 dB ispod granice koju će određivati zakon. Na slici 15 su prikazana dva zvučna vala. Tri crna vala označavaju najlošija svojstva što se tiče emisije buke.

#### 4.5. Održavanje pneumatika

Propisani tlak unutar pneumatika je ključan faktor za sigurnu vožnju i duži vijek trajanja. Nepravilno trošenje pneumatika može nastati zbog neodgovarajućeg tlaka plina unutar pneumatika. Na slici 16 je prikazan kontakt pneumatika sa podlogom u slučaju smanjenog tlaga, povećanog i propisanog od strane proizvođača. Provjera tlaka u pneumatiku se vrši dok su pneumatici hladni i bili u stanju mirovanja određeno vrijeme. Tokom vožnje pneumatici se zagrijavaju što utječe na tlak unutar pneumatika.



Slika 16. Nepravilno trošenje pneumatika, [14]

Geometrija kotača ima zadatak da vodi kotač, kao i da osigura optimalno doticanje pneumatika na podlogu. Ako geometrija točkova vozila nije ispravno podešena to može uzrokovati preuranjeno trošenje pneumatika, kao i neravnomjerno trošenje pneumatika po širini.

Neuravnoteženost pneumatika uzrokuje vibracije koje vozača umaraju i mogu izazvati prerano, neravnomjerno trošenje pneumatika, a također i nepotrebno uništavanje ovjesa vozila. Utori u gazećem sloju raspršuju vodu ispod pneumatika i osiguravaju optimalnu kontrolu i prijanjanje, stoga dubina utora gazećeg sloja utječe na vozne karakteristike. Kada dubina utora padne ili bude jednaka 1.6 mm (ljetni) potrebno je zamijeniti pneumatike novima. Pored toga, mala dubina utora gaznog sloja produžava put kočenja i znatno povećava opasnost od aquaplaninga.

Pokazatelji istrošenosti su male izbočine na dnu profila gazećeg sloja. Kada visina preostale gume dođe u ravninu s tim izbočenjem, odnosno dosegne 1,6 mm za ljetni i 4 mm za

zimski, pneumatik je dosegao svoje zakonom propisano ograničenje upotrebe i mora se zamijeniti. [14]

Balansiranje sprječava preuranjeno trošenje pneumatika i uklanja vibracije. Štiti ovjes, sustav upravljanja i ležajeve vozila. Prilikom svake zamjene pneumatika potrebno je izbalansirati kotače. Utezi na kotačima se lako dodaju i uklanjaju. Kotač nije dobro izbalansiran kad je jedno područje teže ili lakše od ostalog dijela. To će uzrokovati:

- Neravnomjerno i brzo trošenje gazećeg sloja.
- Vibracije.
- Veće opterećenje na drugim elementima vozila.
- Preuranjeno trošenje drugielemente vozila.

Vijek trajanja pneumatikaje različit. Precizno određivanje vijeka trajanja određenog pneumatika nije moguće. Različite vrste materijala i smjesa materijala koji utječu na njegove performanse ovise o promjenama mnogih elemenata uključujući vremenske uvjete, uvjete skladištenja i uvjete korištenja, što su samo neki od mnogih faktora kojima je pneumatik izložen za vrijeme svog životnog vijeka.

Način skladištenja pneumatika značajno utječe na njihovu kvalitetu i eksploatacijski vijek. Pneumatici se skladište u zatvorenim prostorijama bez direktnog utjecaja sunčeve svjetlosti, jakog osvjetljenja, bez utjecaja topline, ozona i ugljikovodika. Od izuzetne važnosti je da prostorija bude suha i prozirna da bi se izbjeglo stvaranje vlage i kondenzacija. Temperatura u prostoriji mora biti manja od 35°C, a optimalna temperatura prostorije bi bila 18°C. U skladištu ne smije biti generatora ozona, fluorescentne lampe, električnih motora ili oprema koja izaziva električna pražnjenja. Također ne smiju se u skladištu držati ni goriva, maziva, kiseline, i slično. Korištene pneumatike koji će se ponovo koristiti, a skladište se na duže od mjesec dana potrebno oprati i iz utora pneumatika ukloniti sve kamenčiće te pneumatike osušiti prije skladištenja.

Proces „starenja“ kod pneumatika u pravilu počinje kada se montiraju na vozilo i počnu zagrijavati i hladiti prilikom normalne vožnje. Pneumatik nakon određenog vremena izgubi elastičnost, te postane tvrd i to je vidljivo posebice na mokrom kolniku. Jedini razlog toga je vožnja sa nedovoljnim tlakom u pneumaticima zbog kojeg u bočnoj stranipneumatika nastaju torzione sile. One imaju za posljedicu povećanje temperature koja nakon nekoliko mjeseci korištenja rezultira gubitkomelastičnosti u samom pneumaticu.

Savez njemačke pneumatske industrije, Savez industrije automobilskih guma i udruženje vulkanizera Njemačke navodi da su pneumatici novi ako od datuma proizvodnje nije prošlo više od šest godina. Pneumatik u svom sastavu ima više vrsta antioksidansa koji sprječavaju propadanje pneumatika u vremenu od najmanje 12 godina.[15]

## **5. KOEFICIJENT PRIANJANJA PNEUMATIKA KAO FAKTOR STABILNOSTI CESTOVNIH VOZILA**

Pojam prijanjanje možemo opisati kao mjeru „jačine“ kontakta između pneumatika i podloge pod djelovanjem konstantne sile koja pneumatik pritišće uz podlogu odnosno mjera suprotstavljanja klizanja pneumatika. [16]

Stanje podloge, brzina kretanja i konstrukcija pneumatika utječu na koeficijent prijanjanja. Ovisno o vremenskim uvjetima na cesti potrebno je koristiti pneumatike predviđene za trenutno stanje ceste. S pravilnim odabirom pneumatika povećava se koeficijent prijanjanja. Stabilnost vozila ovisi o koeficijentu prijanjanja. Ukoliko dođe do klizanja, koeficijent prijanjanja se smanjuje i stabilnost vozila opada. Sustavi koji pomažu spriječiti klizanje su sustav protiv blokiranja kotača i elektronička stabilnost. Potrebno je uzeti u obzir glisiranje po vodi odnosno aquaplaning kao faktor smanjenja stabilnosti.

Pri rotaciji kotač ne vrši idealno kotrljajuće gibanje zbog elastičnosti pneumatika. Ukoliko je umnožak sile reakcije podloge i koeficijenta prijanjanja jednak umnošku sile reakcije podloge i koeficijenta trenja dolazi do pojave klizanja. Ako nema klizanja između pneumatika i podloge brzina središta kotača i obodna brzina pneumatika su jednake. Prema određenim istraživanjima postiže se maksimalni faktor prijanjanja pri koeficijentu klizanja između 15 i 25%. [3]

### **5.1. ABS (Anti-lock Braking System) – Sustav protiv blokiranja kotača**

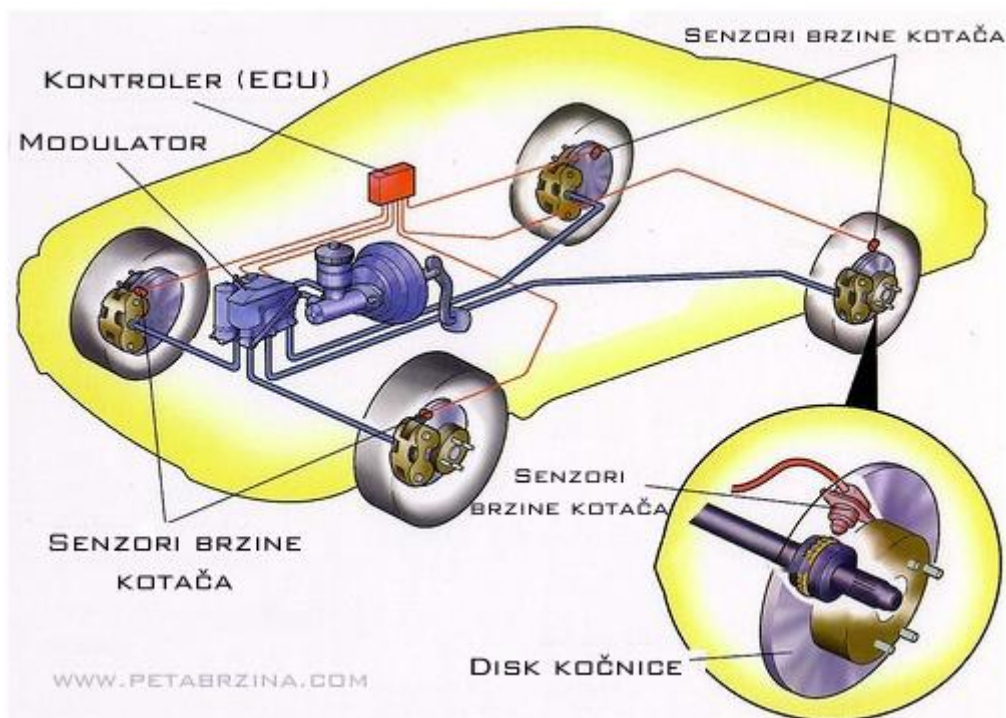
Anti-lock Braking System skraćeno ABS je elektronički sustav koji je služi protiv blokiranja kotača. Postao je standardna oprema cestovnih vozila. Prilikom intenzivnog kočenja aktiviranjem ABS sustava ne dolazi do blokiranja kotača što povećava upravljivost vozila. Promjena smjera gibanja moguća je samo ako upravljački kotači nisu blokirani odnosno ako se okreću. Ukoliko se vozilo giba, a upravljački kotači su blokirani vozilo će se zadržati isti pravac gibanja bez mogućnosti promjene smjera sa upravljačem. U slučaju da kotači blokiraju, vozač nema nadzor nad vozilom i njegovim smjerom gibanja te se vozilo nastavlja nekontrolirano gibati za vrijeme kočenja. ABS sustav pomaže da vozač zadrži upravljivost nad vozilom i sigurno zaustavi vozilo u slučaju intenzivnog kočenja.

Sustav se sastoji od sljedećih (osnovnih) komponenti[17]:

- Senzori za mjerenje brzine kotača.
- Pumpa (hidraulični motor).

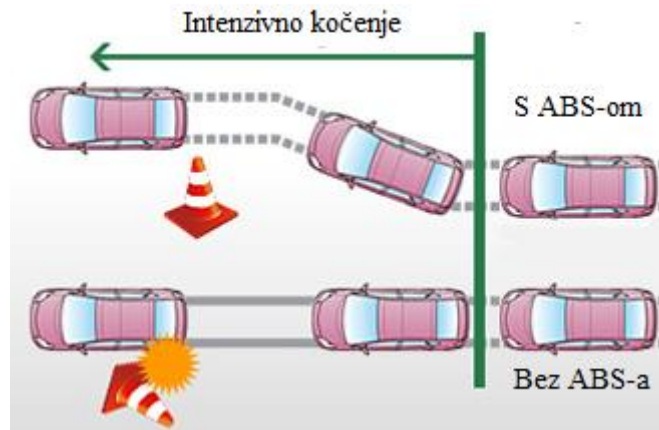
- Ventili.
- Kontroler (računalo koje koordinira cijelim procesom).

Senzori na kotačima prikupljaju informacije o brzini vrtnje svakog kotača, ako se jedan kotač rotira znatno sporije, odnosno usporava brže od ostalih, centralna upravljačka jedinica aktivira ventile za smanjenje hidrauličkog pritiska na kočnici kotača sa manjom brzinom rotacije. Na slici 17 prikazana je instalacija ABS sustava u vozilu. Prilikom aktiviranja ventila za smanjenje hidrauličkog pritiska smanjuje se sila kočenja na kotaču što omogućuje da se kotač nastavi rotirati.



Slika 17. Prikaz instalacije ABS sustava u vozilu, [17]

Sustav protiv proklizavanja jako brzo reagira i može povećati ili smanjiti pritisak u kočnicama 15 puta u sekundi. Vozač može primijetiti pulsiranje odnosno vibriranje papučice kočnice što ukazuje da se sustav aktivirao. Na slici 18 prikazana je usporedba vozila s ispravnim i aktiviranim ABS sustavom prilikom naglog kočenja i izbjegavanja prepreke i vozila bez ABS sustava. Ukoliko kotači nisu blokirani vozilom je moguće upravljati i izbjeći prepreku zbog koje je bilo potrebno intenzivno kočenje.



Slika 18. Prikaz izbjegavanja prepreke s aktiviranim ABS sustavom prilikom intenzivnog kočenja

Izvor: [18]

Na vlažnim i skliskim površinama ABS povećava stabilnost vozila i omogućava kraći zaustavni put. Na „mekanim“ površinama kao što su pijesak ili snijeg produžuje zaustavni put, a time ujedno poboljšava kontrolu nad vozilom. Moderni ABS sustavi kontroliraju raspodjelu kočenja prednjih i stražnjih kotača.

## 5.2. Usporedba usporenja prilikom intenzivnog kočenja s aktiviranim i deaktiviranim ABS-om

Ispitivanje je provedeno na osobnom automobilu marke Ford Escort iz 1996. godine. Vozilo je opremljeno ABS sustavom sdvokružnim hidrauličkim sustavom kočenja. Na prednjoj osovini vozila se nalaze disk kočnice dok na stražnjoj bubanj kočnice.

Ispitivanje se provelo sa različitim pneumaticima postavljenim na vozilo. Na sve kotače vozila postavljeni su radialni pneumatici dimenzija 175 75 R13. Na prednji lijevi kotač je postavljen pneumatik Ceat Artic. Dubina profila prije provođenja mjerenja iznosila je 1 mm. Na prednji desni kotač postavljen je pneumatik Bridgeston dubine profila iznosila je 3 mm. Na zadnji lijevi pneumatik postavljen je pneumatika Kleber čija je dubina profila iznosila 2.5 mm. Na zadnji desni pneumatik postavljen je pneumatik Kristal čija je dubina profila iznosila 1.5 mm. Tlak u pneumaticima iznosio je 2.1 bar.

Ispitivanje zaustavnog puta odnosno deceleracije vršilo se na suhoj asfaltnoj podlozi pri temperaturi zraka 24.5 °C, dok je temperatura podloge iznosila je 42.3 °C.



Slika 19. Prikaz asfaltne podloge na kojoj je provođeno testiranje, [19]

Za ispitivanje zaustavnog puta, brzine u trenutku kočenja, vremena kočenja i usporenja korišten je elektronički uređaj XL-meter. Uređaj se može upotrebljavati za ispitivanje akceleracije i usporenja. Prednost ovog uređaja je da ima ugrađen LCD zaslon na kojem se mogu odmah mogu očitati izmjerene vrijednosti. Uređaj se jednostavno instalirao u testno vozilo (slika 20.) pomoću vakumskog nosača na unutarnju stranu vjetrobranskog stakla testnog vozila.





Slika 20. Prikaz postavljenog XL-metra na vjetrobransko staklo vozila, [19]

Provedeno je 4 ispitivanja. Ispitivanja su se vršila pri brzinama 30km/h i 50 km/h s uključenim i isključenim ABS sustavom. Ispitivanja su se vršila da se vozilom postigne željena brzina, vozilo se stabilizira na toj brzini te se nakon toga pritisne radna kočnica do kraja. Uređaj završi mjerenje i prikaže rezultate mjerenja.

Prema [20] uređaj XL-metar računa usporenje preko formule (2):

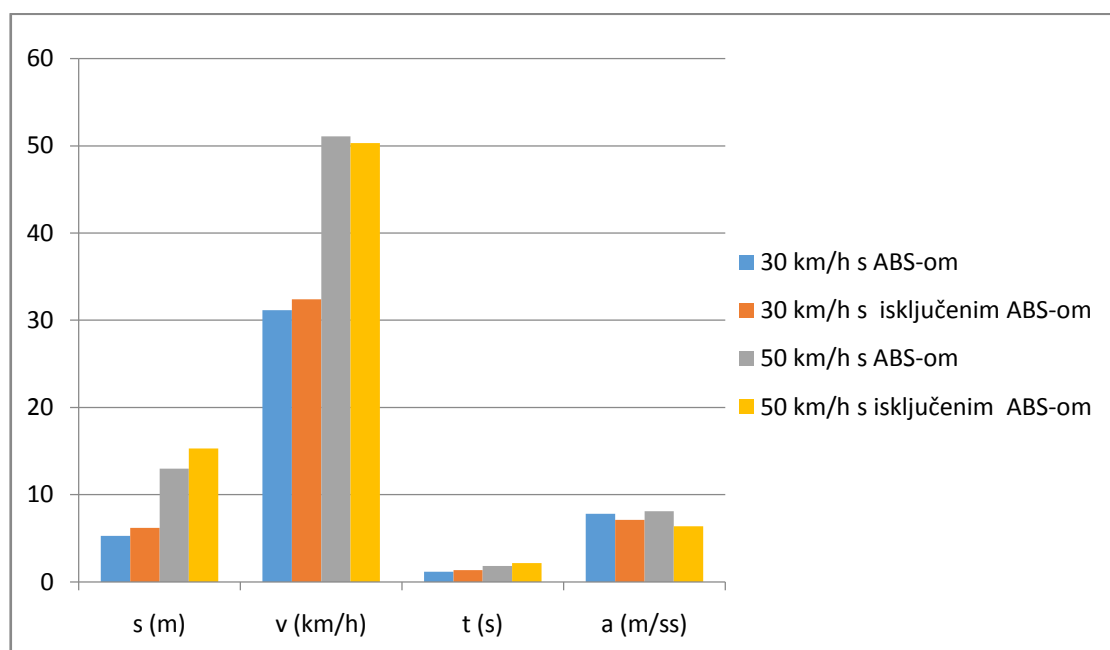
$$MFDD = \frac{v_b^2 - v_e^2}{25.92 (s_e - s_b)} \left[ \frac{m}{s^2} \right] \quad (2)$$

Gdje oznake imaju sljedeće značenje:

- $v_0$  – Brzina vozila neposredno prije kočenja
- $v_b$  – 80% brzine  $v_0$  u km/h
- $v_e$  – 10% brzine  $v_0$  u km/h
- $s_b$  – pređena udaljenost između  $v_0$  i  $v_b$  u metrima
- $s_e$  – pređena udaljenost između  $v_0$  i  $v_e$  u metrima

Točnost uređaja prilikom usporenja odnosno deceleracije može odstupati 3%. [20]

Provedeno je 8 mjerenja pri navedenim brzinama s uključenim i isključenim ABS sustavom. Svi rezultati su prikazani u grafikonu 1. Rezultati dobiveni pri brzini 30 km/h s uključenim ABS sustavom prikazani su u tablici 4. Rezultati dobiveni pri brzini 30 km/h s isključenim ABS sustavom prikazao je u tablici 5. Rezultati dobiveni pri brzini 50 km/h sa uključenim ABS sustavom prikazani su u tablici 6 i rezultati mjerenja pri brzini 50 km/h s isključenim ABS sustavom prikazani su u tablici 7.



Grafikon 1. Prikaz svih vrijednosti dobivenih prilikom mjerenja.

Izvor: [19]

Tablica 3. Prikaz rezultata mjerenja pri brzini 30km/k s uključenim ABS sustavom

redni broj	30 km/h s ABS-om			
	s (m)	v (km/h)	t (s)	a (m/s <sup>2</sup> )
1	5.22	30.33	1.21	7.38
2	5.67	32.62	1.21	8.34
3	5.2	30.66	1.17	7.97
4	4.91	29.93	1.16	7.4
5	5.5	32.5	1.2	7.81
6	4.8	30.7	1.13	8.15
7	5.62	32.14	1.23	7.93
8	5.23	30.37	1.18	7.59
srednja vrijednost	5.26875	31.15625	1.18625	7.82125

Izvor:[19]

Iz tablice 4 vidljivo je da je prosječni zaustavni put 5.2 m za prosječnu brzinu kretanja vozila 31.1 km/h. Srednjeusporenje iznosilo je 7.8 m/s<sup>2</sup>

Tablica 4. Prikaz rezultata mjerenja pri brzini 30km/k s isključenim ABS sustavom

redni broj	30 km/h s isključenim ABS-om			
	s (m)	V (km/h)	t (s)	a (m/s <sup>2</sup> )
1	7.42	33.28	1.48	7.54
2	5.91	32.01	1.32	7.35
3	6.08	33.03	1.34	7.16
4	6.25	32.57	1.37	7.09
5	6.04	32.02	1.35	7.1
6	6.38	33.16	1.4	6.85
7	5.43	30.52	1.29	7.01
8	6.23	32.61	1.38	6.95
srednja vrijednost	6.2175	32.4	1.36625	7.13125

Izvor: [19]

Iz tablice 5 vidljivo je da je prosječni zaustavni put iznosio 6.2m pri prosječnoj brzini 32.4 km/h. Prosječno usporenje iznosilo je 7.1 m/s<sup>2</sup>.

Ako usporedimo srednje vrijednosti rezultata dobivenih prilikom mjerenja s uključenim ABS sustavom i srednje vrijednosti rezultata s isključenim ABS sustavom primjećujemo da se iznos deceleracije razlikuje približno za 0.7 m/s<sup>2</sup>. Vrijednost deceleracije

dobivena prilikom kočenja s isključenim ABS sustavom je manja od vrijednosti s uključenim. Usporedbom ostalih rezultata vidljivo je da je zaustavni put s isključenim ABS sustavom duži za 1m u odnosu na zaustavni put s uključenim ABS sustavom iako se srednje vrijednosti brzina razlikuju za samo približno 1 km/h.

Tablica 5. Prikaz rezultata mjerenja pri brzini 50km/k s uključenim ABS sustavom

redni broj	50 km/h s ABS-om			
	s (m)	v (km/h)	t (s)	a (m/s <sup>2</sup> )
1	12.86	50.94	1.88	7.65
2	12.47	50.51	1.76	8.45
3	12.8	50.71	1.78	8.29
4	13.54	52.2	1.86	8.11
5	13.14	51.41	1.83	8.16
6	13.17	51.38	1.8	8.11
7	13.13	51.34	1.82	8.14
8	12.87	50.3	1.81	7.92
srednja vrijednost	12.9975	51.09875	1.8175	8.10375

Izvor:[19]

Iz tablice 6 vidljivo je da je prosječni zaustavni put iznosio približno 13m pri prosječnoj brzini 51 km/h. Prosječno usporenje iznosilo je 8.1 m/s<sup>2</sup>.

Tablica 6. Prikaz rezultata mjerenja pri brzini 50km/k s isključenim ABS sustavom

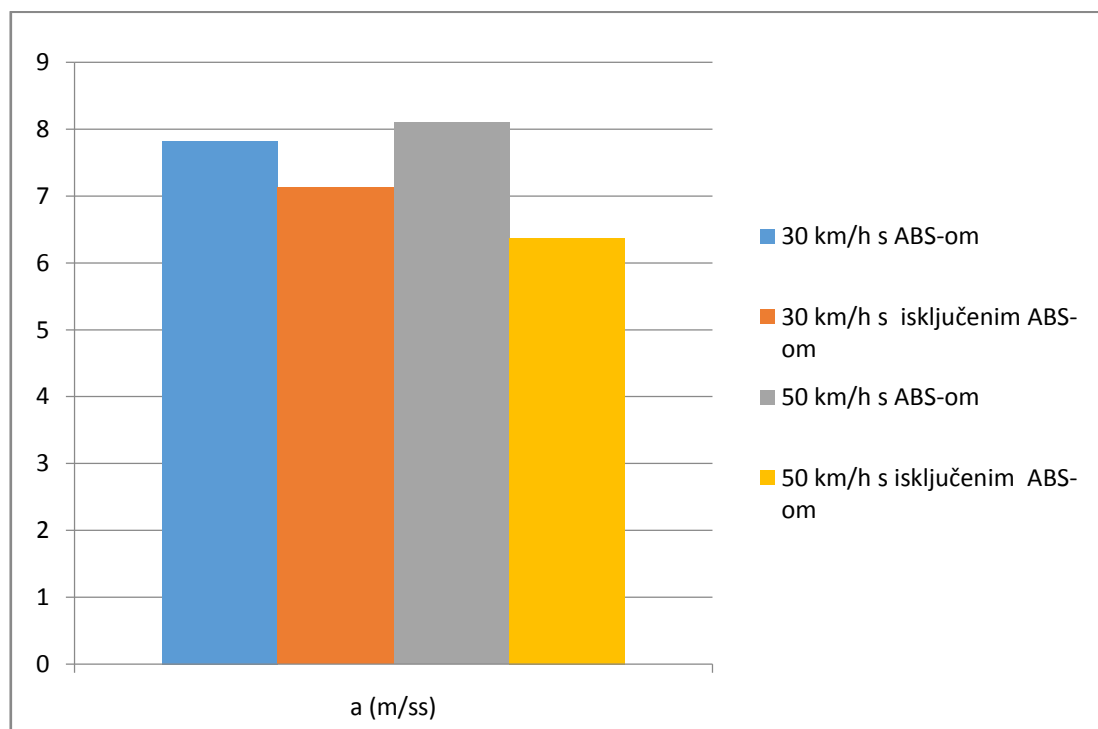
redni broj	50 km/h s isključenim ABS-om			
	s (m)	v (km/h)	t (s)	a (m/s <sup>2</sup> )
1	15.07	50.47	2.15	6.42
2	14.82	49.45	2.15	6.35
3	15.88	51.03	2.21	6.42
4	14.91	49.46	2.15	6.38
5	15.29	50.74	2.16	6.38
6	15.7	50.43	2.22	6.33
7	15.25	50.11	2.2	6.34
8	15.52	50.74	2.21	6.35
srednja vrijednost	15.305	50.30375	2.18125	6.37125

Izvor: [19]

Iz tablice 7 vidljivo je da je prosječni zaustavni put iznosio 15.3m pri prosječnoj brzini 50.3 km/h. Prosječnosporenje iznosilo je  $6.3 \text{ m/s}^2$ .

Srednje vrijednosti dobivenih rezultata s uključenim i isključenim ABS sustavom pri brzini od 50km/h se znatno više razlikuju od rezultata dobivenih pri brzini od 30 km/h.

Usporedbom srednje vrijednosti rezultata dobivenih prilikom mjerenja s uključenim ABS sustavom i srednje vrijednosti rezultata s isključenim ABS sustavom primjećujemo da se iznos deceleracije razlikuje približno za  $1.8 \text{ m/s}^2$ . Vrijednost deceleracije dobivena prilikom kočenja s isključenim ABS sustavom je manja od vrijednosti s uključenim. Usporedbom ostalih rezultata vidljivo je da je zaustavni put s isključenim ABS sustavom duži za približno 2.3m u odnosu na zaustavni put s uključenim ABS sustavom iako se srednje vrijednosti brzina razlikuju za za manje od 1 km/h.



Grafikon 2. Prikaz srednje deceleracije pri različitim mjerenjima.

Izvor: [19]

Grafikon 2 prikazuje vrijednosti srednje deceleracije pri pojedinim mjerenjima. Možemo uočiti da je srednja vrijednost kočenja s uključenim ABS sustavom veća od srednje vrijednosti kočenja s isključenim ABS sustavom. Razlog toga je što prilikom kočenja s isključenim ABS sustavom dolazi do proklizavanja pneumatika po podlozi odnosno koeficijent

klizanja je veći od koeficijenta trenje te je prijanjanje smanjeno što je uočljivo po manjim vrijednostima deceleracije i većim vrijednostima zaustavnog puta prikazanog na grafikonu 3.



Slika 21. Prikaz nastanka dima prilikom intenzivnog kočenja sa brzinom 50km/h s isključenim ABS sustavom.

Izvor: [19]

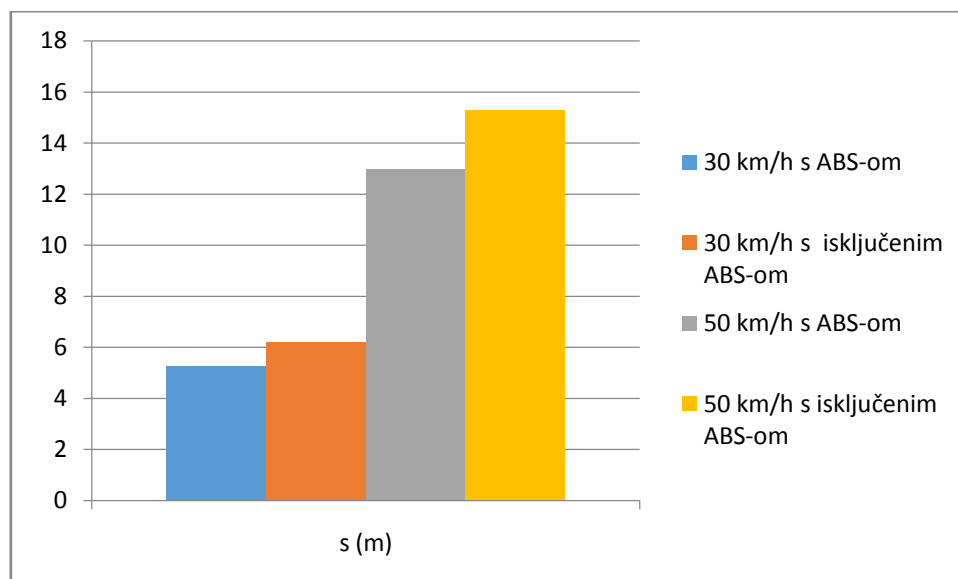
Prilikom intenzivnog kočenja bez ABS sustava kotači na vozilu se ne okreću što smanjuje upravljivost vozila. Na slici 21 prikazan je dio kočenja te se vidi nastanak dima. Kočnice blokiraju kotače te dodirna površina pneumatika u kontaktu sa podlogom se zagrijava te dolazi do klizanja pneumatika po kolniku što rezultira pojavom dima i mogućim oštećenjem gaznog površine pneumatika.

Budući da je testno vozilo bilo opremljeno različitim pneumaticima u tablici 8. Prikazani su i rezultati ispitivanja Zavoda za prometno-tehnička vještačenja Fakulteta prometnih znanosti sa statičkim uređajem ASFT T2GO .

Tablica 7. Prikaz statičkih mjerenja podloge

ASFT T2GO			
Statički			
	$\mu$ - Min (m/s <sup>2</sup> )	$\mu$ - Max (m/s <sup>2</sup> )	$\mu$ - Totalni (m/s <sup>2</sup> )
1	8,04	8,92	8,53
2	7,35	8,24	7,84
3	7,84	8,82	8,33
4	7,74	8,73	8,24
5	5,98	7,25	6,57
6	6,27	7,94	6,86
7	5,68	8,53	7,84
8	5,39	8,43	7,65

Iz podataka u tablici 8 vidljivo je da je usporenje mjereno sa statičkim uređajem na testnoj podlozi.



Grafikon 3. Prikaz srednje vrijednosti zaustavnog puta pri pojedinim mjerenjima.

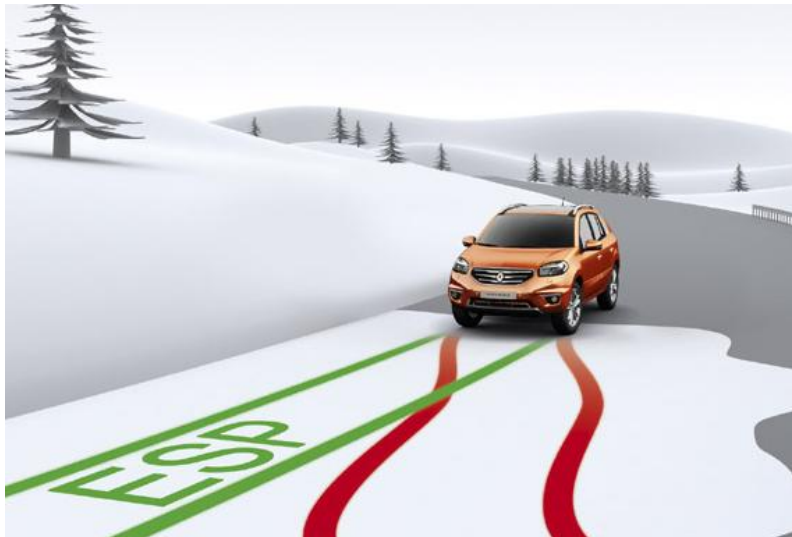
Izvor: [19]

Iz grafikona 3 uočljivo je da je zaustavni put vozila s isključenim ABS sustavom veći od zaustavnog puta s uključenim ABS sustavom pri istoj brzini. Iz grafikona 2 uočeno je da je

usporenje veće prilikom uključenog ABS sustava što znatno smanjuje zaustavni put vozila vidljivo na grafikonu 3.

### 5.3. ESP (Electronic Stability Program)–Elektronički program stabilnosti

Sustav elektroničke stabilnosti (ESP) je elektronički sustav koji u suradnji sa ABS sustavom i sustavim protiv proklizivanja prilikom naglog kretanja (TSC) pomaže vozaču održati stabilnost vozila. Pulsirajućim kočenjem pojedinih kotača povećava dinamičku stabilnost vozila. Ukoliko u zavoju stražnji dio automobila počne bočno klizati prema vanjskom rubu zavoja uključi se pulsirajuće kočenje prednjeg vanjskog kotača koji vraća vozilo i sprječava klizanje zadnjeg kraja vozila. ESP sustav pokušava minimalizirati gubitak kontrole nad vozilom. Sposobnost kočenja samo jednog kotača omogućava sustavu održavanje ravnoteže. Sustav kontrolira vozilo 25 puta u sekundi i aktivira se prije nego što vozač primjeti da je došlo do proklizivanja vozila.



Slika 22. Prikaz nailaska na poledicu s uključenim i isključenim ESP sustavom, [21]

Sustav elektronske stabilnosti pomaže vozaču u gotovo svim kritičnim situacijama poput nenadanog nailaska na poledicu očuva stabilnost vozila i bez smanjenja sigurnosti upravlja vozilom. Sustav prepoznaje proklizavanje vozila te ga aktivno nastoji spriječiti, čime se značajno poboljšava sigurnost u vožnji. Slika 22 prikazuje smjer kretanja automobila prilikom nailaska na poledicu s uključenim i isključenim ESP sustavom.

Sustav na osnovi kuta upravljanja prepoznaje željeni smjer vožnje i senzori brzine na svakom kotaču mjere brzinu. Istovremeno, senzori zakretanja mjere okretanje vozila oko njegove okomite osi, kao i bočno ubrzanje. Iz tih podataka upravljačka jedinica izračunava stvarno kretanje vozila i uspoređuje ga 25 puta u sekundi sa željenim smjerom te na temelju toga donosi odluku o smanjenju momenta motora ili upotrebe pojedinih kočnica. [22]



Sustav smanjuje snagu motora kako bi povratio stabilnost vozila. U slučaju da to nije dovoljno, zaustavlja svaki kotač pojedinačno. Iz toga proizlazi rotacijsko kretanje vozila koje sprečava bočno proklizavanje te automobil ostaje sigurno na svom željenom pravcu.

#### 5.4. Skijanje ili glisiranje (Aquaplaning)

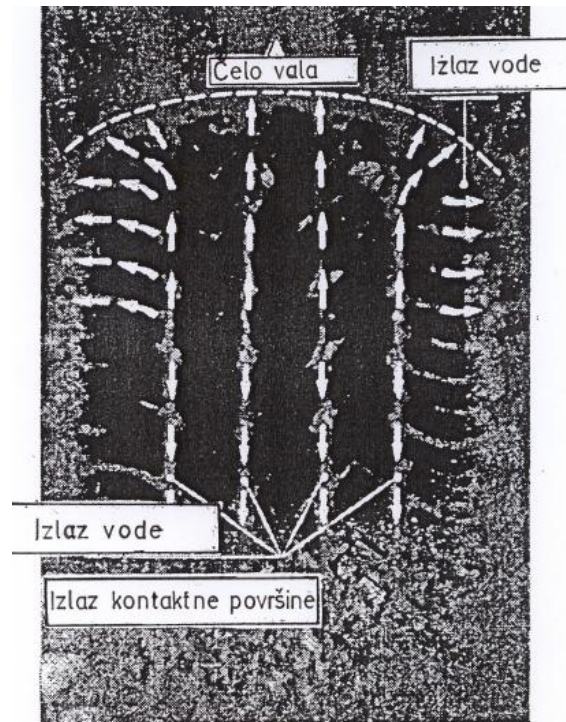
Svaka promjena smjera ili promjena brzine oslanja se na trenje između pneumatika i kontaktne površine ceste. Udubine u pneumatiku su dizajnirane kako bi raspršile vodu ispod pneumatika pružajući visoki stupanj prianjanja čak i na mokrim uvjetima. Ukoliko pneumatik ne može raspršiti vodu dolazi do pojave glisiranja, tj. aquaplaning-a. Tanak sloj vode koji ostaje između pneumatika i podloge uzrokuje klizanje vozila. Pri kritičnoj brzini, obično između 55-90 km/h, vozilo gubi kontakt s podlogom i dolazi u opasnost izletanja sa prometnice.

Važna funkcija koju treba ispuniti na mokroj i vodom prekrivenoj podlozi je da krozu utore koji se nalaze na kontaktnoj površini pneumatika voda bude raspršena djelovanjem težine vozila. Bez ovih utora na pneumatiku tanak sloj vode ostao bi između pneumatika (slika 23.) i podloge što bi izazvalo gubitak prianjanja odnosno u jednom trenutku bi nastalo klizanje.



Slika 23. Prikaz kontaktne površine između pneumatika i kolnika pri pojavi aquaplaning-a, [2]

Pri vožnji s 80 km/h na mokroj cesti kontaktni sloj pneumatika mora odvesti, odnosno raspršiti do 25 l / s. Na slici je prikazana pojava glisiranja odnosno aquaplaninga. Kada se sa utorima u profilu pri većim brzinama ne može raspršiti voda pneumatik se odvaja od kontaktne površine i na taj način se smanjuje koeficijent prianjanja. [3]



Slika 24. Prikaz raspršenja vode prilikom prelaska pneumatika, [3]

Na slici 24. prikazan je trenutak raspršenja vode ispod kontaktne površine pneumaika. Voda zbog djelovanja težine vozila ulazi u otvore na pneumatiku i tako osigurava kontakt sa podlogom. Ostvarivanjem većeg kontakta pneumatika i podloge veći je koeficijent prianjanja, a samim time i stabilnost vozila u mokrim uvjetima.

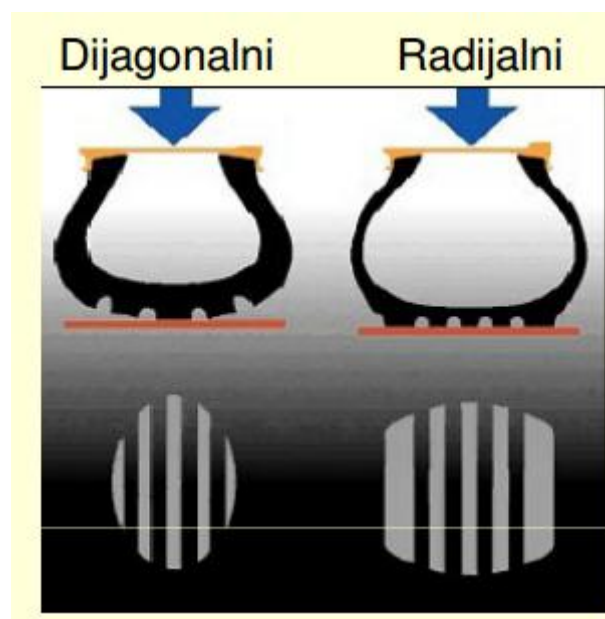
Aquaplaning ne utječe toliko na teretna vozila sa ispravnim, odnosno odgovarajućim pneumaticima zbog veće težine vozila.

## 6. UTJECAJ KOEFICJENTA PRIANJANJA PNEUMATIKA NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA

Prianjanje je rezultat djelovanja adhezijskih sila i sile trenja. Sile se javljaju između kontaktne površine pneumatika vozila i površine po kojoj se vozilo kreće. Prianjanje omogućuje vozilu da ubrza, usporava i skreće.

Prianjanje nije konstantna veličina već ovisi o mnogo faktora. Sposobnost prianjanja vozila uvelike ovisi i o težini koja djeluje na kotače. Povećanjem težine povećava se i sila trenja i obrnuto.

Utjecaj koeficijenta prianjanja na aktivnu sigurnost kretanja vozila omogućuje sigurno kretanje vozila u zavoju i prilikom zaustavljanja vozila odnosno kočenja.



Slika 25. Prikaz kontaktne površine pneumatika, [3]

Kada se govori o dodirnoj površini, važno je uočiti da je ona relativno mala i razlikuje se za radijalni i dijagonalni pneumatik što je prikazano na slici 25. te treba uzeti u obzir da ima ograničene sposobnosti prianjanja. Sile koje djeluju na dodirnom dijelu pneumatika predstavljaju maksimalne sposobnosti vozila prilikom kretanja vozila ili zaustavljanja vozila. Na dodirnoj površini pneumatika djeluju poprečne (bočne) i uzdužne (aksijalne) sile. Poprečne sile djeluju prilikom skretanja, dok uzdužne djeluju prilikom ubrzavanja ili usporavanja vozila. Potrebno je izbjegavati kočenje ili ubrzavanje u zavoju jer je tada najveća opasnost od smanjenja upravljivosti vozila.

Za sigurnu vožnju važno je da pneumatik ima dobar kontaktni sloj. Prianjanje na podlogu ovisi o izvedbi pneumatika. Veći koeficijent prianjanja pozitivno se odražava stabilnost vozila i rezultira većoj sigurnosti kretanja vozila kroz zavoj i zaustavljanja vozila.

Prilikom intenzivnog kočenja da bi se vozilo zaustavilo na što kraćem putu potrebno je upravljač zadržati tako da prati gibanje automobila. Ukoliko je potrebno izbjeći prepreku na cesti, poprečne sile će djelovati na pneumatik i tako preuzeti dio prianjanja što smanjuje djelovanje uzdužne sile i povećava zaustavni put.

Drastično povećanje ili smanjenje prianjanja ima upravo tehnika vožnje. Pokreti upravljača, ubrzavanje vozilom, kočenje i slično može utjecati na prianjanje. U suhim uvjetima prianjanje je moguće povećati upotrebom sportskih guma koje se rade od mekših materijala. Važno je napomenuti da se takvi pneumatici iznimno brzo troše i nisu pogodni za ostale uvjete na cesti. Povećanje prianjanja je moguće povećanjem aerodinamičnog pritiska na vozilo postavljanjem usmjerivača zraka.

Pneumatici utječu samo na polovinu prianjanja, ostalu polovicu čini površina po kojoj se kreću. Velika je razlika u koeficijentu prianjanja pneumatika kod suhog i kod vlažnog kolnika. Prianjanje ovisi i o vrsti asfaltnog sloja. Stoga je potrebno prilagoditi brzinu uvjetima na cesti. U slučaju skliskog kolnika, zbog kiše ili snijega i slično, koeficijent prianjanja između pneumatika i kolnika može značajno opasti što rezultira povećanjem zaustavnog puta vozila i smanjuje sigurnost kretanja vozila.

Ukoliko se iznos prianjanja smanji, analogno tome se smanjuje i sigurnost zbog povećanog puta kočenja i smanjenja upravljačke sposobnosti vozila.

Na vozilo koje se kreće većom brzinom djeluju veće sile te zbog toga je potrebno prilagoditi brzinu uvjetima na cesti da bi se vozilo sigurno zaustavilo. ABS sustav će omogućiti da pneumatik ima konstantno prianjanje tj. spriječiti će pojavu klizanja prilikom kočenja. Moramo uzeti u obzir da se zaustavni put povećava sa povećanjem brzine. Vozilo se giba po cesti određenih uvjeta te pri određenoj brzini ima zadovoljavajući put kočenja. Ukoliko se promjeni koeficijent prianjanja, zaustavni put se drastično povećava za istu brzinu što može nastati prilikom nailaska na poledicu.

## 7. ZAKLJUČAK

Pneumatik predstavlja važan dio vozila koji može utjecati na potrošnju energenata, stabilnost i sigurnost u odvijanju prometa. Česti uzrok prometnih nesreće je loše stanje pneumatika koje je nastalo zbog ne pridržavanja temeljnih stavki o održavanju i korištenju pneumatika. Da bi svojstva pneumatika održala što dulje dobra potrebno je unutar njega održavati tlak na optimalnoj razini i na pravilan način skladištiti ga ukoliko se ne koristi.

Pneumatik ima ključnu ulogu u stabilnosti vozila na cesti jer osigurava sve radnje koje su potrebne da bi vozilo održalo pravac kretanja pri relativno velikim brzinama, održalo sposobnost upravljivosti i smanjio zaustavni put vozila. Stabilnost vozila se povećava analogno sa povećanjem koeficijenta prijanjanja. Za sigurno odvijanje prometa potrebno je uvijek imati postavljene preporučene pneumatike za određeno doba godine.

Uporabom aktivnih elemenata sigurnosti vozila poput ESP-a i ABS-a koji postaju osnovna oprema vozila povećava se efikasnost kočenja i stabilnost vozila.

Analizom podataka kočenja prikazanih u ovom završnom radu vidljivo je da se uporabom ABS sustava dobivaju veći iznosi deceleracije u odnosu na vrijednosti s isključenim ABS sustavom. Analogno većoj deceleraciji smanjuje se zaustavni put vozila i na taj način se povećava sigurnost. Uporabom ESP sustava vozilu se povećava stabilnost na način da se zasebno omogući konstantno prijanjanje na svakom pneumatiku.

Propisivanjem obaveznog označavanja energetskih karakteristika pneumatika na području Europske Unije potaknulo je proizvođače pneumatika na razvoj novih ekoloških pneumatika, koji će omogućiti krajnjim korisnicima uštedu goriva na već postojećim vozilima, a da pri tome ne umanjuju svoju sigurnost niti sigurnost drugih sudionika u prometu. Stvaranjem manje razine buke od pneumatika smanjuje se negativan utjecaj prometa na okolinu. Osim u smanjenju buke, smanjenjem potrošnje goriva smanjuje se emisija štetnih tvari u prirodu te se posredno povećava energetska sigurnost.

## LITERATURA

- [1] URL: <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=57664> (pristupljeno: svibanj, 2016)
- [2] Šilić Đ. Ispitivanje motornih vozila, Veleučilište Velika Gorica, Velika Gorica; 2010.
- [3] Novak Z. Prometna dinamika, Veleučilište u Rijeci, 2012./2013. (pristupljeno: svibanj, 2016)
- [4] URL: [http://www.continentaltire.ca/www/tires\\_ca\\_en/themes/contiacademy/good\\_to\\_know/tire\\_history\\_en.html](http://www.continentaltire.ca/www/tires_ca_en/themes/contiacademy/good_to_know/tire_history_en.html) (pristupljeno: svibanj, 2016)
- [5] URL: <http://www.madehow.com/Volume-1/Tire.html#ixzz3iGKy0Gn2> (pristupljeno: lipanj, 2016)
- [6] URL: <http://www.gumelider.com.hr/savjeti/vrsta-profila-gume> (pristupljeno: svibanj, 2016)
- [7] URL: <http://www.michelinag.com/Innovating/Radial-vs.-Bias-technology> (pristupljeno: svibanj, 2016)
- [8] URL: [http://www.goodyear.eu/si\\_hr/all-about-tires/understand-your-tire/how-tires-are-made/#mill](http://www.goodyear.eu/si_hr/all-about-tires/understand-your-tire/how-tires-are-made/#mill) (pristupljeno: lipanj, 2016)
- [9] URL: <http://www.autonet.hr/kotaci-i> (pristupljeno: svibanj, 2016)
- [10] URL: <http://www.prometna-zona.com/vrste-guma-i-njihova-konstrukcija/> (pristupljeno: svibanj, 2016)
- [11] URL: [http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/1999\\_06\\_58\\_1083.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/1999_06_58_1083.html) (pristupljeno: svibanj, 2016)
- [12] URL: <http://www.auto-iv.com/oznake.html> (pristupljeno: lipanj, 2016)
- [13] URL: [http://www.dunlop.eu/dunlop\\_hrhr/what\\_sets\\_dunlop\\_apart/future\\_eu\\_tire\\_label/](http://www.dunlop.eu/dunlop_hrhr/what_sets_dunlop_apart/future_eu_tire_label/) (pristupljeno: lipanj, 2016)
- [14] URL: <http://www.eko-voznja.com/propisan-tlak-zraka-u-gumama-vrlo-je-znacajan> (pristupljeno: lipanj, 2016)
- [15] URL: <http://www.unikomerc.hr/starost-guma/> (pristupljeno: lipanj, 2016)
- [16] Mr Boris Stojić, dipl. inž. maš., Teorija kretanja drumskih vozila, skripta, Novi Sad, februar 2012.
- [17] URL: <http://www.petabrzina.com/abs-sustav-protiv-blokiranja-kotaca> (pristupljeno: lipanj, 2016)
- [18] URL: [http://www.toyota-global.com/innovation/safety\\_technology/safety\\_technology/technology\\_file/active/](http://www.toyota-global.com/innovation/safety_technology/safety_technology/technology_file/active/) (pristupljeno: lipanj, 2016)
- [19] Projekt: "Ispravno vozilo, sigurno vozilo", Fakultet prometnih znanosti, Zavod za prometno-tehnička vještačenja
- [20] Inventure Automotive electronics, User's Manual, XL Meter™ pro
- [21] URL: <http://www.magazinauto.com/esp-obavezan-u-evropi/> (pristupljeno: lipanj, 2016)

[22]URL:<http://www2.autoportal.hr/20071219761/Nove-tehnologije/Sustav-ESP-sprejava-proklizavanje-vozila-i-značajno-smanjuje-rizik-od-nesreća/menu-id-72.html>(pristupljeno: lipanj, 2016)

## POPIS ILUSTRACIJA

### Popis slika

Slika 1. Prikaz centrifugalne sile.....	5
Slika 2. Prikaz vozila u zavoju sa nagibom.....	5
Slika 3. Prikaz dijagonalnog pneumatika .....	10
Slika 4. Prikaz konstrukcije radijalnog pneumatika (Maxxis International).....	11
Slika 5. Struktura radijalnog pneumatika .....	12
Slika 6. Prikaz pneumatika sa aditivom crvene boje.....	13
Slika 7. Simetrični profil .....	14
Slika 8. Asimetrični profil .....	15
Slika 9. Usmjereni profil .....	15
Slika 10. Dimenzije pneumatika .....	17
Slika 11. Oznake na pneumatiku.....	19
Slika 12. Europska etiketa za pneumatike.....	20
Slika 13. Oznaka kategorije pneumatika s obzirom na utjecaj potrošnje goriva, .....	21
Slika 14. Oznaka prijanjanja na mokroj podlozi .....	21
Slika 15. Oznaka razine buke .....	21
Slika 16. Nepravilno trošenje pneumatika .....	22
Slika 17. Prikaz instalacije ABS sustava u vozilu.....	25
Slika 18. Prikaz izbjegavanja prepreke s aktiviranim ABS sustavom prilikom intenzivnog kočenja .....	26
Slika 19. Prikaz asfaltne podloge na kojoj je provedeno testiranje .....	27
Slika 20. Prikaz postavljenog XL-metra na vjetrobransko staklo vozila .....	28

Slika 21. Prikaz nastanka dima prilikom intenzivnog kočenja sa brzinom 50km/h s isključenim ABS sustavom. ....	33
Slika 22. Prikaz nailaska na poledicu s uključenim i isključenim ESP sustavom .....	35
Slika 23. Prikaz kontaktne površine između pneumatika i kolnika pri pojavi aquaplaning-a .	36
Slika 24. Prikaz raspršenje vode prilikom prelaska pneumatika.....	37
Slika 25. Prikaz kontaktne površine pneumatika .....	38

**Popis tablica:**

Tablica 1. Kriterij za dodjelu zvjezdica sigurnosti prema iznosu koeficijenta statičke stabilnosti .....	3
Tablica 2. Značenje oznake 185/75 R 14 86 H .....	17
Tablica 4. Prikaz rezultata mjerenja pri brzini 30km/k s uključenim ABS sustavom .....	30
Tablica 5. Prikaz rezultata mjerenja pri brzini 30km/k s isključenim ABS sustavom.....	30
Tablica 6. Prikaz rezultata mjerenja pri brzini 50km/k s uključenim ABS sustavom .....	31
Tablica 7. Prikaz rezultata mjerenja pri brzini 50km/k s isključenim ABS sustavom.....	31
Tablica 8. Prikaz statičkih mjerenja podloge .....	34

**Popis grafikona:**

Grafikon 1. Prikaz svih vrijednosti dobivenih prilikom mjerenja.....	29
Grafikon 2. Prikaz srednje deceleracije pri različitim mjerenjima.....	32
Grafikon 3. Prikaz srednje vrijednosti zaustavnog puta pri pojedinim mjerenjima. ....	34



## METAPODACI

**Naslov rada:**Utjecaj pneumatika na stabilnost cestovnih vozila

**Student:** Igor Pavlik

**Mentor:**dr. sc. Željko Šarić

**Naslov na drugom jeziku (engleski):**

The Impact of Tires on the Stability of Road Vehicles

**Povjerenstvo za obranu:**

- Prof. dr. sc. Goran Zovak predsjednik
- dr. sc. Željko Šarić mentor
- Mr. sc. Ivo Jurić član
- Prof. dr. sc. Marijan Rajsman zamjena

**Ustanova koja je dodijelila akademski stupanj:** Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu

**Zavod:** Zavod za prometno-tehnička vještačenja

**Vrsta studija:**Preddiplomski

**Studij:**Promet(npr. Promet, ITS i logistika, Aeronautika)

**Datum obrane završnog rada:**05.07.2016.

**Napomena:** pod datum obrane završnog rada navodi se prvi definirani datum roka obrane.



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih  
znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj \_\_\_\_\_ završni rad  
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na  
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.  
Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz  
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.  
Izjavljujem također, kako 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 rada  
pod naslovom **Utjecaj pneumatika na stabilnost cestovnih vozila**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom  
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student/ica:

U Zagrebu, \_\_\_\_\_ 16.6.2016 \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(potpis)