

# Utjecaj pneumatika na stabilnost cestovnih vozila

---

**Vidović, Tomislav**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2017**

*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:119:621224>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-27**



*Repository / Repozitorij:*

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



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

**Tomislav Vidović**

**UTJECAJ PNEUMATIKA NA STABILNOST  
CESTOVNIH VOZILA**

**ZAVRŠNI RAD**

**Zagreb, 2017.**

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: Tomislav Vidović

JMBAG: 0135237167

**Zagreb, lipanj 2017.**

## UTJECAJ PNEUMATIKA NA STABILNOST CESTOVNIH VOZILA

### SAŽETAK:

Pneumatik je jedan od tri glavna elementa aktivne sigurnosti vozila. Njegov razvoj je počeo kao gumirani dio drvenog kotača, zatim je današnji oblik dobio razvojem zračnice prvo kao dijagonalni a zatim kao radijalni pneumatik, odnosno današnji standardni pneumatik je radijalni bez zračnice. Radijalni pneumatici su istisnuli iz svakidašnje upotrebe dijagonalne radi mnogih prednosti koje posjeduju. Također svaka nova generacija pneumatika posjeduje značajno bolje karakteristike od prethodne. Održavanje pneumatika nije zahtjevno, a trajnost pneumatika ovisi o unutarnjem tlaku, načinu vožnje i vozaču, te stanju kolnika i automobila. Korištenje pneumatika izvan predviđenog godišnjeg doba smanjuje sigurnost. Eu oznaka svrstava pneumatike u nekoliko razreda. Za pravilan odabir pneumatika pomažu testovi. Testovi se provode na suhoj podlozi, kiši i snijegu dovodeći pneumatike do njihovih granica.

### KLJUČNE RIJEČI:

Pneumatik, Radijalni pneumatik, Održavanje pneumatika, Testovi pneumatika

### SUMMARY:

Pneumatic is one of the three main elements of active vehicle safety. Its development started as a rubberized part of a wooden wheel, then the present shape got the development of the tube first as a diagonal and then as a radial pneumatic, or today's standard pneumatic radial is without the radius. Radial tires are squeezed out of everyday use diagonal due to the many advantages they possess. Also every new generation of tires has significantly better characteristics than the previous one. Tire maintenance is not demanding, and the durability of the tire depends on internal pressure, driving mode and driver, and the condition of the carriageway and car. The use of tires outside of the anticipated annual seasons reduces safety. The marking marks the pneumatic in several grades. Tests for the correct tire selection are supported. Tests are conducted on dry substrates, rain and snow, bringing pneumatic to their limits

### KEY WORDS:

Pneumatic, Radial pneumatic, Maintenance of pneumatics, Pneumatics test

# SADRŽAJ

1.	UVOD.....	1
2.	OPĆE ZNAČAJKE PNEUMATIKA.....	2
	2.1 Konstrukcija pneumatika .....	2
	2.2. Dijagonalni pneumatici .....	4
	2.3 Radijalni pneumatici .....	5
	2.4 Održavanje i skladištenje pneumatika.....	7
	2.5 Zakonski propisi vezani uz pneumatike.....	10
3.	PODJELA PNEUMATIKA I NJIHOVE OZNAKE.....	11
	3.1 Značenje oznaka na pneumaticima .....	11
	3.2 Podjela pneumatika .....	14
	3.2.1 Ljetni pneumatici .....	14
	3.2.2 Zimski pneumatici .....	15
	3.2.3 Cjelogodišnji pneumatici .....	15
	3.3 EU oznake i njihovo značenje.....	16
4.	METODOLOGIJA ISPITIVANJA PNEUMATIKA.....	18
	4.1 Mjerenja na suhom.....	18
	4.1.1 Ponašanje u vožnji/ svakodnevni manevri.....	18
	4.1.2 Sigurnost pri vožnji/manevrima u graničnom području .....	19
	4.1.3 Kočenje .....	19
	4.2 Mjerenja na mokrom.....	20
	4.2.1 Kočenje .....	20
	4.2.2 Upravljanje na mokrom .....	21
	4.2.3 Ubrzanje/Skretanje .....	22
	4.2.4 Aquaplaning na pravcu .....	22
	4.2.5 Aquaplaning u zavoju .....	22
	4.3 Udobnost .....	22
	4.4 Buka .....	23
	4.5 Potrošnja .....	23
	4.6 Habanje .....	23
	4.7 Ispitivanje velikih brzina.....	24
	4.8 Snijeg .....	25
	4.8.1 Kočenje .....	25
	4.8.2 Kretanje/ vuča.....	25
	4.8.3 Upravljanje .....	25

4.9	Led .....	26
4.10	Osiguranje i ponavljanje rezultata mjerenja i ispitivanja .....	26
5.	ISPITIVANJE EKSPLOATACIJSKIH ZNAČAJKI PNEUMATIKA .....	27
5.1	Rezultati testiranja ljetnih pneumatika.....	27
5.2	Rezultati testiranja zimskih pneumatika .....	28
5.3	Utjecaj širine pneumatika na potrošnju.....	29
5.4	Rezultati ispitivanja pneumatika u ovisnosti o veličini koeficijenta prianjanja.....	30
6.	ZAKLJUČAK.....	32
	LITERATURA.....	33
	POPIS KRATICA .....	35
	POPIS ILUSTRACIJA.....	36

## 1. UVOD

Pneumatik (prema grčkom *πνευματικός*: koji se odnosi na vjetar, zrak), zrakom napuhani elastični dio kotača cestovnoga vozila.

Pneumatik je aktivni element sigurnosti vozila koji povezuje vozilo s podlogom. Stoga se pred pneumatik postavljaju zahtjevi u vidu: omogućavanja preuzimanja svih statičkih i dinamičkih opterećenja vozila, dobrog prijanjanja i osiguravanja što manje zavisnosti svojstava prijanjanja o brzini kretanja vozila i stanja podloge. Tu se također ubrajaju i zahtjevi u odnosu na vibracije i buku, te trajnost i ekonomičnost.

Materija ovog rada obuhvaća:

1. Uvod
2. Opće značajke pneumatika
3. Podjela i način označavanja radijalnih pneumatika
4. Metodologija ispitivanja eksploatacijskih značajki pneumatika
5. Ispitivanje eksploatacijskih značajki
6. Zaključak

U drugom poglavlju se obrađuju osnovni dijelovi i glavna podjela pneumatika na dijagonalne i radijalne. Ova cjelina također obuhvaća način održavanja i skladištenja pneumatika, kao i zakonske propise koji su vezani za korištenje pneumatika.

Treće poglavlje obuhvaća podjelu radijalnih pneumatika na ljetne, zimske te cjelogodišnje. U ovom poglavlju se obrađuje značenje oznaka na bočnim dijelovima pneumatika kao i značenje EU oznake prilikom kupovine novih pneumatika.

Četvrto poglavlje prikazuje na koje načine i uz koje uvjete se testiraju pneumatici. Pneumatici se pri ovom ispitivanju dovode do svojih granica u suhim, kišnim i snježnim uvjetima.

Peto poglavlje predstavlja rezultate ispitivanja pneumatika zimskih pneumatika za 2016. i ljetnih pneumatika za 2017. Drugi dio poglavlja obrađuje utjecaj širine pneumatika na potrošnju, dok posljednji treći dio ovog poglavlja obuhvaća rezultate ispitivanja koeficijenta prijanjanja.

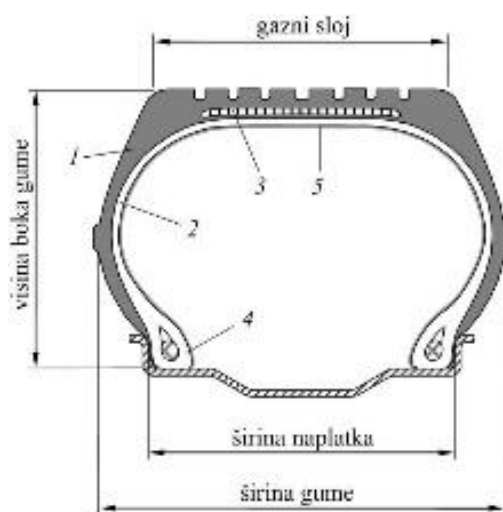
## 2. OPĆE ZNAČAJKE PNEUMATIKA

Opće značajke pneumatika obuhvaćaju najopćenitija svojstva pneumatika kao što su način konstrukcije, i razlike u vrstama pneumatika te njihovo održavanje.

### 2.1 Konstrukcija pneumatika

Pneumatik po obliku podsjeća na šuplji torus (matematičko tijelo nastalo rotacijom kružnice oko pravca na njezinoj ravnini, koji ona ne siječe) koji je otvoren sa strane gdje se postavlja na naplatak. Izrađuje se kombinacijom više različitih materijala.

Osnovni dijelovi automobilskog pneumatika su : vanjski sloj s profiliranom gaznom površinom i bokom pneumatika i karkasa ili kostur čija je zadaća nositi opterećenje kada je pneumatik napuhan.[1]



**Slika 1.** Osnovni dijelovi pneumatika, [2]

Na slici 1. su prikazani osnovni dijelovi pneumatika. Broj 1 predstavlja vanjski sloj pneumatika, 2 karkasu, 3 pojas pneumatika, 4 stopu pneumatika i 5 kordu.

Protektor, ili gazni sloj pneumatika je kotrljajući dio kojim pneumatik dolazi u kontakt s podlogom. Prilikom odabira materijala za izradu gaznog sloja vodi se računa o otpornosti na habanje, prijanjanju i čvrstoći. Površina gaznog sloja ili profil se sastoji od rebara i kanala različitih veličina, a taj reljefni dio naziva se šarom ili desenom. Izgled profila ovisi o namjeni pneumatika i godišnjem dobu, a u pogledu sigurnosti profil osigurava povećanu dodirnu površinu protektora s površinom kolnika. Kanali profila su međusobno povezani, a njihova se dubina povećava prema ramenima radi bolje bočne odvodnje vode i topline.[3]

Postoje tri vrste profila pneumatika:

1. Simetrični– koristi se kod kompaktnih vozila
2. Asimetrični- koristi se kod limuzina i sportskih vozila
3. Usmjereni-koristi se kod sportskih vozila. [4]



Ojačanje pomaže stabilizaciji bočnih čepova ili krampona čija je zadaća spriječiti zatvaranje kanala pri nalijeganju gaznog dijela na tlo, dok je zadaća lamela poboljšati prijanjanje pogotovo na mokrom kolniku. [1]

Gazna površina se radi od gumene smjese čiji su glavni sastojci: sirova guma tj. kaučuk (od 30 do 45%), čađa i mineralna punjenja (od 20 do 40%) i ulje (od 0 do 20%). Osim toga, u gumenoj smjesi još ima 5 do 15 posto različitih posebnih dodataka, čiji sadržaj je uglavnom tvornička tajna. [5]

Karkasa predstavlja najbitniji strukturni element pneumatika. Karkasu čini veliki broj kordnih niti velike elastičnosti preko kojih se navuče gumeni sloj. Kod pneumatika bez zračnica se i unutrašnjost karkase oblaže materijalom koji onemogućuje propuštanje zraka. Kordne niti su načinjene od prirodnih, sintetičkih (najlon, poliester) ali i od čeličnih materijala.

Karkasa se sastoji najčešće od jednog ili dva sloja kod radijalnih pneumatika, odnosno od i dva ili više slojeva kod dijagonalnih pneumatika. Osnovna razlika između radijalnih i dijagonalnih pneumatika je kut pod kojim su postavljene niti karkase.

Karkasa je kružno učvršćena na dvjema gumom prevučanim žicanim pletenicama, koje na kotaču naliježu na ramenima naplatka.

Bočni dio pneumatika služi za zaštitu karkase od zamora materijal i oštećenja, na primjer prilikom prelaska preko rubnjaka. [1]

Zrak predstavlja nosivi element pneumatika, te razlikujemo dvije izvedbe pneumatika a to su sa i bez zračnice.

Pneumatik sa zračnicom predstavlja danas gotovo napušteni tip pneumatika.

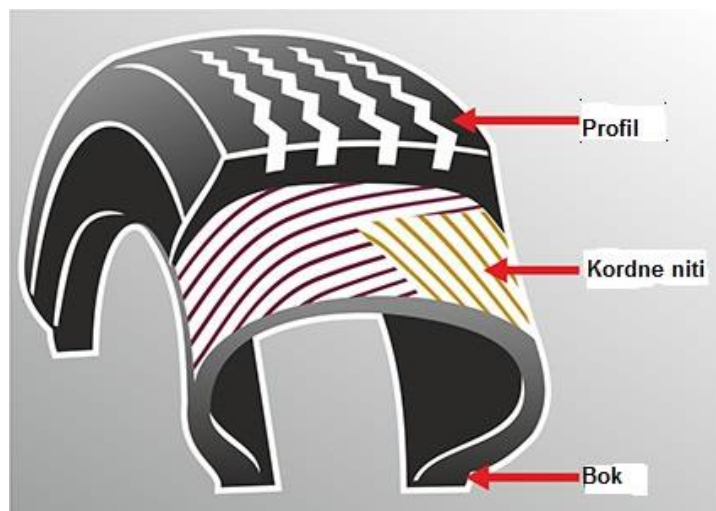
Zrak u gumi drži zračnica, zatvorena gumena cijev, u kojoj je nepropusno ugrađen povratni zračni ventil. Kroz taj ventil se pneumatik puni zrakom i taj ventil izbija kroz rupu u naplatku. Povratni ventil dopušta samo protok zraka u zračnicu, a suprotno ako se ventil otvori prilikom pritiska na iglu ventila.

Pneumatici bez zračnica poznati još pod nazivom tubeless pneumatici predstavljaju danas standardne pneumatike koji su s unutarnje strane obloženi tankim slojem vrlo elastične nepropusne gume. Ventil se ugrađuje neposredno u naplatak i te je tako manja mogućnost za istjecanje zraka. Prednosti pneumatika bez zračnice su jednostavnija montaža i vrlo mala vjerojatnost iznenadnog pražnjenja pri oštećenjima, jer elastični unutarnji sloj gume sprječava brzo istjecanje zraka. [5]

## 2.2. Dijagonalni pneumatici

Iako se danas više ne koriste kao pneumatici osobnih automobila, ovaj tip pneumatika je važan za gledanje razvojnog puta pneumatika. Danas se dijagonalni pneumatici mogu naći na motociklima, kod pojedinih trkaćih vozila i poljoprivrednih strojeva.

Karkasa se kod dijagonalnih pneumatika sastoji od najmanje dva sloja gumiranih vlakana. Vlakna pojedinih slojeva se nalaze pod kutom od  $20^{\circ}$ -  $40^{\circ}$  u odnosu na obujam u središtu pneumatika. Od više slojeva se formira struktura nalik isprepletenoj mreži. Pri deformaciji pneumatika povećava se unutarne trenje između slojeva karkase i generira se toplina, koja će se tijekom vremena nepovoljno odraziti na trajnost pneumatika.



**Slika 2.** Prikaz dijagonalnog pneumatika,

Izvor: [6]

Prilikom normalnog opterećenja, kontakt pneumatika s podlogom se ostvaruje na maloj eliptičnoj površini. S povećanjem opterećenja, bočni dio pneumatika se uvija prema podlozi, a sredina gazne površine se izdiže a kontakt s plohom se prenosi na manju površinu.

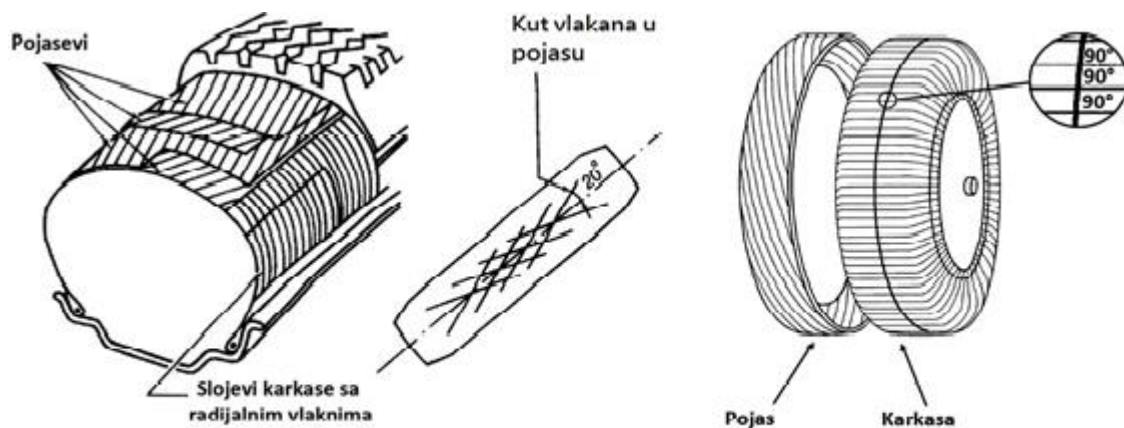
Prilikom kretanja dijagonalnog pneumatika po cesti te nailaska na neravninu na podlozi, dolazi do trenutnog povećanja opterećenja a samim time i povećanja kontaktne površine s podlogom. Kada sustav ovjesa upije ta povećana opterećenja, ponovno dolazi do smanjenja kontaktne površine, zbog čega ta površina varira.

Dok je izložena bočnim silama, gazna površina dijagonalnog pneumatika se ne nalazi cijelom površinom na podlozi. Jedna strana gazne površine se uvija, dok se druga izdiže od podloge. Razlog tomu su kruti bočni dijelovi pneumatika.[5]

## 2.3 Radijalni pneumatici

Danas dominantan tip pneumatika su radijalni pneumatici, koje je prvi predstavio Michelin 1948. godine.

Kod radijalnih pneumatika je karkasa sastavljena od jednog ili dvaju slojeva gumiranih niti. Niti su postavljene radijalno između dvaju jezgara stopa, odnosno pod kutom od  $90^\circ$  u odnosu na obujam u središtu pneumatika.



**Slika 3.** Prikaz radijalnog pneumatika,

Izvor: [5]

Bitna razlika u konstrukciji radijalnih u odnosu na dijagonalne pneumatike je i u pojasu koji se postavlja između gazećeg sloja i karkase. Pojas se sastoji od vlakana (čelik, najlon, rayon, staklena vlakna ili aramidi) koji su isprepleteni pod kutom od  $15^\circ$ - $25^\circ$ . Najčešće se pojasevi sastoje od dva ili tri sloja čelične ili četiri do šest slojeva tekstilne mreže, pa shodno s time struktura slojeva u pojasu ima trokutasti uzorak.

Zbog ovakvog načina konstrukcije, pneumatik ima fleksibilne bočne dijelove i čvrstu i nedeformabilnu krunu, te je zbog toga izuzetno malo sklona deformacijama. Također ovakav način konstrukcije pomaže pneumatiku trajati do dva puta duže od dijagonalnog pneumatika zato što radijalni nema velikih deformacija, a i rasipa do 40% manje energije te je ekonomičniji.

Čak i u neopterećenom stanju radijalni pneumatik ostvaruje veliku kontaktnu površinu sa podlogom. Sa povećanjem opterećenja ne dolazi do smanjenja širine kontaktne površine već samo do povećanja dužine zahvaljujući fleksibilnim bočnim dijelovima.

U bočnim dijelovima pneumatika unutarne trenje između paralelnih niti karkase je malo i ne dolazi do velikog zagrijavanja. Prilikom prelaska preko neravnina fleksibilni bočni dijelovi omogućuju dobro upijanje neravnina.

Prednosti radijalnih pneumatika nad dijagonalnim su brojne. Gazna površina radijalnih pneumatika je stabilna te se njezin profil minimalno deformira. To je posebice važno na mokrom i skliskom kolniku kad žljebovi u profilu moraju biti otvoreni da mogu primiti vodu i izbaciti je dalje od pneumatika, da bi pneumatik imao što bolje prianjanje.

Zaustavni put prilikom kočenja na mokrom kolniku s radijalnim pneumaticima je kraći za oko 12 posto. Poprečne sile, koje vode kotač u zavoju su s radijalnim pneumaticima oko 15 posto veće. Jedini veći nedostatak radijalnih u odnosu na dijagonalne pneumatike se pokazuje prilikom kretanja po neravnom kolniku pri manjim brzinama kada imaju veću krutost a samim time i proizvode veću buku.

Pri većim brzinama radijalni pneumatici, napunjeni na predviđeni tlak zraka, su znatno udobniji od dijagonalnih. Prilikom eksploatacije u jednakim uvjetima vožnje radijalni pneumatici prevale više kilometara nego dijagonalni. Pojas ispod gazne površine sprječava sitna pomicanja i gnječenje profila, dok pneumatik prianja uz kolnik.

Također zbog svoje konstrukcije radijalni pneumatici proklizuju manje na kolniku u odnosu na dijagonalne, te ujedno i se manje habaju kolnik. Radijalni pneumatici ujedno imaju i manji otpor kotrljanja, čime se postiže smanjenje potrošnje goriva.

Ove nabrojane prednosti se najviše očituju kod radijalnih pneumatika s čeličnim pojasom, koje se gotovo ne rastežu, za razliku od djelomično rastezljivih tekstilnih pojaseva. Kad se govori o cijeni pneumatika, radijalni pneumatici su skuplji za 25-50 posto u odnosu na cijenu dijagonalnih, ali se razlika u cijeni nadoknadi duljim vijekom trajanja i nižom potrošnjom goriva.

Sve prednosti radijalnih pneumatika dolaze do izražaja samo ako su radijalni pneumatici na svim kotačima. Nije preporučljivo kombinirati dijagonalne i radijalne pneumatike, niti same radijalne s tekstilnim pojasom i one s čeličnim pojasom. Ako je riječ o privremenu rješenju treba vrijediti da na istoj osovine moraju biti sasvim jednaki pneumatici.



**Slika 4.** Sastavni dijelovi radijalnog pneumatika, [7]

## 2.4 Održavanje i skladištenje pneumatika

Kvarovi pneumatika u današnjem su prometu prava rijetkost. Europski je prosjek -jedan kvar na 10 tisuća kilometara, odnosno jedan u sedam godina. Kvarovi su uglavnom prouzročeni slabom brigom o pneumaticima, prije svega zbog nedovoljnog tlaka zraka u njima.

Nedostatno napuhan pneumatik se pri kotrljanju jako uvija, te se tako zagrijava preko dopuštenih granica pa se tkiva kostura raspadaju. Događa se odvajanje i pucanje niti te se guma odvaja od uložka korda. Na takvim pneumaticima će mnogo lakše doći do kvara, i to probijanjem ili propadanjem.

Drugi najčešći način oštećenja, a time i kvara pneumatika su udarci u vožnji i prelazak pneumatika preko oštih bridova. Najopasniji su udarci pri velikim brzinama, ako je pneumatik u tom trenutku previše napuhan pa su vlakna korda napregnuta. Kada tijekom vožnje pneumatik snažno udari o zapreku na cesti (kamen i sl.), ili naleti na rupu u kolniku, vjerojatno se na vanjskoj strani pneumatika neće zapaziti nikakvo oštećenje. Oštećenje će, međutim, nastati na unutarnjoj strani pneumatika. Zbog udarca, tkivo će se oštro saviti i mjestimice puknuti ili će se niti jako istegnuti.

Kvarovi često nastaju i probijanjem gazećeg sloja ili još češće mekog boka pneumatika npr. čavlom ili sličnim ostrim predmetom.

Pneumatik je napravljen od poroznog materijala i tlak zraka uvijek ima tendenciju postupnog smanjivanja. Uz niži tlak pneumatik brzo gubi sve svoje dobre osobine. Trajnost pneumatika je najveća kad je napuhan na propisani tlak, a manja ako je nedovoljno ili previše napuhan.

Temperatura pneumatika uvelike utječe na trajnost pneumatika. Više brzine kretanja vozila uzrokuje i višu temperaturu u unutarnjem dijelu pneumatika, smanjuje se otpornost na trošenje, dolazi do prekidanja čvrstoća niti korda a smanjuje se i adhezija među gumenom smjesom i nitima korda. Više temperature pneumatika se postižu i pri bržoj vožnji u zavojima, te se također povećava habanja i brže se troše.

Osobni stil i način vožnje su presudni čimbenik za trajnost pneumatika. Najveće naprezanje i potrošnja pneumatika se događa: pri naglom startu, velikom ubrzavanju, naglom kočenju i oštroj vožnji u zavojima, ukratko, pri svakom obliku proklizivanja [8]

Ako pneumatik na dobrom asfaltu ima trajnost 100%, onda će joj trajnost biti manja što je udio sljedećih cestovnih površina po kojima se vozi veći:

**Tablica 1.** Utjecaj cestovnih površina na trajnost pneumatika

beton	95%
asfalt u lošem stanju	90%
katranizirana makadamska cesta	85%
granitna kocka	85%
šljunak	72%
neutvrđena cesta	50%

Izvor: [8]

Pneumatici će najdulje trajati ako se njima vozi po ravnoj horizontalnoj cesti. Ako se vozilo više giba cestama s mnogo uspona i zavoja vijek trajanja pneumatika će se smanjiti na približno 70%. Razumniji način vožnje može također produžiti vijek trajanja.

Pneumatici se ljeti brže troši. Razlog tomu su više temperature i sunčeve zrake. U hladnim je razdobljima vijek trajanja pneumatika dulji.

Na normalno ili nejednako i povećano trošenje pneumatika utječe stanje geometrije kotača vozila, ispravnost dijelova ovjesa, upravljač bez prevelikog zazora, ispravnost amortizera.

Što se održavanja tiče pneumaticima je potrebno vrlo malo brige. Prije svega, potrebna je redovita kontrola tlaka zraka.

Osim toga treba:

- ponekad pogledati da se u pneumatiku nisu zabili bilo kakvi oštri predmeti, da na pneumatiku nisu ostali kakvi rezovi
- povremeno iz kanala profila i ureza na lamelama izbaciti kamenčiće i ostale predmete koji su se ondje uklještili
- vidjeti troše li se pneumatici jednako, pogotovo oni smješteni na istim osovinama
- radi sigurnosti ponajviše ali i zakonskih propisa voditi računa o dubini profila
- zamijeniti mjesta kotača na vozilu, ako se na vozilu nalaze pneumatici jednakih ili približnih karakteristika ali i istrošenosti i starosti ,
- osigurati ventile zaštitnim kapičama
- svakih 10-15 tisuća kilometara napraviti balansiranje kotača
- bitno je odmah s pneumatika ukloniti i isprati tragove goriva, ulja i ostalih mineralnih tvari ako su slučajno dospjele na pneumatik

Prije odlaganja pneumatika na dulje vrijeme, treba vidjeti koji prostor od raspoloživih najviše odgovara. Najbolji odabir bi predstavljala hladna i suha prostorija, bez mnogo propuha u kojoj pneumatici moraju biti zaštićene od topline, vlage, sunca i svježeg zraka, osobito ozona. Temperatura te suhe i zatvorene prostorije treba biti 18°C, ali svakako ne niža od 7°C. Ako se unutar te prostorije nalazi prozor poželjno bi bilo što više onemogućiti ulazak sunčevih zraka. Pneumatike ne bi trebalo držati u prostoriji u kojoj se rabe električni strojevi, aparati za varenje i sl., pri čemu se stvara ozon.

Vlaga i voda u prostoriji, pogotovu ako se nađu u doticaju s unutrašnjosti spremljenih pneumatika, izrazito su štetne za pneumatik s čeličnim kordom. Vlaga probija kroz unutarnji sloj odčeličnih uložaka i uništava ih korozijom. Pneumatike ne valja zimi ostavljati vani.

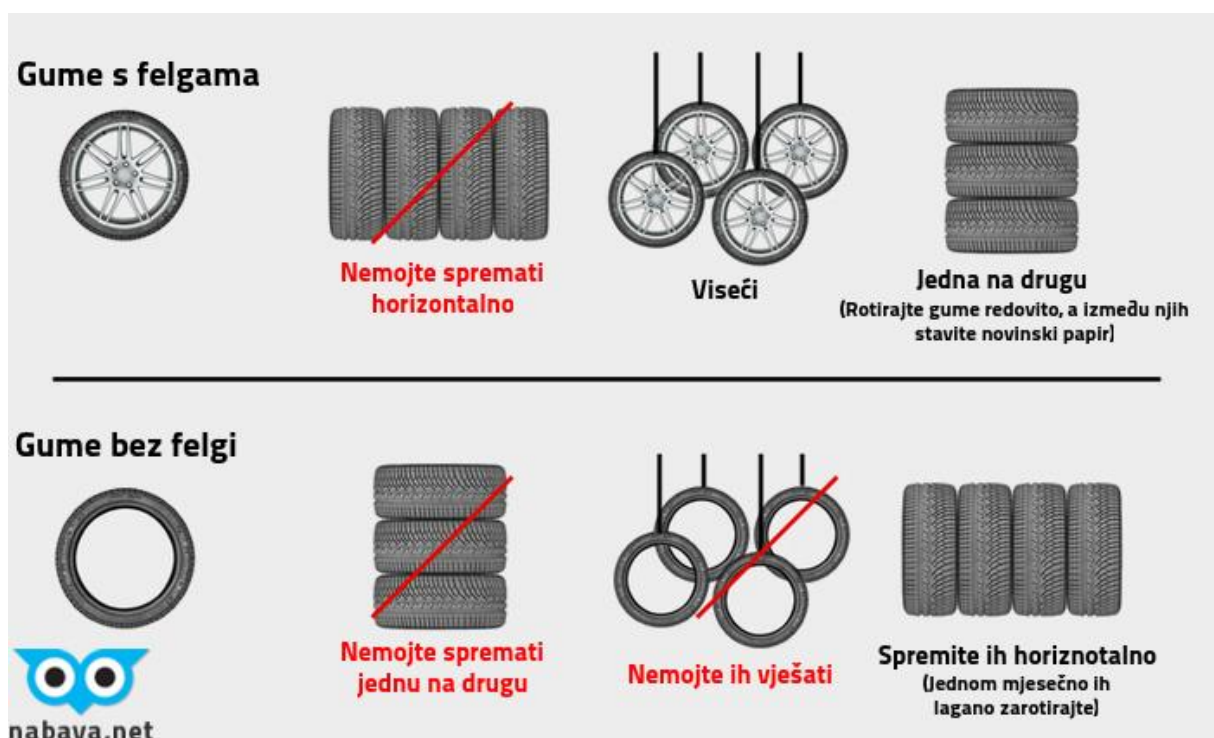
Niske temperature također nisu dobre jer povećavaju krtost pneumatika.

Prilikom slaganja pneumatike ne valja polegnuti ili složiti jedan na drugi, pogotovu ne više njih, jer se tako deformiraju. Nije dobar odabir ni da pneumatici stoje uspravno na podu, na tom će dijelu oboda dobiti plosnati oblik.

Ako su pneumatici nalaze na kotačima, potrebno im je smanjiti tlak i naplatak objesiti na klin u zidu ako je to moguće. Ako kotači s pneumaticima ostaju na vozilu, a vozilo će dulje stajati, vozilo bi trebalo dignuti na podupirače, a u pneumaticima smanjiti tlak.

Ako ostanu na tlu, u tkivu kostura, na mjestima oslonca na tlo, nastaju i ostaju deformacije. Pneumatike bi trebalo pokriti tako da ih se zaštiti od sunca, vode i prljavštine.

Starenje je fizičko-kemijski proces koji se zbiva unutar pneumatika. Pneumatik starenjem gubi dio čvrstoće, a na njegovoj se površini pojavljuju pukotine. Površina postaje tvrđa i krta, jer se mijenja sastav smjese, pa i prijanjanje postaje slabije, te se raspada i mreža pneumatika.[8]



Slika 5. Načini skladištenja pneumatika, [9]

## 2.5 Zakonski propisi vezani uz pneumatike

U „Pravilniku o tehničkim uvjetima vozila u prometu na cestama“ se 7. poglavlje članak 71. odnosi na pneumatike [10]. Pneumatici na vozilima kategorije M,N,O moraju biti odobreni, te ugrađeni sukladno Uredbi 458/2011. U članku 72. se nalaze uvjeti kojima pneumatici moraju udovoljavati:

*(1) Pneumatici kao dio opreme vozila, uključujući i rezervne pneumatike, moraju biti odgovarajući za uporabu na onim vozilima za koja su namijenjeni, s obzirom na njihove dimenzije, brzinu i značajkama nosivosti.*

*(2) Pneumatici na vozilima moraju odgovarati dimenzijama koje je odobrio proizvođač, namijenjeni za vožnju brzinom koja je jednaka ili veća od najveće brzine kojom se vozilo može kretati, ili najveće brzine koju ograničivač brzine ugrađen na vozilo ograničava te moraju biti dimenzionirani da izdrže najveće dopušteno osovinsko opterećenja vozila.*

*(3) Pneumatici na istoj osovini vozila moraju biti jednaki po dimenzijama, obliku šara gazne površine, nosivosti, brzinskoj karakteristici, vrsti (zimске/ljetne) konstrukciji (radijalne/dijagonalne itd) i marki/tipu.*

*(4) Dubina utora pneumatika po gaznoj površini mora biti viša od tvornički dopuštene dubine označene TWI oznakama, odnosno ako iste ne postoje najmanja dopuštena dubina je 1,60 mm.*

*(5) Zimski pneumatik je pneumatik čiji je profil, sastav i struktura gazećeg sloja konstruirana tako da po blatu, zimskim i snježnim uvjetima postigne bolje rezultate od ostalih cestovnih pneumatika.*

*(6) Zimski pneumatici označeni su oznakama M+S, M.S. ili M&S.*

*(7) Obnovljeni pneumatici na osobnim automobilima i njihovim prikolicama moraju biti proizvedeni sukladno Pravilniku ECE R108, a na gospodarskim vozilima i njihovim prikolicama sukladno Pravilniku ECE R109, te na bočnoj strani pneumatika moraju imati odgovarajuću homologacijsku oznaku i oznaku RETREAD. [10]*

U Hrvatskoj je zimska oprema obvezna na zimskim dionicama javnih cesta od 15. studenoga tekuće godine do 15. travnja iduće godine. U zimske dionice javnih cesta ulazi 839,2 km autocesta i 1523,3 km državnih i županijskih cesta te 68,1 km državnih cesta za tranzitni promet iz trajektnih luka Vukovar, Osijek, odnosno luke i rafinerije Sisak.[11]

Posebne uvjete za zimske pneumatike propisuje članak 104. te u njemu stoji da se kod vozila kategorije M i N čija je najveća dopuštena masa do 3,5 tona potrebno imati zimske pneumatike (M+S) na svim kotačima ili ljetne pneumatika s najmanjom dubinom profila od 4 mm uz lance za snijeg na pogonskim kotačima.

Pneumatici s čavlima su zabranjeni. [10]



### 3. PODJELA PNEUMATIKA I NJIHOVE OZNAKE

Ovo poglavlje obrađuje podjelu radijalnih i dijagonalnih pneumatika na ljetne, zimske i cjelogodišnje kao i njihova najopćenitija svojstva. Oznake koje se obrađuju su oznake na boku pneumatika te EU oznaka.

#### 3.1 Značenje oznaka na pneumaticima

Prije početka objašnjavanja oznaka koji se nalaze na pneumaticima, potrebno je objasniti nazivne veličine pneumatika. Nazivne veličine pneumatika su definirane u: „Naredba o homologaciji guma za motorna vozila i njihove prikolice“ a one su sljedeće:

1. 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
2. visina pneumatika (H) – razmak koji je jednak polovici razlike vanjskog promjera pneumatika (D) i nazivnog promjera naplatka (d)
3. vanjski promjer pneumatika (D) – najveći promjer napuhanog pneumatika [13]

Za oznake će se uzeti standardni europski način označavanja baziran na ERTRO (eng. European Tyre and Rim Technical Organisation - Europska organizacija za pneumatike) normama, te u njemu koriste sljedeće dimenzije:

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

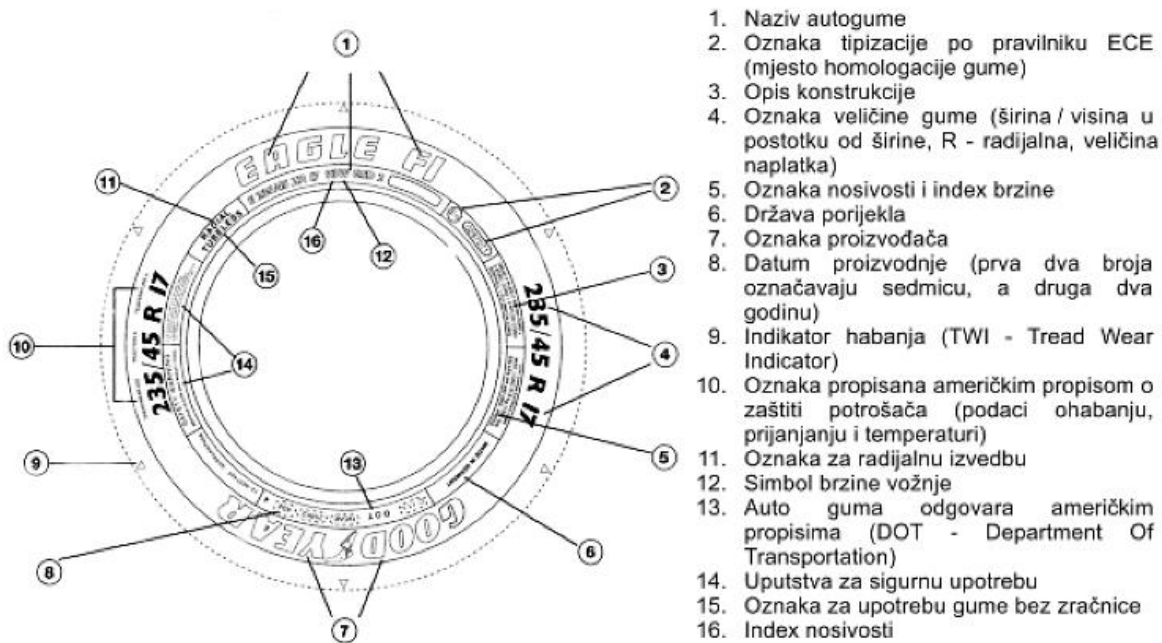
**Tablica 2.** Značenje oznake pneumatika 195/60 R15

Pneumatik 195/60 R15 88H	
195	Nazivna širina pneumatika
60	Odnos visine i širine (H/S)
R	Radijalni pneumatik
15	Promjer naplatka od 15 inča
88	Indeks nosivosti od 560 kg/kotaču
H	Dopuštena brzina od 210 km/h

Izvor:[8]

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,
- podatke o radnim i konstrukcijskim karakteristikama kao što su maksimalni pritisak, maksimalno opterećenje, arhitektura pneumatika [14]



Slika 6. Oznake na pneumatiku, [15]

Značenje karakterističnih oznaka na pneumatiku Good Year Eagle F1:

1. Naziv modela pneumatika primjer Eagle F1
2. Tipizacija po pravilniku ECE

Oznaka homologacije se sastoji od pravokutnika oko malog slova »e«, iza kojeg se nalazi broj '25' (razlikovni broj za Republiku Hrvatsku). Broj homologacije se sastoji od broja homologacije koji je naveden na certifikatu za taj tip, ispred koga su dvije znamenke: '00' pneumatik za gospodarska vozila i '02' za pneumatik za osobne automobile.

Primjer dolje je tipizacija pneumatika za Italiju za gospodarska vozila, s tim da je 687 homologacijski broj homologacije. [16]

e3

00687-s

3. Opis konstrukcije pneumatika
4. Oznaka veličine pneumatika- objašnjeno na prethodnoj stranici
5. Oznaka nosivosti i indeks brzine iščitava se iz tablica. Oznaka nosivosti pokazuje maksimalno dopušteno opterećenje po kotaču, a indeks brzine na maksimalnu dopuštenu brzinu predviđenu za taj pneumatik.

**Tablica 3.** Indeks brzine

Indeks	Brzina(km/h)	Indeks	Brzina (km/h)
N	150	H	210
Q	160	V	240
R	170	W	270
S	180	Y	300
T	190	ZR	>240
U	200		

Izvor: [17]

6. Država porijekla je označena s na primjer Made in Germany
7. Oznaka proizvođača u ovom primjeru je to Good Year
8. Datum proizvodnje pokazuje tjedan i godinu proizvodnje, tako da prva dva broja pokazuju tjedan a druga dva godinu. Primjerice 2514 znači da je pneumatik proizveden u 25. tjednu 2014. godine
9. Indikator habanja (Tread Wear Indicator)– ukazuje kada je pneumatik potrebno zamijeniti, odnosno vrh ovog indikatora koji poprečno presijeca profil i vidljiv je u kanalima profil ima visinu od 1,6 mm, tj. minimalnu zakonsku visinu odnosno dubinu profila za ljetne pneumatike.[18]
10. Oznaka propisana američkim propisom o zaštiti potrošača (podaci o habanju, prijanjanju i temperaturi). Primjerice oznake:

TREADWEAR 280 TRACTION AA TEMPERATURE A

Treadwear je pokazatelj potrošnje gaznog sloja pneumatika koji pokazuje koliko će jedan profil pneumatika trajati duže od osnovnog- testnog pneumatika pri istim uvjetima korištenja.

Traction označuje sposobnost zaustavljanja pneumatika prilikom kočenja na mokrom kolniku po pravcu u kontroliranim uvjetima u odnosu na osnovne - testne pneumatike (profil) pri istim uvjetima korištenja.

Temperature pokazuje koliko su pneumatici otporni na temperaturu i koliko su sposobni da je upijaju u strogo kontroliranim laboratorijskim uvjetima. [18]

11. Oznaka za radijalnu izvedbu, koristi se samo slovo R
12. Simbol brzine vožnje
13. Pneumatik odgovara američkim propisima ( DOT - Department of Transportation) , DOT se sastoji od 12 oznaka koji se koriste i za određivanje mjesta ili tvornice proizvodnje, dimenzije pneumatika i proizvođačke specifikacije, zajedno s tjednom i godinom kada je pneumatik proizveden (Primjer oznaka: DOT N57R IK1R 2514)
14. Upute za sigurnu upotrebu
15. Oznaka za pneumatik bez zračnice: TUBELESS
16. Indeks nosivosti

## 3.2 Podjela pneumatika

Dijagonalne i radijalne pneumatike možemo podijeliti na tri vrste a to su ljetni, zimski i cjelogodišnji pneumatici.

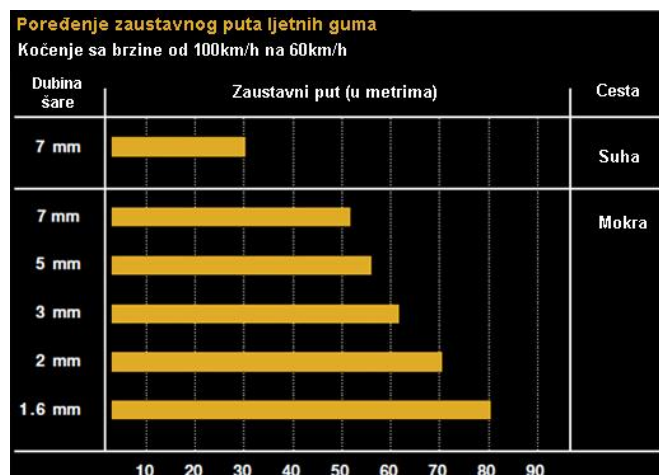
### 3.2.1 Ljetni pneumatici

Ljetni pneumatici su predviđeni i konstruirani za korištenje na višim temperaturama u odnosu na zimske. Upravo zato se koristi smjesa koja je otporna na visoke temperature. Ljetna pneumatik je najučinkovitiji na temperaturi (asfalta) iznad 25 °C, dok se na niskim temperaturama “plastificira” pa nema dobra svojstva potrebna za sigurnu vožnju. Granica kada ljetni pneumatik gubi svoja svojstva je +7 °C. [19]



Slika 7. Izgled utora ljetnog i zimskog pneumatika, [20]

Profil i dubina utora na gaznom sloju kod ljetnog pneumatika se razlikuje u odnosu na zimski, te se razlika vidi na prethodnoj slici. Prednost ljetnih pneumatika se očituje prilikom iznenadne kiše, više temperature, veće brzine i sl.



Slika 8. Usporedba zaustavnog puta kod ljetnih pneumatika, [19]

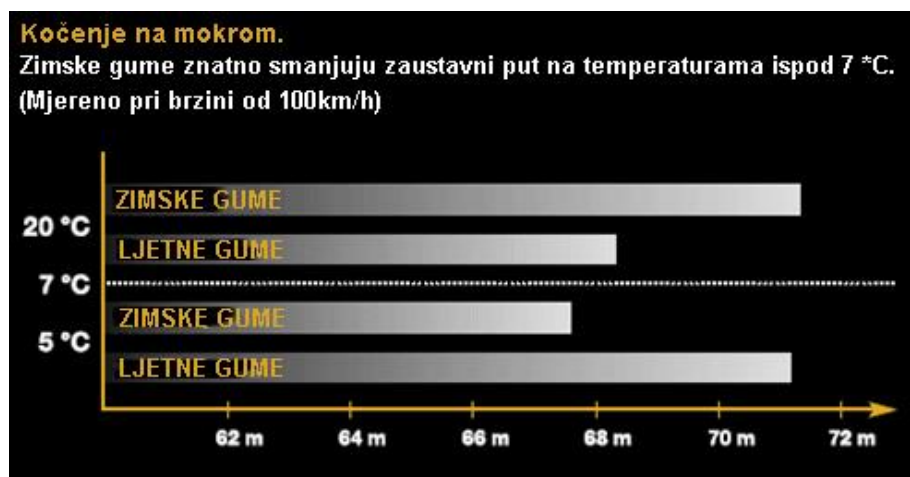
Slika pokazuje razliku u zaustavnom putu prilikom kočenja profila novog pneumatika koji ima 7 mm, u odnosu na manje profile uključujući i 1.6 mm koji predstavlja zakonski minimum. [19]

### 3.2.2 Zimski pneumatici

Zimski pneumatici su pneumatici s oznakom M+S i oznakom pahuljice s bočne strane pneumatika. Zimski pneumatici svoja prava svojstva pokazuju na temperaturama nižim od 7 °C.

Novi zimski pneumatici imaju dubinu profila od 8 milimetara te gotovo pet puta više odvodnih kanala od ljetnih pneumatika što im omogućuje učinkovitije izbacivanje i odvođenje vode postrance i iza pneumatika.. Također zimski pneumatik ima do četiri puta bolji kontakt (ovisno o kvaliteti pneumatika) sa snježnom i ledenom podlogom od ljetnih pneumatika.

Najveća prednost zimskog pneumatika je bolje pokretanje, vođenje i kočenje na snijegu, ledu i općenito niskim temperaturama. Zimski pneumatici korišteni u ljetnim uvjetima na cesti gube svoja osnovna svojstva te će njihovo ponašanje u sljedećoj zimskoj sezoni biti značajno umanjeno. [19]



Slika 9. Kočenje na mokrom sa zimskim i ljetnim pneumaticima, [19]

Slika pokazuje duljinu zaustavnog puta prilikom kočenja pri različitim temperaturama.

### 3.2.3 Cjelogodišnji pneumatici

Cjelogodišnji pneumatici predstavljaju pneumatike koje su namijenjeni za vožnju kroz cijelu godinu. Cjelogodišnji pneumatici su pokušaj svjetskih proizvođača da naprave pneumatik koji će se dobro ponašati i ljeti i zimi.

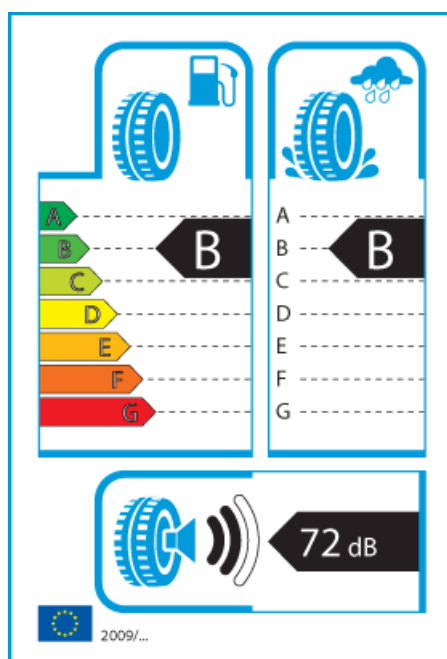
Cjelogodišnji pneumatici obično imaju loše rezultate na testiranjima pneumatika jer su premekani za ljeto, a pretvrđi za zimu. Ljeti se troše značajno brže od ljetnih pneumatika, a zimi se ponašaju značajno lošije od zimskih pneumatika.

Također oni se uglavnom koriste u podnebljima gdje nema velikih temperaturnih oscilacija tijekom godine kao što su Irska, Velika Britanija i Španjolska. [19]

### 3.3 EU oznake i njihovo značenje

EU oznaka pneumatika olakšava procjenu važnih sigurnosnih i ekoloških aspekata. Korištenje ovih oznaka je obavezno od studenoga 2012. Razlog tomu je „Akcijski plan za energetska učinkovitost – realiziranje potencijala” čiji je cilj smanjenje ukupne potrošnje energije za 20 % do 2020. godine kroz niz radnji uključujući označivanje pneumatika.

Studijom „Rezultati ispitivanja strategije Zajednice s ciljem smanjenja emisija CO<sub>2</sub> iz osobnih vozila i lakih komercijalnih vozila” istaknut je potencijal za smanjenje emisija CO<sub>2</sub> pomoću mjera za dijelove automobila koji najviše utječu na potrošnju goriva, kao što su pneumatici. Na pneumatike, uglavnom zbog njihovog otpora kotrljanja, otpada 20 % do 30 % potrošnje goriva. Smanjenjem otpora kotrljanja pneumatika može se značajno doprinijeti energetska učinkovitosti cestovnog prijevoza, a samim time i smanjenju emisija. [21]



Slika 10. Izgled EU oznake, [22]

EU oznaka ima tri kategorije koje ocjenjuje prema uredbi UNECE br.117 a to su:

1. Razredi učinkovitosti potrošnje goriva

Razred učinkovitosti potrošnje goriva mora se odrediti na temelju koeficijenta otpora kotrljanja (RRC) te se kreće u rasponu od A do G, uz dodatak da se razred D ne koristi kod putničkih vozila.

Za pneumatike kategorije C1, a to su pneumatici za vozila kategorija M1, N1, O1 i O2.; vrijedi sljedeća tablica.

**Tablica 4.** Razredi energetske učinkovitosti

RRC u kg/t	Razred energetske učinkovitosti
$RRC \leq 6,5$	A
$6,6 \leq RRC \leq 7,7$	B
$7,8 \leq RRC \leq 9,0$	C
Prazno	D
$9,1 \leq RRC \leq 10,5$	E
$10,6 \leq RRC \leq 12,0$	F
$RRC \geq 12,1$	G

Izvor: [21]

## 2. Razredi prijanjanja na mokroj podlozi

Razred prijanjanja na mokroj podlozi za pneumatike C1 mora se odrediti na temelju indeksa prijanjanja na mokroj podlozi (G), u rasponu od A do G. Za ovu kategoriju ne postoje razredi D i G.

**Tablica 5.** Razredi prijanjanja na mokroj podlozi

G	Razred prijanjanja na mokroj podlozi
$1,55 \leq G$	A
$1,40 \leq G \leq 1,54$	B
$1,25 \leq G \leq 1,39$	C
Prazno	D
$1,10 \leq G \leq 1,24$	E
$G \leq 1,09$	F
Prazno	G

Izvor: [21]

## 3. Razredi i izmjerena vrijednost vanjske buke kotrljanja

Izmjerena vrijednost vanjske buke kotrljanja (N) mora se navesti u decibelima. Testiranja se rade prema uredbi UNECE br.117. Značenje je sljedeće: tri crne crtice visoka buka ali u skladu s propisima, dvije crne crtice prosječna i jedna crna crtica niska razina buke, više od tri dB ispod budućeg ograničenja. [21]

## **4. METODOLOGIJA ISPITIVANJA PNEUMATIKA**

ADAC (Njem. "Allgemeiner Deutscher Automobil-Club" - njemački autoklub) svake godine testira ljetne i zimske pneumatike u nekoliko dimenzija. Pritom ADAC kupuje 28 pneumatika svakog testnog modela, koji su podijeljeni u manjim količinama kod šest trgovaca. Ako je tijekom ispitivanja pronađena razlika kod istog modela pneumatika, ADAC kupuje još pneumatika tog istog modela te ih dodatno testira. Ako se među odabranim pojave pneumatici napravljeni specijalno za testiranje, taj model pneumatika će biti naknadno izuzet iz testa.

Pritom referentni pneumatici s poznatim značajkama, koji su za usporedbu bili testirani kroz mnoge kriterije, ako je potrebno mogu biti testirani u drugačijim uvjetima.

Prosječno se svake godine testira 2200 pneumatika kupljenih u slobodnoj prodaji, kako bi se osiguralo da se tu ne nađu izmanipulirani proizvodi koji bi sudjelovali u testiranju. S iznimkom mjerenja habanja pneumatika svi ostali testovi se izvode na zatvorenim testnim stazama. Svakom testiranom primjerku je za svaku testnu dimenziju dodijeljen broj, da bi se sačuvala tajnost testiranog primjerka. Također ni testni vozači ne znaju koju marku pneumatika testiraju. Sva mjerenja i zapažanja su do zaključenja svih testova vođena pod brojem i spremljena. [23]

### **4.1 Mjerenja na suhom**

Mjerenja na suhom predstavljaju najidealnije uvjete u kojima se automobil može naći tijekom vožnje, te su tada zaustavni putovi najkraći.

#### **4.1.1 Ponašanje u vožnji/ svakodnevnim manevrima**

Prilikom ovog testiranja od vozača se traži da ispita vožnju po pravcu i odaziv upravljača. Pritom se postavlja pitanje kreće li se pneumatik po stalnom radijusu ili to ima tek nakon korigiranja upravljačem. Sljedeći problem je ponašanje upravljača: osjeti li se izravna reakcija na naredbu upravljača ili pneumatik reagira nakon pola okretaja kola upravljača. Upravo u uskim radilištima na autocestama ili na zavojitoj cesti je dobar osjetljiv upravljač za ugodan i siguran osjećaj vožnje. Osim toga treba se procijeniti sila koja je potrebna za upravljanje u trenutku tp, kao i ujednačiti okretni moment.

Pitanje je, mogu li se kod višeg položaja upravljača jače primijetiti odgovarajuće povratne informacije na kolu upravljača ili se ne razlikuju, zahvaljujući povratnim informacijama, primjerice otežano upravljanje. Posljednja stavka je utjecaj sile skretanja stražnje osovine. Ono se mora odvojeno ocjenjivati, da na temelju manje težine stražnje osovine i činjenice, da stražnja osovina ne upravlja, te su sile skretanja u pravilu sporije od onih na prednjoj osovini. Pneumatici, kod kojih je na stražnjoj osovini sila skretanja samo lagana ili niska, padaju naročito kod produženih zavoja na autocesti ili kod izlaza s autocesta.



#### 4.1.2 Sigurnost pri vožnji/manevrima u graničnom području

Prilikom promjene prometnog traka se podešava manevar izmicanja ili manevar naglog skretanja prilikom pretjecanja. Pritom vozač ocjenjuje, je li automobil s pneumaticima podupravljao ili preupravljao i je li se pritom automobil bacao ili njihao. Kod suprotnosmjernih zavoja se vozi slalom. Vozač pri slalomu ocjenjuje kako su pneumatici reagirali na pokrete upravljača.

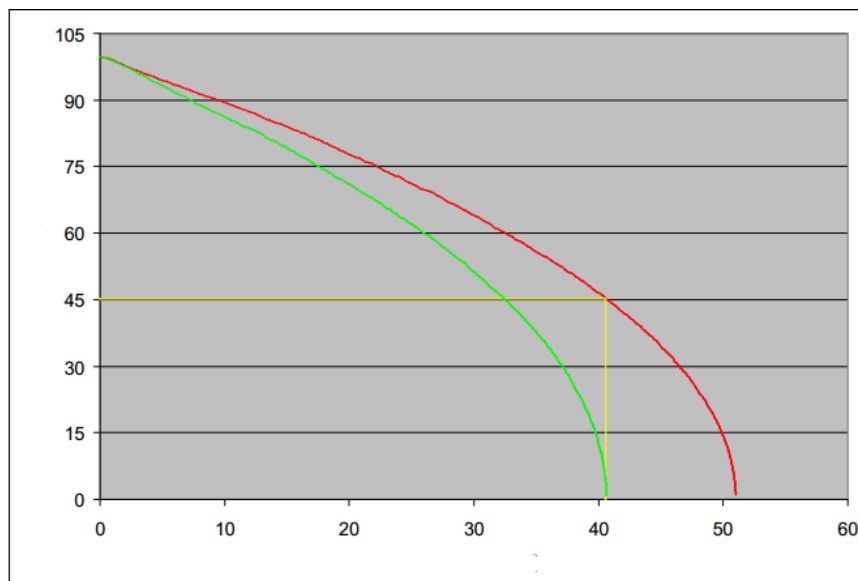
Nakon trkališta vozač procjenjuje ponašanje pneumatika u graničnom području. Ovdje je najzanimljivije, kada i kako pneumatici signaliziraju svoje granice i dozvoljavaju li pneumatici tada ispravak upravljačem.

Svaki testni pneumatik, bilo po kriteriju držanja ceste bilo po kriteriju sigurnosti u vožnji je procijenjen od dvojice testnih vozača, odvojenih jedan od drugog. Pritom vozač ispituje drugog vozača.

#### 4.1.3 Kočenje

Tijekom kočenja ABS-om (engl. anti-lock brake system- sustav protiv blokiranja kotača) se put kočenja određuje sa 100 na 1 km/h.

Usporedba između dobrog (ispod linije) i lošeg pneumatika (iznad linije) pokazuje: automobil s lošim pneumaticima će sa preostalom brzinom od 40 km/h odskakivati od prepreke, a automobil s dobrim pneumaticima će se na vrijeme zaustaviti. [23]



**Slika 11.** Ovisnost kočenja o kvaliteti pneumatika, [23]

Na slici je po x-osi prikazan put kočenja u metrima, a po y-osi brzina u kilometrima po satu. Sa slike je vidljiva razlika u putu kočenja kod dobrih i lošijih pneumatika, odnosno da lošiji pneumatici imaju mnogo dulji put kočenja.

## 4.2 Mjerenja na mokrom

Prilikom vožnje na mokrom put kočenja i zaustavni put se produljuju, a također se smanjuje i upravljivost vozila pa je potrebno imati pneumatike koji imaju barem zadovoljavajuća svojstva na mokrom.

### 4.2.1 Kočenje

Na mokrom kolniku će testni vozač biti vođen pomoću tračnica, te je ta konstrukcija prikazana na slici 12. Dok automobili nisu još imali ABS, trebalo je spriječiti ovo vođenje, to jest da se testni vozač udalji s testne staze. Kod automobila s ABS-om se ova konstrukcija nudi kao prednost, da se svako mjerenje kočenja može po točno istom tragu ponovno ponoviti i da se mjerenja time mogu bolje reproducirati. Sam uređaj nema nikakav utjecaj na mjerenje kočenja, također uređaj nije utjecao na „bacanje“ automobila i pritom povezano premještanje osovinskog opterećenja.



**Slika 12.** Način testiranja s tračnicama, [23]

ADAC test kočenja se izvodi na dva različita, dobro natopljena pločnika. Jedan je asfaltni kolnik, koji pogoduje zahtjevu za EU oznaku, dok je drugi betonski kolnik.

Betonski kolnik postavlja za pneumatike jedan dodatni izazov, da se pokažu minimalni uvjeti propisani zakonom, koji pneumatici su van uvjeta propisanih zakonom i tako dodatno nude sigurnost.

Svaki pneumatik ostvari pet mjerenja puta kočenja po danu testiranja, koji se u sljedećim danima ponavljaju. Prilikom ponavljanja se također pazi, da je svaki pneumatik u drugačijem dijelu dana bio testiran u odnosu na prethodni dan, da bi bilo isključeno da se pneumatici nađu u boljem ili lošijem položaju. Za ponavljanje će se koristiti i drugi set pneumatika, da bi se isključila greška u proizvodnji ili da bi se raspoznale razlike u kvaliteti unutar serije.

Za identično mjerenje vozač ubrzava na 85 km/h, zatim se „kočenjem u pod“ kod točke kočenja nastavi gibati do potpunog zaustavljanja. Mjerilo pokazuje zaustavni put s 80 na 20 km/h. Nije mjereno do zaustavljanja, jer su prvi ABS sustavi kod nižih brzina bili drukčiji ili nisu imali više pravila. Pritom se ovo utvrđuje izvan procjene prema sadašnjim pravilima testiranja za EU naljepnicu. [23]



**Slika 13.** Duljina zaustavnog puta u ovisnosti o brzini, [23]

Također se na skliskom kolniku pokaže, da lošiji pneumatik (gore, crvena linija) u usporedbi s najboljim (ispod, zelene linija) na istoj stazi degradira pri samo polovici brzine.

#### 4.2.2 Upravljanje na mokrom

Na dugo natopljenoj stazi će se voziti unutar graničnog područja, tako brzo koliko pneumatici dopuštaju. Dok vozač mora ponavlja krugove po stazi ukupno tri puta unutar testne vožnje, bit će osigurano, da se svaki pneumatik vozi unutar svojih granica. Testni vozač ponavlja nakon završetka testne serije vožnju opet s drugim setom pneumatika. Zatim drugi vozač kontrolira rezultate prvog vozača još jednom pritom neovisno. Na kraju svih devet vožnji će to međusobno usporediti.

Mjerenja vremena kruga pokazuju osnovu ocjenjivanja, dodatno se dijeli subjektivni osjećaj testnih vozača za skretanje na primjer zasnovanu na maksimalnoj mogućoj brzini skretanja, nagibu podloge jednog modela pneumatika i preupravljanje i jesu li pneumatici izgubili skretanje, kad se na primjer ubrza ili koči.

### 4.2.3 Ubrzanje/Skretanje

Na jednoj potpuno natopljenoj stazi se vozi u graničnom području i pritom se vrijeme kruga mjeri kod ograničenja brzine. Slično se kao kod upravljanja, testni vozač vozi pritom tako brzo, da su pneumatici upravo još ostali na stazi i nisu izgubili upravljivost.

### 4.2.4 Aquaplaning na pravcu

U jednom dijelu testa će se uvijek voziti s istom brzinom kroz sedam milimetarski dubok kanal s vodom i napraviti puno ubrzanje. Na temelju brzina pneumatika se raspoznaje mjerilo, pri kojoj je brzini automobil uplivao s prednjim kotačima, također i njihov prekid dodira s tlom. Ova „uplivavajuća brzina“ je mjerilo ovog testiranja.

### 4.2.5 Aquaplaning u zavoju

Na stazi će se proći kroz 20 metara dugačak i sedam milimetara dubok kanal s vodom. Nakon testnih dimenzija počinju se raditi serije testova pri približno 60 km/h. Brzina će zatim iz kruga u krug povećavati u koracima od po 5 km/h, sve dok automobil ne bude neupravljiv ili brzina dosegne 100 km/h. Tijekom prolaza kroz kanal s vodom će se mjeriti i zabilježiti lateralno ubrzanje (ubrzanje, koje ima automobil koji se kreće u zavoju prema van) automobila. Za ocjenjivanje se ne broji maksimalno postignuto lateralno ubrzanje, inače bi se isto moralo i prijelazno ponašanje pneumatika nakon postizanja maksimalnog lateralnog ubrzanja. Treba znati da ponašanje pneumatika u ovoj situaciji može iznenada vrlo loše završiti, ako vozač teško uspijeva kontrolirati automobil. Ovo ponašanje će također loše procijeniti držanje pneumatika s dužim promjenama.



Slika 14. Primjer testiranja aquaplaninga, [24]

## 4.3 Udobnost

Polazna stavka je odrediti automobil i njegovo tumačenje udobnosti ovjesa, te da kod testa pneumatika nisu potrebni nikakvi dodatni testovi. Treba ipak istaći da svaki pojedini pneumatik kod brojnih usporedbi vožnje se često negativno karakterizira u cestovnom prometu.

#### **4.4 Buka**

Unutarnju buku procjenjuju dva vozača kod kretanja s 80 na 20 km/h sa upaljenim motorom. Dodatno se pazi kod svih sljedećih vožnji na unutarnju buku. Negativno udaranje pneumatika traži odvojeno istraživanje.

Vanjsku buku se kod kotrljanja se mjeri sa zatvorenim motorom prema ECE normi. Ocjenjuje se ipak glasnoća, pri čemu se mjerenje zvuka računa prema logaritamskoj decibel-skali u jednu linearnu ljestivicu.

#### **4.5 Potrošnja**

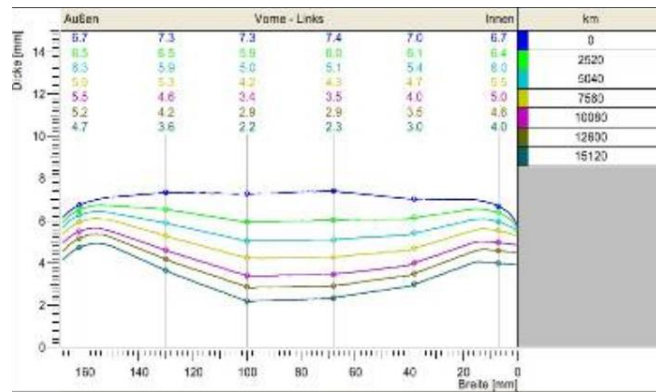
U okviru mjerenja potrošnje se istražuje kod tri vožnje preko dva kilometra sa stalnom brzinom 100 km/h koliko se prošlo sa odgovarajućom količinom goriva. Mjerenja se ponavljaju idući dan, u kojim pneumatici se testiraju sa izmjenjenim rasporedom od prethodnog dana.

#### **4.6 Habanje**

Ponašanje prilikom habanja za jednu dimenziju pneumatika se ostvaruje vožnjom u konvoju s više identičnih vozila preko 15 000 km. Druga dimenzija ponašanja prilikom habanja se ostvaruje u specijalnoj kontroli tvrtke Bridgestone. Kontrola simulira put konvoja automobila, te rezultati kontrole zasnivaju na provjeri više testnih pneumatika tijekom vožnje u konvoju.

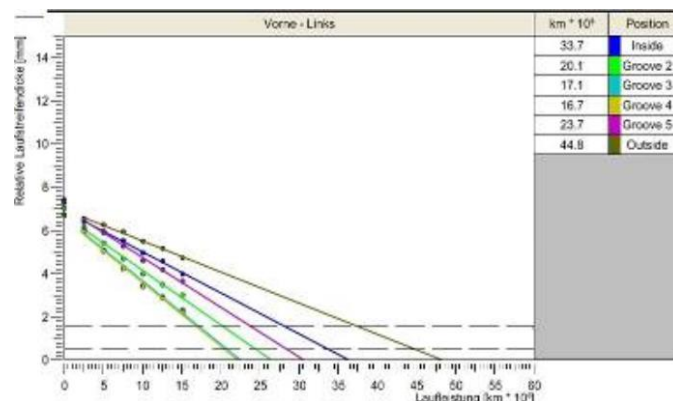
Konvoj vožnja se ostvaruje s više identičnih automobila koji prijeđu put od 15 000 km po pneumatiku, kod suprotnog mijenjanja pneumatika i vozača. Mjerenja kontrole: preko 5000 km puta simulira put konvoja i pritom osigurava testove konvoja. Mjerna veličina je mjerenje dubine profila koje se određuje preko rute vožnje putem sedam laserski zaštićenih premjeravanja. Ostala kilometraža se preračunava do stizanja zakonom propisane dubine od 1.6 mm.

Testni put konvojske vožnje se odvijao 40% po autocestama i ostalih 60% po običnim ceste. Pri vožnji po autocestama se probalo koliko je god moguće, reproducirati najvišu brzinu na 150 km/h. Dubina profila se na pogonskim osovina dostiže regularno, na otprilike 2500 km na istom opsegu pneumatika i zatim se trajanje projektira i dijeli. Teoretski se do dostizanja kilometraže dostiže iz linearnih abrazija i do zakonskih minimalnih dubina profila od 1.6 mm. Za mjerenje dubine profila, ili mjerenje debljine profila, se koristi laserska metoda koja skenira opseg pneumatika.



**Slika 15.** Habanje pneumatika u ovisnosti o prijeđenom putu, [23]

Za rotaciju kotača stroj računa približno 8200 jedinica i zapisuje zatim mjerenje trajanja jednog milimetra na sljedećoj mjernoj stazi. Za jedan prosječan pneumatik u dimenzijama 195/65 R15 se dobiva okruglo 160 mjernih staza na kraju otprilike 1.3 milijuna pojedinačnih mjernih jedinica. [23]



**Slika 16.** Granične vrijednosti ispitivanja habanja, [23]

#### 4.7 Ispitivanje velikih brzina

Temelji se na DIN-normi te se testira na jednom specijalnom bubnju za testiranje riga. Pritom ADAC-test zahtjeva sigurnosne rezerve kao što je poštovanje najveće brzine kod također visokih sila.



**Slika 17.** Bubanj za testiranje, [25]



## 4.8 Snijeg

Testiranja na snijegu provode se samo za zimske pneumatike, te se vozi na jednako pripremljenim zbijenim snježnim stazama. Zahvaljujući običnim glatkim uvjetima okoline se ponajprije vozi noću ili u rano jutro.

Testiranje kočenja i vuče se provodi na sletnim stazama jednog napuštenog aerodroma. Za mjerenja stoji na raspolaganju jedna pripremljena snježna površina koja je duga približno 950 m i 40 m široka. Od stavljanja staze može se dogoditi, da kod uzastopnih mjerenja svakog seta pneumatika testira na jednoj nekorištenoj snježnoj površini. Mjerenja se ponavljaju od tri do pet noći, između ovog vremenskog razmaka se pazi, da svaki pneumatik vozi u lijevoj, srednjoj i desnoj trećini staze, da bi se isključile eventualne homogenosti.

### 4.8.1 Kočenje

Tijekom jednog kočenja ABS-om se brzina smanjuje s 40 na 20 km/h.

### 4.8.2 Kretanje/ vuča

Kod dugačke vožnje se u maksimalno ubrzava vozilo za mjerenje. Pritom se mjeri brzina kotača i ubrzanje signala. Iz ubrzanja vozila i njegove mase se računa vučna snaga, koja se pušta od lagane vrtnje kotača (10% klizanja) do jake vrtnje kotača (60% klizanja). Recenzira se srednja vučna snaga preko zajedničkih skliskih područja.

### 4.8.3 Upravljanje

Pripremljena ruta prolaska i dodatna staza su pokriveni snijegom, oboje dugi po 1600 m, te se na obje vozi na vrijeme. Izmjerena vremena krugova daju podlogu za ocjenjivanje, te vozač dodatno prosuđuje skretanje, na primjer maksimalnu moguću brzinu u zavoju, nagibu kolnika te preupravljanje i podupravljanje. Pitanje je, javlja li se ovo iznenađujuće ili se može rano prepoznati, te gube li pneumatici skretanje kada se na primjer ubrza ili zakoči.

Ocjenjuje se prosječno vrijeme kruga. Dodatno, slijedi za oba puta subjektivno mišljenje. [23]



**Slika 18.** ADAC testiranje na snijegu, [26]

## **4.9 Led**

Testovi pneumatika na ledu se rade isključivo za zimske pneumatike. Testiranja se provode na klizalištu, gdje je ledena površina konstanta. Umjetnim ledom je najbliže doći do tretiranog brzog leda.

Testovi kočenja se provode tako da automobil vozi po ledenoj površini vozi 25 km/h. Na ledenoj površini se zakoči i brzina se smanji za 20 km/h na 5 km/h.

Testovi skretanja se provode tako da se mjeri vrijeme kruga na klizalištu, a lošije skretanje će učiniti to da će vrijeme kruga biti veće. Dva testna vozača voze naizmjenično svaki testni pneumatik, nakon kraja prvog dijela testa, voze obojica vozača pneumatike u preokrenutom nizu.

## **4.10 Osiguranje i ponavljanje rezultata mjerenja i ispitivanja**

Za osiguranje rezultata mjerenja i ispitivanja se svi testovi provode više puta. Dopusštena tolerancije je u veoma uskom području. Kod ponavljanja se pneumatici voze u različitom redoslijedu radi isključivanja eventualnih prednosti ili nedostataka tijekom doba dana ili dijelu staze. Kvaliteta vrijednosti mjerenja i ponavljanja se zasniva na procjenjivanju karakteristika kao što su standardne devijacije, razdiobe vjerojatnosti ili kritične diferencijale. Za odlučnost mogućih promjena okolišnih uvjeta se uz testne pneumatike uredno koriste pneumatici s poznatim karakteristikama (kao poznate baze pneumatika ili također kontrola pneumatika), koji dokumentiraju na primjer promjene u ruti, temperature ili gubljenje težine zbog potrošenog goriva. Svi pneumatici su anonimni do završetka svih testiranja. [23]



## 5. ISPITIVANJE EKSPLOATACIJSKIH ZNAČAJKI PNEUMATIKA

ADAC kao referentna organizacija za testiranje pneumatika svake godine provodi istraživanja ljetnih, te zimskih i cjelogodišnjih pneumatika. Ovo poglavlje također obuhvaća i utjecaj širine pneumatika na potrošnju kao i ispitivanja koeficijenta prijanjanja.

### 5.1 Rezultati testiranja ljetnih pneumatika

ADAC je na testu ljetnih pneumatika za sezonu 2017. u dvije dimenzije imao 31 pneumatik. Kao referentne dimenzije su uzete najčešće dimenzije naplataka kompakata (195/65 R15) i SUV-a (Eng. Sport utility vehicle- sportsko korisno vozilo) (215/65 R16).

Način ocjenjivanja je sljedeći za ljetne pneumatike:

1. Testovi na suhom 20% od ukupnog broja bodova
2. Testovi na mokrom 40%
3. Testovi na buku 10%
4. Testovi na potrošnju 20%
5. Testovi na habanje 10 %

Te se tako dobije konačna ocjena, pri čemu ocjena 1 predstavlja najbolju ocjenu, a ocjena 5 najlošiju. Ocjena 1 ima raspon od 0,6-1,5 dok ocjena 5 ima raspon od 4,6 do 5,5. [27]

Kod dimenzije 195/65 R15 se testiralo 16 pneumatika. Testno vozilo je bilo Volkswagen Golf VII. Pobjednik ovog testiranja je pneumatik Pirelli Cinturato P1 Verde s ocjenom 2,1 ili opisnom ocjenom vrlo preporučljivo. Ocjenu vrlo preporučljivo su uz navedeni pneumatik dobila još četiri pneumatika. Najlošiji na testiranjima s ocjenom 4,0 je pneumatik GT Radial Champiro FE1 uz opisnu ocjenu djelomično se preporučuje. [28]

Što se cijene pneumatika tiče ona nije presudna kod kvalitete pneumatika. Najjeftiniji pneumatik na testu s cijenom od 50 eura je Esa-Tecar Spirit 5 Hp dok je najskuplji Michelin Energy Saver+ s cijenom od 80 eura. Pneumatik Esa-Tecar spada u kategoriju izrazito se preporučuje, dok Michelin spada u kategoriju ispod odnosno preporučuje se. Popularni model pneumatika na hrvatskom tržištu Sava Intensa HP ima cijenu od 59 eura te je u kategoriji preporučuje se. Pneumatik GT Radial koji je bio najlošiji na testiranjima ima cijenu od 58 eura.

Model pneumatika koji nudi najviše za uloženi novac je Esa-Tecar Spirit 5 HP.

Kod dimenzije 195/65 R15 se testiralo 15 pneumatika. Testno vozilo je bilo Volkswagen Tiguan. Pobjednik ovog testiranja je pneumatik Goodyear EfficinetGrip SUV s ocjenom 2,1 ili opisnom ocjenom vrlo preporučljivo. Ocjenu vrlo preporučljivo su uz navedeni pneumatik dobio još samo Cooper Zeon 4XS Sport. Najlošiji na testiranjima s ocjenom 5.5 je pneumatik Yokohama Geolandar SUV uz opisnu ocjenu ne preporučuje se. Ocjenu djelomično se preporučuje je dobio pneumatik Michelin Geolandar SUV.

Najjeftiniji pneumatik na ovom testu je bio Barum Bravuris 4x4 s cijenom od 83 eura, dok su najskuplji s cijenom od 119 eura Pirelli Scorpion Verde XL i Michelin Latitude Tour HP. Pneumatik sa najlošijim ocjenama Yokohama Geolandar SUV ima cijenu od 100 eura. [27]

Model pneumatika koji nudi najviše za uloženi novac je Cooper Zeon 4XS Sport.

## 5.2 Rezultati testiranja zimskih pneumatika

ADAC je na testu zimskih pneumatika za sezonu 2016. u dvije dimenzije imao 28 pneumatika. Također je testirano 7 cjelogodišnjih pneumatika u zasebnoj dimenziji. Kao referentne dimenzije su uzete najčešće dimenzije naplataka kompakata (185/65 R15) i vozila srednje klase (225/45 R17). [29]

Način ocjenjivanja je sljedeći za zimske pneumatike:

1. Testovi na suhom 15% od ukupnog broja bodova
2. Testovi na mokrom 30%
3. Testovi na snijegu 20%
4. Testovi na ledu 10%
5. Testovi na buku 5%
6. Testovi na potrošnju 10%
7. Testovi na habanje 10 %

Kod dimenzije 185/65 R15 se testiralo 15 pneumatika. Testno vozilo je bilo Renault Clio IV. Pobjednik ovog testiranja je pneumatik Goodyear UltraGrip 9 s opisnom ocjenom vrlo preporučljivo. Ocjenu vrlo preporučljivo su uz navedeni pneumatik dobio samo još pneumatik Michelin Alpin A4. Najlošiji na testiranjima je pneumatik Kleber Krisalp HP2 uz opisnu ocjenu ne preporučuje se. Također je i pneumatik Firestone Winterhawk 3 ocijenjen s ocjenom ne preporučuje se. Ocjenu djelomično se preporučuje nije dobio ni jedan pneumatik.

Dva od četiri najskuplja pneumatika su postigli najbolje rezultate a to su Goodyear Ultra Grip 9 i Michelin Alpin A4 čije su cijene 75 odnosno 77 eura. Najjeftiniji pneumatik je Esa-Tecar Super Grip 9 s cijenom 47 eura i ocjenom preporuča se. Pneumatici koji su bili najlošiji na testiranjima Firestone Winterhawk 3 s cijenom od 59 eura odnosno Kleber Krisalp HP2 s cijenom 61 euro.

Model pneumatika koji nudi najviše za uloženi novac je Esa-Tecar Super Grip 9.

Kod dimenzije 225/45 R17 se testiralo 13 pneumatika. Testno vozilo je bilo Volkswagen Golf VII. Pobjednik ovog testiranja je pneumatik Dunlop Winter Sport 5 s opisnom ocjenom vrlo preporučljivo. Ocjenu vrlo preporučljivo je dobio samo ovaj pneumatik. Najlošiji na testiranjima je pneumatik BF Goodrich G-Force Winter uz opisnu ocjenu djelomično se preporučuje. Također je i pneumatik Matador MP92 Sibir Snow dobio ocjenu djelomično se preporučuje.

Najjeftiniji pneumatik je Matador MP92 Sibir Snow s cijenom od 89 eura, dok je najskuplji Goodyear UltraGrip Performance Gen-1 s cijenom od 147 eura. Najbolje ocijenjen pneumatik Dunlop Winter Sport s cijenom od 145 eura. Najlošije ocijenjen pneumatik BF Goodrich G-Force Winter ima cijenu od 124 eura.

Model pneumatika koji nudi najviše za uloženi novac je Viking SnowTech II sa cijenom od 103 eura i ocjenom preporučuje se.

Važno je napomenuti da pogotovo zimski pneumatici imaju mnogo razlike u ponašanju na snijegu, ledu i mokrome te su modeli koji nude najviše za uloženi novac uzeti sa srednjom ocjenom, bez da se gledalo koji je najbolji na kojem terenu.

Također je testirano 7 cjelogodišnjih pneumatika koji predstavljaju prijelazno rješenje, koji se mogu koristiti u krajevima s blagom zimom. Način ocjenjivanja pojedinih pneumatika je isti kao i za zimske pneumatike. Dimenzija u kojima su testirani zimski pneumatici je 205/55 R16. Testni automobil je bio Renault Clio IV.

Svega dva pneumatika su na testu dobila ocjenu preporučuje se a to su Michelin CrossClimate i Vredestein Quattrac 5. Dva pneumatika su dobila ocjenu ne preporučuje se a to su Bridgestone A001 i Hankook Kinergy 4S H740.

Najjeftiniji pneumatik je Hankook Kinergy 4S H740 s cijenom od 88 eura dok je najskuplji Goodyear Vector 4 Season Gen 2 s cijenom od 104 eura. Model pneumatika koji nudi najviše za uloženi novac je Vredestein Quattrac 5 s cijenom od 94 eura i ocjenom preporučuje se. [29]

### **5.3 Utjecaj širine pneumatika na potrošnju**

Stručnjaci iz Daimler Benza su proveli ispitivanje utječe li širina pneumatika na potrošnju tako da su umjesto serijskih ugradili sportske naplatke sa širokim niskoprofilnim pneumaticima. Testno vozilo je bio Mercedes-Benz A 180 koji ima serijske naplatke od 16 cola s pneumaticima 195/60, a zatim su ugradili naplatke od 19 cola s pneumaticima 255/35 sprijeda i 285/30 straga.

Testni Mercedes je bio osnovna benzinska verzija sa 156 KS, te mu se potrošnja povećala za više od 0,5 litre s većom dimenzijom naplataka i pneumatika. Ipak u realnim uvjetima povećanje promjera naplatka ili širine pneumatika ne bi trebao donijeti povećanje potrošnje za više od 0,2 do 0,3 litre. U konkretnom slučaju ovi naplatci od 19 cola potječu sa sportskog Mercedes C Coupe AMG koji ima snagu od 517 KS.

Razlog povećanja potrošnje je u tri razloga. Prvi razlog je veći otpor kotrljanja, koji je posljedica veće gazne površine. Drugi razlog je veće proklizivanje unutarnje rubne zone pneumatika u zavojima, posljedica čega je efekt kočenja jer vanjski rub pneumatika prelazi dulji put od unutarnjeg odnosno tako više proklizava. Treći je veća masa kotača, koja tako izravno povećava potrošnju i otpore ubrzanja, kotrljanja i penjanja.

Također su širi pneumatici također bitno skuplji od standardnih, te im je i vijek trajanja dosta kraći. [30]

## 5.4 Rezultati ispitivanja pneumatika u ovisnosti o veličini koeficijenta priranja

Koeficijent priranja  $f$  je odnos između obodne sile na kotaču i normalnog opterećenja. Vrijednost koeficijenta priranja ovisi o stanju kolnika, brzini i opterećenju vozila te vrsti i tipu pneumatika a svoju najveću vrijednost doseže pri proklizavanju od 8 do 30%. U tom slučaju vrijednost koeficijenta priranja jednaka vrijednosti statičkog trenja  $f_{kl}$ . Vrijednost koeficijenta priranja je manja na mokrom i prljavom kolniku u odnosu na suhi kolnik. [31]

Ispitivanja na asfaltu i makadamu su provedena s Volkswagen Golf III a ispitivanja na asfaltu i snijegu s Škoda Fabia I Combi. Na oba automobila su testiranja se obavljala sa korištenim pneumaticima.

Testiranja su se mjerila s XL metrom. XL metar je dinamički uređaj za mjerenje koeficijenta priranja a on uz to mjeri zaustavni put, brzinu, vrijeme i prosječno usporenje. [31]



Slika 19. XL metar, [32]

U tablicama 6, 7 i 8 će biti prikazani rezultati tih mjerenja.

Tablica 6. Mjerenja koeficijenta priranja VW Golf na suhoj podlozi

Podloga	Suha podloga					
	NA		IA		ŠLJ	
Vrsta	30	50	30	50	30	50
Brzina(km/h)	30	50	30	50	30	50
Put kočenja	4,93	13,06	5,76	13,97	6,94	21
Vrijeme kočenja	1,12	1,85	1,29	1,94	1,74	53,18
Usporenje	9,50	8,74	7,61	8,42	5,14	4,49
Kp	0,96	0,89	0,77	0,85	0,52	0,45

Izvor: [33]

Pri čemu je:

NA- novi asfalt; IA- istrošeni asfalt ; ŠLJ- šljunak; Kp- koeficijent priranja.

Mjerne jedinice: brzina(km/h); put kočenja (m); vrijeme kočenja (s); usporenje ( $m/s^2$ ).

**Tablica 7.** Mjerenja koeficijenta prijanjanja VW Golf na mokroj podlozi

Podloga	Mokra podloga					
Vrsta	NA		IA		ŠLJ	
Brzina(km/h)	30	50	30	50	30	50
Put kočenja	6,24	15,41	5,54	16,67	7,96	20,61
Vrijeme kočenja	1,40	2,33	1,35	2,28	1,99	3,02
Usporenje	7,06	6,74	7,16	7,11	4,67	4,68
Kp	0,72	0,72	0,71	0,68	0,47	0,47

Izvor:[33]

Pri čemu je:

NA- novi asfalt; IA- istrošeni asfalt ; ŠLJ- šljunak; Kp- koeficijent prijanjanja.

Mjerne jedinice: brzina(km/h); put kočenja (m); vrijeme kočenja (s); usporenje ( $m/s^2$ ).

Vrijednost koeficijenta prijanjanja je najveća na novom asfaltu pri brzini od 30 km/h, dok je najmanja na suhoj šljunčanoj podlozi pri brzini od 50 km/h. Najkraće vrijeme i put kočenja je pri 30 km/h na novom asfaltu, dok je najveće vrijeme i put kočenja na suhoj šljunčanoj podlozi pri 50 km/h.

Ispitivanja na Škodi Fabia Combi su rađena s ljetnim i zimskim, odnosno s prednjim zimskim a stražnjim ljetnim pneumaticima. Podloge koje su se koristile su bile istrošeni asfalt i ugaženi snijeg.

**Tablica 8.** Mjerenja koeficijenta prijanjanja Škoda Fabia

Podloga	Suhi asfalt			Mokri asfalt			Ugaženi snijeg		
Vrsta	LJP	ZP	KP	LJP	ZP	KP	LJ	ZP	KP
PK	11,63	9,18	10,02	19,71	20,07	19,72	16,07	30,54	19,00
VTK	40,05	39,66	39,76	40,28	40,18	40,29	40,44	40,18	40,30
TK	1,88	1,76	1,73	3,20	3,50	3,43	2,87	5,57	3,60
USP	5,32	6,61	6,08	3,19	3,04	3,18	4,12	1,96	3,19

Izvor: [32]

Pri čemu je:

LJP- ljetni pneumatici; ZP- zimski pneumatici; KP-kombinacija pneumatika, prednji zimski i stražnji ljetni pneumatici. PK- put kočenja; VTK- brzina u trenutku kočenja ; TK- vrijeme kočenja; USP- usporenje. Mjerne jedinice: put kočenja (m); brzina u trenutku kočenja (km/h); vrijeme kočenja (s); usporenje ( $m/s^2$ ). [31]

Tablica pokazuje gotovo dvostruko veću razliku u putu kočenja kod pneumatika na mokrom asfaltu i ugaženom snijegu u odnosu na suhi asfalt. Također se povećalo značajno i vrijeme kočenja, ali se i značajno smanjio iznos usporenja.

## 6. ZAKLJUČAK

Pneumatik je svoj razvoj počeo kao gumirani dio drvenih kotača, zatim današnji oblik dobiva razvojem zračnica prvo kao dijagonalni, zatim kao radijalni pneumatik. Radijalni pneumatik bez zračnice predstavlja današnji standard za pneumatike.

Pneumatici predstavljaju uz sustav upravljanja i sustav kočenja jedan od tri najvažnije komponente aktivne sigurnosti. Upravo je pneumatik presudan jer on posreduje između automobila i kolnika. Prilikom ekstremnih situacija, kao što je na primjer prilikom naglog kočenja ili naglog skretanja poželjno bi bilo imati što bolje pneumatike, naravno uz ispravne sustave vozila. Pritom bolji pneumatici ne moraju biti nužno najrenomiranije marke, u većini slučajeva novija generacija istog modela pneumatika ima znatno bolja svojstva počevši od kraćeg zaustavnog puta, preko manje potrošnje i buke. Sve se to može zahvaliti implementacijom novih tehnologija obrade kao i novih materijala.

Ispitivanja pneumatika su pokazala da isti model pneumatik u ovisnosti o vrsti kolnika i vremenskim uvjetima daje različite putove kočenja, koji se razlikuju po nekoliko metara. Pneumatik najbolje rezultate postiže na novom i suhom asfaltu. Također prilikom tih ispitivanja najkraći put kočenja na suhom asfaltu su postigli zimski pneumatici, dok su po kiši skoro identične rezultate postigli ljetni i kombinacija zimskih pneumatika na prednjim pogonskim kotačima te ljetnih na stražnjim kotačima. Rezultati koji su provedeni na snijegu pokazali su da pri 50 km/h ljetni pneumatici imaju skoro dvostruko duži zaustavni put od zimskih.

Iako se novim pneumatikom smatra pneumatik do pet godina starosti, najbolje rezultate pneumatici ostvaruju tijekom prve dvije ili tri godine starosti. Kvaliteta starijih pneumatika opada s vremenom, čak i ako se ti pneumatici ne koriste, iz razloga stvrdnjavanja pneumatika .

Pneumatici će se i dalje nastaviti razvijati, ali se njihov oblik ne bi trebao značajno promijeniti, odnosno ovakav oblik pneumatika će se viđati i u budućnosti.

## LITERATURA

- [1] <http://www.vrelegume.rs/test/pneumatici/> (pristupljeno: ožujak 2017.)
- [2] [http://www.enciklopedija.hr/Ilustracije/HE8\\_0964.jpg](http://www.enciklopedija.hr/Ilustracije/HE8_0964.jpg) (pristupljeno: ožujak 2017.)
- [3] Štrumberger, N.: Tehologija materijala I, Fakultet prometnih znanosti; Zagreb; 2003.
- [4] <https://www.gumelider.com.hr/savjeti/vrsta-profila-gume> (pristupljeno: ožujak 2017.)
- [5] <http://www.prometna-zona.com/vrste-guma-i-njihova-konstrukcija/>  
(pristupljeno: ožujak 2017.)
- [6] <http://www.longstonetyres.co.uk/image/longstone/english-website/crossply-tyres/crossply-vintage-tyres.jpg> (pristupljeno: ožujak 2017.)
- [7] <http://tinypic.com/view.php?pic=2570xp4&s=1#.WVw2ZIH07IU>  
(pristupljeno: ožujak 2017.)
- [8] <http://www.fpz.unizg.hr/traffic/index.php/PROMTT/article/download/459/313>  
(pristupljeno: ožujak 2017.)
- [9] <https://www.nabava.net/slike/articles/2016/03/spremanje-auto-guma-ts003.jpg>  
(pristupljeno: svibanj 2017.)
- [10] [http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2016\\_09\\_85\\_1864.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2016_09_85_1864.html)  
(pristupljeno: ožujak 2017.)
- [11] <http://www.hak.hr/info/korisne-informacije/zimska-oprema> (pristupljeno: travanj 2017.)
- [12] <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=48848> (pristupljeno: ožujak 2017.)
- [13] [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: ožujak 2017.)
- [14] <http://www.etrto.org/page.asp?id=1764> (pristupljeno: ožujak 2017.)
- [15] [http://www.sava.ba/index\\_htm\\_files/3149.png](http://www.sava.ba/index_htm_files/3149.png) (pristupljeno: ožujak 2017.)
- [16] [http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2004\\_09\\_132\\_2374.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2004_09_132_2374.html)  
(pristupljeno: ožujak 2017.)
- [17] <http://www.4gume.com/o-gumama/oznacavanje/> (pristupljeno: ožujak 2017.)
- [18] [http://www.vujacic-company.me/oznake-na-gumama/bukvar-guma\\_7/](http://www.vujacic-company.me/oznake-na-gumama/bukvar-guma_7/)  
(pristupljeno: ožujak 2017.)

- [19] <http://blog.olx.ba/2014/08/19/razlika-izmedu-ljetnih-zimskih-cjelogodisnjih-guma/> (pristupljeno: ožujak 2017.)
- [20] <http://www.novavozila.ba/web/Tmb/NewsBoxArticle.ashx?id=c87a6a42-8b22-4d89-bf3b-fc77657b2b10> (pristupljeno: ožujak 2017.)
- [21] <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R1222&from=EN> (pristupljeno: ožujak 2017.)
- [22] [http://www.sava-tires.com/sava/hr/Images/Full%20EU%20tire%20label\\_tcm2178-115385.png](http://www.sava-tires.com/sava/hr/Images/Full%20EU%20tire%20label_tcm2178-115385.png) (pristupljeno: ožujak 2017.)
- [23] [https://www.adac.de/\\_mmm/pdf/So%20testen%20wir%20Reifen\\_202KB\\_198601.pdf](https://www.adac.de/_mmm/pdf/So%20testen%20wir%20Reifen_202KB_198601.pdf) (pristupljeno: travanj 2017.)
- [24] <https://www.tz.de/bilder/2013/02/21/2762486/761195508-adac-sommerreifentest-tops-flops-2013-65rwWUk9a7.jpg> (pristupljeno: travanj 2017.)
- [25] [http://i.auto-bild.de/ir\\_img/5/7/8/3/5/Auf-dem-Trommelpruefstand-gibt-sich-der-Michelin-als-potenziell-bester-Sprit-495x330-4181e1dbb43a6b11.jpg](http://i.auto-bild.de/ir_img/5/7/8/3/5/Auf-dem-Trommelpruefstand-gibt-sich-der-Michelin-als-potenziell-bester-Sprit-495x330-4181e1dbb43a6b11.jpg) (pristupljeno: travanj 2017.)
- [26] <http://bilder.bild.de/fotos/grosser-test-der-adac-und-die-stiftung-warentest-haben-37-winterreifen-in-drei-verschiedenen-reifeng-28786120-26430984/Bild/2.bild.jpg> (pristupljeno: travanj 2017.)
- [27] [https://www.adac.de/infotestrat/adac-im-einsatz/motorwelt/sommerreifentest\\_2017.aspx?ComponentId=288926&SourcePageId=6729](https://www.adac.de/infotestrat/adac-im-einsatz/motorwelt/sommerreifentest_2017.aspx?ComponentId=288926&SourcePageId=6729) (pristupljeno: travanj 2017.)
- [28] [https://www.adac.de/infotestrat/adac-im-einsatz/motorwelt/sommerreifentest\\_2017.aspx?ComponentId=288926&SourcePageId=6729](https://www.adac.de/infotestrat/adac-im-einsatz/motorwelt/sommerreifentest_2017.aspx?ComponentId=288926&SourcePageId=6729) (pristupljeno: travanj 2017.)
- [29] <http://www.hak.hr/vijest/590/hak-objavio-rezultate-novog-testa-ljetnih-guma-03-2016> (pristupljeno: travanj 2017.)
- [30] <http://www.autobild.de/artikel/winterreifen-test-schmal-gegen-breit-11214325.html> (pristupljeno: travanj 2017.)
- [31] <http://files.fpz.hr/Djelatnici/gluburic/Luburic-predavanja-v3.pdf> (pristupljeno: travanj 2017.)
- [32] Svorenji, B.,: Utjecaj pneumatika na zaustavni put automobila, Završni rad, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2010.
- [33] Šarić, Ž.,: Analiza koeficijenta prijanjanja kod cestovnih vozila, Diplomski rad, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb; 2008.



## **POPIS KRATICA**

ABS (Anti-lock brake system) - sustav protiv blokiranja kotača

ADAC (Allgemeiner Deutscher Automobil-Club)- njemački autoklub

DIN (Deutsches Institut für Normung) - njemački institut za norme

DOT (Department of Transportation) – ministarstvo prometa SAD

ECE (Economic Commission for Europe) - ekonomska komisija za Europu

ERTRO (European Tyre and Rim Technical Organisation) - Europska organizacija za pneumatike

G (Size Grip) - indeks prijanjanja na mokroj podlozi

IA- istrošeni asfalt

Kp- koeficijent prijanjanja

LJP- ljetni pneumatici

M,N,O – kategorije vozila u Republici Hrvatskoj

M+S (Mud and Snow) – oznake zimskih pneumatika, blato i snijeg

N (Noise Level)- izmjerene vrijednosti vanjske buke

NA- novi asfalt

PK- put kočenja

RRC (Roll Resistance Coefficient) – koeficijent otpora kotrljanja

SUV (Sport Utility Vehicle) – sportsko korisno vozilo

ŠLJ- šljunak

TK- vrijeme kočenja

TWI (Tread Wear Indicator) – indikator habanja

UNECE (United Nations Economic Commission for Europe)- ekonomska komisija

UTQGS (Uniform Tire Quality Grading Standards)- oznake kvaliteta pneumatika

USP- usporenje

ZP- zimski pneumatici

## POPIS ILUSTRACIJA

### Popis slika

Slika 1. Osnovni dijelovi pneumatika .....	2
Slika 2. Prikaz dijagonalnog pneumatika .....	4
Slika 3. Prikaz radijalnog pneumatika.....	5
Slika 4. Sastavni dijelovi radijalnog pneumatika .....	6
Slika 5. Načini skladištenja pneumatika .....	9
Slika 6. Oznake na pneumatiku.....	12
Slika 7. Izgled utora ljetnog i zimskog pneumatika .....	14
Slika 8. Usporedba zaustavnog puta kod ljetnih pneumatika.....	14
Slika 9. Kočenje na mokrom sa zimskim i ljetnim pneumaticima.....	15
Slika 10. Izgled EU oznake .....	16
Slika 11. Ovisnost kočenja o kvaliteti pneumatika .....	19
Slika 12. Način testiranja sa tračnicama.....	20
Slika 13. Duljina zaustavnog puta u ovisnosti o brzini .....	21
Slika 14. Primjer testiranja aquaplaninga.....	22
Slika 15. Habanje pneumatika u ovisnosti o prijeđenom putu.....	24
Slika 16. Granične vrijednosti ispitivanja habanja.....	24
Slika 17. Bujanj za testiranje .....	24
Slika 18. ADAC testiranje na snijegu .....	25
Slika 19. XL metar .....	30

### Popis tablica

Tablica 1. Utjecaj cestovnih površina na trajnost pneumatika.....	7
Tablica 2. Značenje oznake pneumatika 195/60 R15.....	11
Tablica 3. Indeks brzine .....	13
Tablica 4. Razredi energetske učinkovitosti .....	17
Tablica 5. Razredi prijanjanja na mokroj podlozi .....	17
Tablica 6. Mjerenja koeficijenta prijanjanja VW Golf na suhoj podlozi .....	30
Tablica 7. Mjerenja koeficijenta prijanjanja VW Golf na mokroj podlozi .....	31
Tablica 8. Mjerenja koeficijenta prijanjanja Škoda Fabia.....	31



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, \_\_\_\_\_ 5.7.2017