

# Svojstva pneumatika i njihova primjena u poljoprivrednoj tehnici

---

**Magličić, Tomislav**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /  
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:012272>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-04**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Tomislav Magličić

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Mehanizacija

**Svojstva pneumatika i njihova primjena u poljoprivrednoj  
tehnič**

Završni rad

Osijek, 2020.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Tomislav Magličić

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Mehanizacija

**Svojstva pneumatika i njihova primjena u poljoprivrednoj  
tehnič**

Završni rad

Osijek, 2020.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Tomislav Magličić

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Mehanizacija

**Svojstva pneumatika i njihova primjena u poljoprivrednoj  
tehnič**

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. Ivan Vidaković, mag.ing.mech., mentor
2. Prof.dr.sc. Goran Heffer, član
3. Doc.dr.sc. Vjekoslav Tadić, član

Osijek, 2020.

## **TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA**

---

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Završni rad

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda, smjer Mehanizacija

Tomislav Magličić

### **Svojstva pneumatika i njihova primjena u poljoprivrednoj tehnici**

**Sažetak:** Na temelju dostupnih literaturnih izvora opisati će se tipovi, struktura te svojstva pneumatika i njihova primjena u poljoprivrednoj tehnici. Na odabranim primjerima analizirati će se tehnologija proizvodnje pneumatika te vrste i svojstva pripadajućih čeličnih naplataka.

Ključne riječi: Pneumatik, Naplatak, Guma, Profil

39 stranica, 2 tablice, 35 slika i grafova, 56 literaturnih navoda

Završni rad je pohranjen: u Knjižnici Fakulteta Agrobiotehničkih znanosti Osijek i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta Agrobiotehničkih znanosti Osijek.

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

---

Josip Jurja Strossmayer University in Osijek

BSc Thesis

Faculty of agrobiotechnical sciences Osijek

Undergraduate university study Agriculture, course Mehanization

Tomislav Magličić

### **Tire properties and their application in agricultural technique**

**Summary:** Based on available literature sources, the types, structure and properties of tires will be described and will be appropriate in agricultural technology. The selected examples will analyze the tire production technology of the type and characteristics of the steel rims .

Key words: Tire, Rim, Tire, Profile

39 pages , 2 tables , 35 figures and charts, 56 references

BSc Thesis is archived in Library of Faculty of Agrobiotechnical sciences in Osijek and in digital repository of Faculty of Agrobiotechnical sciences in Osijek.

## **SADRŽAJ:**

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. NASTANAK GUMA</b> .....	<b>2</b>
<b>3. PROIZVODNJA GUME</b> .....	<b>4</b>
<b>3.1. Sirovine</b> .....	<b>5</b>
<b>3.2. Postupak miješanja</b> .....	<b>7</b>
<b>3.3. Proizvodnja gaznog sloja</b> .....	<b>7</b>
<b>3.4. Proizvodnja čeličnog remena i čeličnog sloja</b> .....	<b>8</b>
<b>3.5. Formacija gume</b> .....	<b>9</b>
<b>3.6. Očvršćivanje i inspekcija</b> .....	<b>10</b>
<b>4. TIPOVI TRAKTORSKIH PNEUMATIKA</b> .....	<b>12</b>
<b>5. KOTAČI</b> .....	<b>13</b>
<b>6. NAPLATAK</b> .....	<b>14</b>
<b>6.1. Dubinski naplatak</b> .....	<b>14</b>
<b>6.2. Naplatak s uzvišenjem (Hump - felga)</b> .....	<b>14</b>
<b>6.3. Mjere i oznake naplatka</b> .....	<b>15</b>
<b>7. PNEUMATICI</b> .....	<b>17</b>
<b>7.1. Vodeni klin tzv. aquaplaning</b> .....	<b>19</b>
<b>7.2. Mjere i oznake pneumatika</b> .....	<b>19</b>
<b>7.2.1. Nazivni oblik profila</b> .....	<b>20</b>
<b>7.2.2. Omjer visine i širine</b> .....	<b>20</b>
<b>7.3. Indeks nosivosti IN</b> .....	<b>21</b>
<b>7.4. Označavanje guma</b> .....	<b>22</b>
<b>8. OBLIK PROFILA</b> .....	<b>23</b>
<b>8.1. Pozitivni profil – površina nalijeganja gume</b> .....	<b>24</b>
<b>8.2. Negativni profil gume</b> .....	<b>25</b>
<b>9. KONSTRUKCIJE PNEUMATIKA</b> .....	<b>26</b>
<b>9.1. Dijagonalni pneumatiki</b> .....	<b>26</b>
<b>9.2. Radijalni pneumatiki</b> .....	<b>26</b>

<b>9.3. Pneumatici bez zračnice .....</b>	<b>27</b>
<b>10. NORME ZA GUME.....</b>	<b>31</b>
<b>11. SIGURNOSNI PNEUMATICI.....</b>	<b>32</b>
<b>12. GUME ZA POLJOPRIVREDU .....</b>	<b>33</b>
<b>13. GUME GUSJENICE.....</b>	<b>36</b>
<b>14. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>38</b>
<b>15. LITERATURA .....</b>	<b>39</b>

## 1. UVOD

Traktorski pneumatik je jedini strojni dio traktora koji dodiruje tlo. Pneumatici moraju zadovoljiti ravnotežu između prijanjanja, udobnosti, izdržljivosti, iskoristivosti i cijene. Zbog svega navedenog pneumatici su vrlo komplicirani za dizajnirati i izraditi, uzmimo za primjer pametne telefone čine se puno kompleksniji od pneumatika ali zapravo podjednaka je razina istraživanja i tehnologije koja je potrebna za izradu pametnih telefona i pneumatika. Osnovna funkcija pneumatika je da povezuje vozilo sa tlom te se od njega zahtjeva da ne gubi svoja svojstva elastičnosti i krutosti u planiranim uvjetima upotrebe. (Zimmer i sur. 2009.)

Prvu gumu, grijući smjesu kaučuka i sumpora, proizveo je Amerikanac C. Goodyear 1839. godine, a do istog otkrića došao je pet godina kasnije Englez T. Hancock. Međutim, tek je J. B. Dunlop 1888. godine patentirao pneumatski obruč, zrakom napunjeno gumeno crijevo ovijeno oko kotača tricikla. Prva guma za automobile proizvedena je 1895., a radijalna guma je patentirana 1946. godine i počela se koristiti na kamionima 1952. godine. Gume za poljoprivredne strojeve danas u svijetu proizvodi niz tvornica, a najpoznatije su Goodyear, Dunlop, Michelin, Continental, Pirelli, Fulda, Kelly-Tires, Kleber, Trelleborg, Vredestein, Sava i dr. Zahtjeve na gume pri radu strojeva u polju i vožnji cestom najpoznatiji proizvođač pneumatika tvrtka Goodyear prikazuje na sedam radijalnih pogonskih guma serije OPTITRAC, koje mogu biti istog opsega, a različite izvedbe, kao što su uske, standardne. (Zimmer i sur. 2009.)



## 2. NASTANAK GUMA

Prva istraživanja vezana za razvoj i primjenu guma zabilježeni su u 18. stoljeću u Francuskoj, da bi englez Thomas Hancock koncem 1843. godine otkrio proces vulkanizacije. Proces vulkanizacije se odvijao umakanjem gumenih vrpca u rastopljeni sumpor pri čemu je dobivao mekšu ili tvrđu gumu ovisno o intenzitetu zagrijavanja, vremenu umakanja i dodanoj količini sumpornog praha. Početkom 1844. godine proces vulkanizacije je usavršio i patentirao američki kemičar Charles Goodyear. Nedugo nakon otkrića vulkanizacije Amerikanac William Robert Thompson patentira 1844. godine gumene obruče za kotače bicikla koji su bili ispunjeni zrakom. Gume odnosno zračnice prvi se put pojavljuju u Engleskoj u razdoblju od 1845. do 1847. godine. Korišteni materijali za izradbu bili su iz vrlo tankog sloja kaučuka, obučenog u kožu. Za praktičnu upotrebu nije bilo odgovarajuća. Zračnice više nisu bile u upotrebi, već su se koristile pune gume, sve dok nije 1888. godine škotski veterinar John Boyd Dunlop koji je boravio u Irskoj napravio prvu gumu koja se mogla praktično upotrijebiti. Naime on je tricikl svoga sina napravio šuplji gumeni obruč koji je bio zaštićen vanjskom prevlakom od impregnirane gume i navučen na kotač, a punio se kroz ventil. 1895. godine Michelin ispituje gume montirane na kola s motorom. Pri tome su se pojavljivale mnogobrojne neugodnosti i neuspjesi, ali je kod kola postignut velik napredak. Oko 1900. godine već se u više država upotrebljavaju gume s rubom. 1910. godine proizvedena je guma s ravnom stranom. (Šumanovac i sur., 2011.)

Gume sa slojevima koji su nerastezljivi, a postavljaju se na ravnu postelju sličnu kao i danas kod teretnih kola, izradila je tvrtka Goodyear. Godine 1917. primijenjen je nov način obrade kaučuka po procesu nazvanom Goodrich, što je povećalo izdržljivost gume. 1923. godine uspjelo se smanjiti vanjski promjer i povećati promjer cijevi pa su se pojavile prve balon – gume, koje su se tlačile na 2 – 3 bara prema prijašnjim na 4 bara. Na slici 1 je prikaz starijih pneumatika. Godine 1927. u SAD-u pojavljuju se gume tipa cord, kod kojih su slojevi za armature u obliku užeta, prema prijašnjima koji su bili u obliku mreže. (Šumanovac i sur., 2011.)

Zbog trenja, taj se sloj prilično brzo potrošio. Zatim su se 1933. godine pojavile super balon – gume, a 1936. godine Michelin izrađuje gume sa žicom na rubu. 1947. godine Michelin je izradio X odnosno s poprijeko armiranim kosturom. Guma se glatko kotrlja bez traga. Način izradbe se razlikovao jer su neki izrađivali gume s okruglom, odnosno

zaobljenom dodirnom površinom, a drugi s ravnom. Zatim, površine gume kod nekih se izrađivala glatka, a kod drugih izbrazdana. Zadatak je guma na vozilima da primaju i ublažuju udarce koji nastaju od neravnina na tlu. Guma mora biti čvrsta i elastična, pa su njena izradba, kao i oblik, s vremenom su imali razne izmjene. (Šumanovac i sur., 2011.)



Slika 1. Prikaz starijih pneumatika (Izvor: [https://www.tripadvisor.com/LocationPhotoDirectLink-g43833-d1028894-i160174436-Mississippi\\_Agricultural\\_Forestry\\_Museum-Jackson\\_Mississippi.html](https://www.tripadvisor.com/LocationPhotoDirectLink-g43833-d1028894-i160174436-Mississippi_Agricultural_Forestry_Museum-Jackson_Mississippi.html) )

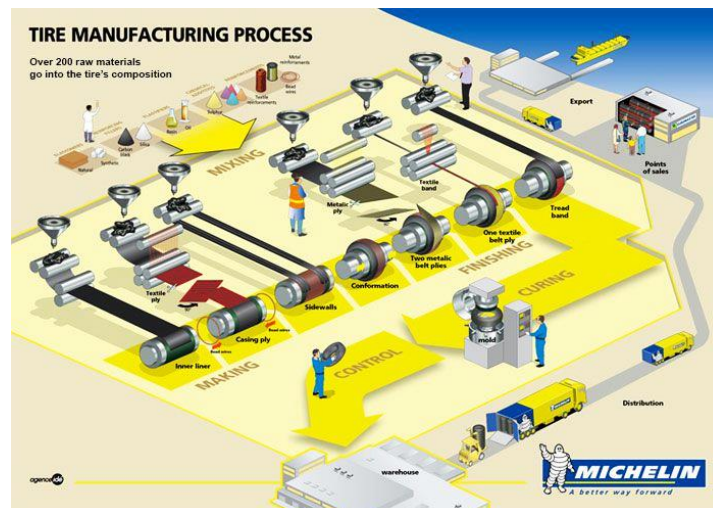
### 3. PROIZVODNJA GUME

Gumena smjesa vaše gume ima i do 30 zasebnih sastojaka s različitim omjerima utjecaja na svojstva izdržljivosti gume. Tijekom postupka miješanja, guma, punila i drugi ključni sastojci miješaju se zajedno radi stvaranja crne, ljepljive smjese koja je spremna za valjanje.

Ohlađena gumena mješavina reže se u trake u posebnoj tvornici. Te trake čine osnovnu strukturu gume. Drugi dijelovi gume također se pripremaju tijekom postupka valjanja i neki se oblažu različitom vrstom gume.

Tijekom faze izrade guma se izrađuje iznutra prema van, dijelovi - tekstilni elementi, stope, čelično remenje, sloj, profil i ostali dijelovi - postavljaju se u stroj za izradu gume koji se brine da svaki dio bude na pravom mjestu. Krajnji rezultat je poznat kao "zelena guma" i izgleda gotovo dovršeno. Na slici 2 je prikazan proces proizvodnje gume.

Zelena guma "vulkanizira" se u stroju za vulkanizaciju. Taj stroj ima kalup koji komprimira sastavne dijelove zajedno. Guma svoj završni oblik dobiva tijekom vulkanizacije kada se na gumu utiskuje uzorak profila i oznake na bočni zid. (Izvor: <https://www.sava-tires.com/sava/hr/all-about-tires/understand-your-tire/what-goes-into-a-tire/#curing> )



Slika 2. Proces proizvodnje gume (Izvor: <https://www.michelinman.com/howTireMade.html> )

### 3.1. Sirovine

Proces proizvodnje guma započinje na plantaži stabala gume jugoistočne Azije, gdje se u kore stabla izrađuje kosi rez iz kojeg izlazi krov i skuplja se lateks. Na slici 3 je prikazano skupljanje lateksa.

Zatim se lateks kombinira s ugljikom, uljem, sumporom i drugim kemikalijama, a prolazi kroz brojne vlastite procese. Rezultat su crni listovi gume koji se nakon toga mogu zagrijati i ispreplesti čelikom radi dodatne krutosti. Ovi tkani listovi čine glavnu osnovu gume. (Izvor: <http://fleetsolution-mea.com/en/Pages/Tyre-Manufacturing> )



Slika 3. Skupljanje lateksa (Izvor: <http://fleetsolution-mea.com/en/Pages/Tyre-Manufacturing> )

U gumu se dodaje puno kemikalija za poboljšanje njegove čvrstoće i krutosti. Na slici 4 su prikazane kemijske sirovine. Od ključnih kemijskih sastojaka najveća je čađa, a slijede sumpor, cink stearat, vosak, akcelerator i antioksidanti.

Guma pojačana čađom znatno je otpornija na habanje, jače, sporije nošenje i lakša je obrada nego sama guma. Čađa također pomaže u zaštiti gume od ultraljubičastog svjetla od sunca. Sumpor je vrlo važno vulkanizirajuće sredstvo koje jača gumu i daje svojstva čvrstoće i elastičnosti koje čovjek povezuje s gumama.

Mala količina cinkovog stearata i voskova može pomoći u kontroli stope stvrdnjavanja i pojednostaviti gumu. Oni također pomažu u sprečavanju oksidacije.

Akceleratori pomažu u kontroli brzine stvrdnjavanja, pa se sve završi u potpunosti, a da se ne troši previše vremena u kalupu. (Izvor: <http://fleetsolution-mea.com/en/Pages/Tyre-Manufacturing> )



Slika 4. Kemijske sirovine (Izvor: <http://fleetsolution-mea.com/en/Pages/Tyre-Manufacturing> )

Čelik čini otprilike petinu mase gume i bitna je komponenta, posebno za "Tri Bs", perle, pojaseve i tijelo. Na slici 5 je prikazan čelik. Baš kao što čađa djeluje kao svojevrsna "armatura" za gume, čelični kabel u radijalnoj gumi djeluje pomalo kao čelični okvir moderne zgrade.

Čelik se prvo mora obraditi posebnim premazom koji će mu pomoći da se prilijepi za gumu u gumi. Prevlaka je čvrsto vezana žicom, a zauzvrat se tijekom obrade čvrsto vezuje za gumu. (Izvor: <http://fleetsolution-mea.com/en/Pages/Tyre-Manufacturing> )



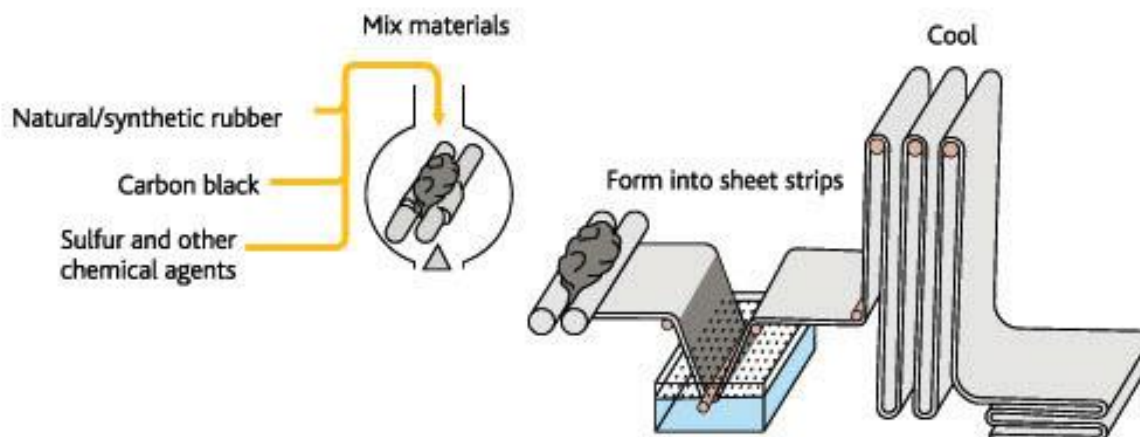
Slika 5. Čelik (Izvor: <http://fleetsolution-mea.com/en/Pages/Tyre-Manufacturing> )

### 3.2. Postupak miješanja

Prije svega, gumeni sloj mora se pripremiti za upotrebu u različitim specifikacijama guma i za različite dijelove guma. Svi materijali (prirodna / sintetička guma, čađa, sumpor i druga kemijska sredstva) pomiješaju se zajedno i prešaju kako bi se dobili gumeni listovi. To se radi u mlinu, koji se obično naziva "*Banbury mixer*", po imenu svog izumitelja. Na slici 6 je prikazan postupak miješanja. Zatim se gumeni listovi hlade i puštaju u palete koje se isporučuju u postupak proizvodnje različitih dijelova guma. Vrste procesa oblikovanja gumenog lima kako bi se oblikovale različite komponente. Postoje dva različita postupka oblikovanja gume u pojedine dijelove gume:

Kalendiranje za unutarnju oblogu, zaštitni sloj i pojaseve te istiskivanje gazišta, perli, punila i bočnih zidova. Kalendiranje znači "prešanje gumenih spojeva između velikih valjaka". Kalendar je stroj opremljen s tri ili više čeličnih valjaka koji se okreću u suprotnim smjerovima, prisiljavajući gumenu smjesu da se pridržava uzice.

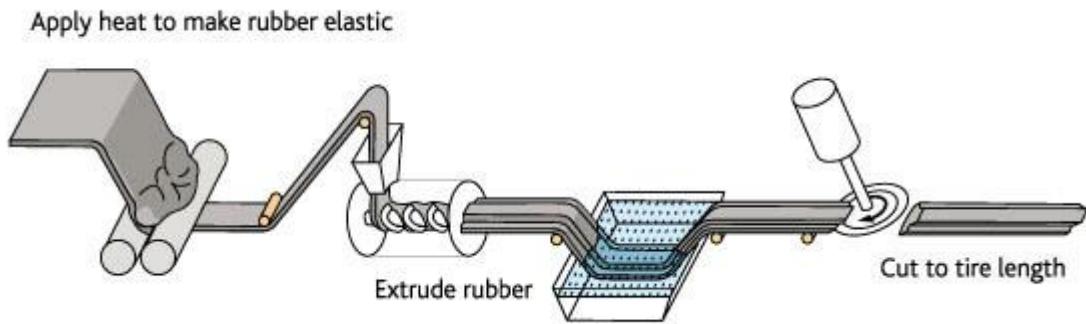
Ekstruzija znači „probijanje gumenih spojeva kroz kalup“. Matrica je metalni kalup u obliku komponente gume koja se proizvodi. To raspoređuje volumen gume u odgovarajući konačni oblik i dimenzije. (Izvor: <http://fleetsolution-mea.com/en/Pages/Tyre-Manufacturing> )



Slika 6. Postupak miješanja (Izvor: <http://fleetsolution-mea.com/en/Pages/Tyre-Manufacturing> )

### 3.3. Proizvodnja gaznog sloja

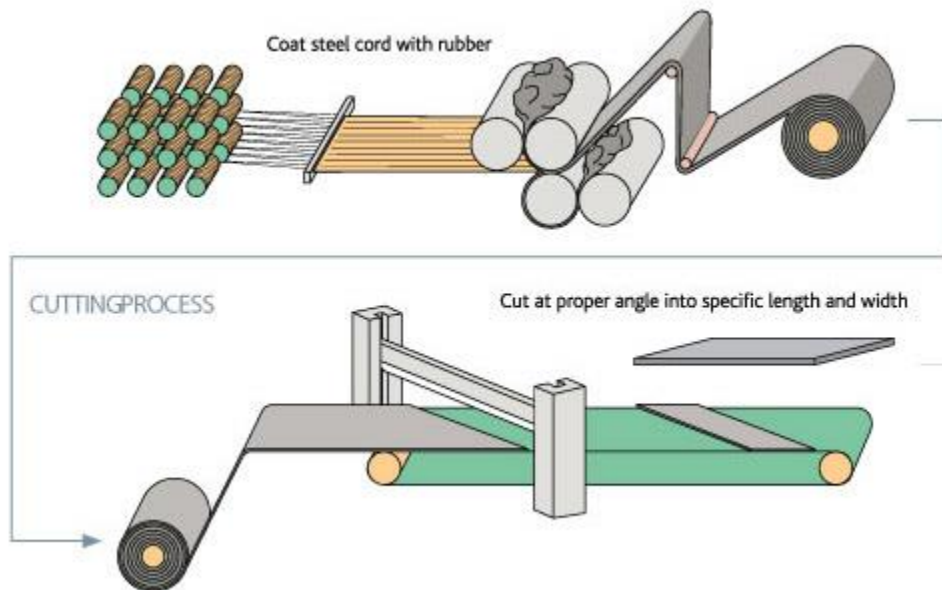
Nakon zagrijavanja gume kako bi je omekšao, gazište se ekstrudira kako bi se stvorio oblik poprečnog presjeka. Na slici 7 je prikazana proizvodnja gaznog sloja. Ekstrudirani gazni sloj je potpuno ohlađen i rezan na duljine pogodne za pojedine gume. (Izvor: <http://fleetsolution-mea.com/en/Pages/Tyre-Manufacturing> )



Slika 7. Proizvodnja gaznog sloja (Izvor: <http://fleetsolution-mea.com/en/Pages/Tyre-Manufacturing> )

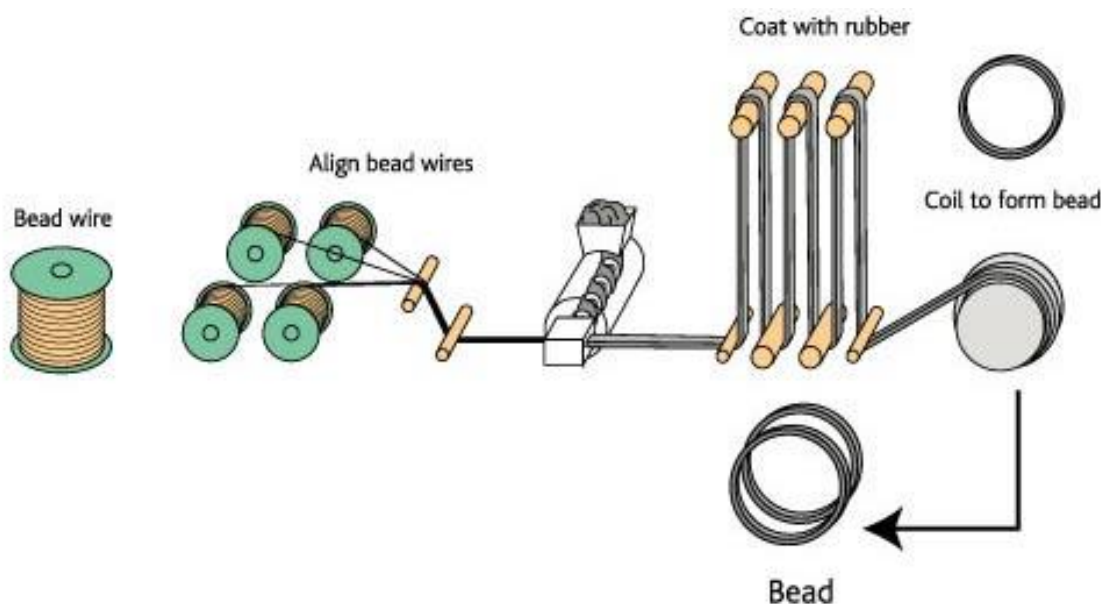
### 3.4. Proizvodnja čeličnog remena i čeličnog sloja

U slučaju pojasa i karoserije, čelični kabl je stegnut između gumenih limova i izrezan u duljinu s određenim kutovima za pojedine gume. (Izvor: <http://fleetsolution-mea.com/en/Pages/Tyre-Manufacturing> )



Slika 8. Proizvodnja čeličnog remena i čeličnog sloja (Izvor: <http://fleetsolution-mea.com/en/Pages/Tyre-Manufacturing> )

Jezgra kuglice je izrađena od čelika, a ekstruzijom je obložena gumom. Punjenje kuglice također se istiskuje i stavlja se na stalak spreman za montažu. (Izvor: <http://fleetsolution-mea.com/en/Pages/Tyre-Manufacturing> )



Slika 9. Postupak izrade perli (Izvor: <http://fleetsolution-mea.com/en/Pages/Tyre-Manufacturing> )

### 3.5. Formacija gume

Unutarnja obloga, sloj karoserije, perla s punjenjem perlica, bočne stijenke, pojasevi i gazište sastavljaju se redoslijedom kako bi tvorili 'zelenu' gumu. Guma je izrađena na stroju za montažu guma (*TAM*). To je „radna ploča“ na kojoj će proizvođač guma sastaviti sve dijelove koji čine zelenu gumu. Na slici 10 je prikazana formacija gume. U osnovi ovo je veliki, vodoravni bubanj promjera jednake kao i posljednja "rupa" u gumi.

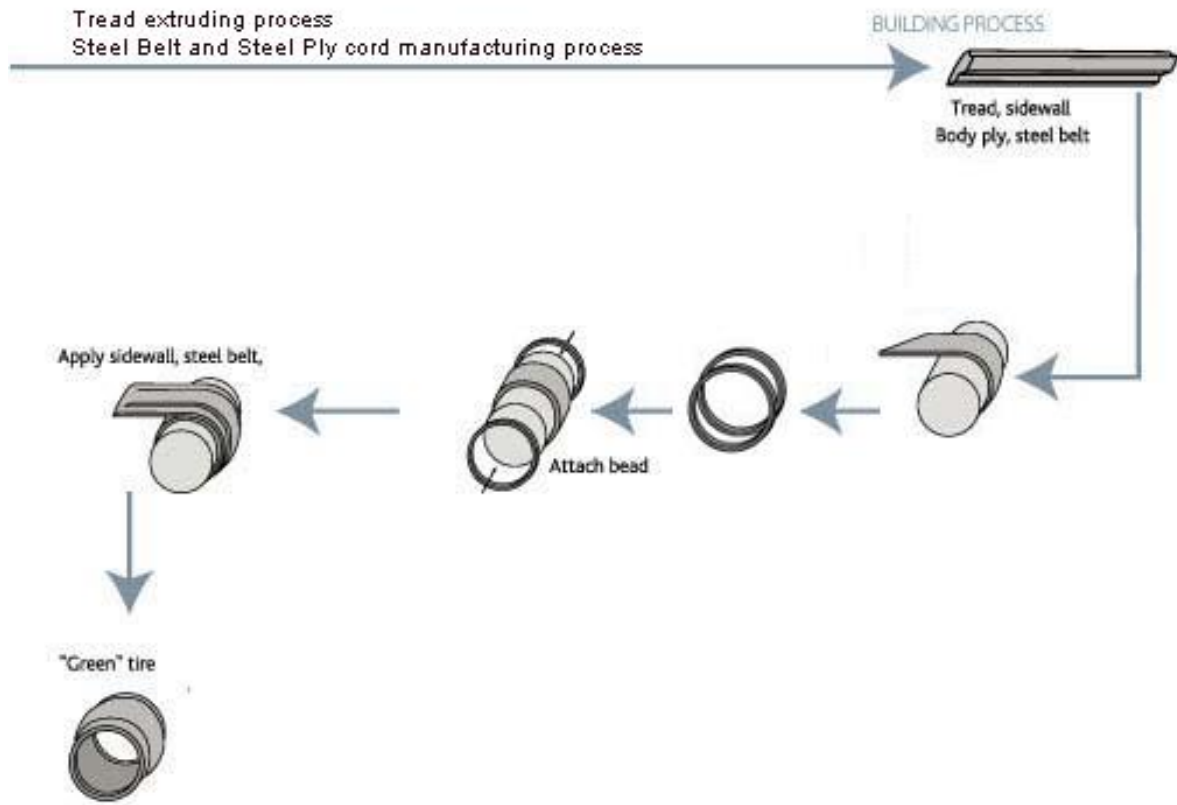
Gume su ugrađene iznutra, počevši od unutarnje obloge. Proizvođač guma ovo omota na bubanj, a zatim nanosi sloj karoserije. Tijelo se zatim okreće oko unaprijed sastavljenog zrnca / punila, a dodaju se žice i najlonski omotači, ovisno o specifikaciji guma. Zatim se dodaje guma na bočnom zidu.

Omotavaju se ravne komponente oko bubnja čija je veličina bliža veličini kotača. Međutim, završni opseg remena i gazišta mnogo je veći od kotača. Stoga se mora promijeniti oblik gume radi primanja remena i gaznoga sloja. Gumeni mjehur napuhuje sloj koji je stavljen, a bubanj se istovremeno skraćuje - gurajući rubove kotača različitih slojeva zajedno u oblik zelene gume.

Nakon postavljanja gazišta na remen, *TAM* bubanj se počinje vrtjeti i, kako to čini, ulaze valjci i pritiskuju sve različite dijelove zajedno. To se naziva šivanjem i pritiskom se istisne svaki zrak koji bi mogao biti zarobljen između slojeva. U ovom je trenutku spremno



ono što zovemo zelena guma. Potrebno je imati na umu da u ovom trenutku nema uzorka na gazištu. (Izvor: <http://fleetsolution-mea.com/en/Pages/Tyre-Manufacturing> )



Slika 10. Formacija gume (Izvor: <http://fleetsolution-mea.com/en/Pages/Tyre-Manufacturing> )

### 3.6. Očvršćivanje i inspekcija

Zelena guma mora se vulkanizirati ili otvrdnuti primjenom srca i pritiska u posebnim strojevima za proizvodnju gotove gume. Tijekom vulkanizacije, meka zelena guma pretvara se u čvrstu gumu vrijednu za put. Zelena guma je stavljena u kalup za stvrdnjavanje i podvrgnuta je jakom pritisku i adekvatnom srcu iznutra i izvana određeno vremensko razdoblje. Na slici 11 je prikazano očvršćivanje i inspekcija. Dugi lanci ugljikovodika od prirodne gume i nasumično isprepleteni jedan s drugim, ali nemaju molekularne veze između njih. Miješanjem sumpora s prirodnom gumom i zagrijavanjem smjese nastaju sumporne veze između molekula gume. (Izvor: <http://fleetsolution-mea.com/en/Pages/Tyre-Manufacturing> )



Slika 11. Očvršćivanje i inspekcija (Izvor: <http://fleetsolution-mea.com/en/Pages/Tyre-Manufacturing> )

## 4. TIPOVI TRAKTORSKIH PNEUMATIKA

Postoje 3 osnovna tipa traktorskih pneumatika:

1. Univerzalni koje se mogu koristiti i za kretanje po poljoprivrednim površinama kao i prometnicama.
2. Pneumatici slični automobilskim ali mogu podnijeti veće opterećenje služe za kretanje po prometnicama najčešće za transport.
3. Pneumatici za upotrebu na poljoprivrednim zemljištima. (<http://www.auto-horvat.hr/rezervna-oprema/gume-za-poljoprivredu>).

Na slici 12 su prikazani tipovi traktorskih pneumatika.



Slika 12. Tipovi traktorskih pneumatika ovisno o njihovom mjestu primjene (Izvor:

<http://rostextradingcompany.yolasite.com/>)

## 5. KOTAČI

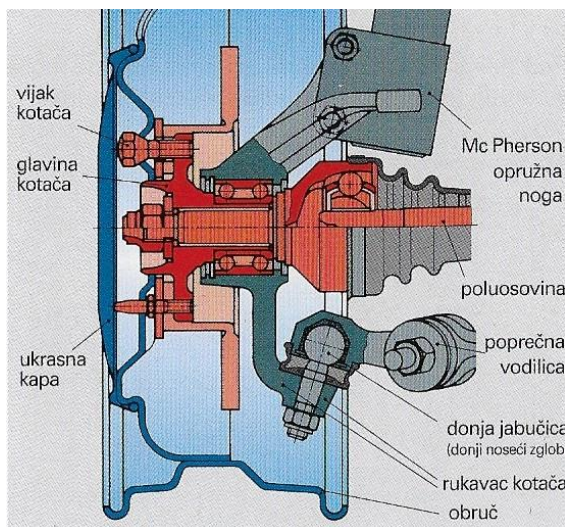
Osnovni dijelovi kotača vozila su sljedeći:

1. Glavnina s ležajem,
2. Obruč (oglavlje: tanjur ili žbice i naplatak),
3. Pneumatik. (Popović, 2010.)

Kotači kao rotirajuće mase trebaju prenijeti velike odnosno obodne sile tj., kočne i pogonske, bočne sile te samu težinu vozila, također moraju:

1. Biti što lakši,
2. Imati veliki unutarnji promjer radi smještaja kočnih diskova i bubnjeva,
3. Imati visoku čvrstoću i elastičnost, uz zadržavanje oblika,
4. Dobro odvoditi toplinu nastalu kočenjem,
5. Omogućiti jednostavnu izmjenu pneumatika ili naplatka. (Popović, 2010.)

Umjesto tanjura, mnogi kotači imaju zvijezdu ili se naplatak s glavnom spaja čeličnim žbicama. Obruč kotača na prirubnicu glavine pričvršćen je vijcima ili maticama. Na slici 13 je prikazan kotač osobnog vozila. Također na prirubnicu glavine učvršćen je vijcima i bubanj ili disk kočnice. Kod otvorenih ležaja poklopac glavine štiti ležaj od prijavštine, a istodobno i pohranjuje ležajnu masu. (Popović, 2010.)



Slika 13. Kotač osobnog vozila (Izvor: Popović, 2010.)

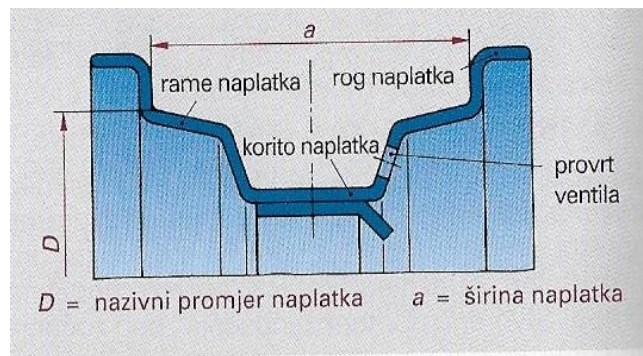
## 6. NAPLATAK

Kada govorimo o naplatku možemo reći kako postoje sljedeće vrste:

1. Rastavljivi naplatci – mogu se odvojiti od ogavlja,
2. Nerastavljivi naplatci – ne mogu se odvojiti od ogavlja,
3. Jednodijelni naplatci – isključivo su duboki,
- 4.
5. Višedijelni naplatci – koriste se kod teretnih vozila. (Popović, 2010.)

### 6.1. Dubinski naplatak

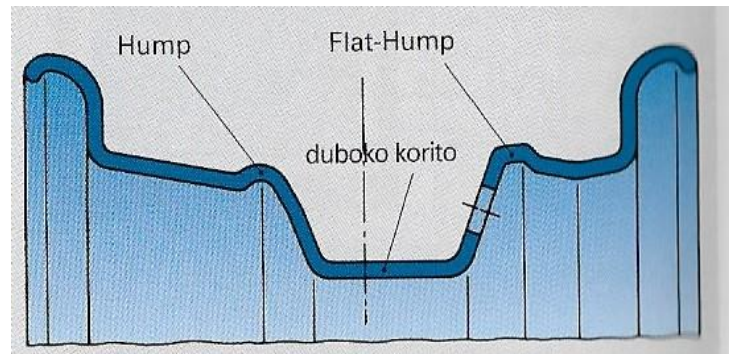
Na osobnim i lakim teretnim vozilima primjenjuju se isključivo nerastavljivi duboki naplatci koji se zakivaju ili zavaruju na ogavlje odnosno na tanjur. Obruči mogu biti izrađeni i lijevanjem ili kovanjem iz legura lakih metala. Na slici 14 je prikazano kada ogavlje i naplatak čine jednu homogenu cjelinu. Presjek nerastavljivog simetričnog naplatka može biti simetričan i nesimetričan (Popović, 2010.).



Slika 14. Nerastavljiv simetrični naplatak (Izvor: Popović, 2010.)

### 6.2. Naplatak s uzvišenjem (Hump – felga)

Pojasni pneumatici bez zračnica poznati kao *tubeless* moraju se postaviti na naplatke koji imaju zaobljeno uzvišenje na ramenu u blizini korita naplatka. Ako je to uzvišenje spljošteno, govorimo o tzv. Flat Hump (FH). Na slici 15 je prikazano uzvišenje. Oba uzvišenja sprječavaju potiskivanje noge pneumatika u korito naplatka pri većim brzinama vožnje u zavojima. Kod tubeless pneumatika došlo bi tada do naglog pada tlaka, što bi moglo dovesti do teških posljedica (Popović, 2010.).



Slika 15. Nesimetrični naplatak s uzvišenjem (Hump felga) (Izvor: Popović, 2010.)

### 6.3. Mjere i oznake naplatka

Mjere i oznake kod naplatka su standardizirane. Proizvođač na svaki naplatak utiskuje oznake koje se sastoje obično od dvije mjere izražene u inchima ( $1 \text{ ''} = 25,4 \text{ mm}$ )

- Širina felge **a** (inch),
- Nazivni promjer felge **D** (inch).

Mjere **a** i **D** kod dubokih naplataka odvojene su oznakom **x**. Karakteristične slovne oznake iza širine felge označuju oblik roga naplatka. Slovne oznake nakon nazivnog promjera **D** daju vrstu naplatka.

Primjer:

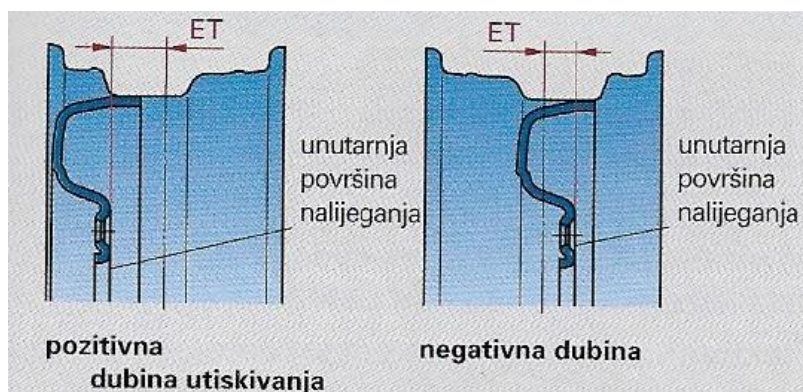
- $6 \frac{1}{2}$  - širina naplatka u (inch),
- J – oznaka za visinu roga,
- x – duboki (jednodijelni) naplatak,
- 13 – nazivni promjer naplatka u (inch),
- H - 1 Hump na vanjskom ramenu,
- S – simetrični naplatak,

Ostale oznake koje opisuju naplatak su :

- H2 – obostrani Hump,
- FH – Flat Hump na vanjskom ramenu,
- FH2 – obostrani Flat Hump,
- CH - Combination Hump: FH na vanjskom i H na unutarnjem ramenu,
- SDC – Semi Drop Center – poluduboka felga,
- ET - dubina utiskivanja naplatka u (mm),

TD - specijalni naplatak s ekstra sigurnosnim profilom ramena i niskim rogom. Na taj naplatak mogu se postaviti samo pneumatici s jednakim sigurnosnim profilom. Odvajanje pneumatika nije moguće ni pri vrlo niskim tlakovima. Širina naplatka  $a$  daje se u (mm), kao i promjer  $D$  (Popović, 2010.).

Dubina utiskivanja ET je razmak od središta naplatka do unutarnje površine nalijeganja oglavlja. Na slici 16 je prikazano kako se dubina utiskivanja može izabrati, jer se naplatak i oglavlje mogu zavariti u različitim položajima. Kotač je na taj način prilagođen vozilu na kojeg se ugrađuje: dubina utiskivanja i polumjer zakreta kotača izravno su povezani. (Popović, 2010.).



Slika 16. Dubina utiskivanja naplatka (Izvor: Popović, 2010.)

Pozitivna ET – unutarnja površina nalijeganja (gledajući u odnosu na središte) pomaknuta je prema vanjskoj strani kotača.

Negativna ET – unutarnja površina nalijeganja pomaknuta je prema unutarnjoj strani. Postavljanjem ovakvih naplataka može se povećati širina traga vozila.

Naplatici iz čeličnog lima se valjaju (čelične trake valjanjem se savijaju i profiliraju, zatim zavaruju), a iz legura lakih metala lijevaju ili kuju (npr. GK – AISi 10Mg). Prednosti naplatka iz legura lakih metala mogu biti sljedeće:

1. Mala težina (manje neovješene mase, manja potrošnja goriva, kraći zaustavni put)
2. Djelotvorno hlađenje kočnica i odvođenje topline.

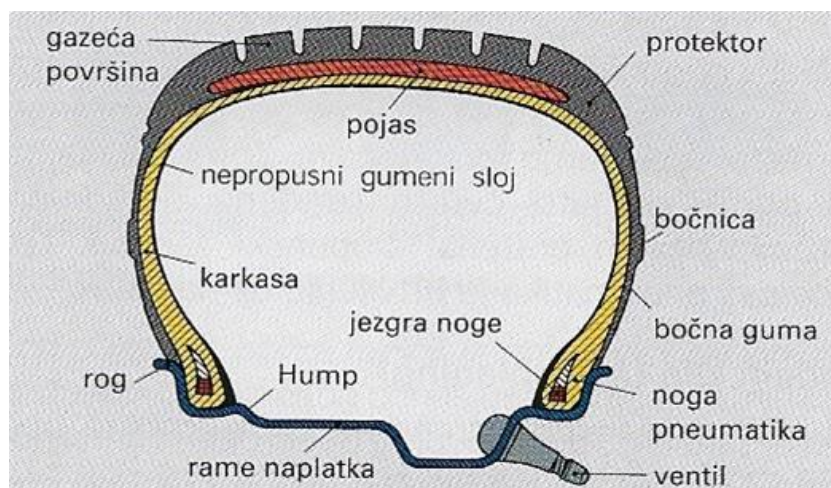
Obruči lagane konstrukcije iz novorazvijenih čelika (npr. DP 600 ili HR 60) imaju tanje stjenke obruča. Pa su u odnosu na dosadašnje obruče s čelicima za obruč (npr. RSt 37) i do 40% lakši (Popović, 2010.).

## 7. PNEUMATICI

Zadaci i zahtjevi koji se postavljaju pneumaticima su slijedeći:

1. Smanjenje udaraca na ostale dijelove kotača,
2. Preuzimanje težine vozila,
3. Ublažavanje sitnih udaraca s podloge,
4. Prijenos sila (pogonskih, kočnih i bočnih sila vođenja),
5. Mali napor pri parkiranju,
6. Mali otpor kotrljanja (malo trenje i zagrijavanje),
7. Dovoljna trajnost,
8. Tiho kotrljanje bez vibracija.

Osnovni dijelovi pneumatika su: zračnica s ventilom, vanjska guma i pojas naplatka (Felgenband). Na slici 17 je prikazana konstrukcija pneumatika. Pojas naplatka koristi se još samo kod mopeda i motorkotača kako bi se spriječila oštećenja zračnice na glavicama vijaka za učvršćivanje žbica. Zračnica mora odgovarati veličini vanjske gume, vanjska guma mora odgovarati veličini naplatka (Popović, 2010.).

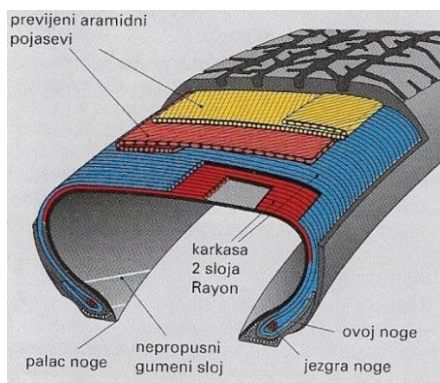


Slika 17. Konstrukcija pneumatika (Izvor: Popović, 2010.)



Dijelovi vanjske gume su sljedeći:

1. Karkasa (armaturno tkanje), izvedena je iz više slojeva gumiranog tkiva (Cord niti: rajon, čelična, poliesterska ili aramidna vlakna). Slojevi se postavljaju dijagonalno pod ostrim kutom prema smjeru vožnje (dijagonalni pneumatici) ili poprečno (okomito na smjer vožnje - radijalni). Na slici 18 je prikazan karkas i pojas pneumatika. Niti su omotane oko dva čelična prstena (pletena žica koja čini žičanu jezgru noge) i učvršćene postupkom vulkanizacije (Popović, 2010.).
2. Pojas (samo kod radijalnih pneumatica), čini ga više slojeva u gumi uloženi čeličnih niti (tekstilnih, najlon ili aramidnih). Pojas se nalazi iznad karkase, a vlakna susjednih slojeva dijagonalno su postavljena. Pojas ukrućuje gazeći sloj i sprječava prevelike deformacije (Popović, 2010.).
3. Protektor (rame i gazeća površina), čini ga više slojeva tkanja i gumena podloga, a prigušuje udarce i štiti karkasu. Gazeći sloj – podesno je profiliran kako bi se smanjilo klizanje vozila po mokrom kolniku, ali i povećano prianjanje uz suhu podlogu. Uzdužni utori profila daju bočno vođenje, poprečni utori prenose pogonsku sliku. Bočna ramena gazećeg sloja prijelaz su prema bočnoj gumi i štite karkasu (Popović, 2010.).
4. Noga gume s čeličnom žičanom jezgrom. Zadatak joj je osigurati dobro nasjedanje gume na naplatku, čime se omogućuje prijenos kočnih i pogonskih sila. Osim toga, pri velikim brzinama centrifugalne sile nastoje povećati promjer gume, a noga gume to sprječava. Zbog toga je noga gume osobito čvrsto izrađena ugradnjom čeličnih žičanih prstena. Dopunski zadatak kod tubeless pneumatika je brtvljenje uz naplatak (Popović, 2010.).



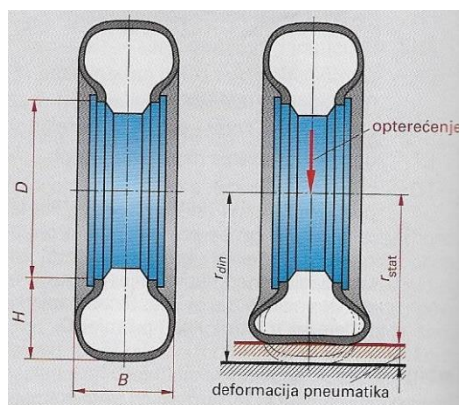
Slika 18. Karkasa i pojas pneumatika (Izvor: Popović, 2010)

## 7.1. Vodeni klin tzv. aquaplaning

Pri velikim brzinama između kotača i mokre podloge može nastati vodeni klin koji odvaja kotač od podloge i vozilo tada postaje neupravljivo. Kažemo da se pojavio aquaplaning. Kako bi se spriječila pojava aquaplaninga, utori gazeće površine moraju imati određenu minimalnu dubinu kako bi mogli preuzeti veliku količinu vode. Osim dubine, utori moraju biti i pogodnog oblika da bi vodu izbacili najvećom brzinom strujanja i u što kraćem vremenu prema van. Zakonom propisana minimalna dubina profila od 1,6mm nije dozvoljena za tu zadaću (Popović, 2010.).

## 7.2. Mjere i oznake pneumatika

Veličine pneumatika – zadana je s dvije mjere: širinom pneumatika **B** (col, mm) i nazivnim promjerom naplatka **D** (col, mm). Na slici 19 su prikazane dimenzije pneumatika. Ove mjere ne odgovaraju u potpunosti stvarnim veličinama. Točne vrijednosti moraju se izvaditi iz standardizacijskih tablica. Sve mjere vrijede za neopterećene pneumatike pod nazivnim tlakom (Popović, 2010.).



Slika 19. Dimenzije pneumatika  
(Izvor: Popović, 2010.)

### 7.2.1. Nazivni oblik profila

Da bi se mogle razlikovati različite vrste pneumatika (npr. balonske, niskoprofilne), uvodi se pojam nazivnog oblika profila: omjer visine **H** i širine **B** pneumatika izraženog u postocima:

$$\text{NOP} = \frac{H}{B} \cdot 100 (\%)$$

### 7.2.2. Omjer visine i širine

Današnji pneumatici imaju veću širinu pneumatika od visine. NOP= 80% znači da je  $H/B = 0,8 : 1$ , i tada kažemo da su ti 80 postotni pneumatici. Efektivni polumjer je okomito opterećen pneumatik koji ima manji polumjer (razmak od središta kotača do podloge) od neopterećenog pneumatika. Taj razmak nazivamo statičkim polumjerom  $r_{stat}$ . Za vozilo u pokretu polumjer se povećava zbog centrifugalnih sila - tada govorimo o dinamičkom polumjeru  $r_{din}$ . Dinamički opseg kotača  $U_{din}$  - daje dužinu koju kotač prevali u jednom okretu pri brzini od 60km/h, pod nazivnom nosivošću i propisanim tlakom zraka. Točnost tahometra ovisi o opsegu kotača. Dinamički i statički polumjer, te dinamički opseg možemo naći u tablicama pneumatika. U tablici 1 su prikazane kategorije brzina. Kategorija brzina – razlikuje pneumatike osobnih i teretnih vozila prema najvećoj dopuštenoj brzini pneumatika. Simbol brzine SB oznaka je za najveću dopuštenu brzinu pri nazivnom opterećenju pneumatika. Svaka maksimalna brzina ima svoju oznaku (Popović, 2010.).

Tablica 1. Kategorije brzine (Izvor: Popović, 2010)

Najveća brzina pneumatika (km/h)	Simbol brzine SB	Oznake brzine
160	Q	
180	S	
190	T	
210	H	
240	V	
270	W	
300	Y	
Preko 240		ZR

### 7.3. Indeks nosivosti IN

Indeks nosivosti IN (LI – Load Index) je kodni broj koji daje maksimalnu nosivost pneumatika pri najvećoj dopuštenoj brzini. U tablici 2 je prikazana nosivost pneumatika. Prije se u tu svrhu koristio PR-broj (Play Rating). Npr., 4 PR znači da pneumatik može biti opterećen zahvaljujući svojoj građi karkase kao referentni s 4 sloja iz pamučnih vlakana.

PR-broj danas više ne vrijedi i ne može se uspoređivati brojem nosećih slojeva karkase (Popović, 2010.).

Indeks nosivosti utvrđuje proizvođač pneumatika na temelju najveće brzine vozila, tlaka zraka i nagiba kotača (Popović, 2010.).

Tablica 2. Nosivost pneumatika (Izvor: Popović, 2010.)

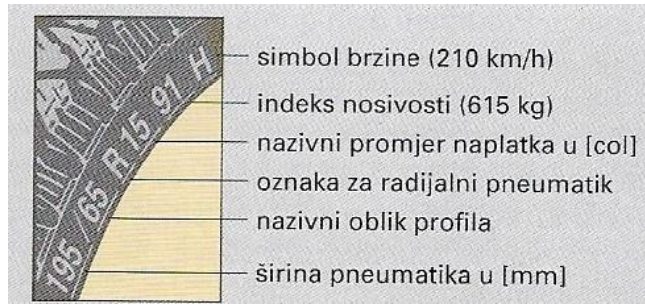
LI	Nosivost (kg)	LI	Nosivost (kg)
75	387	82	475
76	400	83	487
77	412	84	500
78	425	85	515
79	437	86	530
80	450	87	545
81	462	88	560

#### 7.4. Označavanje guma

Na slici 20 i 21 su prikazane oznake guma. Prema ECE<sup>1</sup> uredbi br. 20., za označavanje guma moraj se istaknuti oznake prema:



Slika 20. Oznake guma (Izvor: Popović, 2010.)



Slika 21. ECE oznake pneumatika (Izvor: Popović, 2010).

## 8. OBLIK PROFILA

Prema obliku profila gume, na slici 22 su prikazani oblici profila pneumatika:

1. Balonske,
2. Superbalonske,
3. Niskoprofilne,
4. Superniskoprofilne .
5. 70-postotne, 60-tne, 50-tne, 40-tne, 35-tne i dr. (Popović, 2010.).



Slika 22. Oblici profila pneumatika (Izvor: Popović, 2010.).

Kod pojedinih oblika različit je omjer visine i širine, a to dovodi do različitog ponašanja guma u vožnji. Razvoj guma kretao se od gotovo okruglog profila (balonske) prema sve širim i nižim presjecima. Šire gazne plohe i niži bokovi gume daju veću sigurnost u vožnji što je s porastom brzine vozila od velikog značaja (Popović, 2010.).

Balonske gume - (NOP = 98% , TJ. H:B = 0,98 : 1) npr. 4.50-16, zahvaljujući svojoj velikoj visini udobne su (ponašaju se kao mekane opruge), ali imaju loše bočno vođenje.

Super – balonske – (NOP = 95%) npr. 5.60 – 15, razlikuju se od balonskih po većoj širini i manjem unutarnjem promjeru D (do 15") (Popović, 2010.).

Niskoprofilne - (NOP = 88%) npr. 6.00 – 14, izrađuju se sa širinama stupnjevanim po ½". Mogu biti s dopunskim oznakama L (Low; niskoprofilne = Low section).

Super – niskoprofilne – (NOP ~ 82%) npr. 165 R 13, bile su izrađivane kao dijagonalne, a prvi put 1964. godine izrađene su kao pneumatici s pojasom (radijalne, 80-postotne gume).

70-tne gume (NOP = 70%) npr. 185/70 R 14, imaju visinu koja je 70% širine, i zbog toga nose ovu oznaku. Prednosti ovih guma su veća sposobnost prijanjanja na podlogu i vjerno držanje traga. Veće bočne sile vođenja dopuštaju veće brzine u zavojima.

50-tne - (NOP = 50%) npr. 225/50 R 15, imaju visinu koja je samo 50% širine. Kako je opseg kotrljanja jednak, povećava se nazivni promjer naplatka (Popović, 2010.).

Prednosti:

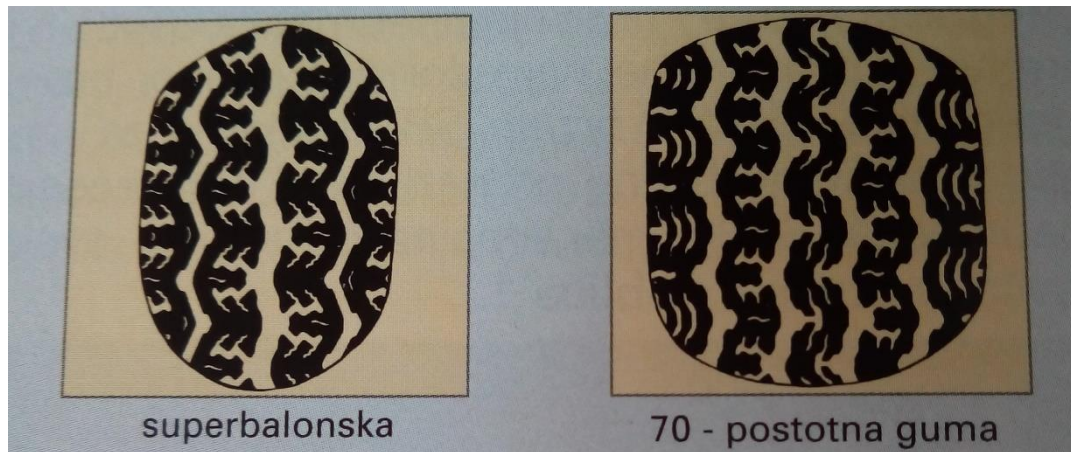
- Ugradnja većih i snažnijih kočnih diskova s boljim ventiliranjem,
- Otporne na bočne deformacije zahvaljujući niskom, plitkom profilu,
- Visoka bočna stabilnost u zavojima: velike bočne sile već pri malim kutovima kosog hoda zbog toga moguće velike brzine u zavojima,
- Veliki otpor protiv bočnog izvrtanja,
- Preciznije reagiranje na zakrete upravljača,
- Manja potrošnja goriva zbog manjih deformacija.

Nedostaci:

- Lošije glede aquaplaninga,
- Slabije vlastito opružno djelovanje, lošija udobnost,
- Veći napor pri upravljanju (veći utrošak energije) (Popović, 2010.).

### **8.1. Pozitivni profil – površina nalijeganja gume**

Povećanjem širine gume povećava se i njena površina nalijeganja na podlogu. Na slici 23 je prikazana površina nalijeganja. Zbog veće površine kojom guma naliježe povećava se i sila trenja, pa je bolje držanje gume u zavojima, kao i pri kočenju. Coulombov zakon, prema kojem sila trenja ovisi samo o normalnoj sili (okomitom opterećenju kotača) i koeficijentu trenja, u slučaju pneumatika i hrapave podloge vrijedi samo uz ograničenja. Trenje gumeno-elastičnih materijala na hrapavim podlogama ovisi i o veličini dodirnih površina zbog uzublivanja neravnina (Popović, 2010.).



Slika 23. Površina nalijeganja gume Latsch (Izvor: Popović, 2010)

## 8.2. Negativni profil gume

Negativni profil gume čine svi poprečni, uzdužni i dijagonalni utori što se nalaze oko izbočina koje tvore pozitivni profil. S velikim površinama nalijeganja mora negativni volumen porasti kako bi se mogla izbaciti veća količina vode i time spriječiti pojava aquaplaninga. Usput se većim pritiskom na podlogu poboljšavaju zimska svojstva pneumatika. (Popović, 2010)

Air – pumping djelovanje. Izobličenjem (deformacijom) gazeće površine pneumatika tijekom vožnje nastaju, ovisno o izvedbi negativnog profila, zarobljeni šuplji prostori. Oni se zaletom i odljepljivanjem profila o podlogu munjevito pune i prazne zrakom (proces tlačenja zraka – Air – pumping effect), što znatno povišuje šumove u vožnji (Popović, 2010.).



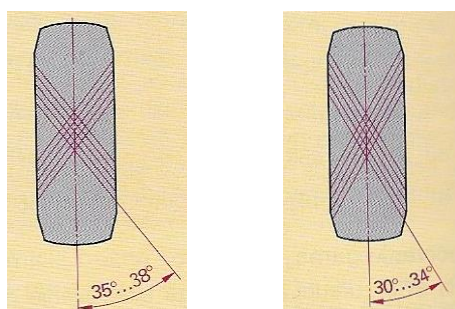
## 9. KONSTRUKCIJE PNEUMATIKA

Prema načinu ugradnje karkase, razlikujemo dijagonalne i radijalne pneumatike (Popović, 2010.).

### 9.1. Dijagonalni pneumatiki

Slojevi nosećih vlakana položeni su dijagonalno jedan preko drugog tako da Cord vlakna zatvaraju sa smjerom vožnje oštri kut od  $26^\circ$  do  $40^\circ$  kut vlakana. Na slici 24 je prikazan kut vlakana. S manjim kutom vlakana pneumatik postaje tvrdi, bočna stabilnost se povećava, a moguće je postizanje viših maksimalnih brzina (kut vlakana nastoji se smanjiti povećanjem brzine vožnje, nastaje deformacija i zagrijavanje profila gume).

Dijagonalni pneumatiki primjenu nalaze još samo kao pneumatiki primjenu nalaze još samo kao pneumatiki za motorkotače. (Popović, 2010)



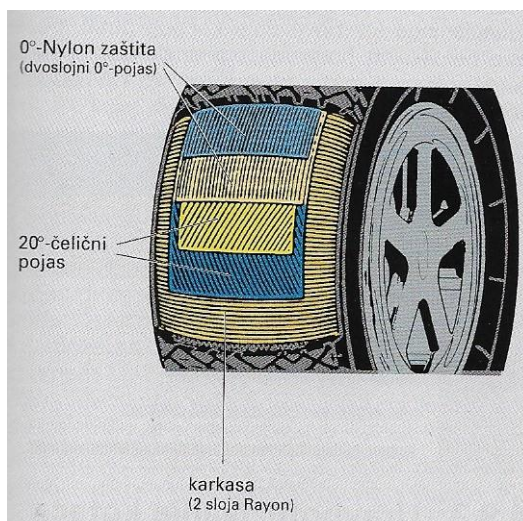
Normalna guma

„S“ guma

Slika 24. Kut vlakana kod dijagonalnih guma (Izvor: Popović, 2010.)

### 9.2. Radijalni pneumatiki

Noseća Cord vlakna karkase paralelna su postavljena okomito na smjer vožnje, tj. radijalno. Između karkase i gazeće površine postavljen je pojas kojeg čini više slojeva tekstilnih, čeličnih ili aramidnih niti pod kutom od  $20^\circ$  u odnosu na smjer vožnje. Pojas učvršćuje gazeću površinu, dopuštajući tek neznatne deformacije pri kotrljanju pneumatika. Na slici 25 su prikazana dva ukrižena čelična Cord tkiva i dva  $0^\circ$  - najlon pojas.  $0^\circ$  - najlon pojase i daju gumi čvrstoću pri velikim brzinama (Popović, 2010.).



Slika 25. Konstrukcija radijalne gume (Izvor: Popović, 2010.)

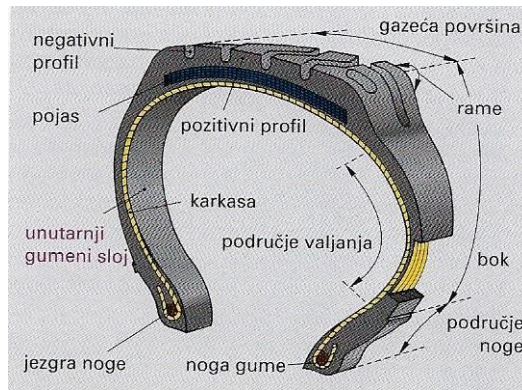
Radijalni pneumatici definiraju se uglavnom po mekanom boku (valjno područje). Kako je rad deformacije mali, mala je i proizvedena toplina, tj. manja potrošnja goriva. Pri manjim brzinama radijalke su u tvrđe i neudobnije od dijagonalnih pneumatika, zbog učvršćujućeg pojasa. Pri većim i velikim brzinama do izražaja dolazi mekana karkasa u bočnom području, pa radijalke postaju tiše od dijagonalki. Osim toga, pojas daje dobru bočnu stabilnost i time velike bočne sile vođenja (Popović, 2010.).

### 9.3. Pneumatici bez zračnice

Unutarnja ploha pneumatika ima nepropusni gumeni sloj sprječava prodor zraka, nepropusni sloj prelazi nogu gume sve do visine roga naplatka. Na slici 26 je prikazana radijalna guma bez zračnice. Ventil pneumatika utiskuje se u otvor na naplatku i osigurava besprijekornu nepropusnost. Pneumatici bez zračnice nose oznaku Tubeless ili slično.

Prednosti Tubeless pneumatika su:

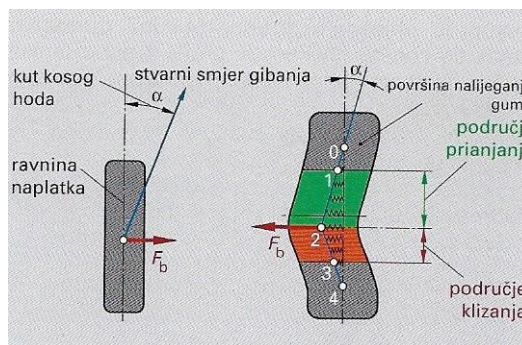
1. Manje zagrijavanje pneumatika, jer nema trenja, između zračnice i vanjske gume,
2. Manja težina i lakša montaža (Popović, 2010.).



Slika 26. Radijalna guma bez zračnice (Izvor: Popović, 2010.)

Kut kosog hoda pneumatik može prenijeti bočnu silu samo onda ako se giba koso prema smjeru vožnje (Popović, 2010.)

Kad na vozilo djeluju poremećajne sile odnosno bočne sile – centrifugalne i sile vjetra., pojavljuju se kut kosog hoda, te bočne sile na pozitivnom profilu gume postavljaju u ravnotežu s poremećajnim silama. Na slici 27 je prikazan kut kosog hoda  $\alpha$ . Kut kojeg zatvaraju stvarni smjer gibanja i uzdužno os naplatka – ravnina naziva se kutom kosog hoda  $\alpha$  (Popović, 2010.).

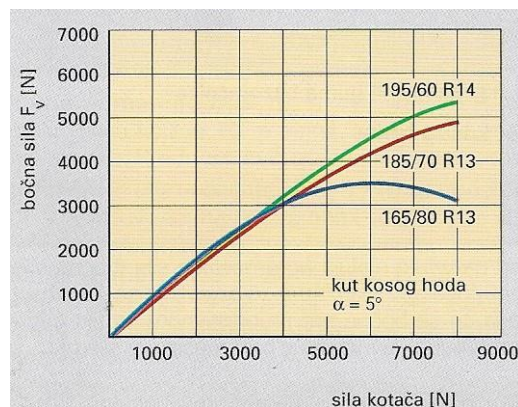


Slika 27. Kut kosog hoda  $\alpha$  (Izvor: Popović, 2010.)

Pojava bočnih sila pneumatika povezana je s deformacijom pozitivnog profila gume. U trenutku dodira s podlogom profil pneumatika nalazi se u središnjoj osi, ali pojavom kuta kosog hoda odmiče se od te linije. Pritom, u profilu nastaju naprezanja koja su to veća što je profil više deformiran odnosno odmaknut od osi. Zbroj deformacijskih odnosno zateznih sila daje bočnu silu koja djeluje u težištu deformiranog pozitivnog profila. Porastom kuta kosog hoda pojavljuje se u stražnjem području pozitivnog profila gume trenje klizanja, pa se deformacijske sile smanjuju. Unatoč tome, bočna se sila povećava jer je područje prianjanja

još uvijek veće nego područje klizanja. Daljnjim porastom kuta kosog hoda područje klizanja postaje veće od područja prianjanja, pa se bočna sila smanjuje. (Popović, 2010.).

U zavoju se vanjski kotači više opterećuju, dok se unutarnji rasterećuju. Na slici 28 su prikazane bočne sile radijalnih guma. Što je veće opterećenje kotača, to je veća i bočna sila. Široke gume mogu i pri velikim opterećenjima kotača i poprečnim ubrzanjima stvoriti velike bočne sile vođenja, što povećava sigurnost u zavoju. Istodobno, superniskoprofilna guma, npr. 165/80 R 13, čak gubi bočne sile vođenja (Popović, 2010.).



Slika 28. Bočne sile radijalnih guma (Izvor: Popović, 2010.)

Nasuprot prijašnjim gruboprofilnim gumama, danas se koriste finiji utorni profili s puno tankih lamela, što pridonosi većoj dodirnoj površini između pneumatika i podloge. Tanjim se lamelama guma bolje uzubljuje u neravnine podloge. Da bi guma gazećeg sloja zadržala svoju elastičnost i pri niskim temperaturama, dodaje se kremenina kiselina (Silica) ili prirodni kaučuk (NR). (Popović, 2010)

Prednosti su:

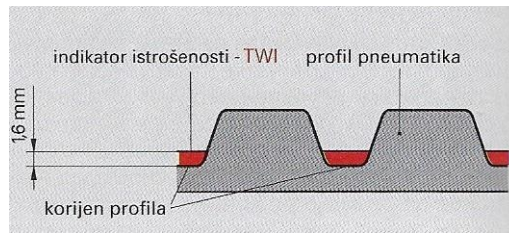
1. Bolja adhezija – svojstvo prianjanja gume na podlogu,
2. Manji otpor kotrljanja,
3. Dobra postojanost profila (malo vlastito zagrijavanje).

Zimske gume s dubinom profila manjom od 4 mm nisu više dovoljno primjerene zimskim uvjetima (Popović, 2010.).

Indikator istrošenosti (TWI – Treat Wear Indicator)

To su uzvišenja u korijenu profila. Kad se profil istroši do minimalne propisane dubine profila od 1,6 mm, idnikatori istrošenosti izjednače se s visinom profila. Na slici 29 su prikazani indikatori istrošenosti.

Položaj TWI u profilu označen je na boku gume slovima TWI ili simbolom  $\Delta$ .



Slika 29. Indikatori istrošenosti (Izvor: Popović, 2010)

Kako se s manjim dubinama profila na mokroj cesti znatno povećava opasnost od pojave aquaplaninga (uz povećanje kočnog puta), posebice pri velikim brzinama vozila, preporučljivo je gume mijenjati znatno prije nego što TWI dođe u dodir s podlogom (Popović, 2010.).

Tablica 1.: Put kočenja - usporenje sa 100 km/h na 60 km/h

Dubina profila [mm]	Put kočenja u [m] na mokrom kolniku			
	20	40	60	80
7	~15	~25	~35	~45
5	~15	~25	~35	~45
3	~15	~25	~35	~45
2	~15	~25	~35	~45
1,6	~15	~25	~35	~45

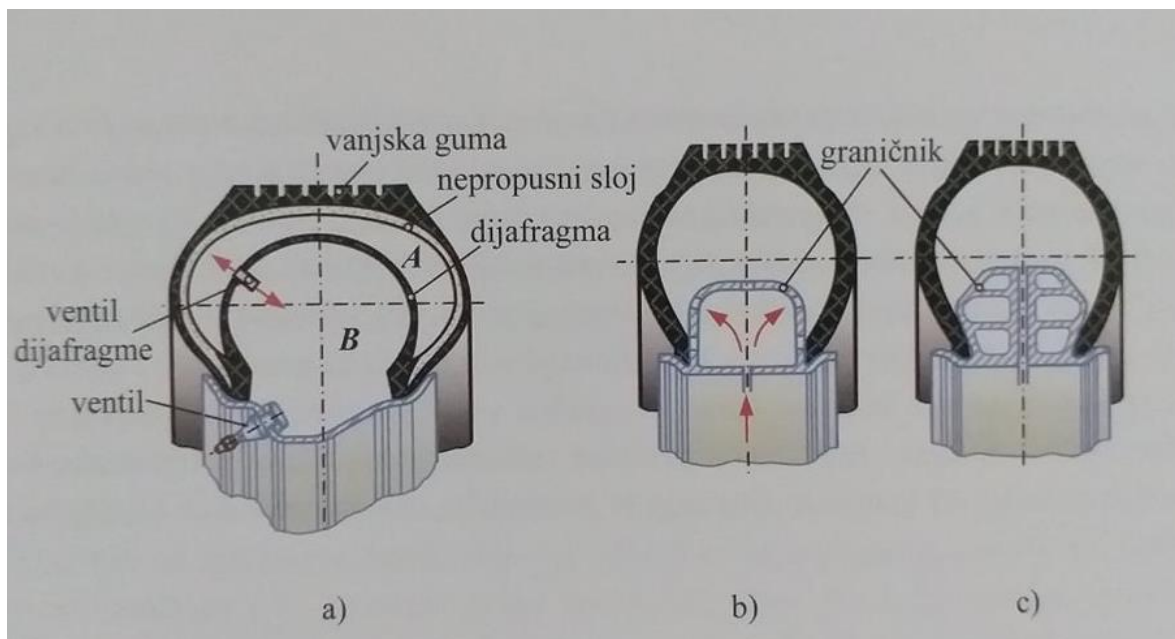
Slika 30. Uravnoteživanje kotača – balansiranje (Izvor: Popović, 2010.)

## 10. NORME ZA GUME

Gume se proizvode u veličinama koje su standardizirane. Standardima se propisuje jačina karkasa, kao i maksimalna dopuštena nosivost gume pri različitim tlakovima napunjenosti. Propisane veličine navode se u tablicama koje izrađuju proizvođači. Sukladno tablicama provjerava se odgovaraju li gume za određena opterećenja kotača, odnosno je li opterećenje u granicama dopuštene nosivosti guma. U nas su vanjske gume pogonskih kotača traktora obuhvaćene normama koje propisuju između ostalog, veličinu guma, jačinu karkasa, dimenzije naplatka, širinu i vanjski promjer, statički polumjer te nosivost gume pri različitim tlakovima napunjenosti gume. Danas se pneumatici obilježavaju u skladu s međunarodnim normama i standardima ISO 4251-4:2010 i standardima E.T.R.T.O. (The European Tyre and Rim Technical Organisation). (Šumanovac i sur. 2011)

## 11. SIGURNOSNI PNEUMATICI

Istraživanje u cilju povećanja sigurnosti kretanja vozila dovelo je do izradbe sigurnosnih pneumatika. Na slici 31 je prikazan je pneumatik s dijafragmom koja unutrašnjost pneumatika dijeli na dvije komore *A* i *B*. Komora *B* puni se zrakom kroz ventil, a komora *A* kroz ventil na dijafragmi. Kada se pneumatik probuši, isprazni se komora *A*, ali se radna sposobnost pneumatika značajno ne smanjuje, budući da u komori *B* ostaje stlačeni zrak. Pneumatici na slici 35 b i c imaju graničnike unutar pneumatika i to pneumatik (b) metalni graničnik, a pneumatik (c) elastični od porozne gume. Ti graničnici u slučaju da se pneumatik probuši, osiguravaju daljnje kretanje vozila, odnosno transportnog agregata na umanjenom radijusu kotača, ali bez udara koji bi oštetio pneumatik i naplatak, a koji bi mogao prouzročiti nezgodu ili prevrtanje vozila. (Šumanovac i sur. 2011)



Slika 31. Sigurnosni pneumatici

a) pneumatik s dijafragmom, b) i c) pneumatici s graničnikom (Izvor: Šumanovac i sur, 2011)

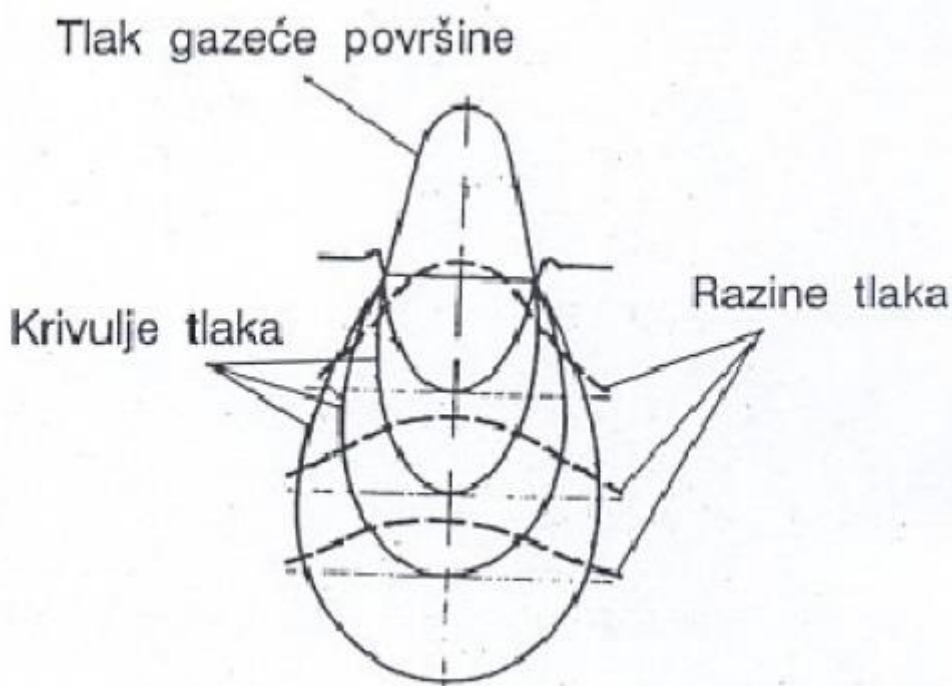
## 12. GUME ZA POLJOPRIVREDU

Tvrtka Michelin svoje gume za poljoprivredu razvrstava u sljedeće grupe: - gume za tačke i kolica na guranje, za okretače sijena i sijačice. Dimenzije su 3,5 ili 4,00-4, 4,00-6 i 4,00-8, a nosivost je u rasponu od 195 do 300 kg; - gume za male traktore i freze za obradu tla, - radijalne gume za prikolice, od kojih je npr. guma dimenzije 18 R 22,5, širine 453 mm, vanjskoga promjera 1166 mm, nosivosti od 1620 kg, napumpana na 1,5 bara do 4500 kg napumpana na 4,0 bara. Novo razvijene gume za prikolice mogu biti znatno šire i više te s povećanom nosivosti kod svega 0,8 bara u radu na polju; - gume za rad u šumi; - prednje traktorske gume ili gume za upravljanje (nisu pogonske); - MPT nisko profilne gume za povećane brzine, visoke nosivosti; - gume za njegu usjeva dimenzija od 9,5 - 32 do 11,2 - 24 (270/95R54), uske; - standardne pogonske gume; - široke gume s velikim volumenom zraka; - super široke i - terra gume širine do 1080 mm, npr. na kombajmima za repu s tlakom od 0,4 bara. Građa dijagonalne i radijalne gume Svaki proizvođač svoje gume označava kombinacijom velikih i malih brojeva i slova, odnosno riječju. Dimenzije gume označene su u inchima ili milimetrima, a kod nekih su kombinirane jedne i druge oznake. Ostale oznake označuju maksimalno dopuštene brzine s obzirom na teret i nosivost gume. Potrebni tlak zraka u gumama, s obzirom na osovinsko opterećenje, brzinu rada, vožnju po cesti ili u polju, proizvođač daje u Priručniku. U pravilu, kod vožnje cestom viši tlak u gumama smanjuje otpor kotrljanja i potrošnju goriva, osigurava sigurnije upravljanje i bolju sposobnost za istovar (kipanje) i za kočenje. Ako se agregat kreće po polju u gumama treba biti niži unutarnji tlak da bi se smanjila dubina traga kotača, smanjilo proklizavanje, ostvario veći komfor za vozača i postigla viša vučna sila uz prihvatljivu potrošnju goriva. Česta izmjena unutarnjega tlaka zraka u gumama kod većine korisnika nije prihvaćena pa su se na tržištu pojavili uređaji kojima se tlak u gumama može regulirati iz kabine. Takvi uređaji nisu jeftini (3200-8500 €), ali ispravnim unutarnjim tlakom u gumama stupanj iskorištenja i ušteda na dizelskom gorivu je oko 10%. (Zimmer i sur. 2009.)

Dobro odabrane gume mogu sačuvati mrvičastu strukturu tla, omogućiti život kišnih glista i gujavica, za koje kažemo da su „najbolji ratari“. Ako se zbije tlo visokotlačnim gumama, naročito po mokrom, čini se šteta za nekoliko godina unaprijed, jer će se morati provesti skupa obrada plugom, podrivanje i višekratna dopunska obrada radi postizanja mrvičaste strukture. Tlo je trofazni sustav u kojem je vodno-zračni režim tla najpovoljniji



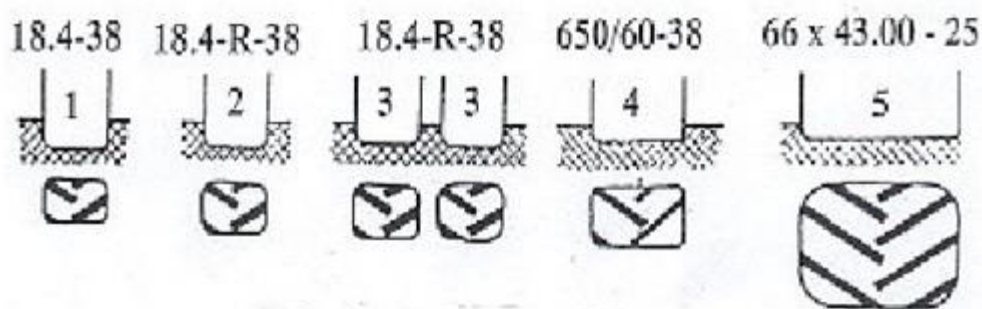
kod odnosa kruta faza : zrak : voda = 50 : 25 : 25. Činjenica je, da vođaitelji poljoprivrednih agregata, u pravilu, ne kontroliraju tlak u gumama, a kada se probušena guma popravi i napumpa kompresorom bez manometra, provjera tlaka u gumi obavlja se udaranjem čizmom po gumi. Najveći tlak gume na tlo nastaje uvijek na dodirnoj površini, međutim najveća zbijanja tla očituju se u dubljim slojevima. Srednji tlak dodirne površine može se procijeniti na temelju opterećenja kotača i dodirne površine. Smatra se kako štetna zbijenost nastaje kod suhih tala kada je srednji tlak veći od  $25 \text{ N/cm}^2$  (2,5 bara), a kod vlažnih  $10 \text{ N/cm}^2$  (1 bar). To znači, ako se na pogonskim kotačima koristi velika radijalna guma, unutarnji tlak u njoj smije biti maksimalno 1,79 bara pri radu u suhom, odnosno 0,71 bara u vlažnom tlu. Prema tome, niske vrijednosti postižu se pomoću niskoga zračnoga tlaka i mekane bočne stjenke gume. Niske vrijednosti štede gornji sloj tla, ostavljaju manje dubine tragova, a pri jednakoj širini pneumatika i manji otpor kotrljanja. Na slici 32 je prikazan školjkasti dijagram. Osim srednjega tlaka dodirne površine na tlo, u obzir treba uzeti i utjecaj tlaka na dublje slojeve tla. Za njihovo prostorno oblikovanje uveden je pojam „tlačne lukovice“ ili „školjkasti“ dijagram. (Zimmer i sur. 2009.)



Slika 32. Školjkasti dijagram (Izvor: Zimmer i sur. 2009.)

Dodirna gazeća površina kod radijalne gume veća je za 20% nego kod dijagonalne istih dimenzija pa je s prosječno 17% manjim površinskim tlakom opterećen površinski sloj tla. Dakle, radijalna guma više štedi tlo nego dijagonalna. Širina širokih guma za 37% je veća nego kod dijagonalnih pa je gazeća površina za 2,4 puta veća, i u skladu s tim za 60% je manji tlak gazeće površine na tlo (dostiže svega 50% tlaka radijalne gume). Na slici 33 su prikazane kontaktne površine. Zaključno, primjenom tzv. širokih guma značajno se čuva tlo od oštećenja. Udvojeni kotači imaju isti efekt kao i široki pneumatici. (Zimmer i sur. 2009.)

U pogledu smanjenja zbijanja tla najbolje rezultate daju terra gume. Taj tip gume ima 7 puta veću gazeću površinu od dijagonalne gume iste nosivosti pa tlak gazeće površine dostiže kod terra gume samo 15% od onog koji ima dijagonalna guma. Tlak gazeće površine kod terra gume toliko je malen da štedno djeluje ne samo na tlo, već i na biljke visine 10-20 cm. (Zimmer i sur. 2009.)



Slika 33. Kontaktna površina raznih konstrukcija guma 1- dijagonalna, 2- radijalna, 3- udvojene radijalne, 4- široka, 5-terra guma (Izvor: Zimmer i sur. 2009.)

### 13. GUME GUSJENICE

"Zbijanje tla događa se pri njegovoj obradi teškim traktorskim agregatima, posebno u nepovoljnim uvjetima i prekomjernim prohodima. Stoga nas poljoprivrednici često pitaju može li se što učiniti po pitanju poboljšanja traktorskih guma? Jedan od odgovora jest da su tehnolozi tvrtke Mitas Tires uz pomoć izraelske skupine Galileo Wheel Ltd., razvili novu generaciju traktorskih guma. Njihov novi dizajn ima invertiranu stijenkku gume koja tvori ravnu površinu u kontaktu s tlom, što povećava otisak i poboljšava trakciju i u principu je rješenje između gusjenice i standardne traktorske gume"

Mitas je razvio tehnologiju koja standardnu gumu pretvara u gusjenicu i obrnuto, čime se postiže bolja trakcija u pravocrtnom kretanju i poboljšanje performance pri skretanju. Shvatili su da bi transformacija pretvorbe kotača u gusjenice bila preskupa za razvijanje, te je prihvaćena solucija razvoja ovoga tipa gume. Dizajn omogućuje korištenje pneumatika s malo ili bez zraka, a oštećenja zida standardnog pneumatika koja su vrlo česta i zahtijevaju zamjenu gume, kod ovog modela ne postoje. Primijećena je i poboljšana trakcija te smanjeno klizanje, u odnosu na standardne gume. Na slici 34 je prikazana guma gusjenica. Također, ova guma omogućuje poljoprivredniku da se u slučaju njezina bušenja, bez problema doveze do kuće ili vulkanizera. Na slici 35 je prikazana guma gusjenica drugačije izvedbe. *Mitas* je češka tvrtka i dio je *CGS Holdinga*. Osim u Češkoj, proizvodne pogone ima u Srbiji i američkoj saveznoj državi Iowa. (Izvor: <https://www.agroklub.com/ratarstvo/novim-dizajnom-guma-protiv-zbijanja-tla/21426/>)



Slika 34. Gume gusjenice (Izvor:<https://www.agroklub.com/ratarstvo/novim-dizajnom-guma-protiv-zbijanja-tla/21426/> )



Slika 35. Gume gusjenice drugačije izvedbe (Izvor: <https://novocommerce.hr/john-deere/traktori/traktori-9rx-serija/#1510769136582-e85680ee-4c0c> )

## 14. ZAKLJUČAK

Povećanjem zraka u gumi, manje ga ima u tlu. Stupanj zbijenosti tla ne mora ovisiti o tlaku na tlo, nego ga ukupno određuju mnogi faktori: vlažnost tla (dominantna je), vrsta tla, tlak na tlo, stanje obrađenoga tla, stupanj deformacije pomicanja tla, udjel vode i zraka u tlu i brzina zbijanja. Zbijanje tla moguće je u znatnoj mjeri smanjiti, ukoliko se u tehnologiji proizvodnje bilja pridržava sljedećih preporuka: izbjegavati rad po vlažnom tlu, izbjegavati stvaranje dubokih tragova, ograničiti broj prohoda poljoprivredne tehnike, koristiti gume velikoga volumena, zračni tlak u gumama održavati što je moguće nižim, koristiti udvojene gume ili kotače s rešetkama, kontrolirati proklizavanje, ne koristiti teži traktor i priključak ako nije neophodno, uskladiti širinu pneumatika i zahvat lemeša (raonika), težiti preraspodjeli opterećenja na gume i ako je moguće, povećati brzinu kretanja.

## 15. LITERATURA

1. Brkić, D., Vujčić, M., Šumanovac, L., Lukač, P., Kiš, D., Jurić, T., Knežević, D. (2005): Eksploatacija poljoprivrednih strojeva. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, 2005.
2. Emert, R., Jurić, T., Filipović, D., Štefanek, E. (1995): Održavanje traktora i poljoprivrednih strojeva. Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, 1995.
3. Popović, G. (2010): Tehnika motornih vozila. Pučko otvoreno učilište Zagreb.2004.
4. Šumanovac, L., Sebastijanović, S., Kiš, D. (2011.): Transport u poljoprivredi. Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, 2011.
5. Zimmer, R., Košutić, S., Zimmer D. (2009): Poljoprivredna tehnika u ratarstvu. Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, 2009.
6. Ag Museum: Old farm equipment. [https://www.tripadvisor.com/LocationPhotoDirectLink-g43833-d1028894-i160174436-Mississippi\\_Agricultural\\_Forestry\\_Museum-Jackson\\_Mississippi.html](https://www.tripadvisor.com/LocationPhotoDirectLink-g43833-d1028894-i160174436-Mississippi_Agricultural_Forestry_Museum-Jackson_Mississippi.html) (4.5.2020.)
7. Agrokлуб: Novim dizajnom guma protiv zbijanja tla. <https://www.agrokлуб.com/ratarstvo/novim-dizajnom-guma-protiv-zbijanja-tla/21426/> (3.3.2020.)
8. Auto-horvat: Gume za poljoprivredu. <http://www.auto-horvat.hr/rezervna-oprema/gume-za-poljoprivredu> (3.3.2020)
9. Michelinman: How is a tire made. <https://www.michelinman.com/howTireMade.html> (4.5.2020.)
10. Novocommerce: John-deere traktori <https://novocommerce.hr/john-deere/traktori/traktori-9rx-serija/#1510769136582-e85680ee-4c0c> (18.7.2020)
11. Rostex trading company: We sell all types of car tires and tractor tires. <http://rostextradingcompany.yolasite.com/> (3.3.2020.)
12. Sava-tires: Kako se izrađuju gume. <https://www.sava-tires.com/sava/hr/all-about-tires/understand-your-tire/what-goes-into-a-tire/#curing> (3.3.2020.)
13. Fleetsolution-mea: Tyre manufacturing. <http://fleetsolution-mea.com/en/Pages/Tyre-Manufacturing> (21.8.2020.)