

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN  
OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Mateja INTIHAR

**ZNAČILNOSTI PNEVMATIK PRI SPRAVILU LESA  
ZA PRILAGOJENE KMETIJSKE TRAKTORJE IN  
FORVARDERJE**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja

Ljubljana, 2010

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN  
OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Mateja INTIHAR

**ZNAČILNOSTI PNEVMATIK PRI SPRAVILU LESA ZA  
PRILAGOJENE KMETIJSKE TRAKTORJE IN FORVARDERJE**

DIPLOMSKO DELO  
Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja

**CHARACTERISTICS OF TYRES AT TIMBER  
EXTRACTION WITH ADAPTED AGRICULTURAL  
TRACTORS AND FORWARDERS**

B. Sc. THESIS,  
(Professional Study Programmes)

Ljubljana, 2010

Diplomsko delo je zaključek visokošolskega strokovnega študija gozdarstva na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete v Ljubljani.

Komisija za študijska in študentska vprašanja Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF je dne 11. 3. 2010 sprejela temo in za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Boštjana Koširja.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisana se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddala v elektronski obliki, identična tiskani obliki.

Mateja Intihar

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA (KDI)

- ŠD Dv1  
DK GDK 377.44.(043.2)=163.6  
KG pnevmatike/forvaderji/traktorji/tlak/obremenitev pnevmatike/indeks nosilnosti  
KK  
AV INTIHAR, Mateja  
SA KOŠIR, Boštjan (mentor)  
KZ SI- 1000 Ljubljana, Večna pot 83  
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire  
LI 2010  
IN ZNAČILNOSTI PNEVMATIK PRI SPRAVILU LESA ZA PRILAGOJENE KMETIJSKE TRAKTORJE IN FORVADERJE  
TD Diplomsko delo (Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja)  
OP IX, 59 str., 3 pregl., 28 sl., 1 pril., 47 vir.  
IJ sl  
JI sl/en  
AI V gozdarstvu pri spravilu lesa se uporablja različne tipe pnevmatik. V diplomski nalogi je bila narejena morfološka analiza pnevmatik za težke delovne stroje, prilagojene kmetijske traktorje in forwarderje. Preučevane so bile tehnične značilnosti pnevmatik pri obeh skupinah. Za analizo je bilo izbranih 7 različnih podjetij, ki proizvajajo traktorske pnevmatike, Alliance, BF Goodrich, Firestone, Michelin, Nokian Heavy Tyres, Pirelli in Trelleborg. Parametri, ki so obravnavani v nalogi, so širina pnevmatike, premer pnevmatike, statični obremenjeni radij, indeks nosilnosti, tlak v pnevmatiki, največja dovoljeno obremenitev in ugrez oz. deflekcijo pnevmatike. Med naštetimi parametri so bile ugotovljene različne odvisnosti. Ugotovljeno je, da večji kot je dovoljeni tlak v pnevmatiki, večja je lahko obremenitev pnevmatike. S širino pnevmatike se tlak v pnevmatiki povečuje. Za spravilo lesa po slabo nosilnih tleh so bolj primerne široke izvedbe gum. Širina pnevmatike s premerom pnevmatike narašča. Največja dovoljena obremenitev pnevmatike narašča s širino pnevmatike. Večji kot je premer pnevmatike, večji je ugrez oziroma deflekcija pnevmatike. Bolj kot se hitrost vozila povečuje, manjša je lahko največja dovoljena obremenitev pnevmatike. Med indeksom nosilnosti, iz zbranih podatkov, in med indeksom nosilnosti po standardu, ni posebnih razlik. Večja, kot je največja dovoljena obremenitev pnevmatike, večji je indeks nosilnosti.

## KEY WORDS DOCUMENTATION (KWD)

- ND Dd
- DC FDC 377.44.(043.2)=163.6
- CX tire/forwarder/tractor/inflation pressure/ load of the tire/load index
- CC
- AU INTIHAR, Mateja
- AA KOŠIR, Boštjan (supervisor)
- PP SI- 1000 Ljubljana, Večna pot 83
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources
- PY 2010
- TI CHARACTERISTICS OF TYRES AT GATHERING TIMBER FOR ADAPTED AGRICULTURAL TRACTORS AND FORWARDERS
- DT B. Sc. Thesis, (Professional Study Programmes)
- NO IX, 59 p., 3 tab., 28 fig., 1 ann., 47 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB In forestry at gathering timber is used different types of tyres. In this thesis we made morphological analysis of tyres for heavy machinery, adapted agricultural tractors and forwarders. We studied the technical characteristics of the tyres in both groups. For the analysis were selected 7 different companies producing tractor tyres, Alliance, BF Goodrich, Firestone, Michelin, Nokian Heavy Tyres, Pirelli and Trelleborg. Parameters which are discussed in this thesis are the width of the tyre, tyre diameter, static loaded radius, load index, inflation pressure, the maximum permissible load, deformation of the tyre. We found different dependencies between these parameters. It was found, that the higher the permissible inflation pressure is, the bigger is the load on the tyre. With the width of the tyre inflation pressure increases. For work on poor-carrying soils are more suitable wide performance of tyres. The width of the tyre with the tyre diameter increases. Maximum load of the tyre increases with the width of the tyre. Larger than the diameter of the tyre is, the greater is the deformation of the tyre. More than the vehicle speed increases, the lower is the maximum load of the tyre. During the load index from collected data, and the load index of a standard, is no specific differences. Greater than a maximum load of the tyre is, the greater is the load index.

## KAZALO VSEBINE

<b>KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA .....</b>	<b>III</b>
<b>KEY WORDS DOCUMENTATION .....</b>	<b>IV</b>
<b>KAZALO VSEBINE .....</b>	<b>V</b>
<b>KAZALO PREGLEDNIC .....</b>	<b>VII</b>
<b>KAZALO SLIK .....</b>	<b>VIII</b>
<b>KAZALO PRILOG .....</b>	<b>X</b>
<b>1 UVOD .....</b>	<b>12</b>
<b>2 DOSEDANJI RAZVOJ IN ZNAČILNOSTI PNEVMATIK .....</b>	<b>13</b>
2.1 ZGODOVINA .....	13
2.2 KAJ JE TRAKTORSKA PNEVMATIKA .....	14
2.2.1 Dimenziije pnevmatike .....	15
2.2.2 Zgradba pnevmatike .....	16
2.2.2.1 Diagonalne pnevmatike .....	17
2.2.2.2 Radialne pnevmatike .....	18
2.2.2.3 Široke pnevmatike .....	20
2.2.2.4 Nizkopresečne pnevmatike .....	21
2.2.2.5 Nizkotlačne pnevmatike .....	21
2.2.2.6 Visokotlačne pnevmatike .....	22
2.2.2.7 Pnevmatike z zračnicami .....	22
2.2.2.8 Pnevmatike brez zračnic .....	22
2.2.2.9 Standardne pnevmatike za traktorje .....	23
2.2.2.10 Terra pnevmatike .....	23
2.2.2.11 Ozka izvedba pnevmatik .....	24
2.2.2.12 Gozdarske pnevmatike .....	24
2.2.3 Označevanje pnevmatik .....	25
2.2.4 Samočistilna sposobnost pnevmatike .....	28

<b>2.2.5 Tlak zraka v pnevmatiki .....</b>	<b>29</b>
<b>2.2.6 Obremenitev pnevmatike .....</b>	<b>29</b>
<b>2.2.7 Indeks nosilnosti (LI) in simbol hitrosti (SS) .....</b>	<b>29</b>
<b>3 METODA ZBIRANJA PODATKOV .....</b>	<b>32</b>
<b>4 REZULTATI MORFOLOŠKE ANALIZE .....</b>	<b>36</b>
<b>4.1 PREGLED PODATKOV .....</b>	<b>36</b>
<b>4.2 PREGLED RAZLIČNIH ODVISNOSTI .....</b>	<b>37</b>
<b>4.2.1 Odvisnost tlaka v pnevmatiki od največje dovoljene obremenitve pnevmatike .....</b>	<b>37</b>
<b>4.2.2 Odvisnost tlaka v pnevmatiki od širine pnevmatike .....</b>	<b>38</b>
<b>4.2.3 Odvisnost največje dovoljene obremenitve pnevmatike od širine pnevmatike .....</b>	<b>39</b>
<b>4.2.4 Odvisnost širine pnevmatike od premera pnevmatike .....</b>	<b>40</b>
<b>4.2.5 Odvisnost med največjo dovoljeno obremenitvijo pnevmatike statičnim obremenjenim radiem .....</b>	<b>41</b>
<b>4.2.6 Odvisnost ugreza pnevmatike od premera pnevmatike .....</b>	<b>42</b>
<b>4.2.7 Odvisnost največje dovoljene obremenitve pnevmatike od hitrosti vozila po vrstah proizvajalcev in po tipih strojev.....</b>	<b>43</b>
<b>5 RAZPRAVA IN ZAKLJUČKI .....</b>	<b>45</b>
<b>6 POVZETEK .....</b>	<b>48</b>
<b>6 SUMMARY .....</b>	<b>50</b>
<b>7 LITERATURA IN VIRI .....</b>	<b>52</b>
<b>ZAHVALA .....</b>	<b>57</b>
<b>PRILOGE.....</b>	<b>58</b>

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Indeks nosilnosti nad 100 in največja dovoljena obremenitev pnevmatike ...	30
Preglednica 2: Simboli hitrosti (SS) .....	31
Preglednica 3: Število primerov pnevmatik po proizvajalcih .....	36

## KAZALO

Slika 1: John Boyd Dunlop (vir: commons.wikimedia.org).....	13
Slika 2: John Boyd Dunlop in prve pnevmatike na kolesu (vir: Motoaventour.com).....	13
Slika 3: Najbolj pogosti tipi pnevmatik: a – za univerzalni namen, b – z visokimi rebri, c – za hortikultурne namene, d – industrijska (vir: Traktor, 2007, V. Jejčič) .....	15
Slika 4: Prečni prerez pnevmatike: W – širina pnevmatike, R – radij (polmer) pnevmatike, R' – statični obremenjeni radij, D – premer pnevmatike, F – širina platišča oz. kolesa, H – višina roba kolesa, Ø – premer platišča (kolesa) (vir: Agricultural tyre data book, BF Goodrich, 2006).....	16
Slika 5: Zgradba diagonalne pnevmatike (vir: Traktor, 2007, V. Jejčič) .....	17
Slika 6: Diagonalna pnevmatika: vlaknaste plasti se diagonalno križajo pod kotom 30 do 40 stopinj in površina s katero pnevmatika pritiska na tla (vir: Agricultural tyre data book, BF Goodrich, 2006).....	18
Slika 7: Zgradba radialne pnevmatike: 1 – radialna karkasa (nosilna plast), 2 – trak, 3 – tekalna plast (rebra) (vir: Traktor, 2007, V. Jejčič) .....	19
Slika 8: Radialna pnevmatika: vlakna potekajo radialno pod kotom 90 stopinj in površina s katero pnevmatika pritiska na tla (vir: Agricultural tyre data book, BF Goodrich, 2006) .....	19
Slika 9: Izvedbe pnevmatik: a – standardna pnevmatika, b – široka pnevmatika, c – nizkopresečna (široka) pnevmatika (vir: Traktor, 2007, V. Jejčič) .....	20
Slika 10: Široka izvedba pnevmatike (vir: Traktor, 2007, V. Jejčič) .....	21
Slika 11: Pnevmatika z zračnico (vir: Traktor, 2007, V. Jejčič) .....	22
Slika 12: Pnevmatika brez zračnice (vir: Traktor, 2007, V. Jejčič).....	23
Slika 13: Ozka izvedba pnevmatike (vir: Traktor, 2007, V. Jejčič) .....	24
Slika 14: Gozdarska izvedba pnevmatike (vir: Traktor, 2007, V. Jejčič) .....	25
Slika 15: Označevanje traktorskih pnevmatik; BF Goodrich – ime proizvajalca, 480 – širina pnevmatike v mm, 80 – razmerje med višino in širino pnevmatike (v odstotkih), R – oznaka za radialno pnevmatiko, 46 – notranji premer pnevmatike (izražen v colah), POWER RADIAL 80 – oznaka profila, 155 – primarni indeks nosilnosti (pove največjo dovoljeno obremenitev pnevmatike, ki je v tem primeru 3875 kg), A8 – oznaka hitrostnega razreda (40 km/h), 152 – sekundarni indeks nosilnosti, B – oznaka hitrostnega razreda (vir: Agricultural tyre data book, BF Goodrich, 2006) .....	26
Slika 16: Primer oznak na pnevmatiki na traktorju IMT 560 .....	27
Slika 17: Primer oznak na pnevmatiki na traktorju Same Dorado 70 .....	28

---

Slika 18: Prilagojeni kmetijski traktor IMT 577 .....	32
Slika 19: Forwarder .....	32
Slika 20: Primer tehničnih podatkov iz kataloga proizvajalca Nokian Heavy Tyres .....	33
Slika 21: Primer tehničnih podatkov v angleških enotah iz kataloga proizvajalca Michelin ..	34
Slika 22: Odvisnost tlaka v pnevmatiki od največje dovoljene obremenitve pnevmatike .....	37
Slika 23: Odvisnost tlaka v pnevmatiki od širine pnevmatike .....	38
Slika 24: Odvisnost največje dovoljene obremenitve pnevmatike od širine pnevmatike .....	39
Slika 25: Odvisnost širine pnevmatike od premera pnevmatike .....	40
Slika 26: Odvisnost med največjo dovoljeno obremenitvijo pnevmatike in statičnim obremenjenim radijem .....	41
Slika 27: Odvisnost ugreza pnevmatike od premera pnevmatike .....	42
Slika 28: Odvisnost največje dovoljene obremenitve pnevmatike od hitrosti vozila po vrstah proizvajalcev in tipih strojev .....	43

## KAZALO PRILOG

<b>Preglednica A:</b> Indeksi nosilnosti od 0 do 279 in največja dovoljena obremenitev pnevmatike .....	58
---	----

## 1 UVOD

Pnevmatike za prilagojene kmetijske traktorje in forwarderje (slovensko ime za forwarder je zgibni polpričnikar) se zelo razlikujejo od pnevmatik drugih cestnih vozil. Pnevmatike morajo prenašati tudi vse večje teže zaradi naraščanja moči in mase sodobnih traktorjev, velikosti priključkov, velikosti balasta in vse večjih zalogovnikov (Jejčič, 2007). Traktorske pnevmatike morajo biti primerne tudi za delo na izven cestnih površinah (njivah, gozdu, travnikih, ipd.), kjer se uporablja majhne hitrosti in tudi za vožnjo po asfaltnih in makadamskih cestah, kjer so hitrosti višje (tudi do 70 km/h). V katalogih različnih proizvajalcev pnevmatik najdemo različne tipe (širine) pnevmatik, od zelo ozkih pnevmatik, ki so primerne za delo s traktorjem v vinogradih, do standardnih pnevmatik, ki so v vsakdanji uporabi, najdemo tudi široke pnevmatike, ter izredno široke pnevmatike. Traktorske pnevmatike so namenjene tudi za različne tipe tal, ki so glede mehanskih lastnosti lahko zelo mehka s slabo nosilnostjo do zelo trda in glede na vlogo v tleh popolnoma razmočena do popolnoma zasušena (Jejčič, 2007). Pri spravilu lesa s prilagojenimi kmetijskimi traktorji in forwarderji uporabljamo različne tipe pnevmatik. Ker pa se pri spravilu lesa zelo trudimo, da tla čim manj poškodujemo, je zato zelo pomembna tudi pravilna izbira oz. primernost pnevmatik za delo v gozdu.

## 2 DOSEDANJI RAZVOJ IN ZNAČILNOSTI PNEVMATIK

### 2.1 ZGODOVINA

Leta 1888 je ustanovitelj podjetja Dunlop, veterinar John Boyd Dunlop (1840 – 1921) opazoval svojega sina, ko se je vozil s svojim triciklom s polnimi kolesi po tlakovanih tleh. Opazil je, da se njegov sin ne pelje zelo hitro in da mu ni preveč udobno. V prizadevanju, zagotoviti sinu bolj udobno vožnjo in boljše upravljanje z vozilom, je Dunlop vzel tricikel, ovinil okoli njegovih koles tanke lističe gume, jih zlepil skupaj in jih napolnil z zrakom.



Slika 1: John Boyd Dunlop (vir: commons.wikimedia.org)



Slika 2: John Boyd Dunlop in prve pnevmatike na kolesu (vir: Motoaventour.com)

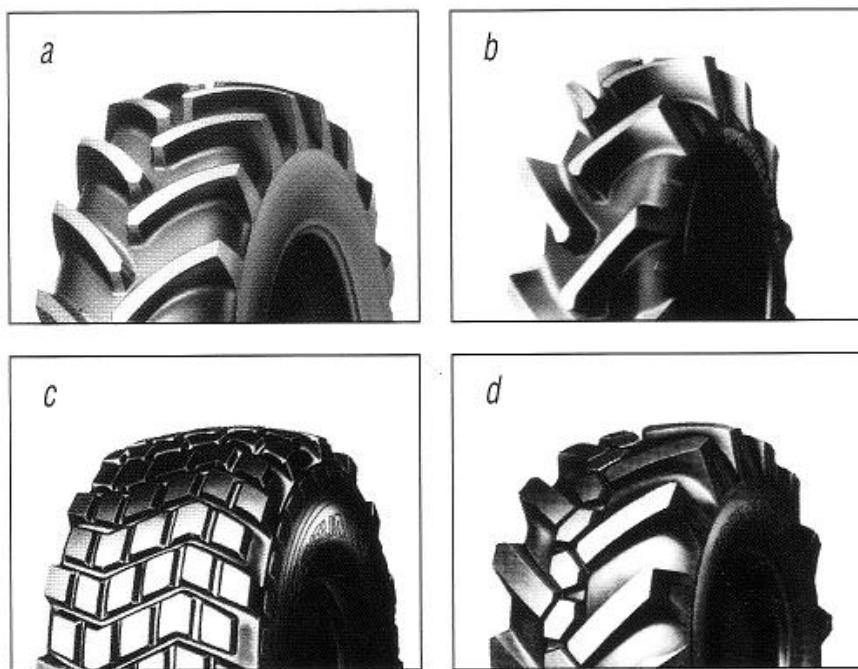
S tem odkritjem je razvil prvi sistem zračnega oblazinjenja v zgodovini in s tem postavil temelje za prvo pnevmatiko. 31. oktobra 1888 je patentiral gumijasto zračnico, ki je bila sposobna blažiti tresljaje na večini podlag.

Pojav pnevmatik na traktorjih je povezan s plantažnimi nasadi pomaranč na Floridi (Jejčič, 2007). Tam so farmarji opazili, da traktorji, opremljeni z jeklenimi kolesi, poškodujejo plitve površinske korenine pomarančnih dreves. Na jeklena kolesa so zato začeli dajati pnevmatike brez zračnic, tako da so jekleno kolo dvignili od tal. To je pritegnilo proizvajalce pnevmatik in v začetku leta 1931 je B.F. Goodrich Co. na traktor namestil pnevmatike brez zračnic. Naslednje leto so se opogumili tudi drugi proizvajalci. Tako je Firestone Rubber Co. opremil en traktor Allis Chalmers z letalskimi nizkotlačnimi pnevmatikami. Uvajanje pnevmatik na traktorje je pomenilo novo obdobje v traktorski tehniki. Poleg tega, da so pnevmatike omogočile realizacijo večje vlečne sile, so omogočile tudi to, da se je izredno povečala hitrost traktorjev. Tako so se na različnih predstavitvah po ZDA v tridesetih letih prikazovali traktorje s pnevmatikami, ki so dosegali hitrost tudi do 40 milj na uro. Leta 1933 so imeli že vsi vodilni ameriški proizvajalci traktorje opremljene s pnevmatikami: Allis Chalmers, Case John Deere, Ford, International Harvester, Massey-Harris, Minneapolis Moline, Oliver Farm Equipment itn (Jejčič, 2007).

Število traktorjev s pnevmatikami se je v ZDA nezadržno povečevalo, tako da je imelo leta 1935 pnevmatike 14 odstotkov kolesnih traktorjev, leta 1936 31 odstotkov, naslednje leto že 43 odstotkov in leta 1940 95 odstotkov, v letu 1950 pa so imeli pnevmatike že vsi kolesni traktorji (Jejčič, 2007).

## 2.2 KAJ JE TRAKTORSKA PNEVMATIKA

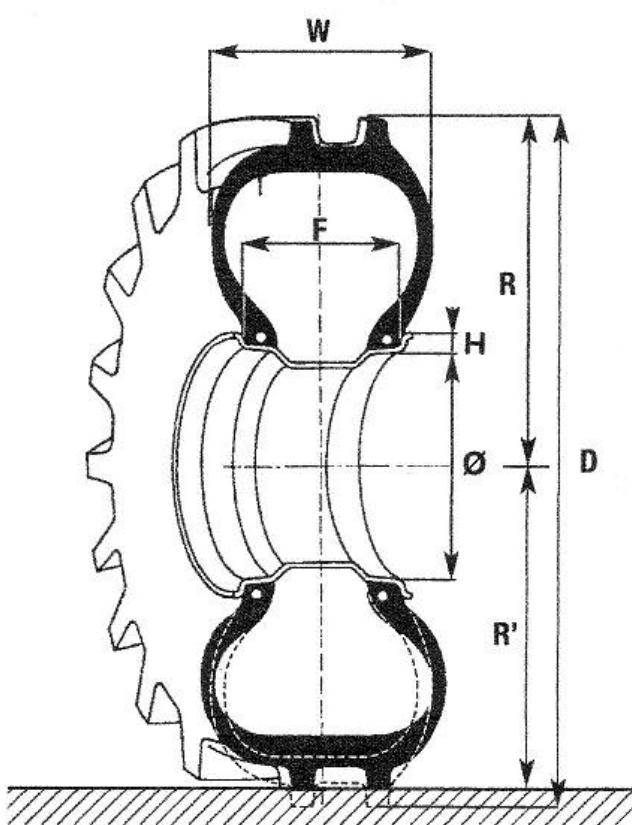
Geometrično gledano je pnevmatika torus oziroma obroč z okroglim prerezom. Mehansko je pnevmatika opredeljena kot fleksibilna membranska tlačna posoda. Strukturalno je pnevmatika kompozit vrhunskih lastnosti in kemično sestoji iz materialov, ki so sestavljeni iz makromolekul dolgih verig (Jejčič, 2007).



Slika 3: Najbolj pogosti tipi traktorskih pnevmatik: a – za univerzalni namen, b – z visokimi rebri, c – za hortikultурne namene, d – industrijska (vir: Traktor, 2007, V. Jejčič)

### 2.2.1 Dimenzijske pnevmatike

Najpomembnejši podatek pri pnevmatiki je širina pnevmatike ( $W$ ) na prečnem prerezu in premer platišča ( $d$ ). Pri nizkopresečnih pnevmatikah je podano razmerje višine proti širini ( $D : W$ ). Razmerje je podano kot odstotek po navedbi širine pnevmatike. Maksimalna delovna širina pnevmatike  $W_{max}$  je večja od širine prečnega prereza pnevmatike (upoštevana je razsiritev pnevmatike pri obremenitvi). Statični radij  $R'$  (slika 4) pri obremenjeni pnevmatiki se meri pri standardni obtežitvi z bremenom in standardnem tlaku zraka v pnevmatikah. Statični radij je manjši za vrednost deflekcije pnevmatike pod obremenitvijo. Pri pnevmatiki razlikujemo tudi statični premer neobremenjene pnevmatike in dinamični premer, ki ga dobimo z meritvijo, ko pnevmatika traktorja naredi en polni obrat na tleh. Izmerjena razdalja na tleh predstavlja en polni obrat. Pnevmatika, ki je obremenjena, ima manjši polmer (razdalja središča kolesa od površine podlage). Podatek o nosilnosti pnevmatik je podan v kilogramih, tlak napoljenosti pnevmatike z zrakom v barih nad atmosferskim tlakom in dimenzijski v milimetrih in colah (Jejčič, 2007).



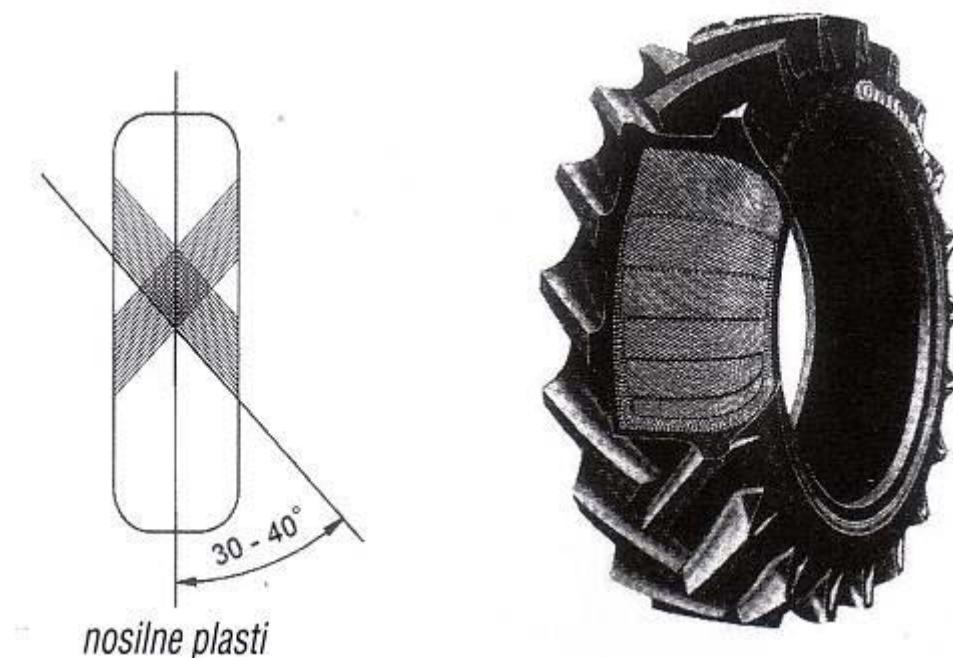
Slika 4: Prečni prerez pnevmatike: W – širina pnevmatike, R – radij (polmer) pnevmatike, R' – statični obremenjeni radij, D – premer pnevmatike, F – širina platišča oz. kolesa, H – višina roba kolesa, Ø – premer platišča (kolesa) (vir: Agricultural tyre data book, BF Goodrich, 2006).

### 2.2.2 Zgradba pnevmatike

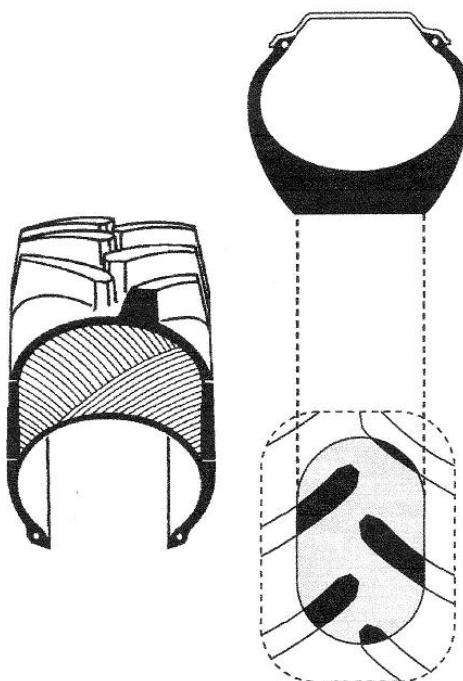
Karkasa je sestavljena iz plasti gumirane kordne tkanine iz viskoznih, poliamidnih (najlon), poliestrskih ali jeklenih vlaken. Plasti so položene druga na drugo tako, da vlakna potekajo diagonalno ali radialno, gledano v smeri vožnje. Pas je položen nad karkaso, vlakna v plasteh pa se med seboj križajo. Pas sestavlja več v gumo vloženih tekstilnih plasti iz jeklene žice, steklenih in drugih vlaken. Naležna plast ima profil, ki pri traktorskih pnevmatikah pri večini tipov predstavlja večje številu puščičastih reber. Po zgradbi in obliki karkase delimo traktorske pnevmatike na diagonalne ali radialne (Jejčič, 2007).

### 2.2.2.1 Diagonalne pnevmatike

Pri diagonalnih so vlaknate plasti položene druga na drugo, tako da se diagonalno križajo. Smer tkanine je glede na smer vožnje pod kotom od 30 do 40 stopinj. Konstrukcije diagonalne pnevmatike je enostavna. Bočna stran je bolj ojačana v primerjavi z radialno. Cena diagonalne je nižja od radialne pnevmatike. Enostavno se popravlja in je manj občutljiva za platišče (Jejčič, 2007).



Slika 5: Zgradba diagonalne pnevmatike (vir: Traktor, 2007, V. Jejčič)

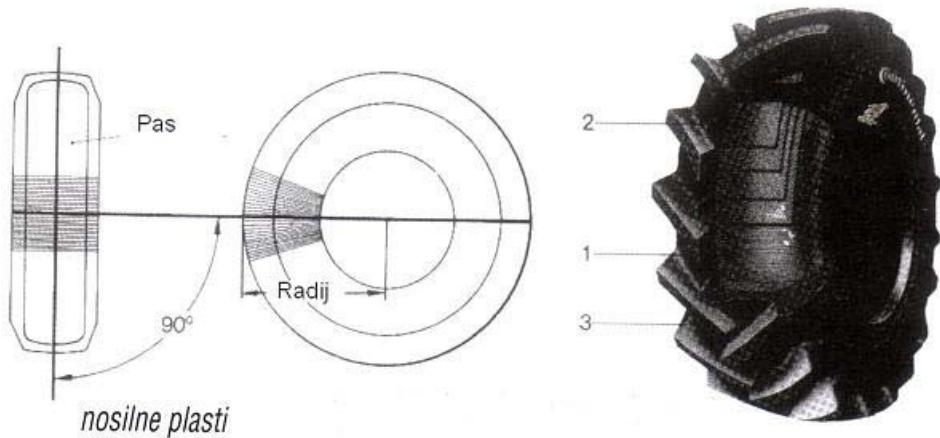


Slika 6: Diagonalna pnevmatika: vlknaste plasti se diagonalno križajo pod kotom 30 do 40 stopinj ; prikazana je površina, s katero pnevmatika pritiska na tla (vir: Agricultural tyre data book, BF Goodrich, 2006).

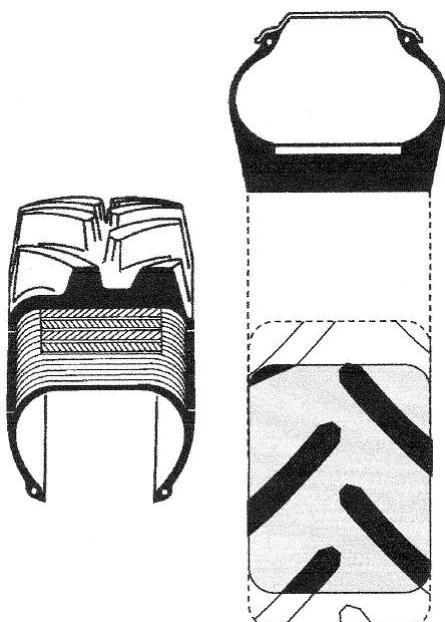
#### 2.2.2.2 Radialne pnevmatike

Pri radialnih pnevmatikah vlakna potekajo pod kotom 90 stopinj. Plasti gumirane kordne tkanine so položene druga na drugo in se ne križajo. Patent za radialne pnevmatike izhaja iz leta 1941 (izumitelja Hamilton in Sloper). Razvoj radialnih pnevmatik je začel Michelin 1939, trženje pa se je začelo v petdesetih letih prejšnjega stoletja (Jejčič, 2007). Naležna površina radialnih pnevmatik je tudi do 25 odstotkov večja v primerjavi z diagonalno pnevmatiko. Iz tega izhaja, da tudi večja površina reber pride v stik s tlemi, kar pomeni večjo tracijsko silo. Globina kolesnice na mehkih tleh se zmanjša, enako velja tudi za kotalni odpor, ki je manjši. Iz tega sledi, da imajo radialne pnevmatike lahko od 20 do 25 odstotkov večjo tracijsko silo na vseh tipih podlage. Če radialna pnevmatika razvija isto tracijsko silo kot diagonalna, potem je opazen manjši zdrs, kar pomeni manjšo porabo energije in dodatno prednost radialne pnevmatike. Tlačenje tal je tudi manjše zaradi večje naležne površine. Manjši kotalni odpor teh pnevmatik pomeni zmanjšano porabo goriva. So zelo odporne proti bočnim deformacijam in omogočajo dobro krmljenje ter večje število delovnih ur. Rebra na radialnih pnevmatikah se med seboj zelo malo premikajo, kar pri obračanju pnevmatike pomeni manjši kotalni odpor in manjšo obrabo na cestah. Slaba

lastnost radialne pnevmatike je višje cena v primerjavi z diagonalno. Investicija v radialne pnevmatike je večja in predstavlja investicijo v višjo tehnologijo (Jejčič, 2007).

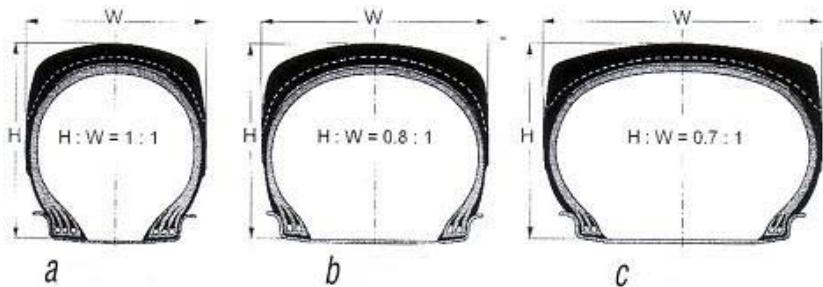


Slika 7: Zgradba radialne pnevmatike: 1 – radialna karkasa (nosilna plast), 2 – trak, 3 – tekalna plast (rebra) (vir: Traktor, 2007, V. Jejčič).



Slika 8: Radialna pnevmatika: vlakna potekajo radialno pod kotom 90 stopinj; prikazana je površina, s katero pnevmatika pritiska na tla (vir: Agricultural tyre data book, BF Goodrich, 2006).

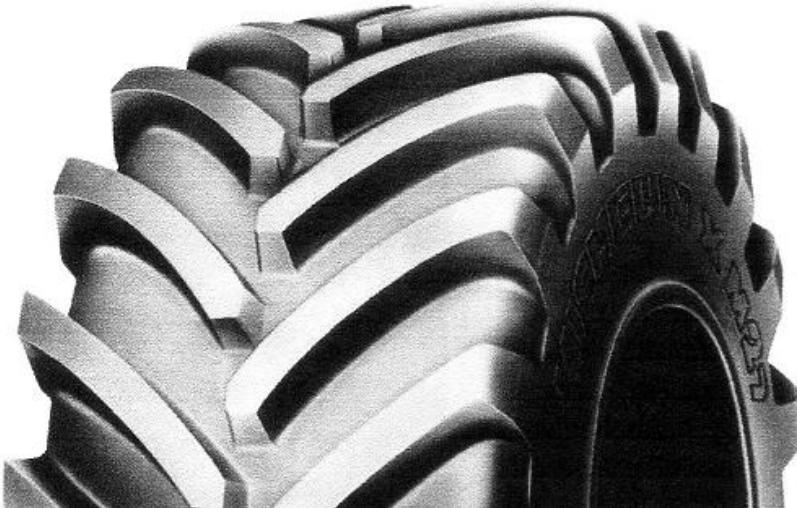
V zadnjih nekaj desetletjih je razvoj traktorja privедel do stopnje, na kateri je bilo treba razviti popolnoma nove izvedbe pnevmatik. Postavilo se je vprašanje, kako pri potrebnih povečanih količinah zraka v pnevmatiki dosegati čim manjšo mehansko obremenitev tal. Najbolj enostavna in učinkovita rešitev je zmanjšanje tlačenja tal s širokimi pnevmatikami ali pa namestitev pnevmatik v paru (Jejčič, 2007).



Slika 9: Izvedbe pnevmatik: a – standardna pnevmatika, b – široka pnevmatika, c – nizkopresečna (široka) pnevmatika (vir: Traktor, 2007, V. Jejčič)

### 2.2.2.3 Široke pnevmatike

Široke izvedbe pnevmatik so širše od standardnih pnevmatik, razmerje višine proti širini pa znaša od 0,8 do 1. Prostornina za zrak je večja kot pri standardnih pnevmatikah. Lahko nosijo enako breme pri nižjih tlakih. Večja naležna površina pomeni nižji tlak na tla, kar pomeni manjše pogrezanje v tla in manjši kotalni odpor. Namenjene so za uporabo na različnih tipih tal in na makadamskih cestah (Jejčič, 2007).



Slika 10: Široka izvedba pnevmatike (vir: Traktor, 2007, V. Jejčič)

#### 2.2.2.4 Nizkopresečne pnevmatike

Nizkopresečne pnevmatike so v primerjavi s standardnimi in širokimi pnevmatikami še širše za enak zunanji premer. Razmerje višine proti širini ( $H : W$ ) za te pnevmatike se razteza od 0,5 do 0,7. Ker imajo večjo zračno prostornino od širokih pnevmatik, se lahko pri njih zmanjša tlak napolnjenosti pri enaki velikosti bremena. Te pnevmatike imajo še večjo naležno površino in manjše tlačenje tal (Jejčič, 2007).

- Naležna površina je večja, tako da lahko več reber grabi ob tla.
- Masa traktorja je prenesena na večjo naležno površino.
- Večja naležna površina pomeni manjši tlak na tla.

Namenjene so za uporabo na tleh slabe nosilnosti in za uporabo na traktorjih največje zmogljivosti (Jejčič, 2007).

#### 2.2.2.5 Nizkotlačne pnevmatike

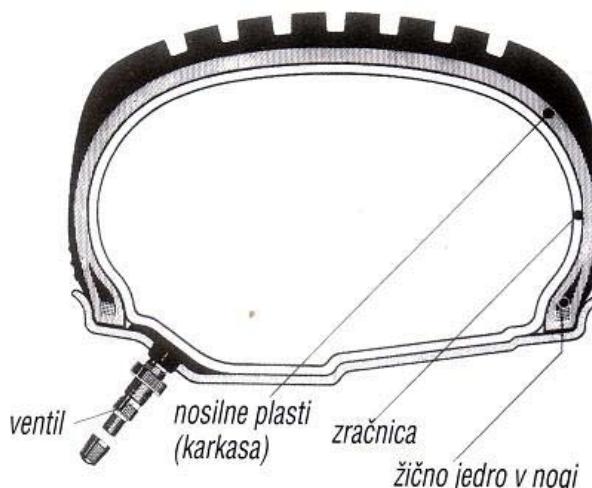
Zaradi širokega spektra tlakov v pnevmatikah, ki se giblje od 1 do 5 barov, so nizkotlačne pnevmatike zelo dobre za uporabo pri spremenljivih razmerah pri izven cestni in cestni uporabi. Zelo pomembno je, da je specifični tlak nizkotlačnih pnevmatik na mehka tla približno enak kot notranji tlak pnevmatik. Namenjene so predvsem za izven cestno uporabo (Jejčič, 2007).

### 2.2.2.6 Visokotlačne pnevmatike

Te so v glavnem pnevmatike za tovorna vozila. Tlak višji od 5 barov omogoča večje nosilnosti. Rezultat tega je večji tlak na tla in dodatno manjša »fleksibilnost« pnevmatike. Namenjene so za uporabo na trdnih podlagah cest (Jejčič, 2007).

### 2.2.2.7 Pnevmatike z zračnicami

V zračnici je zrak pod nekim tlakom. Zračni tlak ima značilen vpliv na lastnosti pnevmatike. Zračnica ne sme biti nikoli prepoplnjena z zrakom, ker se lahko preveč razsire in postane neuporabna. Pri zamenjavi pnevmatik je treba obvezno zamenjati zračnice (Jejčič, 2007).

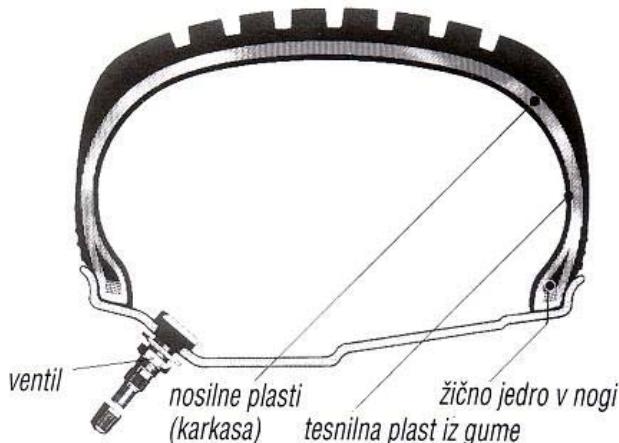


Slika 11: Pnevmatika z zračnico (vir: Traktor, 2007, V. Jejčič)

### 2.2.2.8 Pnevmatike brez zračnic

V pnevmatikah brez zračnic je vlogo zračnice prevzela notranja tesnilna plast iz gume, ki omogoča, da je pnevmatika za zrak neprepustna. Dodajanje zraka je potrebno le občasno. Mehek material tesnilne plasti tesni, tudi ko tujek predre pnevmatiko. Odločilnega pomena za pnevmatiko brez zračnic pa je stanje platišča, ki ne sme biti rjavlo in poškodovano (nazobčano). Pri uporabi, ko je platišče izpostavljenomehanski poškodbi, npr. za gozdarsko uporabo, ni priporočljivo uporabljati pnevmatik brez zračnic zaradi možnosti uhajanja zraka iz pnevmatike pri resnejših poškodbah platišča. Pnevmatike brez zračnic se

lahko uporabljajo z zračnicami, če je to potrebno. Pnevmatike brez zračnic so označene z oznako »tubeless« (skrajšano tl, Jejčič, 2007).



Slika 12: Pnevmatika brez zračnice (vir: Traktor, 2007, V. Jejčič)

#### 2.2.2.9 Standardne pnevmatike za traktorje

So najbolj pogosto uporabljene traktorske pnevmatike. Tekalna plast teh pnevmatik je v obliki reber, ki so oblikovana v obliki puščice. Zaradi take zasnove je ta pnevmatika primerna predvsem za izven cestno uporabo. Največje dovoljene hitrosti so do 50 km/h. Ta pnevmatika predstavlja kompromis med visoko trakcijo v poljskih pogojih (večje razdalje med rebri in samočistilna izvedba reber) in možnostjo uporabe na cestah za transport (potrebno je večje število reber zaradi bolj udobne vožnje in manjše obrabe). Standardni tlak v teh pnevmatikah znaša 1,6 bara (Jejčič, 2007).

#### 2.2.2.10 Terra pnevmatike

Posebna izvedba pnevmatik so terra pnevmatike. Pri teh je opazna večja širina od standardnih pnevmatik, z njimi pa so standardno opremljeni gorski traktorji in nekateri traktorji transporterji. Zaradi zelo velikega zračnega prostora se lahko uporabljajo z zelo nizkim tlakom. Te pnevmatike so primerne za zelo neravno podlago, traktor pa ima zmeraj podporo na veliki naležni površini pnevmatik. Nizki tlak in mehka lastnost pnevmatike pomeni, da se masa traktorja razporedi na večjo površino pnevmatike. Te pnevmatike zato zmanjšujejo mehanske poškodbe tal zaradi večje naležne površine in manjšega pogrezanja. Na večjih naklonih pa zaradi razširitve traktorja dodatno varujejo pred prevračanjem.

Namenjene so za uporabo na tleh najslabše nosilnosti oziroma mehkih tleh. Uporabljajo se na gorskih izvedbah traktorjev in traktorjih transporterjih za uporabo na nagnjeni podlagi. Kot dodatna oprema so na voljo tudi pri drugih tipih traktorjev (Jejčič, 2007).

#### 2.2.2.11 Ozka izvedba pnevmatik

Zaradi svojega majhnega prečnega prereza imajo tudi pri velikem premeru te pnevmatike majhno količino zraka. Zato je treba pri njih uporabljati razmeroma visok tlak v razponu od 2,5 do 4 bar, da lahko prenašajo maso traktorja in priključkov. Uporabljajo se na traktorju za delo, kjer imamo ozke medvrstne razdalje: za okopavanje, dognojevanje, kemično zatiranje plevelov in različnih škodljivcev. Lahko jih uporabimo tudi pri delu s stalnimi kolesnicami (Jejčič, 2007).



Slika 13: Ozka izvedba pnevmatike (vir: Traktor, 2007, V. Jejčič)

#### 2.2.2.12 Gozdarske pnevmatike

V primerjavi s standardnimi traktorskimi pnevmatikami se za gozdarski tip pnevmatik postavljajo dodatne zahteve za trdnost, ki izhajajo iz težavnih pogojev delovanja traktorja v gozdu. Pnevmatika za gozdarski traktor mora biti sposobna upirati se mehanskim poškodbam zaradi različnih ovir na gozdnih tleh (korenine, veje, kamni). Omenjena pnevmatika ima izredno odpornost proti poškodbam tekalne plasti in bočnega dela. Zaradi

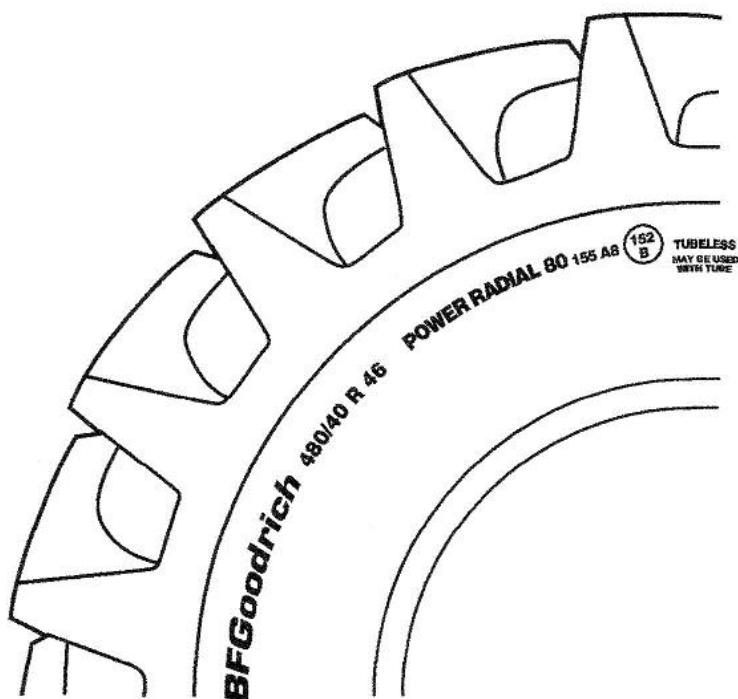
dodatnih zahtev za odpornost proti poškodbam je konstrukcija gozdarske pnevmatike nekoliko drugačna in ima še dodatne zaščitne plasti na ojačitvenem pasu na nosilni plasti pnevmatike – karkasi. Material, iz katerega je pnevmatika, je odporen tudi proti obrabi, tekalna plast pa je močno zasnovana. V pnevmatiki je zračnica (Jejčič, 2007).



Slika 14: Gozdarska izvedba pnevmatike (vir: Traktor, 2007, V. Jejčič)

### 2.2.3 Označevanje pnevmatik

Radialne pnevmatike so označene s črko R, diagonalne pa imajo oznako -. Prva številka pri oznaki pnevmatike pomeni širino pnevmatike v colah ali milimetrih. V zadnjem času se vse bolj uveljavlja označevanje širine pnevmatike v milimetrih (Jejčič, 2007). Če kolesa niso pogonska, imajo pnevmatike na sprednjih kolesih traktorja vzdolžni rebrasti profil , ki omogoča ohranjanje smeri vožnje in preprečuje bočno zanašanje koles traktorja pri delu na nagibih. Pri nekaterih pnevmatikah je pri prvi številki za širino pnevmatike podana še ena številka – npr. 380/70; oznaka 70 pomeni, da ima pnevmatika z razmerjem med višino in širino 0,70 :1 višino, ki dosega 70 odstotkov njene širine ( $0,70 = 70/100 = 70\%$ ). Prednost take pnevmatike sta boljši oprijem in možnost prenašanja večje stranske sile ter večje hitrosti pri vožnji v zavodu. Poleg osnovnih so na pnevmatikah tudi dodatne oznake, npr. oznake za število nosilnih platen, ki označuje trdnost karkase, indeks nosilnosti (podaja največjo nosilnost v kilogramih) in oznaka hitrostnega razreda (največja dovoljena hitrost v km/h). Vse podane mere za pnevmatike veljajo za polne in neobremenjene pnevmatike (Jejčič, 2007).



Slika 15: Označevanje traktorskih pnevmatik; BF Goodrich – ime proizvajalca, 480 – širina pnevmatike v mm, 80 – razmerje med višino in širino pnevmatike (v odstotkih), R – oznaka za radialno pnevmatiko, 46 – notranji premer pnevmatike (izražen v colah), POWER RADIAL 80 – oznaka profila, 155 – primarni indeks nosilnosti (pove največjo dovoljeno obremenitev pnevmatike, ki je v tem primeru 3875 kg), A8 – oznaka hitrostnega razreda (40 km/h), 152 – sekundarni indeks nosilnosti, B – oznaka hitrostnega razreda (vir: Agricultural tyre data book, BF Goodrich, 2006).

Primeri različnega osnovnega označevanja pnevmatik:

Primer oznake pnevmatike: 16,9-30

16,9 – nominalna širina pnevmatike (širina v colah) = diagonalna pnevmatika

30 – nominalni notranji premer pnevmatike (premer v colah)

Primer oznake pnevmatike: 16,9 R 34 8 PR

16,9 – nominalna širina pnevmatike (širina v colah)

R – oznaka za radialno pnevmatiko

34 – nominalni notranji premer pnevmatike (premer v colah)

8 PR – število armaturnih platen v pnevmatiki (označuje trdnost karkase pnevmatike)

Primer oznake pnevmatike: 380/70 R 28

380 – nominalna širina pnevmatike (širina v mm)

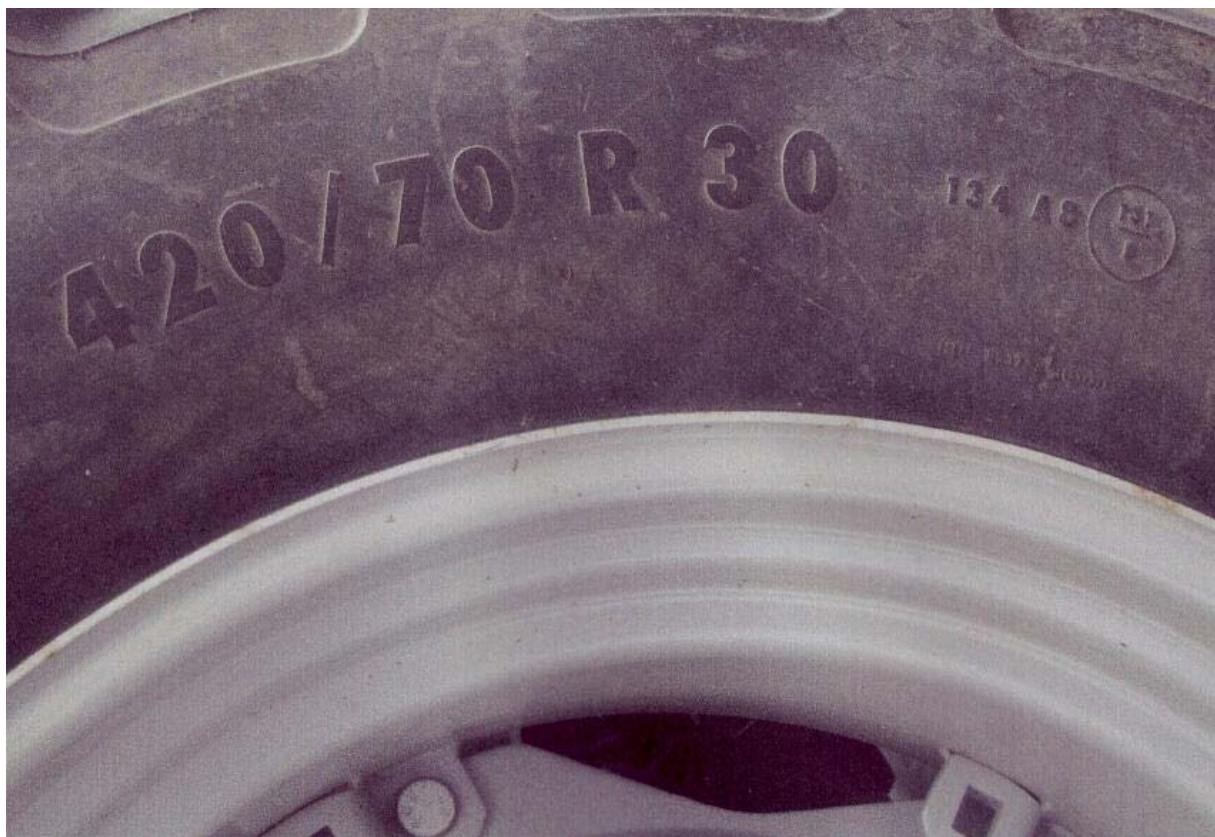
70 – razmerje med višino in širino pnevmatike (podano v odstotkih)

R – oznaka za radialno pnevmatiko

28 – nominalni notranji premer pnevmatike (premer v colah)



Slika 16: Primer oznak na pnevmatiki na traktorju IMT 560.



Slika 17: Primer oznak na pnevmatiki na traktorju Same Dorado 70

#### 2.2.4 Samočistilna sposobnost pnevmatike

Pri pnevmatikah je pomemben tudi učinek samoočiščenja prostora med rebri. Brez tega začne pnevmatika delovati kot gladko kolo, z zmanjšanim vlečnim učinkom. Samočistilna sposobnost pnevmatike je odvisna od stopnje poševnosti – kota reber. Pnevmatike s puščičasto nameščenimi rebri (kot, ki ga oklepata rebro pnevmatike in horizontala pri stoječi pnevmatiki znaša med 45 in 50 stopinj) imajo sposobnost samoočiščenja. Samoočiščenje je sposobnost izrivanje zemlje v levo in desno stran iz prostora med dve sosednji rebri pnevmatike. To omogoča, da se zemlja ne nabira po obodu pnevmatike in da pnevmatika v razmerah razmočene zgornje plasti zemljišča prodre v nižjo plast tal, ki je bolj suha in dovolj trdna, da traktor lahko realizira zadostno vlečno silo. Pnevmatike, ki imajo rebra bolj položna, npr. s koti od 22 do 30 stopinj, nimajo sposobnosti samoočiščenja in se ne obnesejo pri delu na razmočenih tleh (Jejčič, 2007).

### 2.2.5 Tlak zraka v pnevmatiki

Za čim daljšo dobo uporabnosti pnevmatike je pomemben tlak zraka v njej, ki je v traktorskih pnevmatikah od 0,8 do 2,2 bara. Če je tlak zraka v pnevmatiki višji, lahko pnevmatiko tudi bolj obremenimo. Nosilnost pnevmatike se spreminja s hitrostjo traktorja. Traktor, ki ima pogon na vsa štiri kolesa (4 x 4 pogon), mora imeti v pnevmatikah na sprednjih kolesih za približno 0,3 bara višji tlak kot na zadnjih. Te vrednosti so približne. V navodilih za uporabo traktorja so preglednice, v katerih so podani podatki o tlaku zraka za različne tipe pnevmatik (Jejčič, 2007).

### 2.2.6 Obremenitev pnevmatik

Tovarne pnevmatik predpisujejo tlak zraka za določeno težo, s katero lahko obremenimo pnevmatiko. Podatki o nosilnosti pnevmatik so na tablicah LI (ang. Load Index): nosilnost pnevmatike je odvisna od števila platen v pnevmatiki – PR (ang. Ply Rating), tlak zraka v pnevmatiki, dovoljene hitrost vožnje, tipa strojev in pogojev dela. Od višine tlaka zraka v pnevmatiki je odvisna tudi stopnja poškodbe podlage. Proizvajalci pnevmatik, traktorjev in drugih strojev poskušajo zmanjšati poškodbe tal s posebnimi, širokimi (terra) pnevmatikami. Te pnevmatike so širše kot standardne, zato se masa traktorja prenese na večjo površino. Pnevmatike široke izvedbe (terra) lahko imajo tudi traktorji, ki delujejo na večjem naklonu. Omenjene pnevmatike jim omogočajo manjše poškodbe tal in manjšo možnost, da se traktor prevrne (Jejčič, 2007).

### 2.2.7 Indeks nosilnosti (LI) in simbol hitrosti (SS)

Simbol hitrosti (angl. Speed Symbol – SS) določa največjo dovoljeno hitrost vožnje s to pnevmatiko. Indeks nosilnosti (angl. Load Index – LI) pa določa največjo dovoljeno obremenitev pnevmatike pri predpisanem tlaku polnilnega zraka pri največji dopustni hitrosti vožnje s to pnevmatiko. Spodnji preglednici prikazujeta simbole hitrosti in njihove vrednosti v km/h, ter indekse nosilnosti in njihove vrednosti v kilogramih. Ta sistem simbolov in indeksov uporabljam vsi proizvajalci pnevmatik (vir: Dobro je vedeti... Indeks nosilnosti (IN) in simbol hitrosti (SH), 2003).

Preglednica 1: Indeks nosilnosti nad 100 in največja dovoljena obremenitev pnevmatike

LI	kg	LI	kg	LI	kg	LI	kg
100	800	125	1650	150	3350	175	6900
101	825	126	1700	151	3450	176	7100
102	850	127	1750	152	3550	177	7300
103	875	128	1800	153	3650	178	7500
104	900	129	1850	154	3750	179	7750
105	925	130	1900	155	3875	180	8000
106	950	131	1950	156	4000	181	8250
107	975	132	2000	157	4125	182	8500
108	1000	133	2060	158	4250	183	8750
109	1030	134	2120	159	4375	184	9000
110	1060	135	2180	160	4500	185	9250
111	1090	136	2240	161	4625	186	9500
112	1120	137	2300	162	4750	187	9750
113	1150	138	2360	163	4875	188	10000
114	1180	139	2430	164	5000	189	10300
115	1215	140	2500	165	5150	190	10600
116	1250	141	2575	166	5300	191	10900
117	1285	142	2650	167	5450	192	11200
118	1320	143	2725	168	5600	193	11500
119	1360	144	2800	169	5800	194	11800
120	1400	145	2900	170	6000	195	12100
121	1450	146	3000	171	6150	196	12500
122	1500	147	3075	172	6300	197	12800
123	1550	148	3150	173	6500	198	13250
124	1600	149	3250	174	6700	199	13600

Zgornja preglednica prikazuje indekse nosilnosti (angl. Load Index – LI) nad 100, ki so pomembni oz. primerni za težja vozila, v našem primeru za prilagojene kmetijske traktorje in forwarderje, pa tudi za harvesterje, kombajne in težke gradbene stope, kot je rovokopač. Indeksi nosilnosti pod 100 (od 0-99) pa se uporabljajo za lažje vozila, kot so motorna kolesa in osebni avtomobili.

Preglednica 2: Simboli hitrosti (SS)

SS	Maksimalna hitrost	SS	Maksimalna hitrost
A1	5 km/h	J	100 km/h
A2	10 km/h	K	110 km/h
A3	15 km/h	L	120 km/h
A4	20 km/h	M	130 km/h
A5	25 km/h	N	140 km/h
A6	30 km/h	P	150 km/h
A7	35 km/h	Q	160 km/h
A8	40 km/h	S	180 km/h
B	50 km/h	T	190 km/h
C	60 km/h	H	210 km/h
D	65 km/h	V	240 km/h
E	70 km/h	W	270 km/h
F	80 km/h	Y	300 km/h
G	90 km/h	ZR	> 240 km/h

Preglednica prikazuje simbole hitrosti (angl. Speed Symbol – SS). Za težje delovne stroje, v našem primeru za prilagojene kmetijske traktorje in forwarderje so pomembni simboli hitrosti A2 – 10 km/h, A8 – 40 km/h, B – 50 km/h, C – 60 km/h, D – 65 km/h in E – 70 km/h. Ostali simboli hitrosti (večje vozne hitrosti) so pomembni za lažja vozila kot so osebni avtomobili, motorna kolesa, kombiji in podobna vozila.

### 3 METODA ZBIRANJA PODATKOV

V nalogi smo naredili morfološko analizo pnevmatik za težke delovne stroje; v našem primeru sta to dva tipa strojev, ki se uporablja v gozdarstvu, in sicer prilagojen kmetijski traktor in forwarder. Zaradi uporabe istih tipov pnevmatik smo forwarderje in harvesterje združili v isto skupino. Slovensko ime za forwarder je zgibni polpričolčar.



Slika 18: Prilagojeni kmetijski traktor  
IMT 577



Slika 19: Forwarder

Viri podatkov so katalogi proizvajalcev pnevmatik, ki so prisotni na evropskem trgu in so v uporabi v gozdarstvu. Katalogi različnih proizvajalcev pnevmatik so dosegljivi večinoma na spletnih straneh podjetij in v tiskani obliki. Omejili smo se na sedem različnih podjetij, ki proizvajajo traktorske pnevmatike.



Technical data	
<b>Product code</b>	T445436
<b>Dimension</b>	650/45R24.5
<b>PR</b>	
<b>LI/SS</b>	161 A8/168 A2
<b>Width (mm)</b>	650
<b>Diameter (mm)</b>	1230
<b>Rim</b>	22.00
<b>Loaded static radius ±2.5 % (mm)</b>	566
<b>Rolling circumference ±2.5% (mm)</b>	3732
<b>Inflation pressure (kPa)</b>	500 kPa
<b>Load capacity</b>	10 km/h 5600 kg 30 km/h 4950 kg 40 km/h 4625 kg
<b>Further information</b>	SB=STEEL BELTED TL=TUBELESS

Slika 20: Primer tehničnih podatkov iz kataloga proizvajalca Nokian Heavy Tyres

Podatki, ki smo jih zbrali, da smo jih lahko nato uporabili za nadaljnjo obdelavo, so obsegali tip stroja, ki je bil prilagojeni kmetijski traktor ali forwarder. Sledila je znamka gume. Omejili smo se na sedem podjetij, ki proizvajajo pnevmatike in sicer: Alliance, BF Goodrich, Firestone, Michelin, Nokian Heavy Tyres, Pirelli in Trelleborg. Naslednji podatek je bil tip gume. Primeri: FOREST KING TRS L-2, FOREST RIDER (Nokian Heavy Tyres); T 421, T414 (Trelleborg). Sledile so dimenziije pnevmatik. Primeri: 620/75R26 (Trelleborg, TM2000), 16.9R24 (Michelin, Agribib), 18.4-34 (Nokian Heavy Tyres, TR FOREST). Podatek PR (angl. Ply Rating) je bil naveden le pri nekaterih tipih pnevmatik. Naslednji podatek je bil indeks nosilnosti (angl. Load Index – LI) in simbol hitrosti (angl. Speed Symbol – SS). V večini primerov je predpisan samo en indeks nosilnosti in simbol hitrosti, velikokrat pa sta v katalogih pnevmatik podana dva indeksa nosilnosti in simbola hitrosti, v nekaterih primerih celo trije. Zbrani podatki so bili tudi širina pnevmatike (angl. Section Width – SW), premer pnevmatike (angl. Overall Diameter – OD), obseg pnevmatike (angl. Rolling Circumference – RC), statični obremenjeni radij (angl. Static Loaded Radius – SLR) in platišče oz. kolo (angl. RIM). Zelo pomemben podatek pri analizi pnevmatik je tudi tlak v pnevmatiki, ki je predpisan s strani proizvajalca ter največja dovoljena obremenitev pnevmatike pri določeni hitrosti (angl. Load Capacity – LC). Pogledali pa smo si tudi ugrez oziroma deflekcijo pnevmatike.

V nekaterih primerih so se podatki, ki smo jih potrebovali za analizo, pojavili v angleških enotah (na primer: Inch, Pounds, PSI- Pounds per Square Inch). Te podatke je bilo nato potrebno pretvoriti v evropske enote, v milimetre, kilograme in kilo paskale.

#### English Units

XM108 Sizes	Equiv. Size	MSPN	Overall Diameter (in)	Loaded Radius (in)	Rolling Circumference (in)	Gross Flat Plate (in <sup>2</sup> )	Center-line Tread Depth (32nd")	Max Load @ 25mph (lbs)	Max Pressure @ 25 mph (psi)
320/65R16 TL 107A8/104B	LoPro for 7.50R18	46787	33.2	14.8	98.5	98	35	3,212	27
420/65R24 TL 126A8/126B	LoPro for 12.4R24	77842	45.7	20.0	134.8	214	47	5,610	26
420/65R28 TL 128A8/128B	LoPro for 12.4R28	78903	49.7	22.0	148.3	209	47	5,940	26

Slika 21: Primer tehničnih podatkov v angleških enotah iz kataloga proizvajalca Michelin

Podatke smo nato vnesli v računalniški program Microsoft Excel in jih začeli obdelovati. V nalogi smo se osredotočili predvsem na širino pnevmatike, premer pnevmatike, statični obremenjeni radij, indeks nosilnosti, tlak v pnevmatiki, največjo dovoljeno obremenitev in ugrez oz. deflekcijo pnevmatike.

**Širina** – (prazne oz. izpraznjene pnevmatike) je širina prečnega preseka izražena v milimetrih.

**Premer** – premer prazne oz. izpraznjene pnevmatike.

**Obseg** – obseg pnevmatike pri referenčni obremenitvi in tlaku. Prevožena razdalja v enim celem vrtljaju kolesa na asfaltni cesti. Vrednosti so izražene v milimetrih.

**Statični obremenjeni radij** – je polmer od središča kolesa na zemljo, pri referenčni obremenitvi in tlaku. Razlika med radijem izpraznjene pnevmatike in statičnim obremenjenim radijem, se imenuje ugrez oz. deflekcija. Ta vrednost se giblje med 15-30 %, odvisno od vrste pnevmatik.

**Platišče** – je oznaka premera platišča v palcih oz. colah. "24" pomeni, da je premer platišča 24 col (420/70 R24). Tako širina platišča kot premer platišča sta izražena v palcih oz. colah (Inch).

**Največja dovoljena obremenitev** – (izražena v kg) je predpisana s strani proizvajalca in nam pove kolikšna je dovoljena masa s katero lahko obremenimo pnevmatiko.

## 4 REZULTATI MORFOLOŠKE ANALIZE

### 4.1 PREGLED PODATKOV

V nalogi smo se omejili na sedem podjetij, ki proizvajajo pnevmatike, ki se uporabljajo v gozdarstvu, za prilagojene kmetijske traktorje in forwarderje. Za analizo smo izbrali podjetja Alliance, BF Goodrich, Firestone, Michelin, Nokian Heavy Tyres, Pirelli in Trelleborg.

Preglednica 3: Število primerov pnevmatik po proizvajalcih

Znamka gume	FORWARDER	TRAKTOR	Skupaj
ALLIANCE	135	64	199
BF GOODRICH		120	120
Firestone		228	228
Michelin	21	79	100
Nokian Heavy Tyres	70	85	155
PIRELLI		476	476
Trelleborg	331	515	846
<b>Skupaj</b>	<b>557</b>	<b>1567</b>	<b>2124</b>

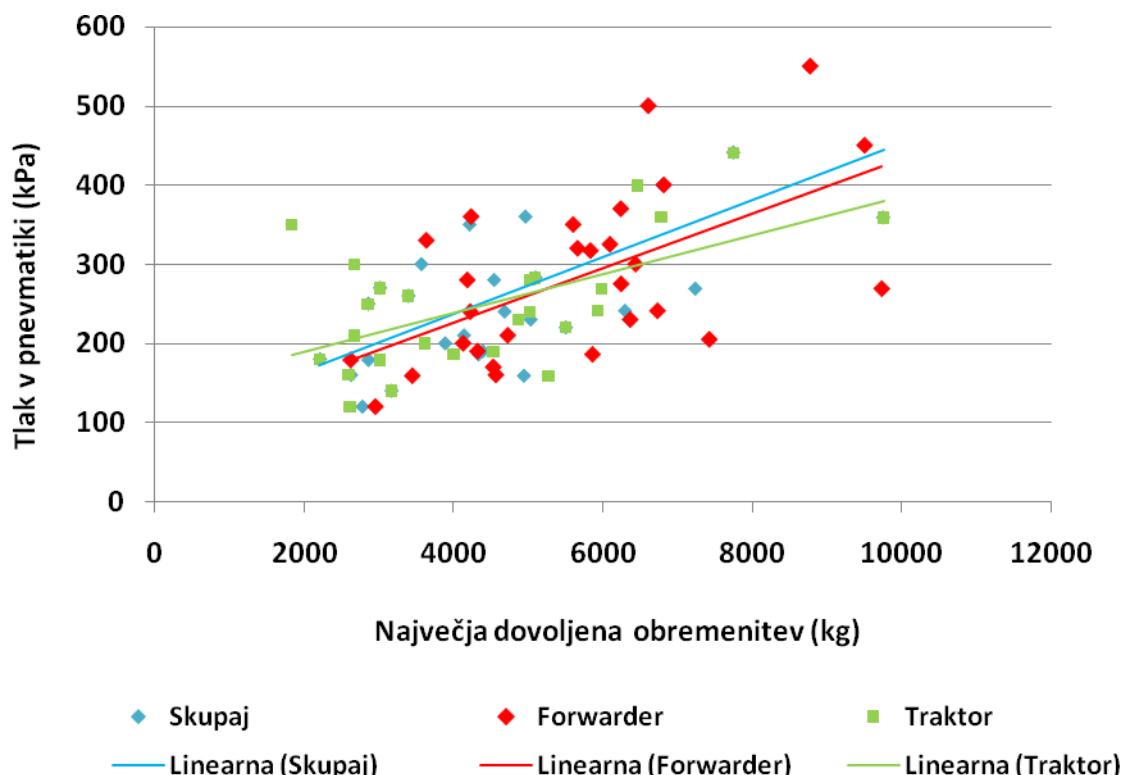
Vseh sedem podjetij izdeluje pnevmatike za traktorje, pnevmatike za forwarderje pa smo zasledili le pri podjetjih Alliance, Michelin, Nokian Heavy Tyres in Trelleborg. Iz katalogov smo zbrali skupaj 2124 različnih tipov pnevmatik, od tega 557 primerov pnevmatik za forwarderje in 1567 za traktorje.

Število primerov je po različnih proizvajalcih različno zaradi števila katalogov posameznih proizvajalcev. Iz katalogov smo zbrali 199 primerov pnevmatik proizvajalca Alliance, 120 primerov BF Goodrich, 228 primerov Firestone, 100 primerov Michelin, 155 primerov proizvajalca Nokian Heavy Tyres, 476 primerov Pirelli in še 846 primerov pnevmatik iz podjetja Trelleborg.

## 4.2 PREGLED RAZLIČNIH ODVISNOSTI

### 4.2.1 Odvisnost tlaka v pnevmatiki od največje dovoljene obremenitve pnevmatike

Iz zbranih podatkov smo ugotavljali odvisnost tlaka v pnevmatiki od največje dovoljene obremenitve (izražena v kg).

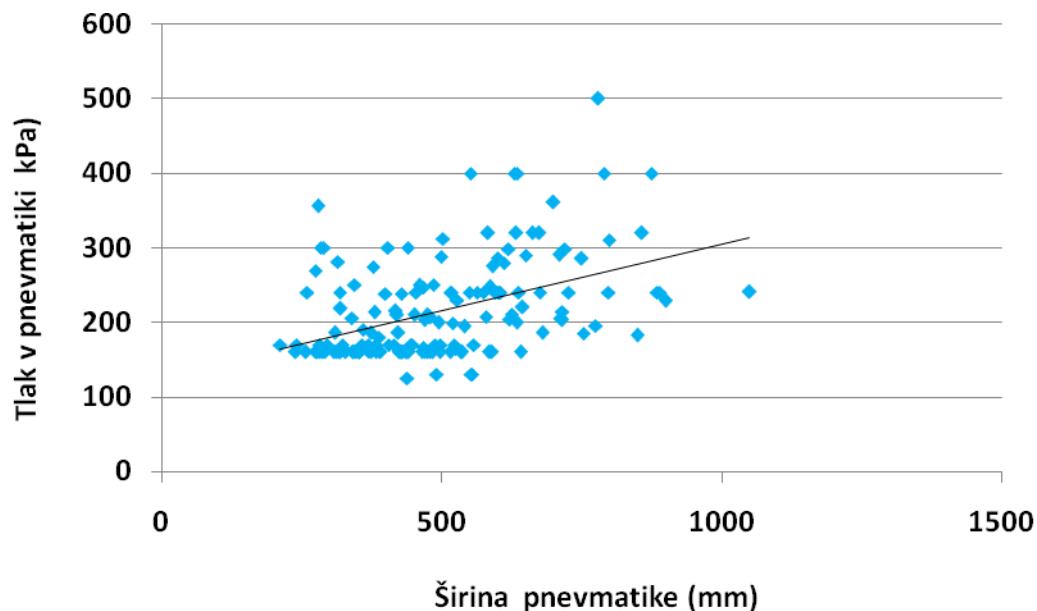


Slika 22: Odvisnost tlaka v pnevmatiki od največje dovoljene obremenitve

V obeh primerih tako pri traktorju in forwarderju opazimo, da večji kot je dovoljeni tlak v pnevmatiki večja je lahko obremenitev pnevmatike.

#### 4.2.2 Odvisnost tlaka v pnevmatiki od širine pnevmatike

V nalogi smo pogledali tudi odvisnost med tlakom v pnevmatiki in širino pnevmatike.

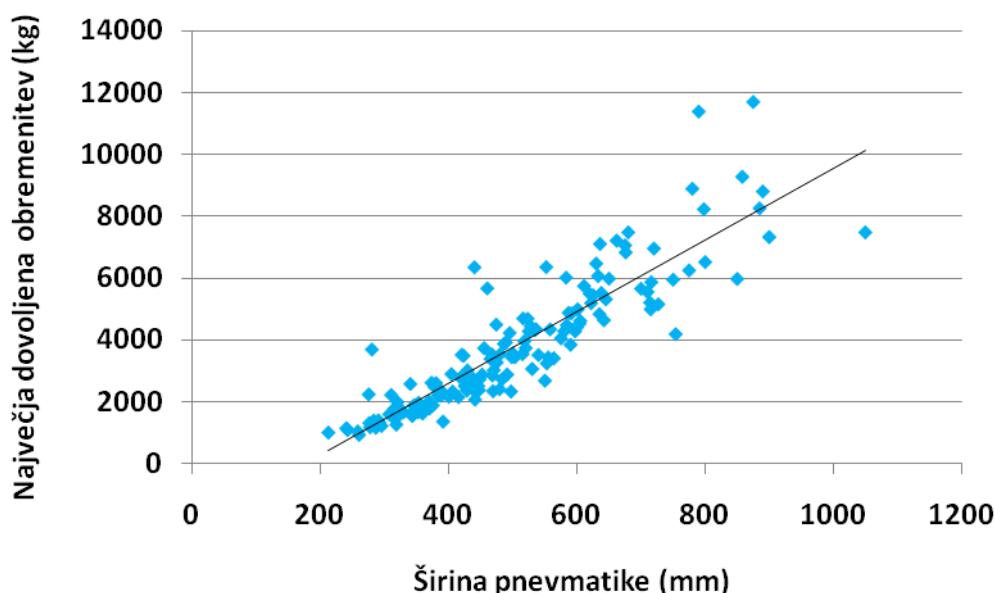


Slika 23: Odvisnost tlaka v pnevmatiki od širine pnevmatike

Iz slike lahko razberemo, da se s širino pnevmatike tlak v pnevmatiki povečuje. Za opravila po slabo nosilnih tleh so bolj primerne široke izvedbe gum, saj je specifični tlak na tla manjši (Košir, 1997). Težnja je čim nižji tlak v pnevmatiki, da se zagotovi elastično obnašanje pnevmatike tudi na zelo mehkih zemljiščih (Jejčič, 2007).

#### 4.2.3 Odvisnost največje dovoljene obremenitve pnevmatike od širine pnevmatike

Spodnja slika nam kaže odvisnost med največjo dovoljeno obremenitvijo pnevmatike in širino pnevmatike.

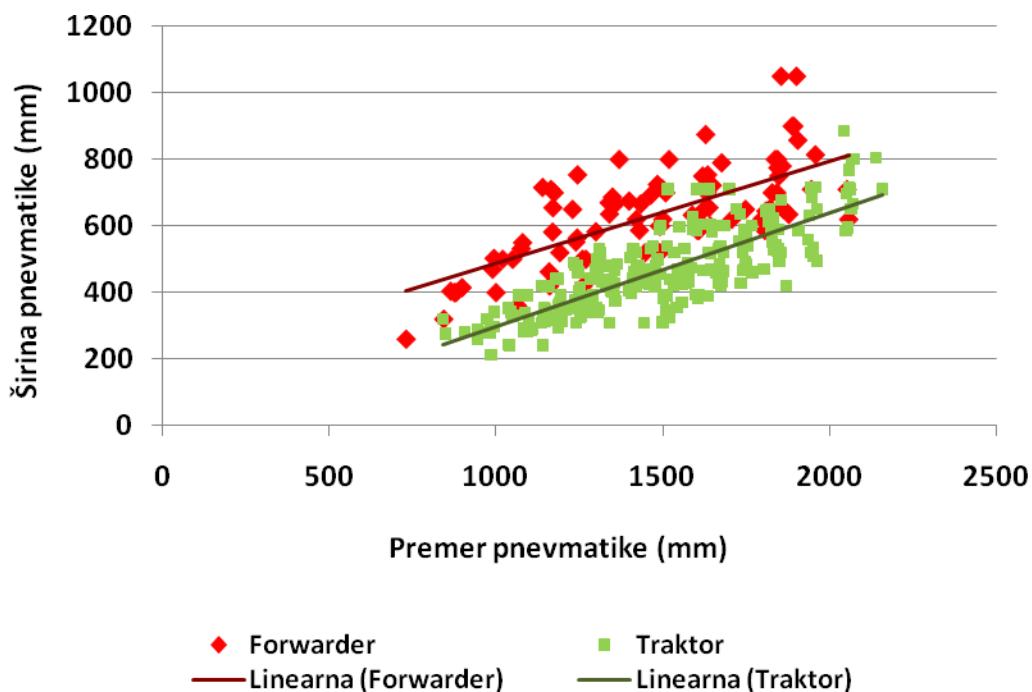


Slika 24: Odvisnost največje dovoljene obremenitve pnevmatike od širine pnevmatike

Opazimo, da največja dovoljena obremenitev pnevmatike narašča s širino pnevmatike. Širša kot je pnevmatika, bolje se masa s katero obremenimo pnevmatiko porazdeli po pnevmatiki. Posledično se zmanjša tudi pritisk na tla, kar je za delo v gozdu zelo pomembno. Za delo na zelo slabih (razmočenih) tleh lahko poškodbe tal zmanjšamo tako, da manj obremenimo pnevmatike oziroma vozilo.

#### 4.2.4 Odvisnost širine pnevmatike od premera pnevmatike

Spodnje slika prikazuje odvisnost širine pnevmatike od premera pnevmatike po tipih strojev.

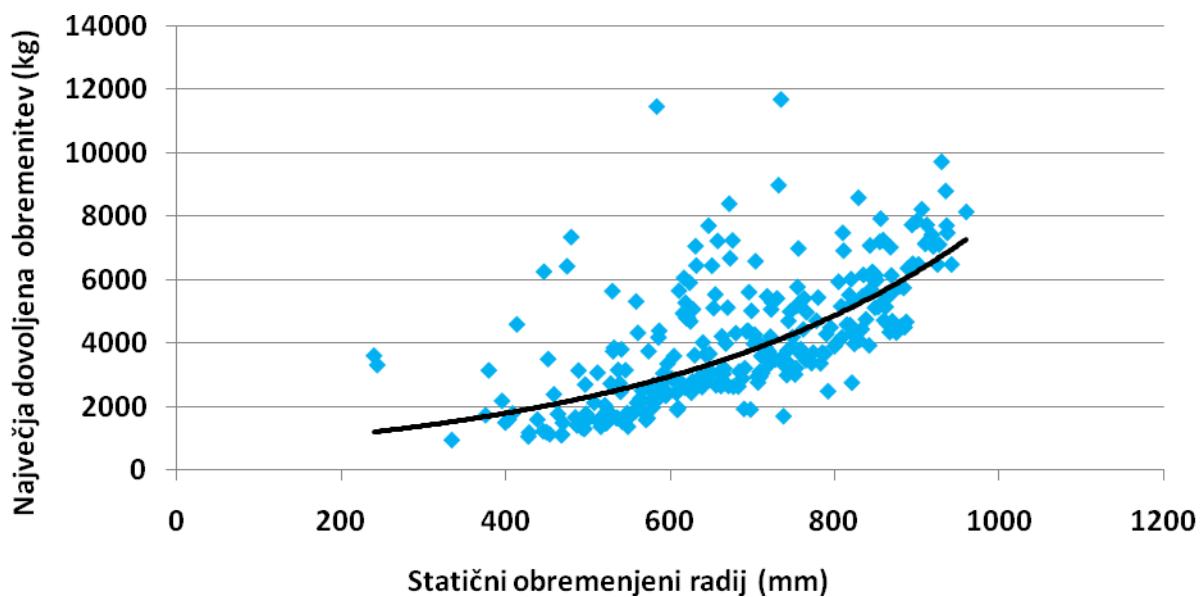


Slika 25: Odvisnost širine pnevmatike od premera pnevmatike

Iz slike je razvidno, da širina pnevmatike s premerom narašča, tako pri prilagojenem kmetijskem traktorju, kot pri forwarderju. Pomembno tudi razmerje med širino pnevmatike in premerom (višino) pnevmatike. Primer: dimenzijske 420/70 R28; oznaka 70 je razmerje med širino pnevmatike in višino (premerom) pnevmatike 0,70 : 1 višina, ki dosega 70 % njene širine. Prednost take pnevmatike je boljši oprijem in možnost prenašanja stranske sile ter večje so hitrosti pri vožnji v zavoju (Jejčič, 2007).

#### 4.2.5 Odvisnost med največjo dovoljeno obremenitvijo pnevmatike in statičnim obremenjenim radijem

Iz zbranih podatkom smo lahko tudi ugotavljali odvisnost med statičnim obremenjenim radijem in največjo dovoljeno obremenitvijo.

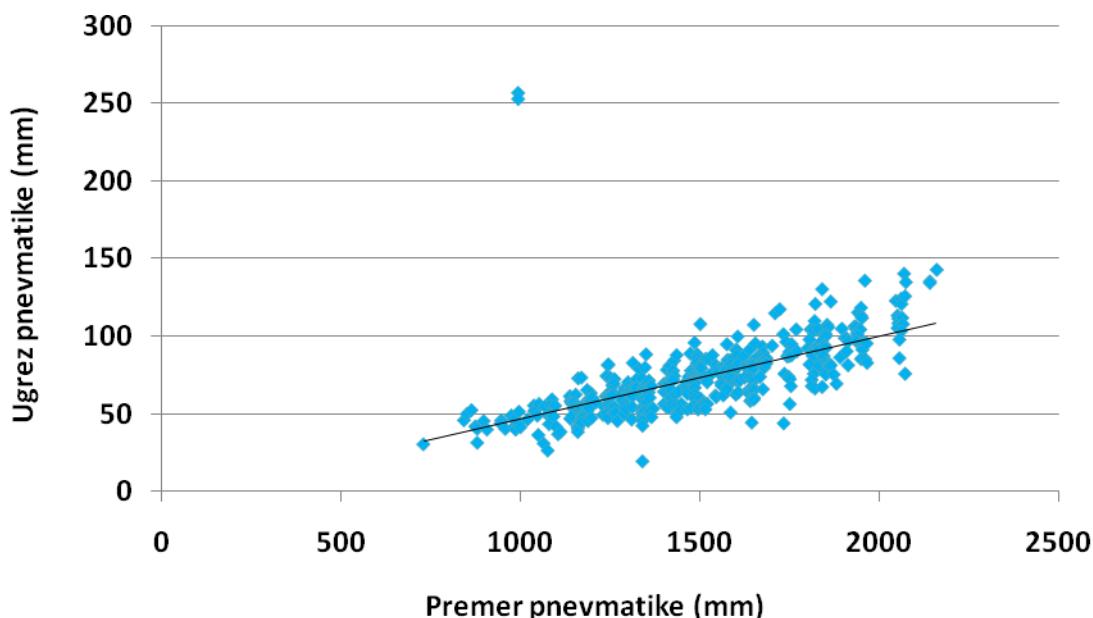


Slika 26: Odvisnost med največjo dovoljeno obremenitvijo pnevmatike in statičnim obremenjenim radijem

Razvidno je, da z večanjem največje dovoljene obremenitve narašča tudi statični obremenjeni radij.

#### 4.2.6 Odvisnost ugreza pnevmatike od premera pnevmatike

V nalogi smo si pogledali tudi odvisnost ugreza oziroma deflekcije pnevmatike od premera pnevmatike. Urez ali deflekcija pnevmatike je razlika med polmerom (neobremenjene) pnevmatike in statičnim obremenjenim radijem (Ježičič, 2007).

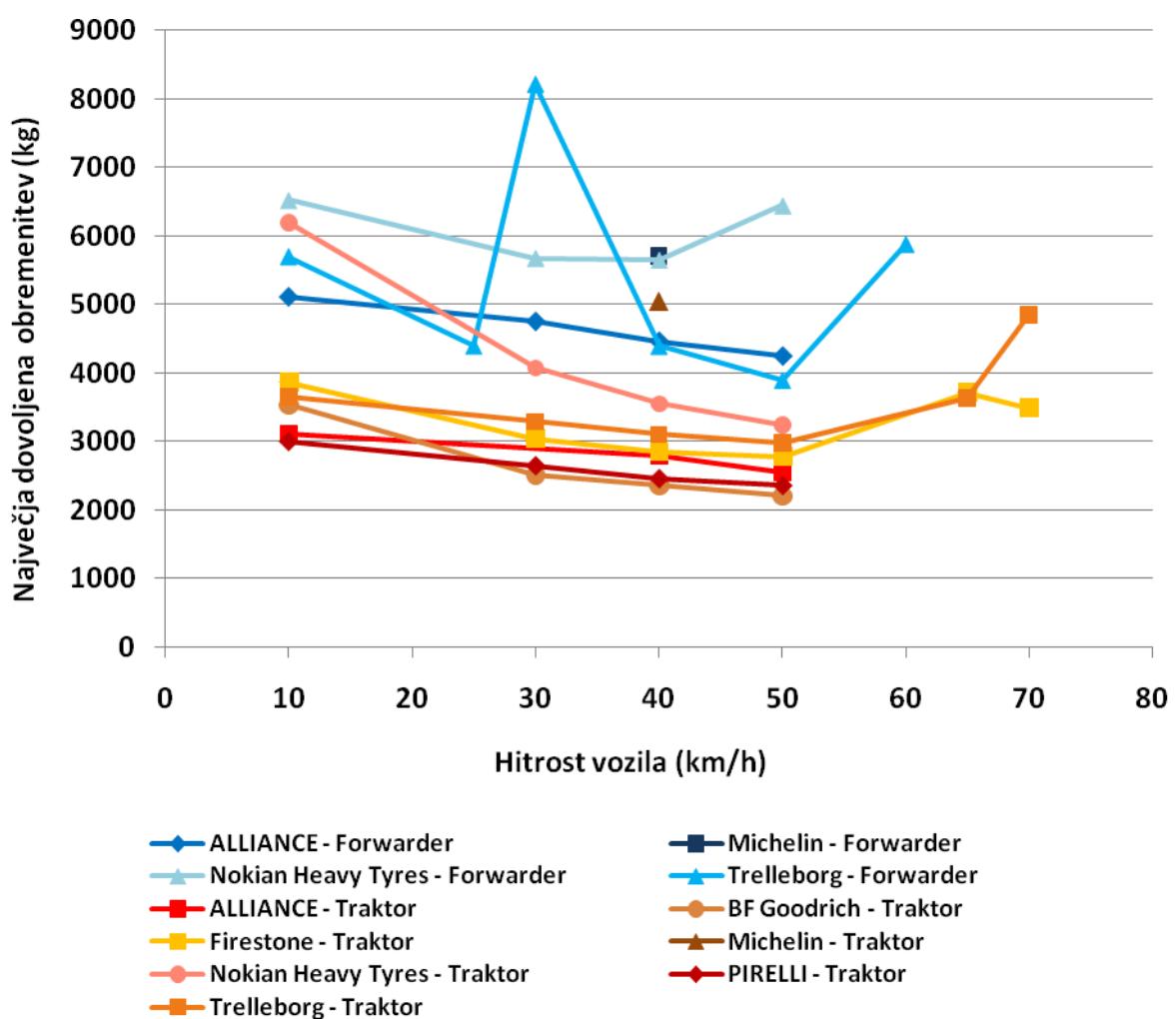


Slika 27: Odvisnost ugreza pnevmatike od premera pnevmatike

Iz slike lahko razberemo, da večji kot je premer pnevmatike večji je urez pnevmatike. Na sliki lahko opazimo, dve točki vidno izstopata. Urez je glede na premer pnevmatike zelo velik. V obeh primerih je statični obremenjeni radij zelo nizek. Velja pa, da večji kot je statični obremenjeni radij manjši je urez pnevmatike. V teh dveh primerih gre za pnevmatike, ki so še v razvoju in so na voljo z ali brez jekla, pri proizvajalcu Alliance – opomba je zapisana v katalogu proizvajalca (LES PNEUS FORESTIERS –LARGES BASSE PRESSION FORESTIERS & AGRO-FOREST, 2006).

#### 4.2.7 Odvisnost največje dovoljene obremenitve pnevmatike od hitrosti vozila po vrstah proizvajalcev in po tipih strojev

Pogledali smo si tudi odvisnost največje dovoljene obremenitve pnevmatike od hitrosti vozila po vrstah proizvajalcev in po tipih strojev.



Slika 28: Odvisnost največje dovoljene obremenitve pnevmatike od hitrosti vozila po vrstah proizvajalcev in po tipih strojev

V večini primerov je razvidno, da bolj kot se hitrost vozila povečuje, manjša je lahko največja dovoljena obremenitev pnevmatike. Pri nekaterih proizvajalcih pnevmatik (Firestone, Nokian Heavy Tyres in Trelleborg) se pojavijo odstopanja. Odstopanja se pojavijojo, ker ni za vsak tip pnevmatike podanih za vsako hitrost enako število podatkov. Število podatkov za različne hitrosti je različno. V katalogih so v večini primerov podane

največje dovoljene obremenitve za hitrosti 10, 30, 40 in 50 km/h, v nekaterih primerih pa so poleg teh podane še hitrosti za vožnjo po cesti (High Speed), in sicer 60, 65 in 70 km/h.

V primeru proizvajalca Trelleborg pri pnevmatikah za forwarderje vidimo, da pri hitrosti 30 km/h pride do odklona. Do odklona pride zaradi tega, ker so v večini primerov v Trelleborgovih katalogih podatki največjih dovoljenih obremenitev podani za hitrosti 10, 25, 40 in 50 km/h. Podatki največjih dovoljenih obremenitev za hitrost 30 km/h pa so podani le za nekaj tipov pnevmatik in še v teh primerih so največje dovoljene obremenitve zelo visoke, zato je povprečje za hitrost 30 km/h tako visoko.

V primeru proizvajalca Michelin, pa je v katalogu podana največja dovoljena obremenitev pnevmatike samo za hitrost 40 km/h.

Slika 29 nam tudi pokaže, da forwarderje (obarvani modre barve) lahko pri večjih voznih hitrostih bolj obremenimo kot prilagojene kmetijske traktorje.

## 5 RAZPRAVA IN ZAKLJUČKI

V gozdarstvu pri spravilu lesa uporabljamo različne tipe pnevmatik. Pri spravilu lesa, pnevmatike do sedaj, še niso bile morfološko preučene. Omejili smo se na dve skupine strojev, ki jih uporabljamo v gozdarstvu pri spravilu lesa, in sicer prilagojeni kmetijski traktor in forwarder. V nalogi smo preučevali tehnične značilnosti pnevmatik pri obeh skupinah.

V nalogi smo postavili tri hipoteze. Prva hipoteza pravi, da se pnevmatike pri prilagojenih kmetijskih traktorjih ločijo od večjih zgibnih polpričarjev, v našem primeru forwarderjev. To hipotezo smo sprejeli, saj se v večini primerov tipi pnevmatik za prilagojene kmetijske traktorje razlikujejo od tipov pnevmatik za forwarderje. Razlike so vidne v širini pnevmatik, saj se v večini primerov za forwarderje uporabljajo širši tipi pnevmatik, kot pri prilagojenih kmetijskih traktorjih. Opazimo tudi razlike v premeru pnevmatik oziroma višini pnevmatik. Za prilagojene kmetijske traktorje največkrat uporabljamo pnevmatike z večjim premerom oz. višje pnevmatike, kot za forwarderje. Pomembno pa je tudi razmerje med višino (premerom) pnevmatike in širino pnevmatike, ki je na pnevmatiki označeno z številom, ki je podano v odstotkih; primer 420/**70** R28. Oznaka 70 nam pove kakšno je razmerje med višino (premerom) in širino pnevmatike (Jejčič, 2007) oz. da je premer pnevmatike za 70 % večji od širine pnevmatike. Ugotovili smo, da je oznaka, ki nam poda razmerje med višino in širino pnevmatike manjša pri forwarderjih kot pri prilagojenih kmetijskih traktorjih. To je razumljivo, saj so pnevmatike pri forwarderjih zelo široke, premer pnevmatike pa je manjši. Pri prilagojenih kmetijskih traktorjih pa je premer pnevmatike večji in širina pnevmatike manjša.

Druga hipoteza pravi, da pnevmatike pri prilagojenih kmetijskih traktorjih omogočajo pri enakih hitrostih manjše obremenitve kolesa kot pri forwarderjih. Tudi to hipotezo smo sprejeli, saj nam je analiza zbranih podatkov pokazala, da pri forwarderju pri višjih hitrostih, lahko bolj obremenimo pnevmatike, kot lahko obremenimo prilagojeni kmetijski traktor.

Tretja hipoteza pa pravi, da je tlak na tla pri prilagojenih kmetijskih traktorjih večji kot pri forwarderjih. To hipotezo smo sprejeli, saj smo na podlagi zbranih podatkov ugotovili, da se za forwarderje v večini primerov uporabljajo širše izvedbe pnevmatik, za prilagojene kmetijske traktorje pa ožje izvedbe pnevmatik. Širša, kot je pnevmatika, manjši je specifični tlak na tla (Košir, 1997).

Traktorsko spravilo v Sloveniji prevladuje, saj s traktorji (tako s prilagojenimi kmetijskimi traktorji, kot specialnimi gozdarskimi zgibnimi traktorji) obvladujemo v praksi terene do 60 % naklona. Razmere v katerih delamo s traktorji so pogosto mehka tla s slabo

nosilnostjo (Košir, 1997). Zato so v gozdarstvu pogosta vprašanja, kako zmanjšati poškodbe tal pri spravilu lesa. Za zmanjševanje poškodb na gozdnih tleh je zelo pomembna pravilna izbira pnevmatik, v našem primeru za prilagojeni kmetijski traktor in forwarder. Primernost pnevmatike za tla in razmere v kakršnih bomo delali, ocenjujemo po izvedbi in konstrukciji pnevmatike. Traktorske pnevmatike delimo v značilne skupine glede na potek vlaken (diagonalne in radialne), glede na globino profila oz. višino reber (globoki, plitvi in prehodni vlečni profil) in glede na sposobnost samoočiščenja. Pnevmatike z plitvimi vlečnimi profilom so primerne za delo na suhih, kompaktnih tleh. Če je zgornja plast tal zrahljana oz. razmočena pa se bolj obnesejo pnevmatike z globljim profilom (Ježič, 2007). Glede na to trditev lahko sklepamo, da so za delo v gozdu bolj primerne pnevmatike z globljim profilom oz. večjo višino reber.

Posebno pozornost se v sedanjem času posveča vprašanju glede specifičnega tlaka na tla. Za spravilo po slabo nosilnih tleh so dobili kolesniki (prilagojeni kmetijski traktorji, specialni gozdarski traktorji, forwarderji, harvesterji) posebej široke pnevmatike (Košir, 1997). Morfološka analiza podatkov, ki smo jih zbrali iz katalogov proizvajalcev pnevmatik, je pokazala, da širša kot je pnevmatika, večja je naležna površina pnevmatike in večja kot je površina pnevmatike, manjši je specifični tlak na tla. Posledično je nato zbitje, da manjše tlak na tla manjši. Za delo v gozdu so bolj primerne radialne pnevmatike, saj je površina s katero pritiska na tla (naležna površina) večja kot pri diagonalnih pnevmatikah.

Analiza je tudi pokazala, da širša kot je pnevmatika, večja je lahko največja dovoljena obremenitev pnevmatike oziroma vozila. Ker so tla v gozdu zelo občutljiva, zahtevamo, da so stroji s katerimi delamo v gozdu pri spravilu lesa lahki (Košir, 1997). Ugotovili smo tudi, da pri delu v gozdu lahko forwarderje obremenimo z večjo maso, kot prilagojene kmetijske traktorje. Pri večini izvedbah imajo forwarderji štiri pare pnevmatik, nekatere izvedbe pa imajo tri pare pnevmatik. Za forwarderje so v največ primerih uporabljajo zelo široke izvedbe pnevmatik. Pri prilagojenih kmetijskih traktorjih pa imamo dva para pnevmatik in tudi ožje izvedbe pnevmatik, tako da je največja dovoljena obremenitev pnevmatik precej nižja kot pri zgibnih polprikoličarjih. V nalogi smo tudi ugotovili, da širša kot je pnevmatika, večji je lahko tlak zraka v pnevmatiki. Težnja glede zraka je čim nižji tlak v pnevmatiki, da se zagotovi elastično obnašanje pnevmatik tudi na zelo mehkih zemljiščih, kar zagotavlja najnižje možne odpore gibanja (Ježič, 2007).

Iz vsega tega lahko sklepamo, da so za v gozd najbolj primerne pnevmatike, ki so radialne zgradbe zaradi večje naležne površine pri stiku s tlemi, pnevmatike za v gozd naj bodo bolj široke od običajnih, da je pritisk na tla manjši, ter primernejše so pnevmatike z globljim profilom, saj so tla v gozdu zelo občutljiva.

Pravilno izbiro oziroma primernost pnevmatik, bi bilo potrebno predstaviti tudi lastnikom zasebnih gozdov, ki jim gozd daje dohodek, saj bi z osveščanjem javnosti lahko zmanjšali poškodbe tal tudi v zasebnem sektorju in ne samo v državnih gozdovih.

## 6      POVZETEK

Pri spravilu lesa s prilagojenimi kmetijskimi traktorji in forwarderji uporabljamo različne tipe pnevmatik, ki se zelo razlikujejo od pnevmatik drugih cestnih vozil. Trktorske pnevmatike so namenjene za različne tipe tal in morajo biti primerne za delo na izven cestnih površinah in tudi za vožnjo po asfaltnih in makadamskih cestah.

V nalogi smo naredili morfološko analizo pnevmatik za dva tipa strojev za delo v gozdu in sicer za prilagojen kmetijski traktor in forwarder. Viri podatkov so bili katalogi proizvajalcev pnevmatik, ki so prisotni na evropskem trgu in so v uporabi v gozdarstvu. Podatki, ki smo jih zbrali, da smo jih lahko nato uporabili za nadaljnjo obdelavo, so zajemali tip stroja (prilagojeni kmetijski traktor ali forwarder), znamko pnevmatike (proizvajalec), tip pnevmatike, PR (Ply Rating), indeks nosilnosti (Load Index) in simbol hitrosti (Speed Symbol), širino pnevmatike, premer pnevmatike, obseg pnevmatike, statični obremenjeni radij in platišče oz. kolo. Zelo pomemben podatek pri analizi pnevmatik je tudi tlak v pnevmatiki ter največja dovoljena obremenitev pnevmatike pri določeni hitrosti. Pogledali pa smo si tudi ugrez oziroma deflekcijo pnevmatike. Podatke smo nato obdelali v računalniškem programu Microsoft Excel. Osredotočili smo se predvsem na širino pnevmatike, premer pnevmatike, statični obremenjeni radij, indeks nosilnosti, tlak v pnevmatiki, največjo dovoljeno obremenitev in ugrez oz. deflekcijo pnevmatike.

Omejili smo se na sedem različnih podjetij, ki proizvajajo trktorske pnevmatike. Za analizo smo izbrali podjetja Alliance, BF Goodrich, Firestone, Michelin, Nokian Heavy Tyres, Pirelli in Trelleborg. Iz katalogov smo zbrali 557 različnih tipov pnevmatik za forwarderje in 1567 za traktorje, skupaj 2124 različnih tipov pnevmatik.

Iz zbranih podatkov smo nato ugotavliali različne odvisnosti. Pogledali smo odvisnost tlaka v pnevmatiki od največje dovoljene obremenitve. V obeh primerih tako pri traktorju in forwarderju opazimo, da z naraščanjem tlaka v pnevmatiki narašča tudi največja dovoljena obremenitev pnevmatike. Ugotavliali smo odvisnost med tlakom in širino pnevmatike. S širino pnevmatike se tlak v pnevmatiki povečuje. Težnja je čim nižji tlak v pnevmatiki, da se zagotovi elastično obnašanje pnevmatike tudi na zelo mehkih zemljjiščih (Jejčič, 2007). Odvisnost med največjo dovoljeno obremenitvijo in širino pnevmatike je pokazala, da največja dovoljena obremenitev pnevmatike narašča s širino pnevmatike. Širša kot je pnevmatika, bolje se masa s katero obremenimo pnevmatiko porazdeli po pnevmatiki. Za delo na zelo slabih (razmočenih) tleh lahko poškodbe tal zmanjšamo z manjšo obremenitvijo pnevmatike. Ugotovitve so tudi pokazale, da širina pnevmatike s premerom narašča, tako pri prilagojenem kmetijskem traktorju, kot pri forwarderju. Za opravila po slabo nosilnih tleh so bolj primerne široke izvedbe gum, saj je specifični tlak

na tla manjši (Košir, 1997). Iz zbranih podatkov smo tudi ugotovili, da z večanjem največje dovoljene obremenitve narašča tudi statični obremenjeni radij. Odvisnost ugreza pnevmatike od premera pnevmatike je pokazala, da z večanjem premera pnevmatike se veča tudi ugrez pnevmatike. Pogledali smo si tudi odvisnost največje dovoljene obremenitve od hitrosti vozila po vrstah proizvajalcev in tipih strojev. V večini primerov je razvidno, da bolj kot se hitrost vozila povečuje, manjša je lahko največja dovoljena obremenitev pnevmatike. Ugotovili smo tudi, da forwarderje lahko pri večjih voznih hitrostih bolj obremenimo kot prilagojene kmetijske traktorje. V nalogi smo tudi primerjali indeks nosilnosti, ki smo ga dobili iz zbranih podatkov in indeks nosilnosti po standardu. Ugotovili smo, da med indeksoma nosilnosti ni posebnih razlik in da v obeh primerih z večja dovoljeno obremenitvijo pnevmatike indeks nosilnosti narašča.

Iz vsega tega lahko sklepamo, da so pri spravilu lesa z prilagojenimi kmetijskimi traktorji in forwarderji, najbolj primerne take pnevmatike, s katerimi tla čim manj poškodujemo. Prav zato pa je zelo pomembna tudi pravilna izbira oz. primernost pnevmatik za delo v gozdu.

## 6 SUMMARY

For timber extraction with special agricultural tractors and forwarders we use different types of tyres, which are very different from other road vehicle tires. Tractor tyres are designed for different soil types and must be suitable for work on outside surfaces and also for driving on asphalt and gravel roads.

In this thesis we have done morphological analysis of two types of machines to work in the forest, for adapted agricultural tractors and forwarders. Data sources were the tyre manufacturers catalogs that are present in the European market and are in use in forestry. The information we gathered, we then use for further treatment, included the type of machine (adapted agricultural tractor or forwarder), brand of the tyre (the manufacturer), a type of the tyre, PR (Ply Rating), load index and a symbol of speed, width of the tyre, tyre diameter, the rolling circumference, static loaded radius and wheel. Very important information for the analysis of tyres is inflation pressure and maximum load of tyres at a certain speed. We also looked the tyre deflection. Then we processed the data in a computer program Microsoft Excel. We focused mainly on the width of the tyre, tyre diameter, static loaded radius, load index, inflation pressure, maximum load and deflection of the tyre.

We limit to seven different companies producing tractor tyres. For the analysis, we selected Alliance, BF Goodrich, Firestone, Michelin, Nokian Heavy Tyres, Pirelli and Trelleborg. From catalogs we collected 557 different types of tyres for forwarders and 1567 for tractors, all together 2124 different types of tyres.

From the collected data were then evaluated different dependences. We looked at the tyre pressure dependence of the maximum load. In both cases, both the tractor and forwarder, we observed that with increasing tyre pressure increase in the maximum load of the tyre. We assessed the relationship between pressure and width of the tyre. With the width of the tyre the inflation pressure is increasing. The tendency is, to minimized the pressure in the tyre to ensure elastic behavior of the tyre in a very soft soils (Ježič, 2007). The correlation between maximum load and the width of the tyre showed that the maximum load of the tyre increases with the width of the tyre. Wider than the tyre is, the better the weight, with which we load the tyre, distributed through the tyre. To work in a very bad (soggy) ground, injuries can be reduced with less weight on the tyre. The findings have also shown that the width of the tyre with diameter increases, for both, adapted agricultural tractor and forwarder. For work on poor-carrying soils, are more suitable wide performance of tyres, because the pressure on the ground is lower (Košir, 1997). From collected data we find out that by increasing the maximum load is also increasing static load radius. The dependence of the deflection of the tyre and the diameter of the tyre showed that by increasing the

diameter of the tyre, increases the deflection of the tyre. We looked at the dependence of the maximum load and the vehicle speed by type of producers and types of machines. In most cases, it appears that more than the

vehicle speed increases, the lower is the maximum load of the tyre. We have also found that at larger driving speeds we can put bigger weight on forwarders then on adapted agricultural tractors. In this work, we also compared the load index, which we got from the collected data and load index from the standard. We find out there are no specific differences between them, in both cases with the maximum load of the tyre load index increases.

From all this, we can conclude, that at the harvesting of timber with adapted agricultural tractors and forwarderji, are the most suitable such tyres which minimize soil damage. It is therefore very important, to choose the right tyres for work in the woods.

## 7 LITERATURA IN VIRI

Jejčič V. 2010. Razlaga pojmov v katalogu. Tehnika in narava: revija za kmetijsko, gozdarsko, vrtnarsko, komunalno in gradbeno mehanizacijo, 1: 22-25

Jejčič V. 2007. Traktor. Ljubljana, Kmečki glas: 164 str.

Košir B. 1997. Pridobivanje lesa. Ljubljana, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 207 str.

Agricultural Tyre Manual – the agriculture specialists. Trelleborg Wheel Systems S.p.A. Roma. Italy.

Les pneus forestiers. larges basse pression forestiers & agro-forest. 2006. Alliance Tire Co. Gouvix, France.

Forstreifen: das Richtige gefühl für den Wald. 2007. Nokian Heavy Tyres, Nokia, Finland.

Dunlop celebrates a proud 120 year history. 2008. Jax Quick fit tyres. Australia  
<http://www.jaxquickfit.com.au/tyres-dunlop-history.htm> (julij, 2010)

Tehnični priročnik: kaj pomenijo različne oznake? 2005. Goodyear.  
[http://eu.goodyear.com/si\\_si/advice/tiretutor/readingatire/](http://eu.goodyear.com/si_si/advice/tiretutor/readingatire/) (maj, 2010)

Tehnični priročnik: Indeks nosilnosti. 2005. Goodyear.  
[http://eu.goodyear.com/si\\_si/advice/tiretutor/loadindex/](http://eu.goodyear.com/si_si/advice/tiretutor/loadindex/) (maj, 2010)

Dobro je vedeti ... Indeks nosilnosti (IN) in simbol hitrosti (SH). 2003. ILBI d.o.o. Brežice  
<http://www.ilbi.info/vedite2indeksi.html> (maj, 2010)

Tyre characteristics: Load Index. 2003. Michelin Europe Truck Tyre site  
<http://www.michelintransport.com/ple/front/affich.jsp?codeRubrique=52&lang=EN>  
(maj, 2010)

Tire Info. 2007. STTC – Service Tire Trouck Centres. Pennsylvania.  
[http://www.sttc.com/tireinfo\\_plyrating.php](http://www.sttc.com/tireinfo_plyrating.php) (maj, 2010)

Nokian Forest Rider (tractor-based machines). 2010. Nokian Heavy Tyres, Finland.  
[http://www.nokianheavytyres.com/product\\_int?kayttovalue=12607912&kayttokohde=16436415&pintamalli=16134756](http://www.nokianheavytyres.com/product_int?kayttovalue=12607912&kayttokohde=16436415&pintamalli=16134756) (april, 2010)

Nokian Forest King T. 2010. Nokian Heavy Tyres, Finland.

[http://www.nokianheavytyres.com/product\\_int?kayttovalue=12607912&kayttokohde=16436415&pintamalli=12615228](http://www.nokianheavytyres.com/product_int?kayttovalue=12607912&kayttokohde=16436415&pintamalli=12615228) (april, 2010)

Nokian TR Forest. 2010. Nokian Heavy Tyres, Finland.

[http://www.nokianheavytyres.com/product\\_int?kayttovalue=12607912&kayttokohde=16436415&pintamalli=12615218](http://www.nokianheavytyres.com/product_int?kayttovalue=12607912&kayttokohde=16436415&pintamalli=12615218) (april, 2010)

Nokian TR Multiplus. 2010. Nokian Heavy Tyres, Finland.

[http://www.nokianheavytyres.com/product\\_int?kayttovalue=12607912&kayttokohde=16436415&pintamalli=12615219](http://www.nokianheavytyres.com/product_int?kayttovalue=12607912&kayttokohde=16436415&pintamalli=12615219) (april, 2010)

Nokian Forest Rider. 2010. Nokian Heavy Tyres, Finland.

[http://www.nokianheavytyres.com/product\\_int?kayttovalue=12607912&kayttokohde=12607623&pintamalli=12615240](http://www.nokianheavytyres.com/product_int?kayttovalue=12607912&kayttokohde=12607623&pintamalli=12615240) (april, 2010)

Nokian Forest King F. 2010. Nokian Heavy Tyres, Finland.

[http://www.nokianheavytyres.com/product\\_int?kayttovalue=12607912&kayttokohde=12607623&pintamalli=12615224](http://www.nokianheavytyres.com/product_int?kayttovalue=12607912&kayttokohde=12607623&pintamalli=12615224) (april, 2010)

Nokian Forest King TRS L-2. 2010. Nokian Heavy Tyres, Finland.

[http://www.nokianheavytyres.com/product\\_int?kayttovalue=12607912&kayttokohde=12607623&pintamalli=12615227](http://www.nokianheavytyres.com/product_int?kayttovalue=12607912&kayttokohde=12607623&pintamalli=12615227) (april, 2010)

Nokian Forest King ELS L-2. 2010. Nokian Heavy Tyres, Finland.

[http://www.nokianheavytyres.com/product\\_int?kayttovalue=12607912&kayttokohde=12607623&pintamalli=12615225](http://www.nokianheavytyres.com/product_int?kayttovalue=12607912&kayttokohde=12607623&pintamalli=12615225) (april, 2010)

Nokian Forest King TRS. 2010. Nokian Heavy Tyres, Finland.

[http://www.nokianheavytyres.com/product\\_int?kayttovalue=12607912&kayttokohde=12607623&pintamalli=12615242](http://www.nokianheavytyres.com/product_int?kayttovalue=12607912&kayttokohde=12607623&pintamalli=12615242) (april, 2010)

Nokian Forest King TRS LS-2. 2010. Nokian Heavy Tyres, Finland.

[http://www.nokianheavytyres.com/product\\_int?kayttovalue=12607912&kayttokohde=12607625&pintamalli=12615226](http://www.nokianheavytyres.com/product_int?kayttovalue=12607912&kayttokohde=12607625&pintamalli=12615226) (april, 2010)

Nokian Forest King T. 2010. Nokian Heavy Tyres, Finland.

[http://www.nokianheavytyres.com/product\\_int?kayttovalue=12607912&kayttokohde=12607625&pintamalli=12615228](http://www.nokianheavytyres.com/product_int?kayttovalue=12607912&kayttokohde=12607625&pintamalli=12615228) (april, 2010)

**XM28™.** 2010. Michelin North America Agricultural Tires.

[http://www.michelinag.com/ngx/en-US/products/product\\_detail\\_pages/XM28.jsp](http://www.michelinag.com/ngx/en-US/products/product_detail_pages/XM28.jsp)  
(april, 2010)

**XM108™.** 2010. Michelin North America Agricultural Tires.

[http://www.michelinag.com/ngx/en-US/products/product\\_detail\\_pages/XM108.jsp](http://www.michelinag.com/ngx/en-US/products/product_detail_pages/XM108.jsp)  
(april, 2010)

**MegaXbib®.** 2010. Michelin North America Agricultural Tires.

[http://www.michelinag.com/ngx/enUS/products/product\\_detail\\_pages/MegaXbib.jsp](http://www.michelinag.com/ngx/enUS/products/product_detail_pages/MegaXbib.jsp)  
(april, 2010)

**MachXbib®.** 2010. Michelin North America Agricultural Tires.

[http://www.michelinag.com/ngx/enUS/products/product\\_detail\\_pages/MachXbib.jsp](http://www.michelinag.com/ngx/enUS/products/product_detail_pages/MachXbib.jsp)  
(april, 2010)

**XM27™Utility & Industrial.** 2010. Michelin North America Agricultural Tires.

[http://www.michelinag.com/ngx/enUS/products/product\\_detail\\_pages/XM27UI.jsp](http://www.michelinag.com/ngx/enUS/products/product_detail_pages/XM27UI.jsp)  
(april, 2010)

**XMCL™UTILITY & INDUSTRIAL.** 2010. Michelin North America Agricultural Tires.

[http://www.michelinag.com/ngx/en-US/products/product\\_detail\\_pages/XMCL.jsp](http://www.michelinag.com/ngx/en-US/products/product_detail_pages/XMCL.jsp)  
(april, 2010)

**Agribib®.** 2010. Michelin North America Agricultural Tires.

[http://www.michelinag.com/ngx/en-US/products/product\\_detail\\_pages/Agribib.jsp](http://www.michelinag.com/ngx/en-US/products/product_detail_pages/Agribib.jsp)  
(april, 2010)

**Multibib™.** 2010. Michelin North America Agricultural Tires.

[http://www.michelinag.com/ngx/en-US/products/product\\_detail\\_pages/Multibib.jsp](http://www.michelinag.com/ngx/en-US/products/product_detail_pages/Multibib.jsp)  
(april, 2010)

**AXIOBIB™.** 2010. Michelin North America Agricultural Tires.

[http://www.michelinag.com/ngx/en-US/products/product\\_detail\\_pages/Axiobib.jsp](http://www.michelinag.com/ngx/en-US/products/product_detail_pages/Axiobib.jsp)  
(april, 2010)

**Firestone MAXI TRACTION.** 2010. Gume za traktorje FIRESTONE. Skiro Pnevmatik Center. Prebold, Slovenija.

<http://www.skiro.si/pnevmatik-center/gume-za-traktorje-firestone.shtml> (april 2010)

Firestone RADIAL 8000. 2010. Gume za traktorje FIRESTONE. Skiro Pnevmatik Center. Prebold, Slovenija.

<http://www.skiro.si/pnevmatik-center/gume-za-traktorje-firestone.shtml> (april 2010)

Firestone RADIAL 6000. 2010. Gume za traktorje FIRESTONE. Skiro Pnevmatik Center. Prebold, Slovenija.

<http://www.skiro.si/pnevmatik-center/gume-za-traktorje-firestone.shtml> (april 2010)

Firestone RADIAL 9000 Evolution. 2010. Gume za traktorje FIRESTONE. Skiro Pnevmatik Center. Prebold, Slovenija.

<http://www.skiro.si/pnevmatik-center/gume-za-traktorje-firestone.shtml> (april 2010)

Trelleborg TM 900 High Power. 2007. Trelleborg Wheel Systems S.p.A. Roma. Italy.

<http://www.trelleborg.com/en/wheelsystems/Products-and-Solutions/Agricultural-Tires/Tractor-Radial-Tires/Radial-tires-for-Drive-Wheels/> (april 2010)

Trelleborg TM 800. 2007. Trelleborg Wheel Systems S.p.A. Roma. Italy.

<http://www.trelleborg.com/en/wheelsystems/Products-and-Solutions/Agricultural-Tires/Tractor-Radial-Tires/Radial-tires-for-Drive-Wheels/> (april 2010)

Trelleborg TWIN Forestry. 2007. Trelleborg Industri AB. Business Unit Agri & Forest Tires Europe. Sweden.

<http://www.trelleborg.com/en/wheelsystems/Products-and-Solutions/Forestry-Tires/TWIN-Forestry-Allround/> (april 2010)

Agricultural Tire Data Book. 2006. BF Goodrich Tires Farm & Ranch

[http://www.superiortireservice.com/ag/pdf/06BFG\\_Ag\\_Databook.pdf](http://www.superiortireservice.com/ag/pdf/06BFG_Ag_Databook.pdf) (maj, 2010)

TM700. 2010. Agricultural Tyre Manual. Pirelli Tyre S.p.A.

[http://www.semcice.cz/trel/eng/pirelli\\_area/prrm/tm700.htm](http://www.semcice.cz/trel/eng/pirelli_area/prrm/tm700.htm) (maj, 2010)

TM800. 2010. Agricultural Tyre Manual. Pirelli Tyre S.p.A.

[http://www.semcice.cz/trel/eng/pirelli\\_area/prrm/tm800.htm](http://www.semcice.cz/trel/eng/pirelli_area/prrm/tm800.htm) (maj, 2010)

TM900 High Power. 2010. Agricultural Tyre Manual. Pirelli Tyre S.p.A. High Power

[http://www.semcice.cz/trel/eng/pirelli\\_area/prrm/tm900hp.htm](http://www.semcice.cz/trel/eng/pirelli_area/prrm/tm900hp.htm) (maj, 2010)

TM190. 2010. Agricultural Tyre Manual. Pirelli Tyre S.p.A.

[http://www.semcice.cz/trel/eng/pirelli\\_area/prrm/tm190.htm](http://www.semcice.cz/trel/eng/pirelli_area/prrm/tm190.htm) (maj, 2010)

TM300S. 2010. Agricultural Tyre Manual. Pirelli Tyre S.p.A.

[http://www.semcice.cz/trel/eng/pirelli\\_area/prrm/tm300s.htm](http://www.semcice.cz/trel/eng/pirelli_area/prrm/tm300s.htm) (maj, 2010)

PD360. 2010. Agricultural Tyre Manual. Pirelli Tyre S.p.A.

[http://www.semcice.cz/trel/eng/pirelli\\_area/prrm/pd360.htm](http://www.semcice.cz/trel/eng/pirelli_area/prrm/pd360.htm) (maj, 2010)

TM600. 2010. Agricultural Tyre Manual. Pirelli Tyre S.p.A.

[http://www.semcice.cz/trel/eng/pirelli\\_area/prrm/tm600.htm](http://www.semcice.cz/trel/eng/pirelli_area/prrm/tm600.htm) (maj, 2010)

## ZAHVALA

Za usmerjanje, pomoč in nasvete pri izdelavi diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju prof. dr. Boštjanu Koširju. Zahvaljujem se mu tudi za pomoč in za nasvete pri računalniški obdelavi podatkov in za kataloge različnih proizvajalcev pnevmatik iz katerih sem dobila veliko podatkov za izdelavo naloge.

Za podporo se zahvaljujem tudi svoji družini, prijateljem in vsem, ki so me v času študija in izdelavi diplomske naloge podpirali in mi stali ob strani in kakorkoli pripomogli k izdelavi diplomske naloge.

## PRILOGE

**Preglednica A:** Indeksi nosilnosti od 0 do 279 in največja dovoljena obremenitev pnevmatike

IN	kg	IN	kg	IN	kg	IN	kg	IN	kg
0	45	56	224	112	1120	168	5600	224	28000
1	46.2	57	230	113	1150	169	5800	225	29000
2	47.5	58	236	114	1180	170	6000	226	30000
3	48.7	59	243	115	1210	171	6150	227	30750
4	50	60	250	116	1250	172	6300	228	31500
5	51.5	61	257	117	1280	173	6500	229	32500
6	53	62	265	118	1325	174	6700	230	33500
7	54.5	63	272	119	1360	175	6900	231	34500
8	56	64	280	120	1400	176	7100	232	35500
9	58	65	290	121	1450	177	7300	233	36500
10	60	66	300	122	1500	178	7500	234	37500
11	61.5	67	307	123	1550	179	7700	235	38750
12	63	68	315	124	1600	180	8000	236	40000
13	65	69	325	125	1650	181	8250	237	41250
14	67	70	335	126	1700	182	8500	238	42500
15	69	71	345	127	1750	183	8750	239	43750
16	71	72	355	128	1800	184	9000	240	45000
17	73	73	365	129	1850	185	9250	241	46250
18	75	74	375	130	1900	186	9500	242	47500
19	77.5	75	387	131	1950	187	9750	243	48750
20	80	76	400	132	2000	188	10000	244	50000
21	82.5	77	412	133	2060	189	10300	245	51500
22	85	78	425	134	2120	190	10600	246	53000
23	87.5	79	437	135	2180	191	10900	247	54500
24	90	80	450	136	2240	192	11200	248	56000
25	92.5	81	462	137	2300	193	11500	249	58000
26	95	82	475	138	2360	194	11800	250	60000
27	97.5	83	488	139	2430	195	12100	251	61500
28	100	84	500	140	2500	196	12500	252	63000
29	103	85	515	141	2575	197	12800	253	65000
30	106	86	530	142	2650	198	13250	254	67000
31	109	87	545	143	2725	199	13600	255	69000
32	112	88	560	144	2800	200	14000	256	71000
33	115	89	580	145	2900	201	14500	257	73000
34	118	90	600	146	3000	202	15000	258	75000

<b>35</b>	121	<b>91</b>	615	<b>147</b>	3075	<b>203</b>	15500	<b>259</b>	77000
<b>36</b>	125	<b>92</b>	630	<b>148</b>	3150	<b>204</b>	16000	<b>260</b>	80000
<b>37</b>	128	<b>93</b>	650	<b>149</b>	3250	<b>205</b>	16500	<b>261</b>	82500
<b>38</b>	133	<b>94</b>	670	<b>150</b>	3350	<b>206</b>	17000	<b>262</b>	85000
<b>39</b>	136	<b>95</b>	690	<b>151</b>	3450	<b>207</b>	17500	<b>263</b>	87500
<b>40</b>	140	<b>96</b>	710	<b>152</b>	3550	<b>208</b>	18000	<b>264</b>	90000
<b>41</b>	145	<b>97</b>	730	<b>153</b>	3650	<b>209</b>	18500	<b>265</b>	92500
<b>42</b>	150	<b>98</b>	750	<b>154</b>	3750	<b>210</b>	19000	<b>266</b>	95000
<b>43</b>	155	<b>99</b>	775	<b>155</b>	3875	<b>211</b>	19500	<b>267</b>	97500
<b>44</b>	160	<b>100</b>	800	<b>156</b>	4000	<b>212</b>	20000	<b>268</b>	100000
<b>45</b>	165	<b>101</b>	825	<b>157</b>	4125	<b>213</b>	20600	<b>269</b>	103000
<b>46</b>	170	<b>102</b>	850	<b>158</b>	4250	<b>214</b>	21200	<b>270</b>	106000
<b>47</b>	175	<b>103</b>	875	<b>159</b>	4375	<b>215</b>	21800	<b>271</b>	109000
<b>48</b>	180	<b>104</b>	900	<b>160</b>	4500	<b>216</b>	22400	<b>272</b>	112000
<b>49</b>	185	<b>105</b>	925	<b>161</b>	4625	<b>217</b>	23000	<b>273</b>	115000
<b>50</b>	190	<b>106</b>	950	<b>162</b>	4750	<b>218</b>	23600	<b>274</b>	118000
<b>51</b>	195	<b>107</b>	975	<b>163</b>	4875	<b>219</b>	24300	<b>275</b>	121000
<b>52</b>	200	<b>108</b>	1000	<b>164</b>	5000	<b>220</b>	25000	<b>276</b>	125000
<b>53</b>	206	<b>109</b>	1030	<b>165</b>	5150	<b>221</b>	25750	<b>277</b>	128000
<b>54</b>	212	<b>110</b>	1060	<b>166</b>	5300	<b>222</b>	26500	<b>278</b>	132500
<b>55</b>	218	<b>111</b>	1090	<b>167</b>	5450	<b>223</b>	27250	<b>279</b>	136000