

# Eksploatacijsko-tehničke značajke pneumatika cestovnih teretnih vozila

---

**Mikek, Domagoj**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2019**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:460738>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-07**



*Repository / Repozitorij:*

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI  
ZAGREB**

**Domagoj Mikek**

**EKSPLOATACIJSKO-TEHNIČKE ZNAČAJKE PNEUMATIKA  
CESTOVNIH TERETNIH VOZILA**

**ZAVRŠNI RAD**

**ZAGREB, 2019.**

Zagreb, 19. ožujka 2019.

Zavod: **Zavod za prometno-tehnička vještačenja**  
Predmet: **Prijevozna sredstva**

## ZAVRŠNI ZADATAK br. 5000

Pristupnik: **Domagoj Mikek (0135244686)**  
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**  
Smjer: **Logistika**

Zadatak: **Eksploatacijsko-tehničke značajke pneumatika cestovnih teretnih vozila**

### Opis zadatka:

Uvodno konstatirati: problem i predmet rada, svrhu cilj i doprinos istraživanja, metodologiju rada, opisati dosadašnja istraživanja povezana s temom te strukturu rada. Pojmovno odrediti eksploatacijsko-tehničke značajke cestovnih vozila. Definirati tehničke značajke pneumatika cestovnih teretnih vozila. Izvršiti analizu eksploatacijskih značajki pneumatika s obzirom na vijek trajanja, prosječan godišnje prijeđeni put i brzinu kretanja cestovnih teretnih vozila u različitim uvjetima eksploatacije (posebice za primjerice gradski promet, prigradski i međugradski promet). Analizu izvršiti tablično s pripadajućim matematičkim izračunima i grafički. U zaključku navesti glavne spoznaje do kojih se došlo tijekom provedenog istraživanja.

Mentor:



---

izv. prof. dr. sc. Marijan Rajsman

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:

---

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

**ZAVRŠNI RAD**

**EKSPLOATACIJSKO-TEHNIČKE ZNAČAJKE**  
**PNEUMATIKA CESTOVNIH TERETNIH VOZILA**

**EXPLOITATION-TECHNICAL FEATURES OF**  
**FREIGHT VEHICLE TIRES**

Mentor: izv. prof. dr. sc. Marijan Rajsman

Student: Domagoj Mikek, 0135244686

**Zagreb, kolovoz 2019.**

## 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. Tehničko eksploatacijske značajke pneumatika teretnih vozila važna su značajka u odabiru samog pneumatika. Pod eksploatacijskim značajkama podrazumijeva se niz međusobno povezanih značajki, od kojih zavisi pogodnost vozila za korištenje pod različitim uvjetima. 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. Za pravilan odabir pneumatika pomažu testovi. Testovi se provode u za to odgovarajućim uvjetima.

**KLJUČNE RIJEČI:** Tehničko eksploatacijske značajke; teretna vozila; pneumatik; testovi pneumatika; funkcije pneumatika

## SUMMARY:

The tire is the only touching surface of a road vehicle with a pad. It must provide a number of safety features such as steering, elasticity, load bearing, force transfer, durability, etc. The technical performance characteristics of truck tires are an important feature in selecting the tire itself. Exploitation features means a number of interrelated features, which depend on the suitability of the vehicle for use under different conditions. Tire maintenance is not demanding, and tire durability depends on the internal pressure, driving style and driver, and the condition of the roadway and vehicle. Using a tire outside the intended season reduces safety. Tests help with the correct tire selection. The tests are carried out under appropriate conditions.

**KEY WORDS:** Technical exploitation features; freight vehicles; tire; tire tests; tire functions

## Sadržaj

1. UVOD .....	1
2. TEHNIČKO-EKSPLOATACIJSKE ZNAČAJKE CESTOVNIH VOZILA U TERETNOM PROMETU .....	3
2.1. Benzinski motori .....	3
2.2. Diesel motori .....	4
2.3. Elektromotor .....	5
2.4. Hibridni motori .....	7
2.5. Dimenzija i nosivost vozila.....	11
2.6. Eksploatacijske značajke cestovnih prijevoznih sredstava u teretnom prometu.....	16
3. TEHNIČKE ZNAČAJKE PNEUMATIKA CESTOVNIH TERETNIH VOZILA .....	21
3.1. Naplatci kotača .....	21
3.1.1. Čelična i aluminijska felga.....	22
3.1.2. Označavanje naplatka.....	24
3.2. Opće značajke pneumatika .....	25
3.2.1. Konstrukcija pneumatika.....	26
3.2.2. Dijagonalni pneumatici.....	28
3.2.3. Radijalni pneumatici .....	29
3.2.4. Održavanje i skladištenje pneumatika.....	32
3.3. Oznake pneumatika teretnih vozila.....	36
3.3.1. Mjere opreza za uporabu .....	41
3.3.2. Odabir odgovarajućih profila.....	41
3.3.3. Pneumatici teretnih vozila u zimskim uvjetima.....	43
3.4. EU oznake pneumatika.....	46
3.5. Zakonski propisi vezani uz pneumatike .....	49
4. ANALIZA EKSPLOATACIJSKIH ZNAČAJKI PNEUMATIKA CESTOVNIH TERETNIH VOZILA.....	51
4.1. Ulazni troškovi pneumatika.....	51
4.2. Utjecaj otpora kotrljanja pneumatika na potrošnju goriva.....	52
4.3. Prianjanje na mokrom .....	59
4.4. Vanjska buka kotrljanja .....	61
4.5. Trošenje pneumatika.....	64
5. ZAKLJUČAK.....	68

LITERATURA.....	70
POPIS SLIKA .....	73
POPIS TABLICA.....	74

## 1. UVOD

Pneumatik predstavlja važan dio vozila koji može utjecati na potrošnju energenata, stabilnost i sigurnost u odvijanju prometa. Česti uzrok prometnih nesreća je loše stanje pneumatika koje je nastalo zbog ne pridržavanja temeljnih stavki o održavanju i korištenju pneumatika. Da bi se 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 mora biti sposoban suočavati se s neravninama na podlozi, održavati dobro prijanjanje u uvjetima blata, snijega i poledice. Pneumatici su zaslužni za stabilnost vozila u zavojima i prijenos vučne i kočne sile na podlogu. Dotrajalim pneumaticima smanjuje se svojstva pa tako opada i stabilnost vozila pri prolasku kroz zavoj pa može doći do zanošenja vozila, a isto tako smanjuje se i tangencijalno prijanjanje pa stoga vozilo ne može prenjeti veliku vučnu silu na podlogu jer dolazi do proklizavanja pogonskih kotača, a pri kočenju se zaustavni put produljuje.

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 5 poglavlja:

1. Uvod
2. Tehničko-eksploatacijske značajke cestovnih vozila u teretnom prometu
3. Tehničke značajke pneumatika cestovnih teretnih vozila
4. Analiza eksploatacijskih značajki pneumatika cestovnih teretnih vozila
5. Zaključak



Ovaj rad je podijeljen na 3 glavna poglavlja uvod i zaključak. U drugom poglavlju govori se o tehničko eksploatacijskim značajki cestovnih vozila u teretnom prometu. Naglasak je na vrstama motora, radu otova i diesel motora, nosivosti vozila i dimenziji vozila te eksploatacijskim značajkama teretnih vozila.

U trećem poglavlju biti će prikazane osnove o naplatku i tehničke značajke pneumatika cestovnih teretnih vozila. Prikazuje se podjela pneumatika, njihove značajke, oznake, zakonski propisi, kao i način održavanja i skladištenja.

Četvrto poglavlje donosi analizu eksploatacijskih značajki pneumatika gdje će biti objašnjeni i prikazani ulazni troškovi pneumatika, definicija i nastanak otpora kotrljanja pneumatika te njegov utjecaj na potrošnju goriva, prijanjanje na mokrom, vanjsku buku, kao i trošenje pneumatika i utjecaja tlaka na njegov životni vijek trajanja.

U završnom petom poglavlju navode se bitne spoznaje vezane za temu završnog rada.

## 2. TEHNIČKO-EKSPLOATACIJSKE ZNAČAJKE CESTOVNIH VOZILA U TERETNOM PROMETU

Cestovna transportna sredstva su motorna vozila i priključna vozila (prikolice i poluprikolice) kojima se obavlja transport u putničkom odnosno teretnom prometu. [1] Tehničko eksploatacijske značajke vozila veoma su važan čimbenik kod odabira određene vrste i tipa cestovnih vozila u javnom teretnom prometu. U ovom slučaju kod odabira transportnog sredstva u javnom teretnom prometu uglavnom se podrazumijeva vrsta motora. Postoji više različitih podjela motora, ali je najvažnija i najzanimljivija podjela po vrsti motora s obzirom na pogonsko gorivo. Bitne tehničke značajke ponajviše podrazumijevaju vrstu, snagu i okretni moment motora. Motori mogu biti s diesel, benzinski, električni i hibridni.

### 2.1. Benzinski motori

U smjesi sa zrakom stvara eksplozivne pare, pa služi za pogon motora s unutarnjim izgaranjem. Benzin je većinom smeđe (ili smečkasto-zelene) boje i bolje gori od diesela. Dobiva se frakcijskom destilacijom nafte. Proizvodi se i kondenzacijom iz prirodnog plina. Najveći dio svjetske proizvodnje otpada na benzin koji se dobiva raspadom viših ugljikovodika iz nafte u niže pod visokim tlakom i temperaturom.

Priča oko benzinskih motora počinje davne 1876. godine kada je Nicolaus August Otto uspio ostvariti proces koji je sličan procesima koji se danas odvijaju u benzinskim motorima. Za pogon benzinskih motora koristi se benzin (smjesa lako hlapljivih ugljikovodika). Paljenje gorive smjese (smjesa goriva i zraka koja se ubacuje u cilindar) se kod benzinskih motora vrši pomoću iskre koju baca svjećica u točno određenom trenutku. Vrlo važno za reći je da benzinski motori rade sa znatno nižim kompresijskim omjerom kako ne bi došlo do samozapaljenje smjese. Princip rada po taktovima je gotovo identičan kao kod diesel motora (razlika je u tlakovima i temperaturama te načinu paljenja gorive smjese). U taktu usisa tlak u cilindru je 0,7 – 0,9 bara. U taktu kompresije tlak gorive smjese je 11 – 18 bara, a temperatura iznosi 400 – 600 °C. Na početku takta ekspanzije tlak iznosi 40 – 60 bara, a temperatura je 2000 – 2500 °C. Na završetku takta kompresije tlak iznosi

3 – 5 bara, a temperatura je 700 – 1000 °C. U taktu ispuha plinovi izgaranja su pod tlakom 1,05 – 1,2 bara, a temperatura je 700 – 1000 °C. [18]



*Slika 1: Primjer teretnog vozila s benzinskim motorom*

Izvor: [23]

## 2.2. Diesel motori

Diesel motori kao pogonsko gorivo koriste dizel. Dizel je dobio naziv po njemačkom izumitelju Rudolfu Dieselu koji je izumio Dieselov motor. Dizel se može skladištiti za rezervne potrebe u plastičnim posudama za razliku od benzina. Od benzina se razaznaje po svojoj zelenoj ili plavoj boji, a može se osjetiti i razaznati njuhom. Diesel motori kao pogonsko gorivo koriste dizel. Diesel motor je 1982. godine izumio njemački inženjer Rudolf Diesel. Diesel motor je karakterističan po tome što nema svjećice, a goriva smjesa se stvara u cilindru (u cilindar se upuhuje čisti zrak). Stupanj iskorištenja diesel motora je znatno veći zbog puno višeg kompresijskog omjera nego kod benzinskih motora. Diesel motor može biti izveden kao dvotaktni i četverotaktni. Kod teretnih cestovnih prijevoznih sredstava koriste se četverotaktni diesel motori. Četiri takta koja su karakteristična za diesel motore su: usis, kompresija, ekspanzija i ispuh. U taktu usisa klip se kreće od vanjske prema unutarnjoj mrtvoj točki, a tlak u cilindru je 0,7 – 0,85 bara. U taktu kompresije se komprimira zrak pod tlakom 30 – 65 bara, a temperatura je 700 – 900 °C (klip se kreće od

unutarnje prema vanjskoj mrtvoj točki). U taktu ekspanzije goriva smjesa izgara, tlak je 65 – 90 bara, a temperatura je oko 1900 °C (klip biva poguran od vanjske prema unutrašnjoj mrtvoj točki). U taktu ispuha tlak iznosi 1,05 – 1,2 bara, a temperatura je 500 – 600 °C (klip se kreće od unutarnje prema vanjskoj mrtvoj točki). [18]



*Slika 2: Primjer teretnog vozila s diesel motorom*

Izvor: [16]

### 2.3. Elektromotor

Osnovni elementi za pogon električnog vozila su električni motor, električne pogonske baterije te upravljač motora. Ostali dijelovi električnog vozila su: analogno-digitalni pretvarač signala papučice gasa (informacija željene brzine od stane vozača vozila), sklopnik, osigurač ili prekidač, istosmjerni pretvarač napona za pogon uobičajeno ugrađenih trošila vozila na naponskoj razini 24 V (svjetla, pokazivači smjera, brisači, zvučni signal, radio uređaj i slično), mjerni instrumenti za upravljanje vozila (pokazivač preostalog kapaciteta baterija, napon, struja, snaga, brzina), punjač

baterija. Ostali dijelovi koje vozilo na električni pogon mora sadržavati su: kabeli pogonskog napona, kabeli pomoćnog napona 24 V, baterije pomoćnog napona 24 V, kabelaške stopice te kabelaški priključci.[45]

Najvažnija komponenta svakog električnog vozila je električni motor. Električni motor je električni stroj koji električnu energiju pretvara u mehaničku koristeći princip elektromagnetske indukcije. Motori konstrukcijski imaju dva namota (stator i rotor) od kojih je jedan uzbudni, a drugi radni ili armaturni namot. Postoje i konstrukcije gdje je uzbudni namot zamijenjen permanentnim magnetima. Osnovne vrste električnih motora prema izvoru napajanja mogu se podijeliti na istosmjerne motore (DC), izmjenične motore (AC) i koračne elektromotore. Prednosti asinkronih (AC) elektromotora u odnosu na istosmjerne (po jedinici snage) su prikazani u tablici:

*Tablica 1: Usporedba istosmjernih i izmjeničnih motora*

Istosmjerni motori- DC	Izmjenični motori- AC
Manja masa, manje dimenzije, manji moment inercije, manja cijena	Lakše i jednostavnije upravljanje
Veća brzina vrtnje, veći stupanj korisnog djelovanja (0,95-0,97)	Manja brzina vrtnje, manji stupanj korisnog djelovanja-> 0,85-0,89
Jednostavno i jeftino održavanje	Skuplje i složenije održavanje
Pouzdanije u eksploataciji	Manje pouzdan, osjetljiv u eksploataciji

Izvor: [10]

Iz tablice 1. je vidljivo da istosmjerni motori imaju bolje karakteristike u odnosu na izmjenične motore. Vidljivo je da im je prednost u manja masa, manje dimenzije, manji moment inercije, manja cijena, veća brzina vrtnje, veći stupanj korisnog djelovanja (0,95-0,97 u odnosu na 0,85-0,89), jednostavno i jeftino održavanje. Jedina prednost istosmjernih elektromotora u odnosu na asinkrone je lakše i jeftinije upravljanje.[45]

Tehnologija konstantno napreduje, a svijest o važnosti očuvanja okoliša je sve veća. Ovi faktori doprinose rastu potražnje i posljedično razvoju električnih automobila, kamiona i tegljača. Glavni cilj je razviti baterije koja ima dovoljno velik i prihvatljiv domet za sve vrste vozila, a ujedno da je cijena u nekim ekonomski prihvatljivim razredima. Stoga se može zaključiti kako su električni automobili, kamioni i tegljači budućnost.



*Slika 3: Primjer električnog teretnog vozila*

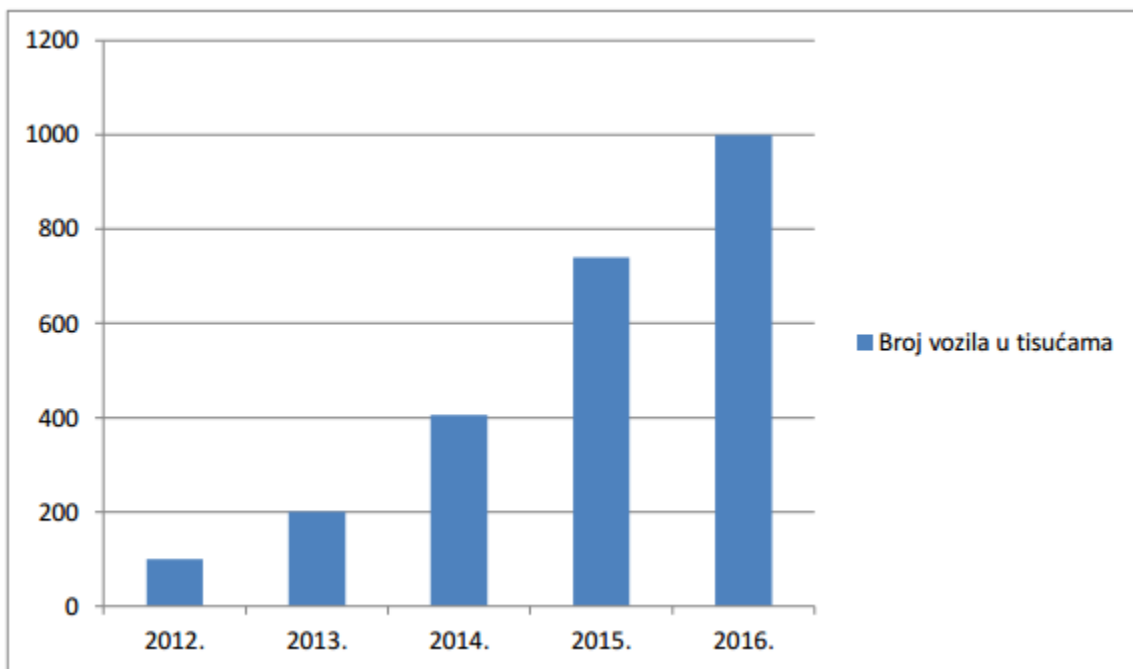
Izvor: [11]

#### 2.4. Hibridni motori

Hibridna vozila su ona kod kojih se dodavanjem elektromotora i baterija skromnog kapaciteta dio kinetičke energije otpadne preko sustava rekuperativnog kočenja i vraća natrag u pogonski sustav te povećava iskoristivost inače konvencionalnog pogona. Ugrađene baterije se ne mogu puniti iz vanjskog izvora, odnosno električne mreže. Kod nekih vrsta kao što su plug-in hibridna vozila motor s unutrašnjim izgaranjem se koristi kao generator električne energije, koja tada pokreće električni motor. Hibridna vozila su više isplativa za vožnju na kraćim udaljenostima što je vrlo korisno u svakodnevnoj vožnji gradom. Za duža putovanja najveću ulogu ipak i dalje ima motor s unutarnjim izgaranjem. [5] U razvoju kamiona u budućnosti dizel-električnog pogona tegljača koji, po njihovom mišljenju, predstavlja jedino razumno rješenje u ovom trenutku. Radi se o paralelnom hibridnom pogonskom sustavu kod kojeg je dizel motor glavno sredstvo za pogon vozila dok

električni dio pogona služi kao pomoć koristeći energiju koja se akumulira rekuperacijom, odnosno prilikom usporavanja vozila.

Broj hibridnih vozila ima tendenciju rasta. Svake godine bilježi se značajno povećanje udjela hibridnih vozila u odnosu na vozila s motorom sa unutarnjim izgaranjem. Zaključuje se kako se sve više prepoznaje potencijal hibridnih vozila te ekološka osvještenost korisnika. Svake godine broj hibridnih motornih teretnih vozila povećava se u prosjeku za oko 40%.



Slika 4: Broj hibridnih vozila u svijetu od 2012. do 2016. Godine

Izvor: [46]

Dobre strane hibridnog pogona su znatno smanjenje potrošnje goriva i to za 50%, te kao izravna posljedica, znatno smanjenje zagađenja. Jedan od glavnih nedostataka hibridnog pogona je taj, iako u smanjenoj mjeri, da i dalje troši fosilna goriva čija će zaliha posve nestati. Drugi veliki nedostatak je mala efikasnost energetske pretvorbe. Ciklus pretvorbe energije sastoji se od pretvorbe kinetičke energije u električnu pa onda u kemijsku te zatim obrnutim redoslijedom. Čitav taj ciklus, u kojem se energija pretvara u generatorima i u akumulatoru, nudi efikasnost manju od 40%. To

podrazumijeva da više od 60% energije izgubimo prilikom pretvorbe, i to više nego kod konvencionalnih pogona. Također, problem ovakvih pogona je povećana količina otpada nakon iskorištenja vozila u odnosu na konvencionalne pogone, zbog složenije opreme.

Iako ovakvi pogoni imaju određene nedostatke, postoji perspektiva njihove veće primjene u komercijalne svrhe. To se ponajprije odnosi na instaliranje solarnih ploča (ćelija) na sama vozila. Goriva ćelija proizvodi električnu energiju kombiniranjem vodika i kisika u kemijskoj reakciji. Radi se o vrsti minijaturne elektrane. Budući da ćelija goriva direktno proizvodi električnu energiju, bez sagorijevanja vodika, čista je i vrlo učinkovita. Teoretski, ako ćelija goriva može pretvoriti 83% energije vodika u električnu energiju, može se očekivati velika učinkovitost u usporedbi s maksimalno 30% do 40% mogućih kod benzinskih motora. Nadalje, u osnovi, ćelija goriva ne proizvodi CO<sub>2</sub> ili štetne plinove; njen jedini nusprodukt je voda. Te bi ploče polako punile baterije automobila, ako je to praktičnije nego priključenje automobila u struju. Već postoji prototip automobila sa solarnim pločama. To je 41 Toyotin hibrid Prius koji ima instalirane solarne ploče na krovu. Solarna energija prikupljena solarnim pločama koristi se kao izvor energije za klima-uređaj ili se može sakupljati u pomoćnoj bateriji koja onda omogućuje veći radijus kretanja automobila. [6]

Održavanje i eksploatacija hibridnih vozila podrazumijeva obavljanje svih radnji koje su potrebne pri održavanju motora s unutarnjim izgaranjem (zamjene ulja, remenja, svjećica, filtera ...), ali i održavanje akumulatora. Hibridna, a pogotovu električna vozila, zahvaljujući mogućnosti regenerativnog kočenja značajno smanjuju opterećenje kočnica tako da se troškovi i aktivnosti u vezi s njihovim održavanjem drastično smanjuju. Na električna vozila poslije prijeđenih 85.000 km istrošenost kočnih obloga iznosila svega 30%. To znači da bi originalne obloge mogle trajati i preko 280.000 km što se izjednačava sa životnim vijekom vozila.

Ušteda se ostvaruje i na temelju toga što nema mehaničkih prijenosnika koja su podložna otkazivanju i koji je neophodno održavati. Uzimajući u obzir i to da su same električne komponente koji se koriste za hibride i električna vozila izuzetno jednostavne i da se na njima troše jedino ležajevi, ukupan dojam je da su ova vozila neusporedivo povoljnija za održavanje od klasičnih vozila. Zbog slabe edukacije ljudi o hibridnim vozilima postoje različita uvjerenja što se tiče teme održavanja hibridnih vozila. S jedne strane, hibridna vozila se gledaju kao samo još jedno vozilo, samo s više računala i više tehnologije kojem su potrebne klasična održavanja kao i kod ostalih



tipova benzinskih i dizelskih motora. S druge strane, neki serviseri osjećaju nelagodu od hibrida, jer je potrebna veća edukacija za popravke i servisiranje hibridnih vozila. [7]

Glavna prednosti klasičnog i plug-in hibridnog sustava su električno kočenje motorom koje je vrlo učinkovito, te se tako produkuje vijek trajanja klasičnim kočnicama, vozilo prilikom stajanja dužim od 10-ak sekundi automatski isključuje dizelski motor pomoću start-stop tehnologije čime se smanjuje zagađenje okoliša i nivo buke, a motor se prilikom pokretanja automatski pokreće čime se smanjuje i potrošnja goriva. Ovakva vozila su „startnija“ i imaju bolje ubrzanje od dizelskih vozila zbog kombinacije dva motora od kojih električni generator trenutačno postiže maksimalnu snagu. Ušteda koja se ostvaruje iznosi oko 30% manje potrošenog goriva. Plug-in hibridna vozila imaju ugrađenu bateriju koja se nadopunjava regenerativnim kočenjem ili putem stanica za punjenje. Ovakva vozila mogu se kretati isključivo na električni pogon pri manjim brzinama te tako ostvaruju nultu emisiju štetnih ispušnih plinova, ne troše gorivo i nisu bučna. Ovaj sustav donosi do 75% manju potrošnju goriva u odnosu na klasični dizelski motor.

Nemogućnost održavanja brzine jedan je od nedostataka u većini modela, ali također i vijek trajanja baterije te inicijalna cijena vozila. Visoka cijena baterija koja značajno utječe na cijenu hibridnih vozila jedan je od najvećih nedostataka. Hibridni sustav vozilu povećava masu te ponekad smanjuje korisni kapacitet za prijevoz ljudi ili tereta. Također dizelski motor koji se uključuje zagađuje okoliš te troši gorivo. Ovakva vozila zahtijevaju specijalno i redovito održavanje koje također ima visku cijenu. Plug-in hibridna vozila imaju relativno mali doseg isključivo na električni pogon koji iznosi oko 10-ak kilometara, ovisno o uvjetima eksploatacije, a nakon što se baterije isprazne ponovo se uključuje klasični dizelski motor.



*Slika 5: Primjer hibridnog teretnog vozila*

Izvor: [12]

## 2.5. Dimenzije i nosivost vozila

Iako se cestovni prijevoz smatra nepogodnim i neekonomičnim za prijevoz teškog i glomaznog tereta, ono se može prevoziti pod određenim zakonom propisanim uvjetima.

Najveća dopuštena masa vozila i ukupna masa motornih vozila, priključnog vozila ili skupa vozila, osovinsko opterećenje vozila u stanju mirovanja na vodoravnoj podlozi su prikazani u sljedećoj podijeli:

### 1. Motornih vozila

*Tablica 2: Vozila koja su dio skupa vozila*

Jednoosovinska prikolica	10t
Dvoosovinska prikolica	18t
Troosovinska prikolica	24t

Izvor: Autor prema podacima u tekstu [14]

## 2. Skup vozila

### a) Skup vozila s 5 ili 6 osovina:

- dvoosovinsko motorno vozilo s troosovinskom prikolicom 40 tona,
- troosovinsko motorno vozilo s dvo ili troosovinskom prikolicom 40 tona.

### b) Tegljač s poluprikolicom s ukupno 5 ili 6 osovina:

- dvoosovinski tegljač s troosovinskom poluprikolicom 40 tona,
- troosovinski tegljač s dvo ili troosovinskom poluprikolicom 40 tona,
- troosovinski tegljač s dvo ili troosovinskom poluprikolicom kada prevozi 40-stopni
- ISO kontejner kao kombiniranu prijevoznu operaciju (jedinicu) 44 tona.

### c) Skup vozila s četiri osovine koji se sastoji od dvoosovinskog motornog vozila i dvoosovinske prikolice 36 tona

### d) Tegljač s poluprikolicom s ukupno 4 osovine, pri čemu su i tegljač i poluprikolica dvoosovinski, a za slučaj da je razmak između osovina poluprikolice:

- od 1,30 m do 1,80 m 36 tona,
- veći od 1,80 m 36 tona. (Odnosno 38 tona ako je razmak između osovina prikolice i pogonske osovine tegljača, opremljene dvostrukim gumama i zračnim ogibljem, veći od 1,80 m).

## 3. Motorna vozila

- Dvoosovinsko motorno vozilo 18 tona,
- Troosovinsko motorno vozilo 25 tona ( odnosno 26 tone ako je pogonska osovina opremljena dvostrukim gumama i zračnim ogibljenjem koje se priznaje kao ekvivalentno unutar EU),
- Četveroosovinsko motorno vozilo 31 tona (odnosno 32 tone ako je pogonska osovina opremljena dvostrukim gumama i zračnim ogibljenjem koje se priznaje kao ekvivalentno unutar EU). [14]

Iako je dimenzijama najduže cestovno vozilo limuzina dizajnirana od strane Jay Ohrberga iz SAD-a dužine 30,5m, u Hrvatskoj je duljina cestovnog vozila dopuštenog za kretanje prometnicama ograničena tako da su kamioni dugi 12 metara dok su tegljači s poluprikolicama dugi 16,5 metara. [45], [14]

*Tablica 3: Prikaz zakonom dopuštenih dimenzija u nekim zemljama EU i Republici Hrvatskoj*

<b>Država</b>	<b>Dužina(m)<sup>1</sup></b>	<b>Širina(m<sup>2</sup>)<sup>2</sup></b>	<b>Visina(m)</b>	<b>Masa(t)</b>
EU standard	16,50/18,75	2,55(2,60)	4,00	40/44
Švedska-Sweden	24/25.25 <sup>3</sup>	260/2,55(2,60) <sup>3</sup>	4,50 <sup>4</sup>	60
Finska-Finland	22/25.25 <sup>3</sup>	260/2,55(2,60) <sup>3</sup>	4,20	60
Danska-Denmark	16,50/18,75	2,55(2,60)	4,00	48
Nizozemska-Netherlands	16,50/18,75	2,55(2,60)	4,00	50
Italija-Italy	16,50/18,75	2,55(2,60)	4,00	44
Luksemburg-Luxemburg	16,50/18,75	2,55(2,60)	4,00	44
Belgija-Belgium	16,50/18,75	2,55(2,60)	4,00	44
Češka-Czech Republic	16,50/18,75	2,55(2,60)	4,00	48
Francuska-France	16,50/18,75	2,55(2,60)	Nema ograničenja	40/44
Irska-Ireland	16,50/18,75	2,55(2,60)	4,25	40/44
Velika Britanija-Great Britain	16,50/18,75	2,55(2,60)	Nema ograničenja	44
Norveška-Norway	17/18.50	2,55(2,60)	Nema ograničenja	50
<b>Hrvatska-Croatia</b>	<b>16,50/18,75</b>	<b>2,55(2,60)</b>	<b>4,00</b>	<b>40/44</b>

Izvor: [13]

<sup>1</sup> Kamion s poluprikolicom/Kamion s prikolicom

<sup>2</sup> Brojevi u zagradama predstavljaju dimenzije vozila s hladnjačom debljine stijenke 45mm

<sup>3</sup> Kombinacija vozila po EMS-u

<sup>4</sup> U Švedskoj ne postoji ograničenje visine, ali prepreke niže od 4,5m moraju biti označene znakovima.

Tegljač kao vozilo nije predviđen za prijevoz tereta, barem ne u doslovnom smislu, već je njegova uloga isključivo da vuče poluprikolice kao priključna vozila. Konstrukcijska posebnost tegljača je zglobni spoj za poluprikolicu, tzv. sedlo. Naime, poluprikolice se povezuju s vučnim vozilom poput prikolica sa čvrstom rudom. (bez upravljive osovine), ali poluprikolica nalijezanjem na sedlo istovremeno prenosi dio svog opterećenja na vučno vozilo. Tegljač se, sam po sebi, ne može svrstati u navedene kategorije teretnih vozila, već se u smislu najveće dopuštene mase i dimenzija promatra isključivo kroz skup vozila.

Širina vozila je ograničena na 2.55 metara osim hladnjača sa stjenkom debljine najmanje 45 mm koja je ograničena na 2,60 metara. Dok je najveća visina 4,00 metara. Maksimalna osovinska opterećenja vozila u stanju mirovanja na vodoravnoj podlozi su od 10 tona pa sve do 40 tona. [8] [14]

Osovinsko opterećenje vozila odnosno skupa vozila u stanju mirovanja na vodoravnoj podlozi ne smije prelaziti:

#### 1. Jednostruke osovine

1.1. jednostruka slobodna osovina 100 kN

1.2. jednostruka pogonska osovina 115 kN

#### 2. Dvostruke osovine prikolica i poluprikolica

Zbroj opterećenja osovina dvostruke osovine ne smije prijeći, ako je razmak (d) između osovina:

2.1. manji od 1 m (d 1,0 m) 110 kN

2.2. od 1,0 m do manje od 1,3 m ( $1,0 \text{ m} < d < 1,3 \text{ m}$ ) 160 kN

2.3. od 1,3 m do manje od 1,8 m ( $1,3 \text{ m} < d < 1,8 \text{ m}$ ) 180 kN

#### 3. Trostruke osovine prikolica i poluprikolica

Zbroj opterećenja trostruke osovine ne smije prijeći, ako je razmak (d) između susjednih osovina :

3.1. do 1,3 m ( $d \leq 1,3$  m) 210 kN

3.2. veći od 1,3 m do 1,4 m ( $1,3$  m  $< d \leq 1,4$  m) 240 kN

3.3. veći od 1,4 m do 1,8 m ( $1,4$  m  $< d \leq 1,8$  m) 270 kN

#### 4. Višestruke osovine prikolica i poluprikolica

Osovinsko opterećenje svake pojedine osovine kod višestrukih osovina ne smije prijeći, ako je razmak ( $d$ ) između osovina:

4.1. manji od 1,0 m ( $d < 1,0$  m) 60 kN

4.2. od 1,0 m do 1,3 m ( $1,0$  m  $\leq d < 1,3$  m) 70 kN

4.3. od 1,3 m do 1,4 m ( $1,3$  m  $\leq d < 1,4$  m) 80 kN

4.4. od 1,4 m do 1,8 m ( $1,4$  m  $\leq d < 1,8$  m) 90 kN

#### 5. Dvostruke osovine motornih vozila

Zbroj opterećenja osovina po dvostrukoj osovini ne smije prijeći, ako je razmak ( $d$ ) između osovina:

5.1. manji od 1,0 m ( $d < 1,0$  m) 115 kN

5.2. od 1,0 do manje od 1,3 m ( $1,0$  m  $\leq d < 1,3$  m) 160 kN

5.3. od 1,3 m do manje od 1,8 m ( $1,3$  m  $\leq d < 1,8$  m) 180 kN\*

\*Odnosno 190 kN ako je pogonska osovina opremljena duplim gumama i zračnim ogibljenjem koje se priznaje kao ekvivalentno unutar EU.

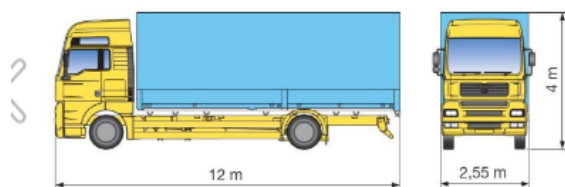
Prema Pravilniku o tehničkim uvjetima vozila u prometu na cestama definicije raznovrsnih pojmova osovina ako s „ $d$ “ označimo njihov međusobni razmak:

1. Pod „jednostrukom osovinom“ podrazumijeva se svaka osovina koja je od susjedne osovine udaljena 1,8 ili više ( $d = 1,8$  m),

2. Pod „dvostrukom osovinom“ podrazumijevaju se dvije osovine ako im je međusobni razmak manji od 1,8 m ( $d < 1,8$  m),
3. Pod „trostrukom osovinom“ podrazumijevaju se tri osovine ako je razmak susjednih osovina manji od 1,8 m ( $d < 1,8$  m),
4. Pod „višestrukom osovinom“ podrazumijevaju se četiri i više osovina ako je razmak susjednih osovina manji od 1,8 m ( $d < 1,8$  m).

### Najveće propisane dimenzije vozila

TERETNO MOTORNO VOZILO (BEZ OBZIRA NA OBLIK KAROSERIJE)



Tolerancije:

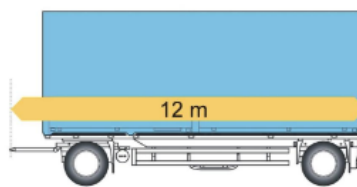
- duljina 12.000 mm + 0,5% = 12.060 mm
- širina: 2.550 mm + 1% = 2.576 mm
- širina debelostjene\* hladnjače: 2.600 mm + 1% = 2.626 mm
- visina: 4.000 mm + 50 mm = 4.050 mm

\* debelostjena hladnjača = debljina stijenke hladnjače > 45 mm



### Najveće propisane dimenzije vozila

PRIKLJUČNO VOZILO - PRIKOLICA



Tolerancije:

- duljina 12.000 mm + 0,5% = 12.060 mm



Slika 6: Dimenzije teretnog vozila

Izvor: [15]

## 2.6. Eksploatacijske značajke cestovnih prijevoznih sredstava u teretnom prometu

Eksploatacijske značajke teretnih cestovnih prijevoznih sredstava su:

### 1. Kompaktnost transportnih sredstava

Pod kompaktnošću prijevoznih sredstava podrazumijeva se koeficijent  $\eta_k$  koji se dobije dijeljenjem nazivne nosivosti ( $q_n$ ) s površinom teretnog prijevoznog sredstva (vanjski gabariti).

Formula za kompaktnost transportnih sredstava je: [4]

$$\eta_k = \frac{q_n}{LB} \text{ (t/m}^2\text{)}$$

Gdje je:

$q_n$  – teorijska nosivost (nazivna nosivost) (kg),

$L$  – duljina vozila (vanjski gabariti),

$B$  – širina vozila (vanjski gabariti).

## 2. Odnos vlastite mase i korisne nosivosti vozila

Iskorištenje mase prijevoznog sredstva mjeri se koeficijentom koji se dobije dijeljenjem vlastite mase vozila ( $MGv$ ) s nazivnom nosivošću ( $q_n$ ). Formula za odnos vlastite mase i korisne nosivosti vozila glasi: [4]

$$\eta_M = \frac{MGv}{q_n}$$

Gdje je:

$M$  – masa prijevoznog sredstva bez pogonskih dodataka (gorivo, ulje, voda),

$MGv$  – masa prijevoznog sredstva bez opterećenja, spremnog za vožnju (kg),

$q_n$  – teorijska nosivost (nazivna nosivost) (kg).

## 3. Specifična snaga transportnog sredstva

Specifična snaga transportnog sredstva ( $N_s$ ) predstavlja omjer efektivne snage motora ( $N_e$ ) i bruto mase vozila ( $Q_b$ ). Računa se prema sljedećoj formuli: [4]

$$N_s = \frac{N_e}{Q_b} \text{ (kW/t)}$$

Gdje je:



Ne – efektivna snaga motora (kW),

Qb – bruto masa vozila (t).

#### 4. Specifična volumenska nosivost

Specifična volumenska nosivost je količnik koji se dobije dijeljenjem korisne nosivosti ( $q_n$ ) i volumena prostora namijenjenoga prijevozu tereta. Formula za specifičnu volumensku nosivost je: [4]

$$MQv = \frac{q_n}{l b h} \text{ (t/m}^3\text{)}$$

Gdje je:

l – duljina prostora koji je namijenjen smještaju terete,

b – širina prostora koji je namijenjen smještaju terete,

h – visina prostora koji je namijenjen smještaju tereta.,

$q_n$  – teorijska nosivost (nazivna nosivost) (kg).

Ukoliko se radi prijevoz rasutog tereta gdje je moguće ispadanje tereta iz sanduka, nemoguće je računati s teorijskim volumenom. U tom slučaju se specifična volumenska nosivost računa sa smanjenim volumenom gdje je osigurano zadržavanje tereta u sanduku (ne računa se sa h nego sa  $h - x$  gdje je x zaštitna visina). [4]

#### 5. Koeficijent iskorištenja transportnog volumena

Koeficijent iskorištenja transportnog volumena se dobije dijeljenjem iskorištenog volumena natovarenog prijevoznog sredstva sa nazivnom nosivošću. Formula za koeficijent iskorištenja transportnog volumena glasi: [4]

$$\gamma_v = \frac{V * \eta v * \rho}{q_n}$$

Gdje je:

$V$  – volumen prostora koji je namijenjen smještaju tereta ( $m^3$ ),

$\eta_v$  – koeficijent iskorištenja volumena prostora koji je namijenjen smještaju terete,

$\rho$  – zapreminska masa terete,

$q_n$  – nazivna nosivost prijevoznog tereta (t).

#### 6. Specifična površinska nosivost transportnog sredstva

Spoznaje se dijeljenjem korisne nosivosti i korisne površine sanduka – prostora za smještaj tereta. Formula za specifičnu površinsku nosivost transportnog sredstva glasi: [4]

$$Mq = \frac{q_n}{l * b} \text{ (t/m}^2\text{)}$$

Gdje je:

$l$  – duljina prostora koji je namijenjen smještaju terete,

$b$  – širina prostora koji je namijenjen smještaju predmeta prijevoza,

$q_n$  – teorijska nosivost (nazivna nosivost) (kg).

#### 7. Iskorištenje gabaritne površine transportnog sredstva

Iskorištenje gabaritne površine vozila mjerimo koeficijentom iskorištenja gabaritne površine koji se dobije dijeljenjem korisne površine namijenjene smještaju predmeta prijevoza s gabaritnom površinom vozila. Formula za iskorištenje gabaritne površine transportnog sredstva glasi:[4]

$$\eta_p = \frac{l * b}{L * B}$$

Gdje je:

l – duljina prostora koji je namijenjen smještaju terete,

b – širina prostora koji je namijenjen smještaju predmeta prijevoza,

L – duljina vozila (vanjski gabariti),

B – širina vozila (vanjski gabariti).

#### 8. Nazivna nosivost vozila

Nazivna nosivost (odnosno nazivni kapacitet ukoliko se radi o teretnim vozilima koja su namijenjena prijevozu putnika) je maksimalna količina tereta (u tonama ili broju putnika) koju je prijevozno sredstvo u mogućnosti prevesti s obzirom na svoje tehničke značajke. To je osnovni podatak o nekom teretnom prijevoznom sredstvu, a prije svega je uvjetovan konstrukcijskim značajkama tog vozila. [4]

### 3. TEHNIČKE ZNAČAJKE PNEUMATIKA CESTOVNIH TERETNIH VOZILA

Pneumatik je jedan od tri glavna elementa aktivne sigurnosti vozila. Pneumatik je 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.



*Slika 7: Primjer različitih proizvođača teretnih pneumatika*

Izvor: [17]

#### 3.1. Naplatci kotača

Motorna vozila se kreću pomoću kotača. Kotači se sastoje od dva osnovna dijela, naplatka i pneumatika (felge i gume). Brzina vrtnje kotača određuje brzinu vozila. Naplatak kotača ili tzv.

Felga sastoji se od obruča i tanjura. Obruč je vanjski dio koji drži pneumatik, a tanjur unutarnji dio koji se veže s glavinom kotača. Tanjur ili zvijezda metalni je dio koji se vijcima pričvršćuje za prirubnicu glavine kotača. Tanjur može biti pločasti, rebrasti ili žičani, koji ima velike otvore za hlađenje diska ili bubnja za kočenje. [2]

### 3.1.1. Čelična i aluminijska felga

Felga se najčešće izrađuje od čeličnog lima ili aluminijske legure. Aluminijski i čelični naplatci ne razlikuju se samo po izgledu i cijeni. Njihova izdržljivost, preporučeni teren i utjecaj na potrošnju goriva bitni su čimbenici koji utječu na krajnji izbor.

Vjerujemo da znate kako su aluminijski naplatci ljepši i skuplji od čeličnih. No razlike ne staju na tome. Aluminijski naplatci su lakši stoga manje utječu na povećanje potrošnje goriva od čeličnih naplataka, no skloniji su oštećenjima. Velika prednost aluminijskih naplataka je ta što možete birati njihov izgled, jer se proizvode u raznim dizajnovima. Vozači kojima je izgled auta bitan, uvijek će radije izabrati aluminijske naplatke jer ih mogu prilagoditi i napraviti potpuno jedinstveni set. Oni se mogu polirati, obojati i imati kromirani fini. Čelični naplatci su izdržljiviji i lakši za održavanje, no dolaze u limitiranom rasponu stilova.

Zbog svoje izdržljivosti, preporučuju se u zimsko vrijeme, ali i za teretna vozila. Sol koja se posipa po zaleđenim cestama može nagristi aluminijske felge. Manja oštećenja se neće vidjeti na čeličnim naplacima jer ih završni premaz čuva. Ako se i oštete, lagano ih se može izravnati. Za osobe koje često voze po makadamu, preporučuju se čelični naplatci. Čelična felga je otpornija na udarce i oštećenja u odnosu na aluminijsku felgu. Međutim, prednost aluminijskih felgi je manja masa, što smanjuje neovješenu masu vibriranja. Aluminijske felge su oko tri puta lakše od čeličnih felgi. [18]



*Slika 8: Primjer aluminijske felge teretnog vozila*

Izvor: [19]

Prednost aluminijskog naplatka nad čeličnim:

- Uštedu na težini kamiona i povećanje težine prevožene robe
- Snagu jednodijelnog kovanog aluminijskog naplatka (naplatak je napravljen iz jednog dijela, fleksibilniji, otporniji i dugotrajniji)
- Smanjenu potrošnju goriva
- Manje grijanje naplatka, produženi vijek trajanja guma i kočnica
- 100% reciklirajuća, čime su vrlo ekološki prijateljske
- Briljantno dobar izgled.[19]

Mjere opreza tijekom promjene naplatka:

- Očistiti prijanjajuću površinu glavčine kotača i diska, ukloniti prljavštinu, oksidaciju i boju.
- Ne nanositi nikakvo sredstvo protiv hrđe, površinski premaz, mast, mazivo, ulje ili boju.
- Ako su prijanjajuće površine kotača teško korodirale, treba povući kotače iz uporabe
- Za matice na kotačima na glavčini nanjeti par kapi (rabljenog) motornog ulja što će smanjiti pojavu korozije između navoja

- Nakon 8km do 80km potrebno je provjeriti zateznu silu matice na svakom kotaču, ako ih je potrebno često zatezati način montiranja je neispravan te može dovesti do puknuća matica, usadnih vijaka ili širenja rupa za vijke.



*Slika 9: Promjena teretnog naplatka*

Izvor: [20]

### 3.1.2. Označavanje naplatka

Felge i pneumatici označavaju se u skladu s smjernicama europske organizacije proizvođača autoguma (ETRTO-European Tire and Rim Technical Organization) te ISO standardima (ISO/TC31), sukladno direktivi ECE br. 222/2009.

Primjer označavanja naplatka: 8J x 15 H2 ET28 LK4x100

8- širina felge (b) u inčima(colima)

J- visina roga felge(17,3 mm)

x- označava duboku felgu (ako je felga plitka, oznaka x izostavlja se)

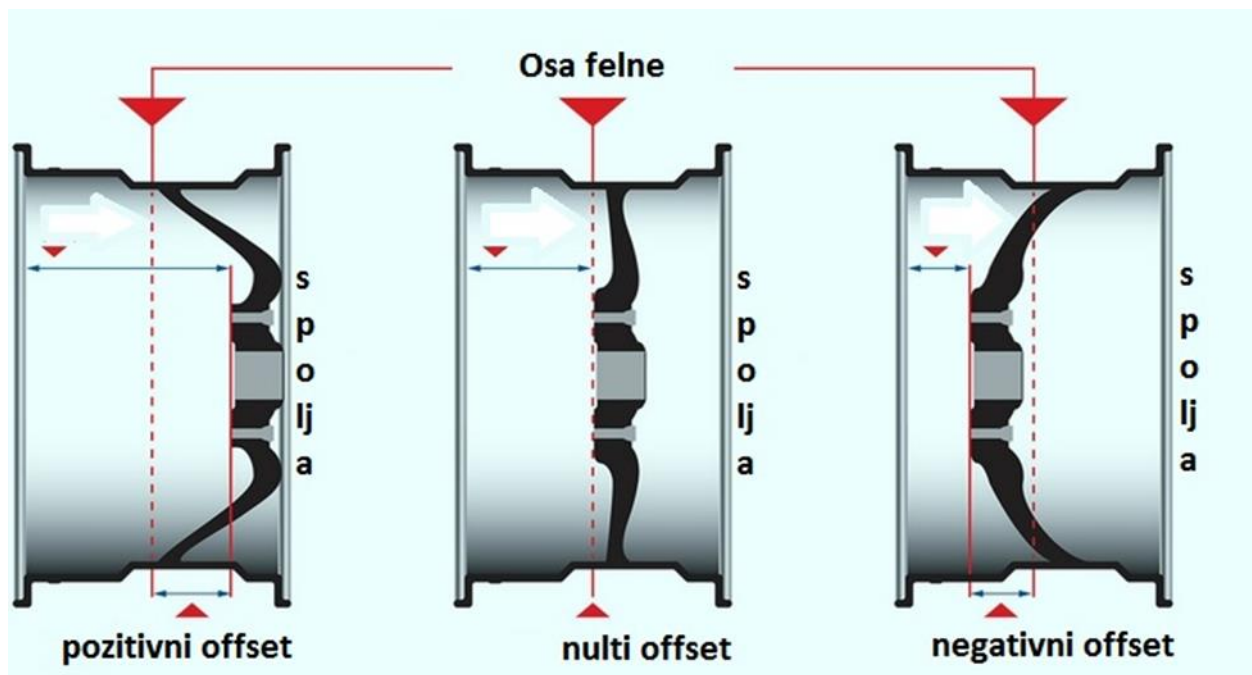
15- promer felge u colima(d)

H2- obostrano Hump uzvišenje felge(grba)

ET28- offset felge/dubina središta kotača do prirubnice +28mm

LK4x100- četiri provrta za vijke na promjeru 100mm.[19]

ET-offset felge / dubina tanjura od središta naplatka, može biti pozitivna, negativna ili jednaka nuli. Kod pozitivnog ET-a(+), unutarnja površina nalijeganja u odnosu na središte kotača, pomaknuta je prema vanjskoj strani kotača. Felga s pozitivnim ET smanjuje širinu traga kotača, ali povećava prostor za smještaj kočnica. Kod negativnog ET-a(-), unutarnja površina nalijeganja je pomaknuta prema unutarnjoj strani. Felga sa negativnim ET povećava širinu traga kotača.



Slika 10: Dubina ET offseta

Izvor: [21]

### 3.2. Opće značajke pneumatika

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

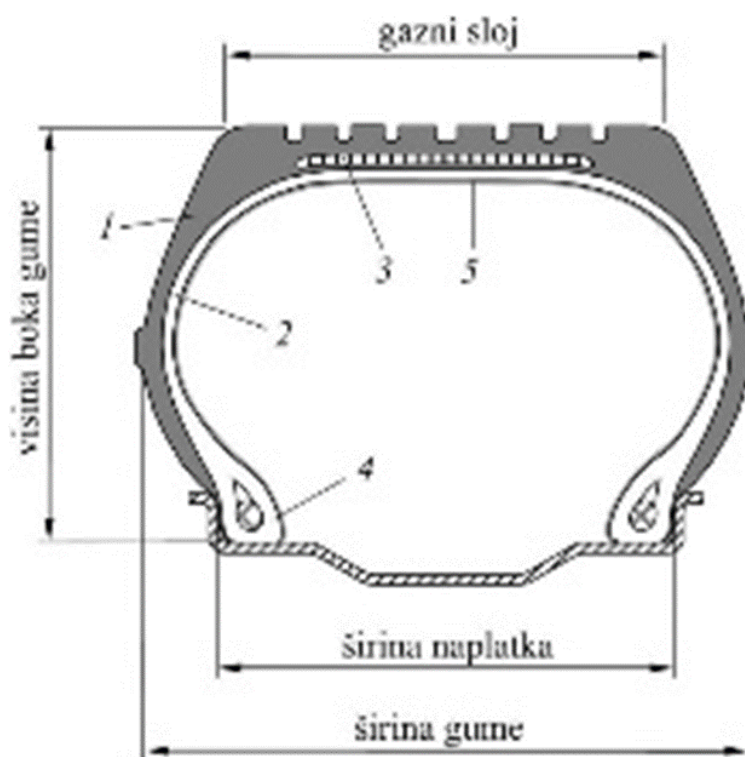


Funkcija automobilske gume je: održavanje vozila, apsorpiranje udaraca kolnika, prijenos kinetičke energije motora na kolnik i praćenje pravca kretanja vozila. Kriteriji koje ona mora ispuniti su: sigurnost na mokrim i suhim podlogama (pri velikim brzinama i kročenju), udobnost u pogledu upijanja neravnina i smanjene buke, ušteda goriva i trajnost.

### 3.2.1. 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.

Na slici 11 su prikazani osnovni dijelovi pneumatika. Broj 1 predstavlja vanjski sloj pneumatika, 2 karkasu, 3 pojas pneumatika, 4 stopu pneumatika i 5 kordu. [19]



Slika 11: Osnovni dijelovi pneumatika

Izvor: [22]

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.

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. [24]

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. [25]

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. [24]

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.

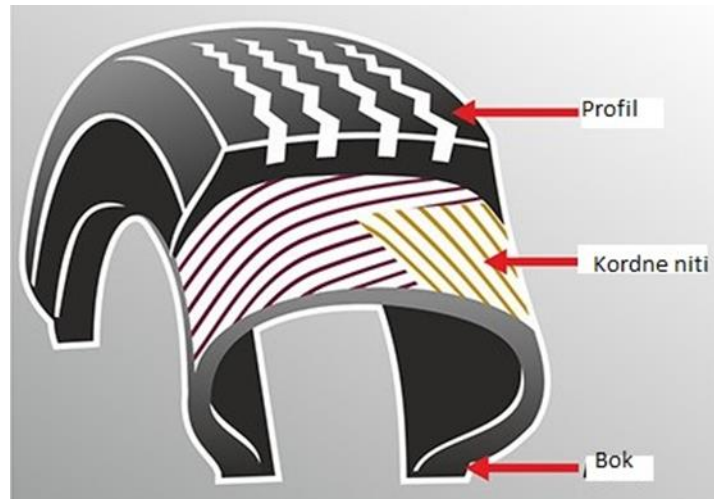
Zrak u gumi drži zračnica, zatvorena gumena cijev, u kojoj je nepropusno ugrađen povratni zračni ventil. Kroz taj ventil se pneumatik puni zrakom i taj ventil izbija kroz rupu u naplatku. Povratni ventil dopušta samo protok zraka u zračnicu, a suprotno ako se ventil otvori prilikom pritiska na iglu ventila.

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. [25]

### 3.2.2. 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 unutarnje trenje između slojeva karkase i generira se toplina, koja će se tijekom vremena nepovoljno odraziti na trajnost pneumatika.



*Slika 12: Prikaz dijagonalnog pneumatika*

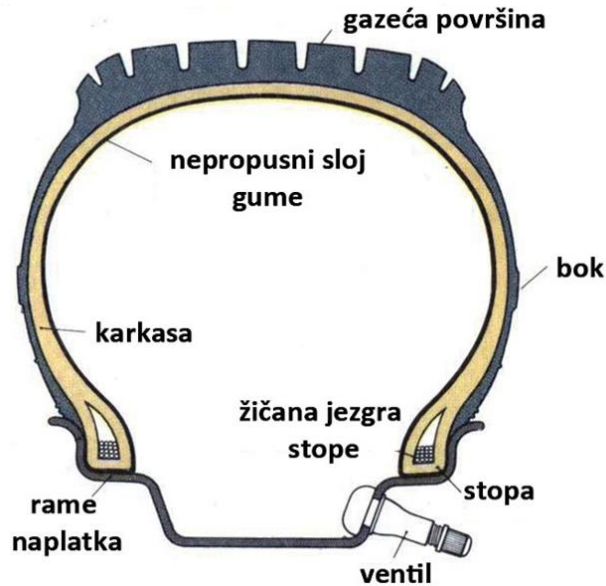
Izvor: [26]

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.[25]

### 3.2.3. Radijalni pneumatiki

Danas dominantan tip pneumatika su radijalni pneumatiki, 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 13: Poprečni presjek radijalnog pneumatika

Izvor: [24]

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 unutarnje 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.

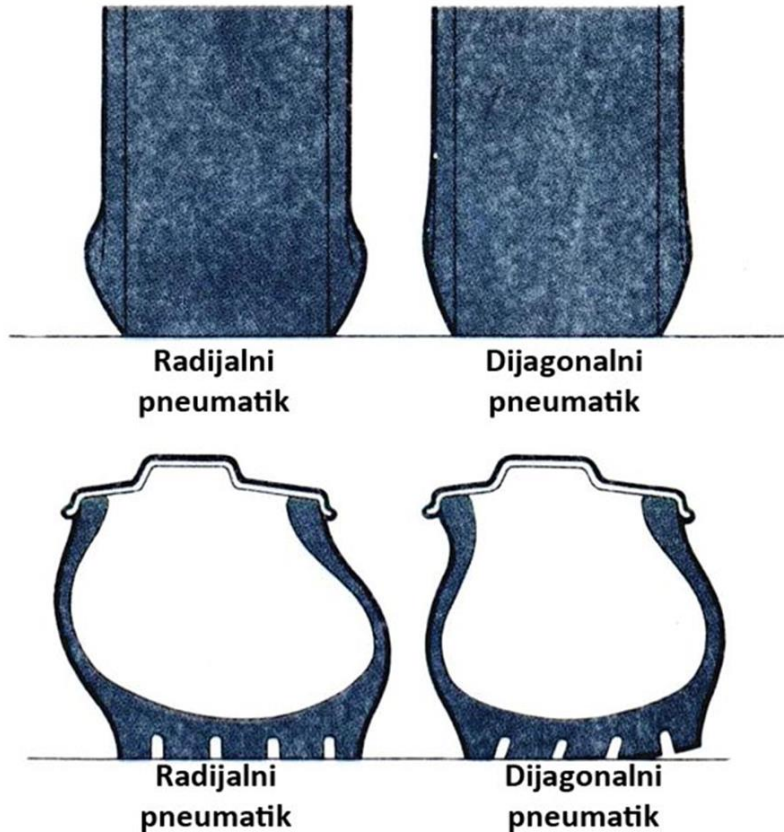
Zaustavni put prilikom kočenja na mokrom kolniku s radijalnim pneumaticima je kraći za oko 12 posto. Poprečne sile, koje vode kotač u zavoj su s radijalnim pneumaticima oko 15 posto veće. Jedini veći nedostatak radijalnih u odnosu na dijagonalne pneumatike se pokazuje prilikom kretanja po neravnom kolniku 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 osovini moraju biti sasvim jednaki pneumatici.



*Slika 14: Razlika u izgledu gledano od naprijed i razlike prilikom djelovanja bočne sile između radijalnih i dijagonalnih pneumatika*

Izvor: [24]

#### 3.2.4. Održavanje i skladištenje pneumatika

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 uloška 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 oštrih 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 oštrim 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. [27]

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 4: 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: [27]



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 kapicama
- 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 pneumatic

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.

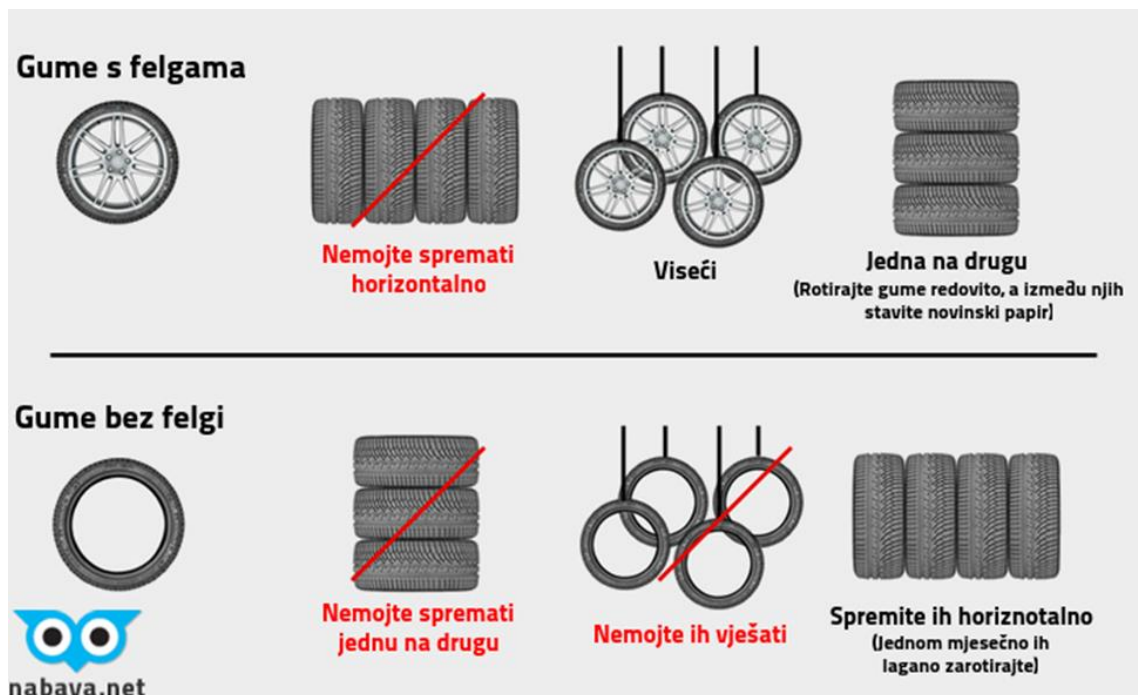
Niske temperature također nisu dobre jer povećavaju krtost pneumatika.

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.[27]



Slika 15: Pravilan način skladištenja pneumatika

Izvor: [28]

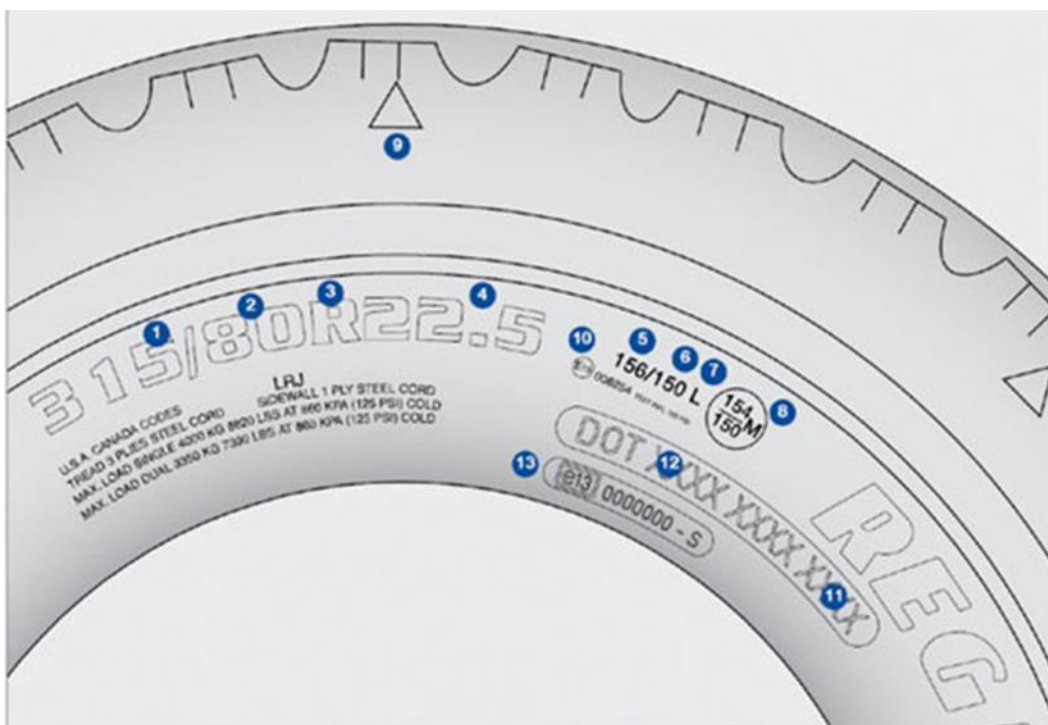
### 3.3. Oznake pneumatika teretnih vozila

Oznake na bočnom zidu gume teretnog vozila govore sve o toj gumi. Opisuju točnu veličinu gume, njezinu konstrukciju i granice izdržljivosti. Uglavnom je riječ o zakonskim informacijama koje moraju ispunjavati međunarodne zahtjeve.

U Europi su važni propisi ECE-R54, a sve gume za komercijalna vozila koja rade unutar raspona brzine od 80 - 130 km/h imaju oznaku „Servisni opis“ koja se nalazi blizu oznake veličine gume.

Gume Goodyear za prikolice proizvedene u Europi, Bliskom Istoku ili Africi imaju oznaku „FRT“ na bočnim zidovima. „FRT“ je skraćenica za „Free Rolling Tire“ (slobodno kotrljanje gume), a riječ je o zakonskoj oznaci sukladno propisu UNECE-a br. 54, koji navodi da je guma posebno izrađena i namijenjena kao oprema za osovine prikolica i osovine motornih vozila koje nisu osovine prednjeg upravljača ili sve pogonske osovine.

Stoga se navedene gume za prikolice s oznakom „FRT“ trebaju upotrebljavati samo na osovinama prikolica i ne smiju se postavljati na druge položaje za koje Goodyear ne jamči i ne smatra se odgovornim ni za kakvo potencijalno potraživanje odgovornosti koje uključuje FRT gume postavljene izvan okvira navedenih preporuka.



Slika 16: Oznake teretnog pneumatika

Izvor: [29]

Položaji glavnih oznaka guma su na slici 24., a to su :

1. Širina presjeka gume (mm ili inči)
2. Omjer širine i visine SH / SD Radijalna konstrukcija
3. (R=Radijalno)
4. Promjer naplatka (inči)
5. Indeks opterećenja (maks. opterećenje po gumi - jedna guma)
6. Indeks opterećenja (maks. opterećenje po gumi - dvostruke)

7. Maksimalna brzina
8. Alternativni indeksi opterećenja koji se upotrebljavaju kod alternativnih brzina
9. TWI - indikatori istrošenosti profila
10. ECE homologacijski broj
11. Kod za datum (tjedan, godina)
12. DOT proizvodni kod
13. Broj buke - pokazuje da je guma u skladu s propisima o buci ECE. [29]

Na svakoj gumi uočit ćemo niz različitih oznaka. Neke od njih su nam važne, poput točne dimenzije pneumatika te indeksa nosivosti i brzine na koju je guma testirana. Na bočnoj strani svake auto-gume zapisane su sve potrebne informacije od kojih je najvažnija oznaka dimenzije. Na primjeru gume za osobno/putničko vozilo, vidjet ćemo najjače istaknutu oznaku npr. 215/65 R 15 i to je dimenzija gume koju bismo u pravilu trebali znati. Ukoliko dimenziju gume ne znamo točno ili smo kupili rabljeno vozilo, svakako treba pogledati u knjižicu vozila gdje pišu originalno propisane dimenzije guma za svako vozilo što valja poštivati.

Danas svaka guma ima indeks istrošenosti profila i čim je guma na samo jednoj točki došla do oznake istrošenosti profila, gumu treba zamijeniti novom, zbog vlastite sigurnosti u prometu.

SPEED RATING	(KM/H)	(MPH)	SPEED RATING	(KM/H)	(MPH)	SPEED RATING	(KM/H)	(MPH)
A1	5	3	D	65	40	Q	160	100
A2	10	6	E	70	43	R	170	106
A3	15	9	F	80	50	S	180	112
A4	20	12	G	90	56	T	190	118
A5	25	16	J	100	62	U	200	124
A6	30	19	K	110	68	H	210	130
A7	35	22	L	120	75	V	240	149
A8	40	25	M	130	81	W	270	168
B	50	31	N	140	87	Y	300	186
C	60	37	P	150	94	(Y)	300+	186+

Slika 17: Index brzine pneumatika

Izvor: [30]

Nosivost se može definirati kao brojčana oznaka najvećega opterećenja koje guma može podnijeti kod maksimalne brzine (koja je određena simbolom brzine) i normalnom pritisku gume. Ispod je predstavljena tablica(slika 18) u kojoj su navedena odgovarajuća maksimalna opterećenja u kilogramima.

Indeks nosivosti (IN) i najveće dopušteno opterećenje (kg)													
IN	kg	IN	kg	IN	kg	IN	kg	IN	kg	IN	kg	IN	kg
0	45	40	140	80	450	120	1 400	160	4 500	200	14 000	240	45 000
1	46.2	41	145	81	462	121	1 450	161	4 625	201	14 500	241	46 250
2	47.5	42	150	82	475	122	1 500	162	4 750	202	15 000	242	47 500
3	48.7	43	155	83	487	123	1 550	163	4 875	203	15 500	243	48 750
4	50	44	160	84	500	124	1 600	164	5 000	204	16 000	244	50 000
5	51.5	45	165	85	515	125	1 650	165	5 150	205	16 500	245	51 500
6	53	46	170	86	530	126	1 700	166	5 300	206	17 000	246	53 000
7	54.5	47	175	87	545	127	1 750	167	5 450	207	17 500	247	54 500
8	56	48	180	88	560	128	1 800	168	5 600	208	18 000	248	56 000
9	58	49	185	89	580	129	1 850	169	5 800	209	18 500	249	58 000
10	60	50	190	90	600	130	1 900	170	6 000	210	19 000	250	60 000
11	61.5	51	195	91	615	131	1 950	171	6 150	211	19 500	251	61 500
12	63	52	200	92	630	132	2 000	172	6 300	212	20 000	252	63 000
13	65	53	206	93	650	133	2 060	173	6 500	213	20 600	253	65 000
14	67	54	212	94	670	134	2 120	174	6 700	214	21 200	254	67 000
15	69	55	218	95	690	135	2 180	175	6 900	215	21 800	255	69 000
16	71	56	224	96	710	136	2 240	176	7 100	216	22 400	256	71 000
17	73	57	230	97	730	137	2 300	177	7 300	217	23 000	257	73 000
18	75	58	236	98	750	138	2 360	178	7 500	218	23 600	258	75 000
19	77.5	59	243	99	775	139	2 430	179	7 750	219	24 300	259	77 500
20	80	60	250	100	800	140	2 500	180	8 000	220	25 000	260	80 000
21	82.5	61	257	101	825	141	2 575	181	8 250	221	25 750	261	82 500
22	85	62	265	102	850	142	2 650	182	8 500	222	26 500	262	85 000
23	87.5	63	272	103	875	143	2 725	183	8 750	223	27 250	263	87 500
24	90	64	280	104	900	144	2 800	184	9 000	224	28 000	264	90 000
25	92.5	65	290	105	925	145	2 900	185	9 250	225	29 000	265	92 500
26	95	66	300	106	950	146	3 000	186	9 500	226	30 000	266	95 000
27	97.5	67	307	107	975	147	3 075	187	9 750	227	30 750	267	97 500
28	100	68	315	108	1 000	148	3 150	188	10 000	228	31 500	268	100 000
29	103	69	325	109	1 030	149	3 250	189	10 300	229	32 500	269	103 000
30	106	70	335	110	1 060	150	3 350	190	10 600	230	33 500	270	106 000
31	109	71	345	111	1 090	151	3 450	191	10 900	231	34 500	271	109 000
32	112	72	355	112	1 120	152	3 550	192	11 200	232	35 500	272	112 000
33	115	73	365	113	1 150	153	3 650	193	11 500	233	36 500	273	115 000
34	118	74	375	114	1 180	154	3 750	194	11 800	234	37 500	274	118 000
35	121	75	387	115	1 215	155	3 875	195	12 150	235	38 500	275	121 500
36	125	76	400	116	1 250	156	4 000	196	12 500	236	40 000	276	125 000
37	128	77	412	117	1 285	157	4 125	197	12 850	237	41 250	277	128 500
38	132	78	425	118	1 320	158	4 250	198	13 200	238	42 500	278	132 000
39	136	79	437	119	1 360	159	4 375	199	13 600	239	43 750	279	136 000

Slika 18: Indeks svih nosivosti pneumatika

Izvor: [31]

Treba biti svjestan da opterećenja vrijede za maksimalnu brzinu od 210 km / h za gume s oznakom V, 240 km / h za gume koje nose oznaku W i 270 km / h za gume sa oznakom Y. Naravno, nije preporučljivo zanemariti činjenica da je pri većim brzinama, opterećenje potrebno malo smanjiti. Također je važno da s nekim gumama, osobito onih s oznakom ZR, ne dolaze njihove uporabne karakteristike. U takvim slučajevima, najpouzdanije je informaciju o najvećem dopuštenom opterećenju potražiti kod proizvođača guma ili prodavača.

U skladu s uredbom Europske zajednice, sve gume koje se koriste za gospodarska vozila, pored dimenzije trebaju imati i oznaku uporabnih karakteristika koje spadaju u kategoriju, što ukazuje na granice opterećenja i brzine korištenja. Tako trebaju prikazivati "indeks opterećenja i simbol brzine" za jednu ili duplu montažu.

Indeks opterećenja i simbol brzine se nalaze na obje bočne strane gume, prvi broj označava nosivost gume pri jednostrukoj montaži, a drugi se odnosi na dvostruku montažu. Često možemo vidjeti dodatnu oznaku koja označava odgovarajuću nosivost guma ili alternativnu višu brzinu. Takva oznaka može biti prikazana u krugu. [31]

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.

### 3.3.1. Mjere opreza za uporabu

Poštujte zakonske odredbe koje su na snazi u vašoj zemlji i odabir opreme koju propisuju dizajneri i proizvođači vozila: dimenzije, oznake tereta, ograničenja brzine, strukturu... U slučaju modifikacija na izvornoj opremi, provjerite odredbe na snazi u vašoj državi. U nekim državama, vozilo koje je na takav način modificirano mora dobiti odobrenje nadležnog tijela.

Uzmite u obzir različite uvjete uporabe. Pri potrazi za pneumatikom koji najbolje odgovara vašim potrebama u obzir uzmite svoja očekivanja (duga putovanja, zimska vožnja, ekstremni uvjeti...).

Polovne ili korištene pneumatike neka provjeri stručnjak prije nego ih postavite kako biste zajamčili sigurnost i poštivanje odredbi na snazi.

Na istu osovinu preporučuje se postavljanje pneumatika usporedive namjene. Neke zakonske odredbe određuju maksimalni razmak. Ovisno o državi, obvezno je ili se izričito preporuča postavljanje pneumatike iste dubine utora na istu osovinu.

Nikada nemojte koristiti pneumatik izvan tehničkih karakteristika za koje je odobren. Neka značajna ili neuobičajena geometrijska podešenja vozila mogu utjecati na performanse kamionskih pneumatika.

Kriva uporaba ili krivi izbor pneumatika može doprinijeti trošenju nekih mehaničkih dijelova vozila.

### 3.3.2. Odabir odgovarajućih profila

Poštujte odredbe za odabir profila kamionskih pneumatika ovisno o poziciji na osovinama vozila.

Za opremanje upravljačke osovine potrebno je:

- koristiti isključivo profile s oznakom „F” ili „Z”
- nikada ne koristiti profile s oznakom „T” na upravljačkim osovinama \*

Za opremanje pogonske osovine potrebno je koristiti profile s oznakom „D” Za opremanje osovine priključnih vozila potrebno je koristiti profile s oznakom „T”.





### Prikaz kodova položaja pneumatika

Primjeri

- X<sup>®</sup> MULTI™ F = F za prednju (upravljačku)
- X<sup>®</sup> MULTIWAY™ 3D XDE = D za pogonsku (motor)
- X<sup>®</sup> MULTI™ T = T za priključnu
- X<sup>®</sup> INCITY™ XZU = Z za sve položaje uključujući prednje

Slika 19: Prikaz oznaka i položaja michelin pneumatika

Izvor: [32]

Za opremanje upravljačke osovine potrebno je:

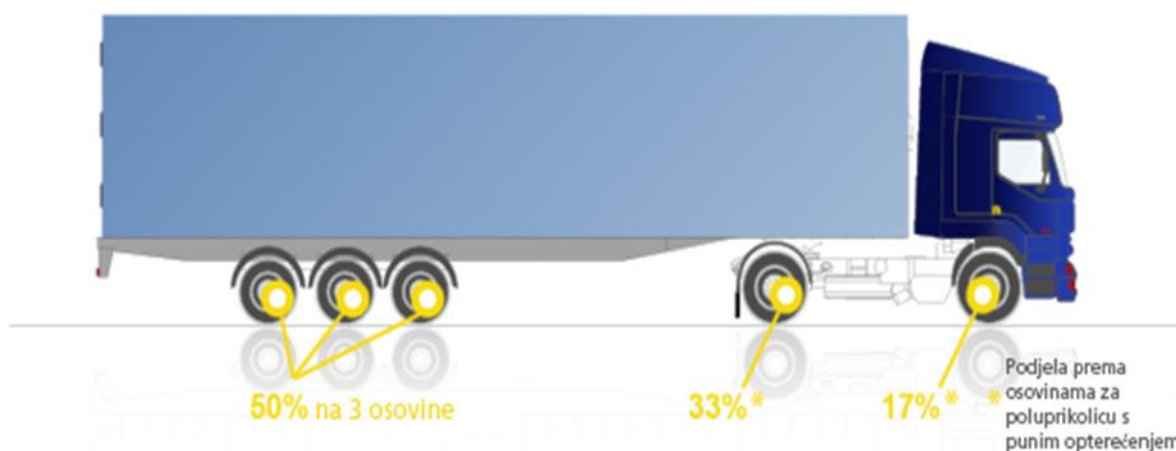
Koristiti isključivo profile s oznakom „F” ili „Z”. Ti su profili osmišljeni i predviđeni kako bi odgovarali opterećenjima pri vožnji specifičnim za upravljačke osovine motornih vozila: dinamičko opterećenje, kutovi geometrije osovina, pojačani koeficijent kilometraže itd.

Za opremanje pogonske osovine potrebno je:

Koristiti isključivo profile s oznakom „D” ili „Z”. Profili „D” osmišljeni su kako bi odgovarali opterećenjima pri vožnji specifičnim za pogonske osovine: prijenos okretnog momenta motora i kočenja, postavljanje u paru, najjače opterećenje osovine pri vožnji itd. Pneumatici s profilima „Z” mogu se postavljati na pogonske osovine, no utjecaj na performanse koje trebaju odgovarati zahtjevima te osovine bit će optimalan s profilima „D”. U nekim slučajevima, profili „Z” mogu se optimizirati za uporabu na pogonskoj osovini, primjerice za gradsku vožnju.

Za opremanje osovine priključnih vozila potrebno je:

Koristiti isključivo profile „T” ili „Z”. Ti profili osmišljeni su kako bi odgovarali opterećenjima pri vožnji specifičnim za osovine priključnih vozila: statičko i dinamičko opterećenje, klizanje, pojačani koeficijent kilometraže na centralnim osovinaama itd. Pneumatici s oznakama „T” sadrže oznake opterećenja i brzine prilagođene osovini priključnih vozila (prikolica ili poluprikolica). Pri postavljanju pneumatika s profilima „Z” provjerite jesu li simboli opterećenja i brzine prilagođeni potrebama osovine. Pneumatici MICHELIN s profilima „T” u Europi nose oznaku „FRT” (Free Rolling Tyre), prema normama ETRTO, te se profili „T” nikada ne smiju koristiti na upravljačkim ili pogonskim osovinaama. [32]



Slika 20: Otpor na kotrljanje pneumatika

Izvor: [32]

### 3.3.3. Pneumatici teretnih vozila u zimskim uvjetima

Zimske teretne gume posebno su zasnovane za očuvanje mobilnosti u teškim zimskim uvjetima. Ako spriječimo zaustavljanje na cesti, u ekonomskom smislu puno dobivamo; izbjegavamo zakašnjele isporuke, pokvarenu robu itd. te doprinosimo sigurnosti i mobilnosti u zimskim

uvjetima. Zato su u mnogim europskim državama na pogonskim osovinaama obavezne zimske teretne gume.

Zimske teretne gume osiguravaju optimalnu izdržljivost vozila u zimskom vremenu, što je osobito važno kad su ceste prekrivene snijegom i zaleđene. Gume se kod različitih temperatura različito ponašaju pa su za takve prilike potrebni posebni dezeni i posebne mješavine. Dobro prnianje najvažnije je za nadzor nad vozilom pri upravljanju i kočenju. Gumama je potreban agresivniji dezen i mješavina gaznog sloja s usporednim značajkama da osiguraju dobro prnianje, ne samo u snijegu nego i na ledu, te da s površine ceste ispod gume učinkovito raspršuju vodu.

Oznaka koja se prema odredbama zakonodavstva EU za razlikovanje zimskih guma od standardnih trenutno upotrebljava na bokovima guma jest M + S (također M.S ili M & S). 1. studenog 2012. prema Uredbi UNECE 117 u EU započela je službeno važiti nova oznaka – alpski simbol, odnosno pahuljica u planini s tri vrha (3PMSF). Za razliku od oznake M + S, 3PMSF može se po zakonu upotrebljavati samo ako guma zadovoljava barem minimalne zahtjeve za izdržljivošću u snijegu, takozvani indeks prnianja na zasnježenoj podlozi. Oznaka M + S za sada je u većini država još dopuštena, ali zakonski nije vezana za minimalnu izdržljivost u zimskim uvjetima. Gume s oznakom M + S u snijegu doduše bolje prnianju na podlogu od standardnih, ali nije nužno da dostižu prag prnianja koji je po zakonu preduvjet za pravo na simbol pahuljice u planini s tri vrha.



*Slika 21: Primjer zimskog teretnog pneumatika*

Izvor: [33]

Primjer:

Goodyearove gume za pogonsku osovину KMAX D i FUELMAX D zadovoljavaju zahtjeve za simbol 3PMSF, što potvrđuje da su primjerene za uporabu tijekom cijele godine. Za uistinu teške zimske uvjete najprimjerenije su namjenske zimske gume Goodyear ULTRA GRIP MAX za kamione i autobuse. Posebno za međugradske autobuse Goodyear u svojoj ponudi ima gume Ultra Grip Coach. To je guma za pogonsku osovину koja je posebno namijenjena zimskim uvjetima jer ima poboljšano prianjanje na snijegu i zadovoljava zahtjeve za teške zimske uvjete. Prednosti navedene gume posebno će osjetiti autobusni prijevoznici koji voze na područjima kao što su nordijske države i alpski pejzaži, gdje su zaleđene ceste nešto posve obično i iznenadan snijeg može izazvati ozbiljne zastoje. Dezen gaznog sloja i širina gume osiguravaju odlično prianjanje u zimskim uvjetima, a ujedno i malu buku pri kotrljanju, što znači udobniju vožnju. [33]



*Slika 22: Goodyear ultra grip max d pneumatik*

Izvor: [34]

Kod zimskih teretnih guma treba redovito provjeravati tlak zraka i dubinu profila. U državama u kojima je uporaba zimskih teretnih guma obavezna zakon obično propisuje minimalnu dubinu profila.

### 3.4. EU oznake pneumatika

Od studenog 2012. godine svi novoproduzvedeni pneumatici moraju biti obilježeni s novom EU etiketom za pneumatike.

Standardizirana etiketa za pneumatike sadržavat će informacije o tri osnovne karakteristike i to: učinkovitost potrošnje goriva, prianjanje na mokroj cesti i vanjska buka pri kotrljanju.[35]

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.

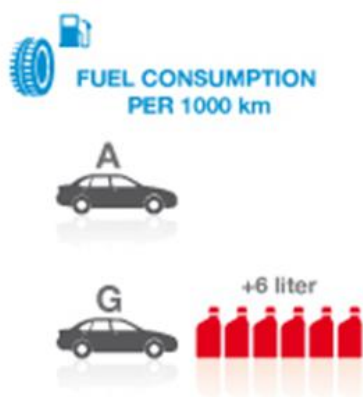


Slika 23: Primjer EU oznake za pneumatike

Izvor: [36]

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(slika 24). Manji otpor kotrljanja predstavlja manji gubitak energije i time manje pridonosi zajedničkim silama otpora, što uzrokuje smanjenje potrošnje goriva i ispuštanja CO<sub>2</sub>. [37]



Slika 24: Razlika u potrošnji goriva različitih kategorija pneumatika

Izvor: [37]

Pneumatici su podijeljeni na kategorije od A (zeleno) do G (crveno) što se može uočiti na slici 23. Razlika između pojedinačnih kategorija predstavlja smanjenje odnosno povećanje potrošnje goriva.



Slika 25: Oznaka za pristanje i zaustavni put ovisno o kategoriji

Izvor: [38]

“Prianjanje na mokrom” sposobnost je gume da se drži uz cestu u mokrim uvjetima. EU ocjena fokusira se na jedan aspekt prianjanja na mokrom, a to je učinkovitost gume u kočenju na mokrom.

Prianjanje na mokrom ocjenjuje se od A do F:

A = najviša ocjena

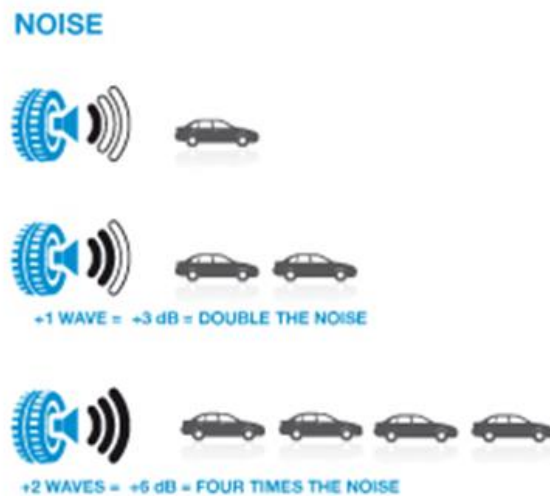
F = najniža ocjena

Ocjene D i G ne koriste se za putničke automobile.

Pri naglom kočenju nekoliko metara može biti presudno. Za putničko vozilo pri potpunom kočenju pri brzini 80 kmh, komplet guma s ocjenom A zaustavit će se na putu kočenja kraćem do 18 metara od guma s ocjenom F što možemo vidjeti na slici 25.

Napomena: uvijek poštujujte preporučene udaljenosti za zaustavljanje dok vozite.

Prikazane oznake služe samo u informativne svrhe. Vrijednosti za određenu liniju/veličinu gume mogu varirati.



Slika 26: Pneumatik u odnosu na buku

Izvor: [38]

Razine buke mjere se na logaritamskoj skali. Prema tome, povećanje od samo nekoliko decibela predstavlja veliku razliku u razini buke. U stvari, razlika od 3 dB udvostručuje količinu vanjske

buke koju stvara guma. Prikazane oznake služe samo u informativne svrhe. Vrijednosti za određenu liniju/veličinu gume mogu varirati(slika 26).

- 1 crni val: tihe gume (3 dB ili više ispod budućeg europskog ograničenja)
- 2 crna vala: umjereno tihe (između najavljenih europskih ograničenja i 3 dB ispod ograničenja)
- 3 crna vala: bučne gume (iznad najavljenih europskih ograničenja). [38]

### 3.5. Zakonski propisi vezani uz pneumatike

U „Pravilniku o tehničkim uvjetima vozila u prometu na cestama“ se 7. poglavlje članak 71. odnosi na pneumatike [39]. 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 postiže 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. [39]

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.[40]

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. [39]

## 4. ANALIZA EKSPLOATACIJSKIH ZNAČAJKI PNEUMATIKA CESTOVNIH TERETNIH VOZILA

Prijevoznici i vođitelji voznih parkova pod stalnim su stresom. Uvjeti poslovanja su sve složeniji pa se konstantno traži rješenje smanjenja operativnih troškova. Svaka stavka u računici troška po kilometru zahtjeva uštedu i povećanje profitabilnosti pa tako i kod pneumatika.

### 4.1. Ulazni troškovi pneumatika

Teretne gume na više načina utječu na ulazne troškove. Kvaliteta izrade utječe na njihovu trajnost, a tehničke osobine na sigurnost tereta, putnika, vozila i vozača.

Nestručani odabir, prebrza vožnja, previsok ili prenizak tlak i temperatura, neodgovarajuća kombinacija na osovinama ili loše skladištenje primjetno će skratiti vijek trajanja gume. Udobnost će se smanjiti, a povećat će se buka i potrošit će se više diesela po kilometru i toni korisnog tereta.

Od proizvođača guma danas se očekuju optimalna rješenja u kombiniranju sigurnosti vožnje na svim podlogama i što veće trajnosti i učinkovitosti koja podrazumijeva manje potrošenog goriva. Provjera tlaka u svakoj gumi voznog parka od desetak i više vozila velik je izazov i zahtjevan zadatak, ali vrijedi se potruditi jer istraživanja pokazuju da je samo 44% teretnih guma pravilno napumpano. 90 % pucanja i drugih oštećenja u vožnji dogodi se zbog nedovoljno ili nejednako napumpanih guma, a 20% niži pritisak zraka troši 2% više goriva i povećava trošenje gaznog sloja za čak 25%.[17]

Prije kupovine vrijedi se posavjetovati sa specijaliziranim stručnjakom koji će znati koje gume odgovaraju karakteristikama vozila i posebnim transportnim potrebama korisnika. Nekad su dovoljno dobre i gume iz budget kategorije, a ponekad je najvažniji kriterij pouzdanost vrhunske marke.

Auto Hrvatska PSC može udovoljiti svim zahtjevima jer uvozi i distribuira teretne gume Pirelli, Formula, Continental, Barum, Toyo Tires, Michelin i Kormoran. Brza i organizirana dostava jamči

da će gume naručene do 14 sati u većini slučajeva biti isporučene drugi dan, a maksimalno 48 sati od narudžbe. Zahvaljujući brzom isporuci vozilo će biti kraće izvan upotrebe i izgubit će manje dana, što će automatski povećati njegovu profitabilnost. [17]

#### 4.2. Utjecaj otpora kotrljanja pneumatika na potrošnju goriva

Razred uštede goriva određuje se na osnovi koeficijenta otpora kotrljanju RRC (engl. rolling resistance coefficient). Otpor kotrljanju je otpor koji se javlja prilikom kotrljanja gume na ravnoj površini. Koeficijent otpora kotrljanju je bezdimenzionalna jedinica koja se dobije tako da se sila otpora kotrljanja podjeli s okomitim opterećenjem kotača.

To je sila koja se suprotstavlja gibanju, stvarajući negativni rad (gubitak), a nastaje zbog deformacija gume i asfaltne podloge te trenja u gumi i njenom kontaktu s asfaltom. Što se guma manje deformira, dakle kad je tlak zraka u njoj veći, otpor kotrljanja je manji.

Kad je riječ o deformacijama pneumatika one su u gumama elastične, a kod asfalta elastične i plastične. Zbog ovih drugih, na asfaltu nastaju uzdužni utori, posebice ljeti, a mogu nastati i pukotine. To je posebice povezano s gospodarskim, teretnim vozilima te se zbog toga osovinsko opterećenje ograničava i kontrolira, posebice u razvijenim zemljama EU-a. Pri deformacijama kotača i asfalta nastaje unutarnje trenje, a na dodirnoj plohi vanjsko trenje (kohezijsko i adhezijsko).

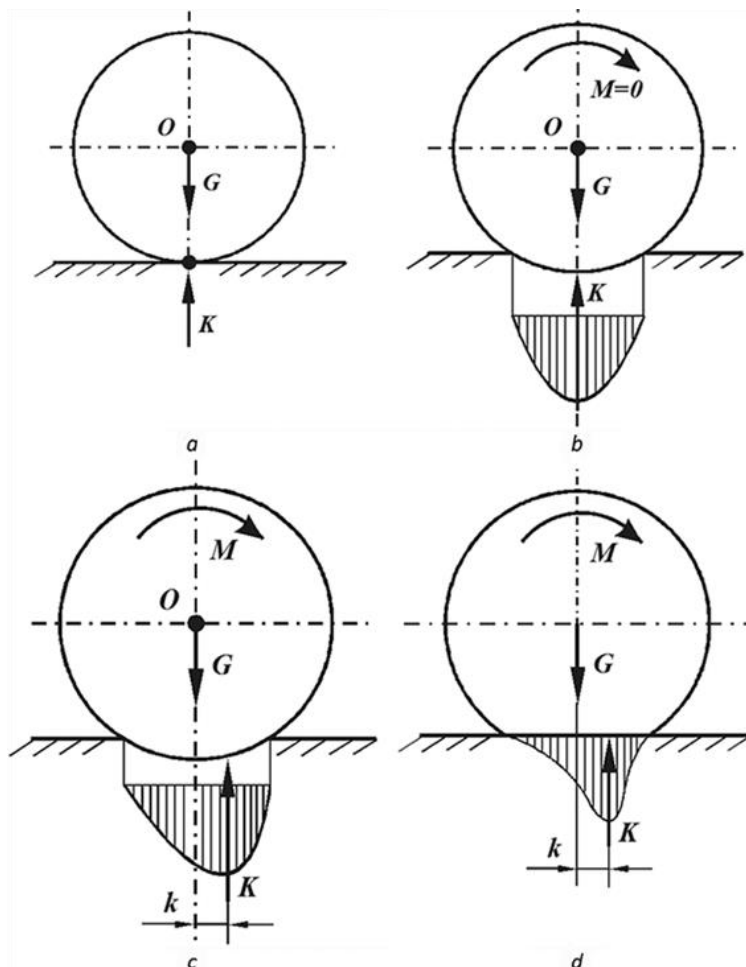
Kad je u pitanju kontakt kotača i podloge, imamo tri slučaja:

- Tvrda podloga - mekani kotač: stanje je u cestovnom prometu, kotrljanje kotača s gumama (pneumaticima) po asfaltnoj podlozi.
- Mekana podloga - tvrdi kotač: nastaje u terenskim uvjetima, kod terenaca, vojnih i poljoprivrednih vozila. Kotači su tada relativno tvrdi, u usporedbi s podlogom, osim u slučaju gusjeničara (oni nemaju klasične kotače), koji su apsolutno tvrdi.
- Tvrda podloga - tvrdi kotač: slučaj je kod tračničkih vozila.

Dakle, znamo zašto nastaje trenje, a sada mehaničko objašnjenje nastanka sile trenja:

Kad se tvrdi kotač kotrlja po tvrdoj podlozi, tada nema deformacija u kontaktu te je kontaktna površina mala, a komponenta težine ima reakciju podloge, istog iznosa suprotnog smjera, u istoj osi.

Ako pak imamo velike deformacije u kontaktu gume i asfalta, neovisno je li riječ o tvrdom kotaču/mekanoj podlozi (prvi red desno i drugi red lijevo, slika 27.) ili imamo mekani kotač/tvrdu podlogu (drugi red desno, slika 27.), kontaktna površina postaje velika i raspored pritiska gume na asfaltu poprima oblik parabole.



Slika 27: Nastanak sile trenja

Izvor: [41]

Iz priložene slike(slika 27.) dolazimo do izračuna otpora kotrljanja:

1. Dok kotač miruje (prvi red desno,  $M = 0$ ) parabola je simetrična oko vertikalne osi kotača te je reakcija podloge na kotač  $K$ , istog iznosa kao opterećenje kotača  $G$ , ali suprotnog smjera u osi kotača.

2. Kad se kotač počne okretati, parabola, odnosno paraboloidna krivulja postaje asimetrična, težište površine u kojoj djeluje reakcija podloge se pomiče u smjeru gibanja vozila za iznos  $k$ . Jasno je da tada sila  $K$  na razmaku  $k$  stvara moment koji se suprotstavlja pogonskom. To je i 'moment otpora kotrljanja'.

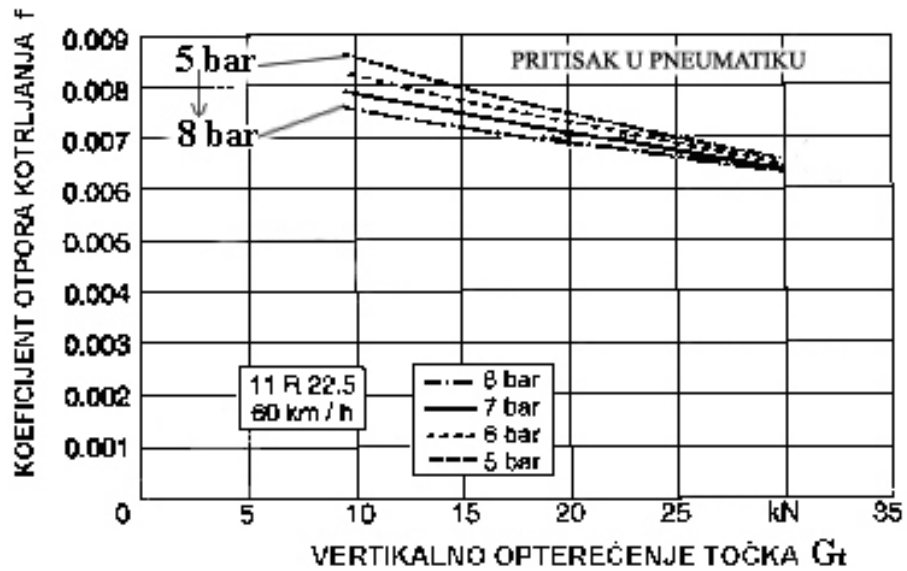
3. Iz navedenog se izračunava faktor kotrljanja: ako uzmemo iznos vučne sile koja se suprotstavlja otporu kotrljanja  $F_k$  u horizontalnoj osi kotača, ona u točki kontakta, pomnožen s dinamičkim radijusom kotača (onaj koji ovisi o deformaciji pneumatika u vožnji) stvara aktivni moment  $F_k \times r_d$ . Tom se momentu suprotstavlja reaktivna sila  $K$ , koja je istog iznosa kao opterećenje  $G$ , pa taj reaktivni moment, jednak aktivnom, iznosi  $G \times k$ .

4. Poostavljanjem u jednadžbu aktivnog i reaktivnog momenta, dobivamo  $F_k \times r_d = G \times k$ , odnosno dio vučne sile koji se angažira za svladavanje otpora kotrljanja iznosi  $F_k = k/r_d \times G$

5. Kvocijent  $k/r_d$  je faktor otpora kotrljanja  $f_{rk}$ , koji kod teretne gume iznosi oko 0.006-0,01 (kod guma niskog otpora kotrljanja 0,007 - 0,008), dakle otpor kotrljanja automobilskih kotača otprilike je jedan posto ukupne težine automobila ili nešto manji dok kod gospodarskih vozila varira ovisno o primjeni.

6. Iz svega navedenog jasno je da je otpor kotrljanja manji, ako je deformacija gume u kontaktu s asfaltom čim manje. Tada je baza parabole pritiska gume na asfalt manja, a samim tim i iznos  $k$  je manji. Time je manji kvocijent  $k/r_d$ , dakle i faktor otpora kotrljanja  $f_{rk}$ .

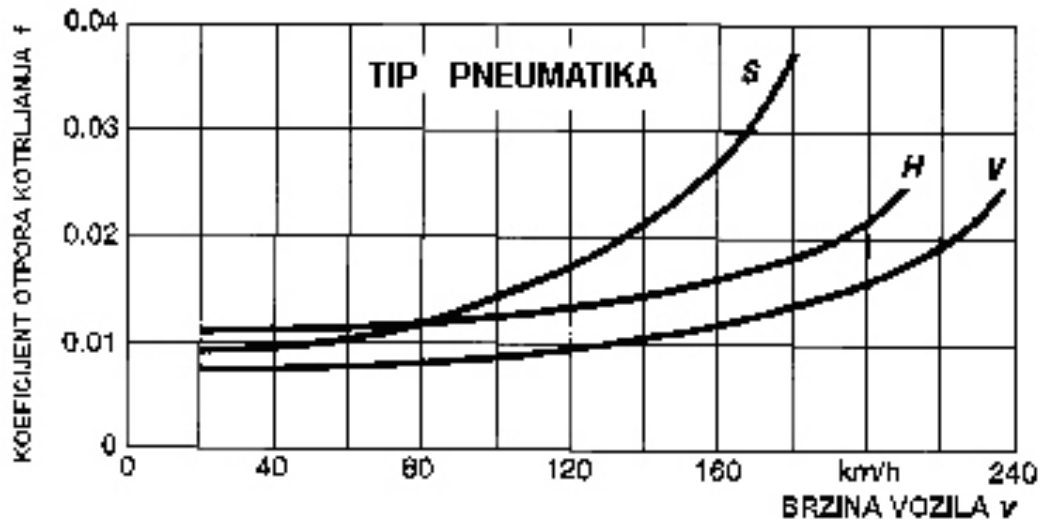
Iz prethodnog jasno proizlazi zbog čega se smanjenjem tlaka zraka u gumi povećava otpor kotrljanja, a time i potrošnja goriva kao i trošenje pneumatika što ujedno rezultira i znantno većom emisijom  $CO_2$ .



Slika 28: Zavisnost koeficijenta otpora kotrljanju od opterećenja kotača i pritiska u pneumaticima

Izvor: [42]

Radi bližeg pojašnjenja na slikama 28 i 29 prikazana su samo dva od brojnih utjecajnih faktora. Na primjer: koeficijent otpora kotrljanju pada sa porastom pritiska u pneumaticima i sa većim opterećenjem kotača, što se objašnjava manjim deformacijskim radom u samom pneumaticu i manjim unutrašnjim trenjima između slojeva pneumatica.



Slika 29: Zavisnost koeficijenta otpora kotrljanju od brzine kretanja za različite tipove pneumatika

Izvor: [42]

Na slici 29 može se vidjeti kako tip pneumatika utječe na koeficijent otpora kotrljanja.

Što je veći otpor to motor mora jače raditi kako bi proizveo snagu za pokretanje vozila. Zato i koristi više goriva.

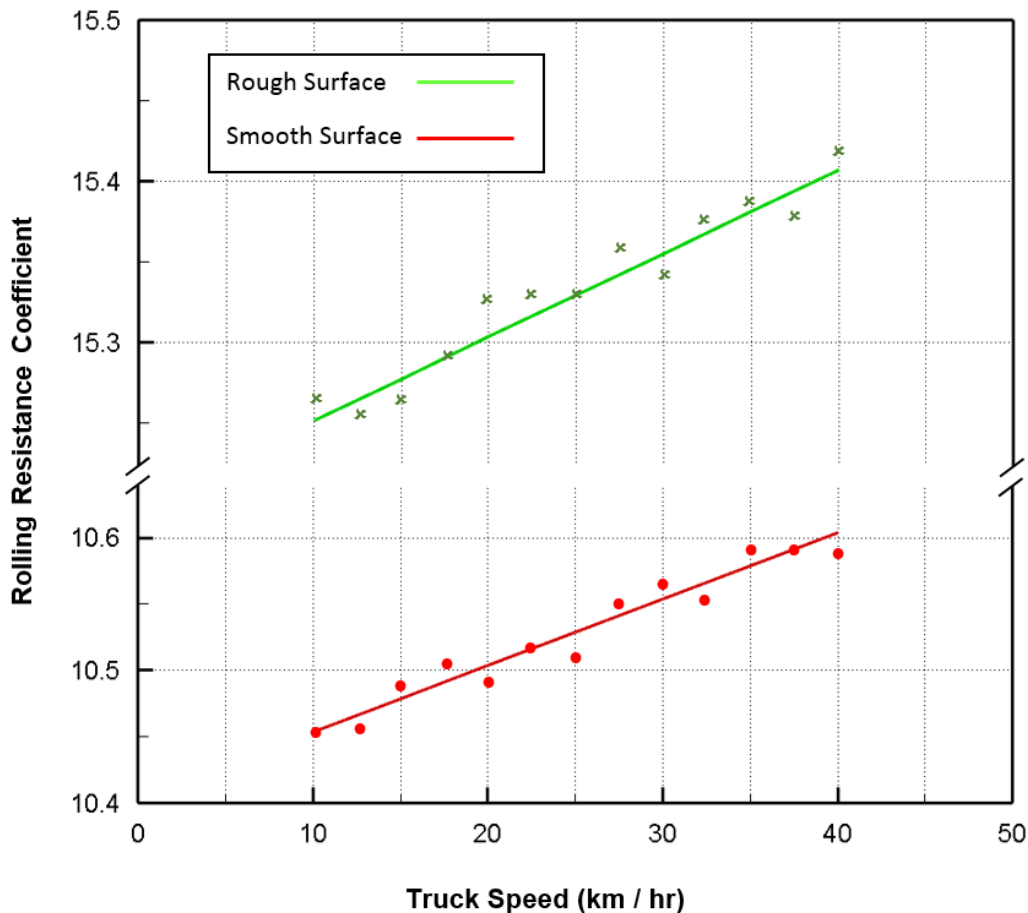
Da bi smanjili potrošnju, otpor pri kotrljanju mora biti manji, i to se postiže sa novom generacijom guma, zbog sastava gume koja se koristi u proizvodnji, specifičnog dizajna i konstrukcije gazećeg sloja. Rezultat: Značajne količine goriva mogu se uštediti korištenjem ovih guma.

Pneumatici su odgovorni skoro za trećinu potrošnje goriva.

Primjer:

Peteroosovinski kamion natovaren sa 40 tona troši, u prosjeku, 33 l na 100 km. U ovom slučaju, 9,9 litara goriva (30%) se troši samo na rad guma. Za sada ništa strašno, ali, treba razmotriti kad bi ovakvo vozilo prešlo 100 000 km tokom godinu dana: realna procjena u svijetu transporta na velikim udaljenostima. To znači da se 9900 litara goriva koristi za rad guma. Zbog toga možemo razumjeti interes za uštedu koju postižu gume sa „malim otporom kotrljanja“.

Na slici 30. možemo vidjeti da površina kojom se vozilo kreće također znatno utječe na pneumatik i otpor kotrljanja. Gdje truck speed predstavlja brzinu vozila u km/h, a rolling resistance coefficient otpor kotrljanja. Rough i smooth surface predstavljaju grubu i glatku površinu.



Slika 30: Primjer utjecaja površine i brzine na otpor kotrljanja

Izvor: [43]

Razred učinkovitosti potrošnje goriva mora se odrediti i prikazati na oznaci na temelju koeficijenta otpora kotrljanja (RRC) prema niže navedenom rasponu od „A” do „G” i izmjeriti u skladu s Prilogom 6. Pravilniku UNECE-a br. 117 i njegovim kasnijim izmjenama te uskladiti u skladu s postupkom utvrđenim u Prilogu VI. Ako je tip gume homologiran za više od jednog razreda gume (npr. C1 i C2), raspon razvrstavanja koji se koristi za određivanje razreda učinkovitosti potrošnje



goriva tog tipa gume trebao bi biti istovjetan onome koji se primjenjuje na najviši razred gume (npr. C2, a ne C1).[44]

Tablica 5: Kriterij za dodjelu pojedinog razreda otpora kotrljanju

Gume razreda C1*		Gume razreda C2*		Gume razreda C3*	
RRC u kg/t	Razred energetske učinkovitosti	RRC u kg/t	Razred energetske učinkovitosti	RRC u kg/t	Razred energetske učinkovitosti
$RRC \leq 5,4$	A	$RRC \leq 4,4$	A	$RRC \leq 3,1$	A
$5,5 \leq RRC \leq 6,5$	B	$4,5 \leq RRC \leq 5,5$	B	$3,2 \leq RRC \leq 4,0$	B
$6,6 \leq RRC \leq 7,7$	C	$5,6 \leq RRC \leq 6,7$	C	$4,1 \leq RRC \leq 5,0$	C
$7,8 \leq RRC \leq 9,0$	D	$6,8 \leq RRC \leq 8,0$	D	$5,1 \leq RRC \leq 6,0$	D
$9,1 \leq RRC \leq 10,5$	E	$8,1 \leq RRC \leq 9,2$	E	$6,1 \leq RRC \leq 7,0$	E
$RRC \geq 10,6$	F	$RRC \geq 9,3$	F	$RRC \geq 7,1$	F

Izvor: [44]

\* Gume C1, C2, C3 pravni su pojmovi utvrđeni u Uredbi (EZ) br. 661/2009. Odnose se na gume koje su konstruirane prije svega za osobna vozila, laka gospodarska vozila i teška teretna vozila.

Tablica 5 predstavlja kriterije za koeficijent otpora kotrljanja za pojedinu kategoriju.

Pored manje potrošnje goriva gume sa „malim otporom kotrljanja“ proizvode manje CO<sub>2</sub> (ugljič-dioksid). Ovo je matematički zaključak: što je manji otpor kotrljanja, manje se goriva troši i samim tim manje se štetnih plinova izbacuje u atmosferu.

Svaka uštedena litra goriva predstavlja 2,66 kg CO<sub>2</sub> manje zračenog u okruženje. Najbolje gume sa „malim otporom kotrljanja“ mogu znatno smanjiti količinu proizvedenog CO<sub>2</sub>.

Zato, podešavanja teretnih vozila pri kojima se 1l goriva uštedi na 100 km i pri pređenih 100.000 km u godini, oslobađa 2,6 tone CO<sub>2</sub> u atmosferu manje svake godine.

### 4.3. Prianjanje na mokrom

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

Pneumatici sa visokom ocjenom za prianjanje zaustavljati će se brže na mokrim površinama kada se koči punom snagom.

Razred prianjanja određuje se na osnovi indeksa prianjanja na mokrom G(engl. wet grip index).

Indeks prianjanja na mokrom određuje se pomoću izraza:

$$G = G(T) - 0.03$$

gdje je  $G(T)$  = indeks prianjanja na mokroj podlozi za testiran pneumatik koji proizlazi iz:

$$G(T) = \left[ \frac{\mu_{peak,ave}(T)}{\mu_{peak,ave}(R)} \cdot 125 + a \cdot (t - t_0) + b \cdot \left( \frac{\mu_{peak,ave}(R)}{\mu_{peak,ave}(R_0)} - 1 \right) \right] \cdot 10^{-2}$$

Gdje su:

$\mu_{peak,ave}(T)$  = koeficijent srednje vršne snage kočenja referentne gume

$\mu_{peak,ave}(R)$  = koeficijent srednje vršne snage kočenja testirane gume

$\mu_{peak,ave}(R_0)$  = koeficijent srednje vršne snage kočenja testirane gume za referentne uvjete koji iznosi 0,85

a – koeficijent koji iznosi 0,4232 za ljetne i 0,7721 za zimske gume

b – koeficijent koji iznosi 8,297 za ljetne i 31,18 za zimske gume

t – temperatura mokre površine za vrijeme provođenja ispitivanja izražena u °C

$t_0$  – temperatura mokre površine za referentne uvjete koja iznosi 20 °C za ljetne gume i 10 °C za zimske gume [44]

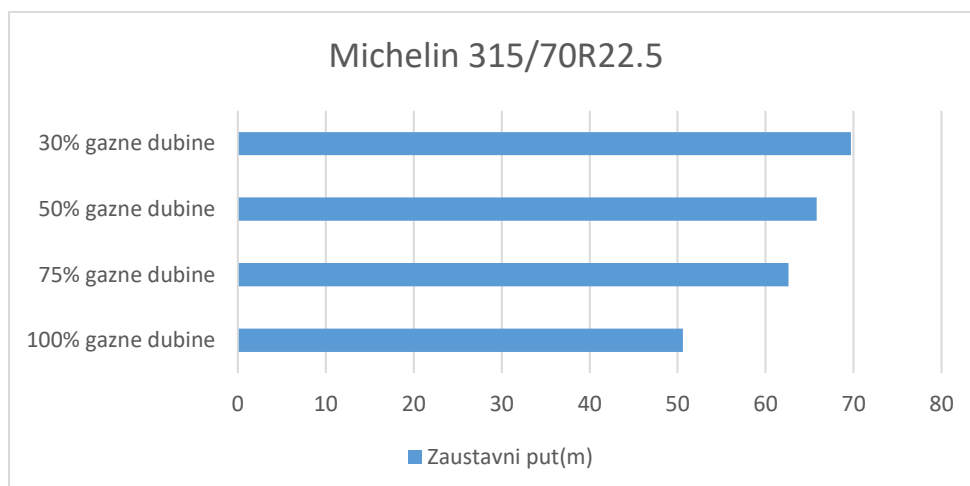
Stanje podloge, brzina kretanja i konstrukcija pneumatika utječu na koeficijent prijanjanja. Ovisno o vremenskim uvjetima na cesti potrebno je koristiti pneumatike predviđene za trenutno stanje ceste. S pravilnim odabirom pneumatika povećava se koeficijent prijanjanja. Stabilnost vozila ovisi o koeficijentu 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. Tablica 6 pokazuje za svaki razred pneumatika indeks prijanjanja na mokrom.

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%. [8]

Tablica 6: Kriterij za dodjelu pojedinog razreda prijanjanja na mokrom

Gume razreda C1*		Gume razreda C2*		Gume razreda C3*	
G	Razred prijanjanja	G	Razred prijanjanja	G	Razred prijanjanja
$1,68 \leq G$	A	$1,53 \leq G$	A	$1,38 \leq G$	A
$1,55 \leq G \leq 1,67$	B	$1,40 \leq G \leq 1,52$	B	$1,25 \leq G \leq 1,37$	B
$1,40 \leq G \leq 1,54$	C	$1,25 \leq G \leq 1,39$	C	$1,10 \leq G \leq 1,24$	C
$1,25 \leq G \leq 1,39$	D	$1,10 \leq G \leq 1,24$	D	$0,95 \leq G \leq 1,09$	D
$1,10 \leq G \leq 1,24$	E	$0,95 \leq G \leq 1,09$	E	$0,80 \leq G \leq 0,94$	E
$G \leq 1,09$	F	$G \leq 0,94$	F	$0,65 \leq G \leq 0,79$	F
prazno	G	prazno	G	$G \leq 0,64$	G

Izvor: [44]



Slika 31: Graf zaustavnog puta na mokroj podlozi

Izvor:Autor

Na slici 31 se vidi razlika u zaustavnom putu novog i istrošenog pneumatika na mokroj podlozi.

#### 4.4. Vanjska buka kotrljanja

Vanjska buka kotrljanja mjeri se u decibelima i računa se u skladu s UNECE Uredbom Br. 117 i naknadnim izmjenama i dopunama.

Razred vanjske buke kotrljanja određuje se na osnovi graničnih vrijednosti LV (engl. limit values) koje su definirane u Prilogu 2 Uredbe (EC) br. 661/2009. [44]

Za C1 pneumatike, referentne vrijednosti buke su:

Tablica 7: Referentne vrijednosti buke za C1 pneumatike

Razred pneumatika	Nominalna širina (mm)	Granične vrijednosti u dB
<b>C1A</b>	$\leq 185$	70
<b>C1B</b>	$> 185 \leq 215$	71
<b>C1C</b>	$> 215 \leq 245$	71
<b>C1D</b>	$> 245 \leq 275$	72
<b>C1E</b>	$> 275$	74

Izvor: [44]

Za C2 i C3 pneumatike, referentne vrijednosti buke su:

Tablica 8: Referentne vrijednosti buke za C2 i C3 pneumatike

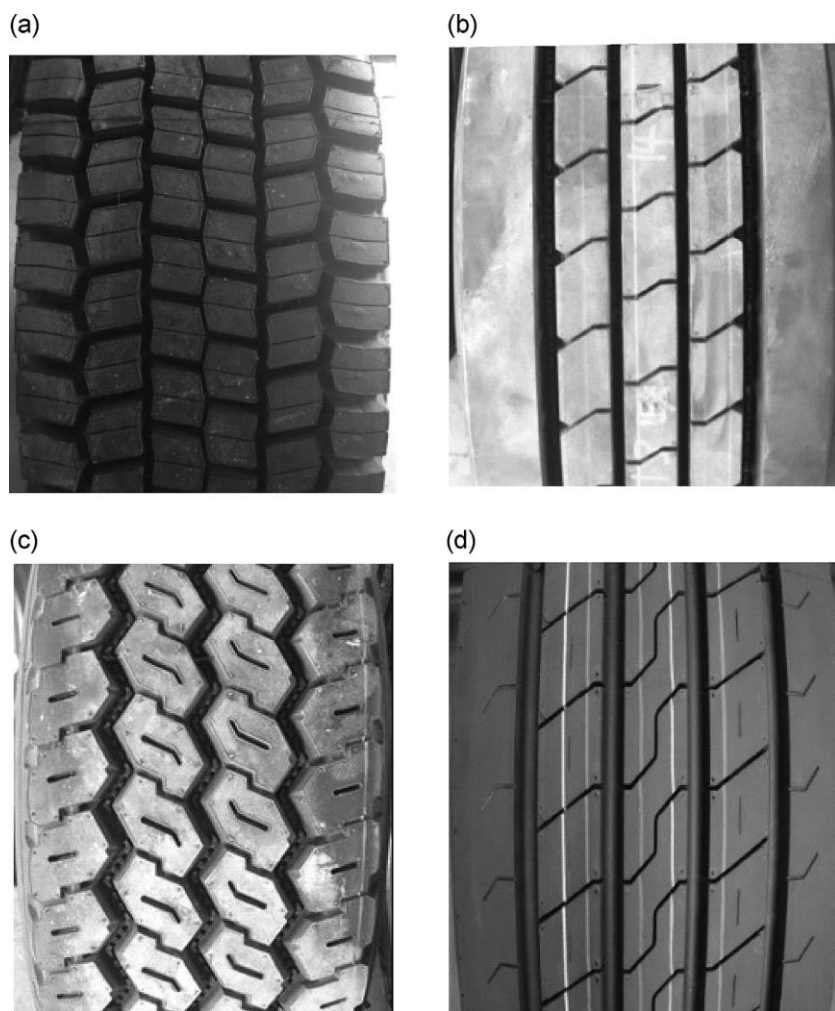
<b>RAZRED PNEUMATIKA</b>	<b>KATEGORIJA KORIŠTENJA</b>	<b>GRANIČNE VRIJEDNOSTI U DB</b>
<b>C2</b>	Nepogonski kotači	72
	Pogonski kotači	73
<b>C3</b>	Nepogonski kotači	73
	Pogonski kotači	73

Izvor: [44]

Pneumatici za teretna vozila jedan su od glavnih izvora buke u cestovnom prometu. Međutim, mehanizam i širenje buke koju stvaraju ove gume nisu sustavno istražena.

Dobro je poznato da kada brzina putničkog automobila ili teretnog vozila prelazi 60 km / h, buka pneumatika postaje dominantan izvor buke vozila.

Testiranjem 4 različita teretna pneumatika različitih gaznih površina i slojeva došlo se do zaključka da to zajedno sa otporom kotrljanja znatno utječe na razinu buke koju pneumatik proizvodi.



*Slika 32: Teretni pneumatici različitih gaznih površina*

(a) CM335. (b) CR966. (c) AT557. (d) WSR1

Izvor: [9]

Specifikacija dvaju kompleta guma bila je 315/60 R22.5. Jedan je skup imao uzorak bloknog dezena (CM335), a drugi je imao uzorak rebra (CR966). Druga dva seta guma bila su 385/65 R22.5. Jedan je set imao miješani uzorak gaznoga sloja (AT557) i drugi set imao je uzorak rebra (WSR1). Navedeni pneumatici mogu se vidit iz priložene slike(slika 32.).

Brzina pri mjerenju buke je bila 70 km/h.

Tablica 9: Rezultati razine buke teretnih pneumatika

Uzorak gazne površine	Razine buke u dB
CM335	74
CR966	70
AT557	74
WSR1	73

Izvor: [9]

Rezultati iz tablice 9 pokazuju da uzorak gazne površine može imati veliku ulogu u razini buke.

#### 4.5. Trošenje pneumatika

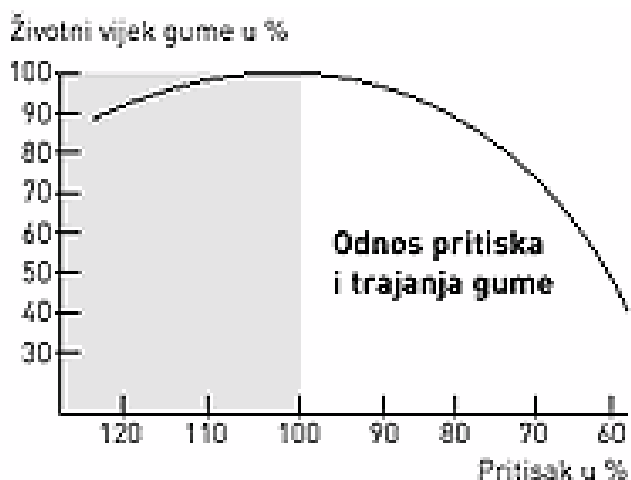
Trošenje pneumatika normalna je pojava i pokazatelj dobrog prianjanja na podlogu. Zimske su gume mekše od univerzalnih i ljetnjih, te se brže troše, no to je cijena koju treba platiti poboljšanju svojstva na skliskoj podlozi. Trošenje je i korisno, jer se po njemu uočavaju nepravilnosti u ovjesu, upravljačkom mehanizmu i geometriji kotača. Zato nove gume na starom rabljenom automobilu nisu prepreka, jer mogu ,zamagliti' stvarno stanje podvozja. Radi bolje dijagnostike i ujednačenijih voznih svojstava proizvođači automobila već desetak godina ne preporučuju premještanje automobilskih guma stavljanjem rezervnog kotača ,u pogon'. Radi ravnomjernijeg je trošenja preporučljivo nakon 20.000 km zamijeniti prednje i stražnje gume.



*Slika 33: Primjer istrošenih teretnih pneumatika*

Izvor: [47]

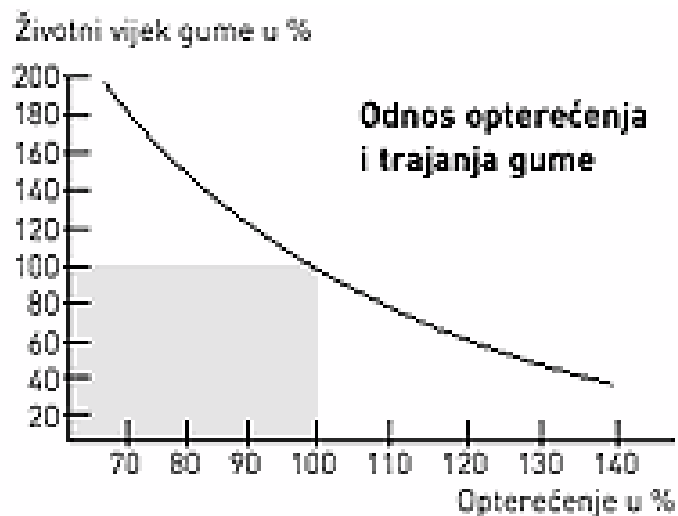
Tlak zraka u gumi bitno utječe na vozna svojstva i sigurnost vožnje, ali i na trošenje i trajnost gume(slika 34.). Mnogi su u zabludi pa zimi smanjuju tlak u gumi. Tako pogoršavaju prijanjanje gume (povećava se uvijanje) i znatno ubrzavaju trošenje. Tlak treba biti i zimi i ljeti po propisu, a posebice treba poštovati preporuke o povišenju tlaka kod punog opterećenja. Ako nije propisano, kod punog opterećenja povicite tlak za dvije do tri desetinke bara. Trošenje gume u pravilu je indikator nepravilnosti u ovjesu, odnosno vožnje s pogrešnim tlakom. [39]



*Slika 34: Odnos pritiska i trajanja pneumatika*

Izvor: [48]





*Slika 35: Odnos opterećenja i trajanja gume*

Izvor: [48]

Slika 35 prikazuje da opterećenje također bitno utječe na životni vijek pneumatika. Iznimno je važno redovito kontrolirati tlak u gumi, a ako se i pored toga gume nepravilno troše, treba temeljito pregledati i po potrebi dovesti ‘u red’ amortizere, krajnike i geometriju ovjesa. Vožnja s nepravilno potrošenim gumama, odnosno neispravnim i nepodešenim ovjesom, znatno je nesigurnija, a zakašnjeli popravak može pogoršati kvar i povećati troškove. Preporučljivo je otići u specijalizirani servis s modernom elektronskom opremom za podešavanje ovjesa. Pri kupnji novih guma važno je izabrati provjerenu marku i kvalitetan proizvod i Bridgestone u svojoj širokoj paleti ima pravi izbor za svako vozilo. Mnogi kupuju šire gume misleći da će tako povećati sigurnost vožnje. To je greška i zabluda, jer preširoka guma stvara veće otpore i buku, te povećava opterećenje podvozja (ležajeva, spona i amortizera). [39]

Zbog toga treba redovito pratiti trošenje gume i odmah reagirati na uočene nepravilnosti:

- pojačano trošenje oba ruba gume ukazuje na vožnju s preniskim tlakom
- neravnomjerno trošenje sredine gume nastaje zbog vožnje s previsokim tlakom
- pojačano trošenje jednog ruba (vanjskog ili unutrašnjeg) na obje gume ukazuje na pogrešnu geometriju kotača

- ako se jedan prednji kotač troši s vanjske, a drugi s unutrašnje strane, uzrok je u pogrešno podešenom upravljačkom mehanizmu
- pojačano trošenje vanjskog ruba jednog ili oba prednja kotača ukazuje na grešku u ovjesu
- nepravilno trošenje po obodu posljedica je loše uravnoteženih guma



Slika 36: Kako tlak utječe na deformaciju pneumatika

Izvor: [49]

Michelin kod svojih pneumatika dizajnira svoj kostur(karkas) tako da se može višekratno ponovno narezivati i oblikovati. Zahvaljujući profesionalnom upravljanju prilagođava se vašoj aktivnosti uz optimalnu ekonomičnost te sigurnost.

Pneumatik koji je ponovno narezan ostvaruje do 10% bolje prianjanje, omogućuje prelazak do 25% više kilometara te uštedu do 2 litre goriva / 100 km. Obnovljeni pneumatik zadržava iste performanse kao i novi, ali njegova cijena je oko 40% jeftinija, a može preći jednak broj kilometara.

## 5. ZAKLJUČAK

Ovim radom analizirano je postojeće stanje pneumatika, kao i stanje koje se tek testira i koje će doći sa novim izdanjima pneumatika.

Krenuvši od samog naplatka kotača došli smo do saznanja da čelični naplatci se zbog svoje izdržljivosti, preporučuju u zimsko vrijeme. Sol koja se posipa po zaleđenim cestama može nagristi aluminijske naplatke. Manja oštećenja se neće vidjeti na čeličnim naplacima jer ih završni premaz čuva. Ako se i oštete, lagano ih se može izravnati. Za osobe koje često voze po makadamu, preporučuju se čelični naplatci. Čelična felga je otpornija na udarce i oštećenja u odnosu na aluminijsku felgu. Međutim, prednost aluminijskih felgi je manja masa, što smanjuje neovješenu masu vibriranja kao i potrošnju goriva pa se zato preporuča za teretna vozila koja idu na velike udaljenosti.

Bitna razlika u konstrukciji radijalnih u odnosu na dijagonalne pneumatike je u pojasu koji se postavlja između gazećeg sloja i karkase. 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 utroši do 40% manje energije te je ekonomičniji.

Prilikom eksploatacije u jednakim uvjetima vožnje radijalni pneumatici prevale više kilometara nego dijagonalni, imaju kraći zaustavni put i bolje prianjanje na mokroj površini te manju potrošnju goriva.

Kod mjera opreza uporabe pneumatika nikada nemojte koristiti pneumatik izvan tehničkih karakteristika za koje je odobren. Neka značajna ili neuobičajena geometrijska podešenja vozila mogu utjecati na performanse teretnih pneumatika. Kriva uporaba ili krivi izbor teretnih pneumatika može doprinijeti trošenju nekih mehaničkih dijelova.

Propisivanjem obaveznog označavanja energetske karakteristike 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.

To se postiglo tako da su se pneumatici svrstali po kategorijama od A do G u vezi potrošnje, buke te prijanjanja na mokrom. Najbitniji čimbenik pri određivanju kvalitete pneumatika je koeficijent otpora kotrljanja (što manji koeficijent to su bolje performanse pneumatika).

Konstantno se radi na poboljšavanju konvencionalnih pneumatika tako što se primjenjuju novi materijali u mješavini gume koji daju bolja svojstva i daju bolju trajnost gaznog sloja. Što na kraju rezultira velikom uštedom novca i manjom emisijom CO<sub>2</sub> te sigurnosti bez žrtvovanja na izdržljivosti i pouzdanosti određenog pneumatika.

Na kraju, svaki pneumatik je potrošni materijal koji s vremenom uporabe treba mijenjati jer se iztroši ili mu se promijene kemijska ili fizička svojstva u njegovoj strukturi. U suprotnom, mogući rezultat je nesigurnost i nestabilnost vozila, veća potrošnja goriva te moguće oštećenje ostalih dijelova podvozja vozila.

## LITERATURA

- [1] Rajsman, M.: Tehnologija cestovnog prometa, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2012., p. 67
- [2] Dinko Mikulić: Motorna vozila, Teorija kretanja I konstrukcija, Veleučilište Velika Gorica, Velika Gorica 2016.
- [3] Štrumberger, N.: Tehnologija materijala I, Fakultet prometnih znanosti; Zagreb; 2003.
- [4] Županović I.: Tehnologija cestovnog prijevoza, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2002.
- [5] Larminie, J., Lowry, J.: Electric Vehicle Tehnology Explained, John Wiley & Sons Ltd (29.7.2019.)
- [6] Alternativni pogoni automobila, Sysprint, Drvo znanja, prosinac 2007., br. 110, godište 11., str. 62 – 67
- [7] Fuhs A.E.: HYBRID VEHICLE AND THE FUTURE OF PERSONAL TRANSPORTATION Taylor & Francis Group LLC, CRC Press, 2009.
- [8] Novak Z. Prometna dinamika, Veleučilište u Rijeci, 2012./2013.
- [9] Analysis of coast-by noise of heavy truck tires. Journal of Traffic and Transportation Engineering, Yintao Wei, Yongbao Yang, Yalong Chen, Hao Wang, Dabing Xiang, Zhichao Li.
- [10] <https://repositorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A1508/datastream/PDF/view> (20.7.2019.)
- [11] <https://www.jabuka.tv/mercedes-prije-tesle-elektricni-kamion-ide-u-proizvodnju/> (20.7.2019.)
- [12] <http://hr-kamioni.com/konceptni-kamion-volvo-trucks-a-testiranja-hibridnog-pogona-za-primjenu-u-transportu-na-duge-relacije/> (29.7.2019.)
- [13] <https://hrcak.srce.hr/101324> (3.8.2019.)

- [14] <https://www.cvh.hr/propisi-i-upute/pravilnici/zakon-o-sigurnosti-prometa-nacestama/pravilnik-o-tehnickim-uvjetima-vozila-u-prometu-na-cestama/> (3.8.2019.)
- [15] [https://issuu.com/tmatos/docs/zakonski\\_propisane\\_tehnicke\\_karakteristike\\_vozila](https://issuu.com/tmatos/docs/zakonski_propisane_tehnicke_karakteristike_vozila) (3.8.2019.)
- [16] <https://teretna-vozila.com/smf/kamioni-prikolice-kombi-vozila/novi-volvo-2011/150/> (20.7.2019.)
- [17] <https://www.autohrvatska.hr/novosti/gume-za-kamione-i-autobuse-prodaja-i-montaza> (3.8.2019.)
- [18] <https://www.studentenergy.org/topics/fossil-fuels> [20.7.2019.]
- [19] <http://www.ignotus.hr/> (3.8.2019.)
- [20] <https://www.autohrvatska.hr/kamioni-autobusi/dijelovi-oprema> (3.8.2019.)
- [21] <https://www.polovniautomobili.com/auto-vesti/saveti/6433/sve-sto-sam-zeleo-da-znam-o-felnama-prvi-deo> (3.8.2019.)
- [22] [http://www.enciklopedija.hr/Ilustracije/HE8\\_0964.jpg](http://www.enciklopedija.hr/Ilustracije/HE8_0964.jpg) (3.8.2019.)
- [23] <http://www.fire-engine-photos.com/picture/number25761> (20.7.2019.)
- [24] <http://www.vrelegume.rs/test/pneumatici/> (4.8.2019.)
- [25] <http://www.prometna-zona.com/vrste-guma-i-njihova-konstrukcija/> (4.8.2019.)
- [26] [https://www.autoportal.hr/clanak/bilo\\_pa\\_proslo\\_dijagonalne\\_gume\\_super\\_na\\_blatu\\_lose\\_na\\_asfaltu](https://www.autoportal.hr/clanak/bilo_pa_proslo_dijagonalne_gume_super_na_blatu_lose_na_asfaltu) (4.8.2019.)
- [27] <http://www.fpz.unizg.hr/traffic/index.php/PROMTT/article/download/459/313> (4.8.2019.)
- [28] <https://www.nabava.net/clanci/savjeti/7-brzih-savjeta-za-skladistenje-auto-guma-74t6> (4.8.2019.)
- [29] [https://www.goodyear.eu/si\\_hr/truck/goodyear-quality/understanding-your-tyre/#tire-width](https://www.goodyear.eu/si_hr/truck/goodyear-quality/understanding-your-tyre/#tire-width) (4.8.2019.)
- [30] <http://uljadirekt.com/dimenzije-i-oznake/> (4.8.2019.)
- [31] <https://www.jeftinije.hr/Savjet/2706/sto-znaci-indeks-nosivosti-kod-guma> (4.8.2019.)

- [32]<https://trucks.michelin.com.hr/Savjeti/Vodi%C4%8D-kroz-pneumatike> (4.8.2019.)
- [33][https://www.goodyear.eu/si\\_hr/truck/goodyear-quality/seasonal-tyres/](https://www.goodyear.eu/si_hr/truck/goodyear-quality/seasonal-tyres/) (5.8.2019.)
- [34][https://www.goodyear.eu/si\\_hr/truck/tires/ultra-grip-max-d/](https://www.goodyear.eu/si_hr/truck/tires/ultra-grip-max-d/) (5.8.2019.)
- [35][http://www.dunlop.eu/dunlop\\_hrhr/what\\_sets\\_dunlop\\_apart/](http://www.dunlop.eu/dunlop_hrhr/what_sets_dunlop_apart/) (5.8.2019.)
- [36][https://www.goodyear.eu/hr\\_hr/consumer/learn/eu-tire-label-explained.html](https://www.goodyear.eu/hr_hr/consumer/learn/eu-tire-label-explained.html) (5.8.2019.)
- [37]<https://www.sava-tires.com/sava/hr/why-sava/eu-tire-label/> (5.8.2019.)
- [38]<http://www.unikomerc.hr/eu-oznake-ocjena-testiranja-guma/> (5.8.2019.)
- [39][http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2016\\_09\\_85\\_1864.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2016_09_85_1864.html) (7.8.2019)
- [40]<http://www.hak.hr/info/korisne-informacije/zimska-oprema> (7.8.2019)
- [41][https://autoportal.hr/clanak/abeceda\\_dinamike\\_vozila\\_2\\_otpor\\_kotrljanja\\_kotaca\\_vazno\\_je\\_procitajte](https://autoportal.hr/clanak/abeceda_dinamike_vozila_2_otpor_kotrljanja_kotaca_vazno_je_procitajte) (14.8.2019)
- [42][http://ttl.masfak.ni.ac.rs/MMIV/III\\_Otpori\\_kretanju.pdf](http://ttl.masfak.ni.ac.rs/MMIV/III_Otpori_kretanju.pdf) (14.8.2019)
- [43]<https://www.vericomcomputers.com/cms-files/rolling-resistance-in-haul-truck-operations.pdf> (14.8.2019)
- [44][https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:63ff440f-59bb-11e8-ab41-01aa75ed71a1.0012.02/DOC\\_2&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:63ff440f-59bb-11e8-ab41-01aa75ed71a1.0012.02/DOC_2&format=PDF) (17.8.2019.)
- [45][https://bib.irb.hr/datoteka/717355.140925\\_Elektricna\\_Vozila\\_ms.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/717355.140925_Elektricna_Vozila_ms.pdf) (20.7.2019.)
- [46]<https://repositorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A691/datastream/PDF/view> (29.7.2019.)
- [47]<http://www.bangkokshipping.com/tyre3.php> (20.8.2019.)
- [48]<https://energydoo.com/najcesca-ostecenja-guma/> (20.8.2019.)
- [49]<https://www.vujacic-company.me/oznake-na-gumama/defekti-na-gumama/> (20.8.2019.)
- [50][https://www.autoportal.hr/clanak/trosenje\\_guma](https://www.autoportal.hr/clanak/trosenje_guma) (20.8.2019.)

## POPIS SLIKA

Slika 1: Primjer teretnog vozila s benzinskim motorom .....	4
Slika 2: Primjer teretnog vozila s diesel motorom .....	5
Slika 3: Primjer električnog teretnog vozila.....	7
Slika 4: Broj hibridnih vozila u svijetu od 2012. do 2016. Godine.....	8
Slika 5: Primjer hibridnog teretnog vozila .....	11
Slika 6: Dimenzije teretnog vozila .....	16
Slika 7: Primjer različitih proizvođača teretnih pneumatika .....	21
Slika 8: Primjer aluminijske felge teretnog vozila .....	23
Slika 9: Promjena teretnog naplatka.....	24
Slika 10: Dubina ET offseta .....	25
Slika 11: Osnovni dijelovi pneumatika .....	26
Slika 12: Prikaz dijagonalnog pneumatika.....	29
Slika 13: Poprečni presjek radijalnog pneumatika .....	30
Slika 14: Razlika u izgledu gledano od naprijed i razlike prilikom djelovanja bočne sile između radijalnih i dijagonalnih pneumatika.....	32
Slika 15: Pravilan način skladištenja pneumatika .....	36
Slika 16: Oznake teretnog pneumatika.....	37
Slika 17: Index brzine pneumatika.....	38
Slika 18: Indeks svih nosivosti pneumatika .....	39
Slika 19: Prikaz oznaka i položaja michelin pneumatika.....	42
Slika 20: Otpor na kotrljanje pneumatika .....	43
Slika 21: Primjer zimskog teretnog pneumatika .....	44
Slika 22: Goodyear ultra grip max d pneumatik .....	45
Slika 23: Primjer EU oznake za pneumatike.....	46
Slika 24: Razlika u potrošnji goriva različitih kategorija pneumatika .....	47
Slika 25: Oznaka za prijanjanje i zaustavni put ovisno o kategoriji.....	47
Slika 26: Pneumatik u odnosu na buku .....	48
Slika 27: Nastanak sile trenja .....	53
Slika 28: Zavisnost koeficijenta otpora kotrljanju od opterećenja kotača i pritiska u pneumaticima .....	55
Slika 29: Zavisnost koeficijenta otpora kotrljanju od brzine kretanja za različite tipove pneumatika .....	56
Slika 30: Primjer utjecaja površine i brzine na otpor kotrljanja.....	57
Slika 31: Graf zaustavnog puta na mokroj podlozi .....	61
Slika 32: Teretni pneumatici različitih gaznih površina.....	63
Slika 33: Primjer istrošenih teretnih pneumatika .....	65
Slika 34: Odnos pritiska i trajanja pneumatika .....	65
Slika 35: Odnos opterećenja i trajanja gume.....	66
Slika 36: Kako tlak utječe na deformaciju pneumatika.....	67



## POPIS TABLICA

Tablica 1: Usporedba istosmjernih i izmjeničnih motora .....	6
Tablica 2: Vozila koja su dio skupa vozila .....	11
Tablica 3: Prikaz zakonom dopuštenih dimenzija u nekim zemljama EU i Republici Hrvatskoj .....	13
Tablica 4: Utjecaj cestovnih površina na trajnost pneumatika .....	33
Tablica 5: Kriterij za dodjelu pojedinog razreda otpora kotrljanju.....	58
Tablica 6: Kriterij za dodjelu pojedinog razreda prijanjanja na mokrom .....	60
Tablica 7: Referentne vrijednosti buke za C1 pneumatike.....	61
Tablica 8: Referentne vrijednosti buke za C2 i C3 pneumatike.....	62
Tablica 9: Rezultati razine buke teretnih pneumatika .....	64



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 **Eksploatacijsko-tehničke značajke pneumatika cestovnih  
teretnih vozila**

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

U Zagrebu, 30/08/2019 \_\_\_\_\_

Student/ica:

*Romana Mikić*  
\_\_\_\_\_  
(potpis)