

UNIVERZA V MARIBORU  
FAKULTETA ZA LOGISTIKO

Štefan Kopač

**NAMEŠČANJE IN PRITRJEVANJE  
TOVORA V CESTNEM PROMETU**

magistrsko delo

Celje, december 2010

UNIVERZA V MARIBORU  
FAKULTETA ZA LOGISTIKO

Štefan Kopač

# **NAMEŠČANJE IN PRITRJEVANJE TOVORA V CESTNEM PROMETU**

magistrsko delo

Mentor:  
red. prof. dr. Martin Ivan Lipičnik

Somentorica:  
asist. dr. Darja Topolšek

Celje, december 2010



## IZJAVA O AVTORSTVU magistrskega dela

Spodaj podpisani Štefan Kopač,  
študent magistrskega študijskega programa  
(študija), z vpisno številko 20011839, sem avtor  
magistrskega dela: Nameščanje in pritrjevanje tovora v cestnem prometu

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo rezultat izključno mojega lastnega raziskovalnega dela;
- sem poskrbela, da so dela in mnenja drugih avtorjev oz. avtoric, ki jih uporabljam v diplomskem delu, navedena oz. citirana v skladu s navodili Fakultete za logistiko Univerze v Mariboru;
- sem poskrbel, da so vsa dela in mnenja drugih avtorjev oz. avtoric navedena v seznamu virov, ki je sestavni del diplomskega dela in je zapisan v skladu s navodili Fakultete za logistiko Univerze v Mariboru;
- sem pridobil vsa dovoljenja za uporabo avtorskih del, ki so v celoti prenesena v magistrsko delo in sem to tudi jasno zapisal v magistrskem delu;
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del, bodisi v obliki citata bodisi v obliki skoraj dobesednega parafraziranja bodisi v grafični obliki, s katerim so tuje misli oz. ideje predstavljene kot moje lastne – kaznivo po zakonu (Zakon o avtorskih in sorodnih pravicah, Uradni list RS št. 21/95), prekršek pa podleže tudi ukrepom Fakultete za logistiko Univerze v Mariboru v skladu z njenimi pravili;
- se zavedam posledic, ki jih dokazano plagiatorstvo lahko predstavlja za predloženo delo in za moj status na Fakulteti za logistiko Univerze v Mariboru;
- je magistrsko delo jezikovno korektno in da je delo lektorirala Marinka Cergol.

V Celju, dne \_\_\_\_\_

Podpis avtorja: \_\_\_\_\_

## ZAHVALA

*Za mentorstvo pri magistrski nalogi se zahvaljujem mentorju, dekanu dr. Martinu Lipičniku. Za prijaznost in posredovanje informacij glede nemške prakse pri zavarovanju in izvajanju nadzora nad pritrjevanjem tovora v cestnem prometu se zahvaljujem gospodoma Larsu Langu, vodji nemškega zavarovalnega združenja (GDV) in Uwe-Petru Schiederju, referentu transportnih zavarovanj za tehnične zadeve, transport in zavarovanja v letalstvu (GDV). Zahvalil pa bi se tudi izred. prof. dr. Branku Lobnikarju za nasvete glede izdelave ankete ter Marinki Cergol, ki je poskrbela za pravilnejši in bolj tekoč jezik.*

## **Nameščanje in pritrjevanje tovora v cestnem prometu**

Cilj naloge, ki je pred vami, je tako na tehničen kot tudi praktičen način predstaviti pritrjevanje tovora v cestnem prometu. Uvod je namenjen predstavitvi trenutnega stanja v slovenskem prostoru in primerjava le tega s prakso v Nemčiji. Sledi fizikalno teoretični del naloge, ki je močno podkrepjen s teoretičnimi razlagami ter praktičnimi primeri, zaradi česar postane razumevanje obravnavane teme lažje. V naslednjem poglavju sem obravnaval sile, ki med prevozom delujejo na tovor, ter posledično definirali potrebe po pritrjevanju blaga za posamezno vrsto transporta. Pri določanju razporeditve tovora sem predstavil njegov pomen ter analitično in grafično metodo za določanje težišča. Podrobneje sem predstavil tudi posamezne vrste tovornih nadgradenj, mest za pritrjevanje in sredstev za pritrjevanje ter navedel njihove značilnosti in primernosti za pritrjevanje različnih vrst tovora. V poglavju Načini pritrjevanja tovora sem razdelal metode pritrjevanja, za posamezne sem podal tudi praktične računске primere. V zadnjem delu naloge sem predstavil tudi pritrjevanje posebnih vrst tovorov in podal napotke za pritrjevanje tovora v osebnih in kombiniranih vozilih ter zaključil s komentarjem in predstavitvijo rezultatov izvedene ankete.

**Ključne besede:** tovor, vozilo, pritrjevanje tovora

## **Loading and securing cargo on heavy vehicles**

In this master thesis I have in greater provision studied both theoretical and practical part of securing loads on road vehicles. In introduction I have presented the situation in Slovenia and compared it with Germany where they have a lot of practical experiences and existing legal requirements for cargo securing. In the first chapter I have tried to present the topic, giving many practical examples of cargo transport, which were explained with physical and theoretical bases. In the following chapter I have introduced both arithmetic and graphic method to define centre of gravity and other forces and explain how they act on axle load distribution. Different types of transport vehicles and their demands for cargo securing, types of anchorage points and different types of load securing equipment are introduced in the next chapter. I have also introduced different types of cargo securing methods and gave some practical examples for each method. Last part of this thesis deals with transport and securing specific loads and loads in personal vehicles and vans. At the end I have introduced results of cargo securing investigation that take place among lorry drivers.

**Keywords:** cargo, vehicle, cargo securing

## Kazalo

|   |           |
|---|-----------|
| <b>UVOD</b> .....   | <b>1</b>  |
| <b>1 FIZIKALNO TEORETIČNE OSNOVE</b> .....  | <b>4</b>  |
| 1.1 MASA IN TEŽA .....  | 4         |
| 1.2 VZTRAJNOST .....  | 5         |
| 1.3 SILE PRI KROŽENJU IN VOŽNJA V OVINEK.....                                       | 6         |
| 1.4 MOMENT SILE.....  | 9         |
| 1.5 TEŽIŠČE.....  | 10        |
| 1.6 STATIČNA STABILNOST TELES .....   | 11        |
| 1.6.1 Stabilnost tovornih vozil.....  | 13        |
| 1.6.2 Določanje prevrtnitvene linije tovornih vozil.....                            | 15        |
| 1.7 TRENJE .....  | 18        |
| 1.7.1 Trenje pri drsenju.....   | 19        |
| 1.7.2 Trenje gibkih elementov po kolutih .....                                      | 24        |
| 1.7.3 Trenje pri kotaljenju po podlagi.....   | 27        |
| 1.8 OZNAČEVANJE TOVORA.....   | 29        |
| <b>2 SILE NA TOVOR MED TRANSPORTOM IN POTREBA<br/>PO ZAVAROVANJU TOVORA</b> .....   | <b>30</b> |
| 2.1 SILA PODLAGE .....  | 31        |
| 2.2 NAGIBANJE VOZILA MED ZAVIRANJEM .....   | 32        |
| 2.3 KONSTRUKCIJA PODVOZJA TOVORNIH VOZIL IN NJEN VPLIV NA TOVOR.....                | 33        |
| 2.3.1 Razmere pri zaviranju .....   | 35        |
| 2.4 SILE NA TOVOR V ODVISNOSTI OD VRSTE TRANSPORTNEGA SREDSTVA .....                | 38        |
| 2.4.1 Cestni transport.....   | 39        |
| 2.4.2 Železniški transport .....  | 40        |
| 2.4.3 Ladijski transport.....   | 40        |
| 2.4.4 Zračni transport .....  | 41        |
| <b>3 RAZPOREJANJE TOVORA</b> .....  | <b>43</b> |
| 3.1 SIPKI IN TEKOČI TOVORI .....  | 45        |
| 3.2 DOLOČITEV TOČKE TEŽIŠČA V VZDOLŽNI SMERI.....                                   | 46        |
| 3.2.1 Analitično določanje težišča.....   | 46        |
| 3.2.2 Grafično določanje težišča .....  | 47        |
| 3.3 RAZPOREDITEV TOVORA OB DELNEM NATOVARJANJU IN RAZTOVARJANJU .....               | 48        |
| 3.3.1 Oprema vozil za razporejanje in prerazporejanje tovora .....                  | 49        |
| <b>4 VRSTE NADGRADENJ IN KONTEJNERJI</b> .....                                      | <b>53</b> |
| 4.1 NADGRADNJE S STRANICAMI, OGRODJE IN PONJAVO.....                                | 55        |
| 4.2 NADGRADNJE Z ZADNIMI VRATI TER BOČNO IN STREŠNO PONJAVO V OBLIKI<br>ZAVES ..... | 56        |
| 4.2.1 Bočne letve .....   | 58        |
| 4.2.2 Ojačane nadgradnje (Code XL).....   | 58        |
| 4.2.3 Posebne nadgradnje z bočnimi ponjavami v obliki zaves.....                    | 61        |
| 4.3 MENJALNI KESONI .....   | 62        |
| 4.4 KONTEJNERJI.....  | 63        |
| <b>5 MESTA ZA PRITRJEVANJE</b> .....  | <b>66</b> |
| <b>6 SREDSTVA ZA PRITRJEVANJE TOVORA</b> .....                                      | <b>71</b> |
| 6.1 PASOVI ZA PRITRJEVANJE .....  | 73        |
| 6.1.1 Enodelni pasovi za pritrjevanje.....  | 73        |
| 6.1.2 Dvodelni pasovi za pritrjevanje.....  | 74        |
| 6.1.3 Oznake pasov za pritrjevanje .....  | 74        |
| 6.1.4 Elementi za zagotavljanje natezne sile v pasovih za pritrjevanje.....         | 76        |
| 6.1.5 Razmere pri pritezanju .....  | 77        |
| 6.1.6 Vitli za pritrjevanje.....  | 80        |
| 6.1.7 Zagotavljanje, vplivi in nadzor natezne sile v pasu za pritrjevanje.....      | 81        |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 6.1.8     | Vloga kotnih ščitnikov in njihov vpliv na sile v pasu za pritrjevanje..... | 81         |
| 6.1.9     | Indikacija natezne sile v pasu za pritrjevanje .....                       | 82         |
| 6.1.10    | Razmere pri popuščanju.....  | 84         |
| 6.1.11    | Nepravilna uporaba in poškodbe pasov za pritrjevanje.....                  | 84         |
| 6.2       | VERIGE ZA PRITRJEVANJE TOVORA.....   | 89         |
| 6.3       | JEKLENE VRVI ZA PRITRJEVANJE TOVORA.....                                   | 93         |
| <b>7</b>  | <b>PRIPOMOČKI ZA OBLIKOVNO ZAVAROVANJE TOVORA .....</b>                    | <b>99</b>  |
| 7.1       | ZADRŽEVALNE LETVE, DROGOVI IN LESENE KONSTRUKCIJE.....                     | 100        |
| 7.2       | PREDELNE STENE.....  | 102        |
| 7.3       | PODLOŽNE ZAGOZDE IN KORITA .....   | 102        |
| 7.4       | ROČICE IN ZOBATE LETVE.....  | 104        |
| 7.5       | MREŽE IN PONJAVE ZA PRITRJEVANJE .....                                     | 106        |
| 7.6       | TORNE PODLOGE .....  | 107        |
| 7.7       | POVEZOVALNA SREDSTVA ZA ENKRATNO PRITRJEVANJE .....                        | 108        |
| <b>8</b>  | <b>NAČINI PRITRJEVANJA TOVORA.....</b>                                     | <b>109</b> |
| 8.1       | PRITRJEVANJE S PASOM ZA PRITRJEVANJE PREKO TOVORA.....                     | 110        |
| 8.2       | VODORAVNO PRITRJEVANJE.....  | 115        |
| 8.3       | POŠEVNO PRITRJEVANJE.....  | 116        |
| 8.4       | DIAGONALNO PRITRJEVANJE.....   | 120        |
| 8.5       | PRIMERJAVA PREDSTAVLJENIH METOD IN PRIMEROV PRITRJEVANJA .....             | 124        |
| <b>9</b>  | <b>PRITRJEVANJE POSEBNIH VRST TOVOROV .....</b>                            | <b>125</b> |
| 9.1       | PREVOZ DELOVNIH STROJEV.....   | 125        |
| 9.2       | PREVOZ OSEBNIH IN KOMBINIRANIH VOZIL .....                                 | 129        |
| 9.3       | PREVOZ ARMATURNIH MREŽ .....   | 131        |
| <b>10</b> | <b>PRITRJEVANJE TOVORA V OSEBNIH IN KOMBINIRANIH VOZILIH .....</b>         | <b>134</b> |
|           | <b>ZAKLJUČEK .....</b>   | <b>136</b> |
|           | LITERATURA IN VIRI.....  | 137        |

**Kazalo slik**

|  |           |
|--|-----------|
| <i>Slika 1: Povezava med maso in težo .....</i>  | <i>5</i>  |
| <i>Slika 2: Sile pri kroženju.....</i>   | <i>7</i>  |
| <i>Slika 3: Vožnja in delovanje sil na tovorno vozilo pri vožnji skozi krožno križišče .....</i>   | <i>8</i>  |
| <i>Slika 4: Moment sile .....</i>  | <i>9</i>  |
| <i>Slika 5: Izračun težišča dveh pravokotnikov.....</i>  | <i>10</i> |
| <i>Slika 6: Teoretični primer delovanja <math>M_s</math> - stabilitetnega in<br/>          <math>M_p</math> – prevrnitvenega momenta .....</i> | <i>12</i> |
| <i>Slika 7: Vpliv namestitve tovora na prevrnitveni moment.....</i>  | <i>13</i> |
| <i>Slika 8: Deli podvozja tovornih vozil ki zmanjšujejo vzdolžno in prečno<br/>          nagibanje vozila.....</i>                             | <i>14</i> |
| <i>Slika 9: Prevrnitev testnega vozila in določitev prevrnitvene linije.....</i>   | <i>15</i> |
| <i>Slika 10: Dotik bočne varovalne roke s cestiščem ter določitev prevrnitvene linije .....</i>  | <i>16</i> |
| <i>Slika 11: Prevrnitev priklopnika in premik prevrnitvene linije ob zavijanju .....</i>   | <i>17</i> |
| <i>Slika 12: Premik prevrnitvene linije ob privzdignitvi nasprotne soosne pnevmatike.....</i>  | <i>18</i> |
| <i>Slika 13: Fizikalni model trenja.....</i>   | <i>18</i> |
| <i>Slika 14: Razmere pri trenju na ravnini .....</i>   | <i>19</i> |
| <i>Slika 15: Upad sile trenja ob prehodu iz mirovanja v gibanje.....</i>   | <i>20</i> |
| <i>Slika 16: Določanje statičnega tornega koeficient .....</i>   | <i>21</i> |
| <i>Slika 17: Trikotnik sil.....</i>  | <i>22</i> |
| <i>Slika 18: Meritev torne sile.....</i>   | <i>23</i> |
| <i>Slika 19: Trenje gibkega elementa na kolutu.....</i>  | <i>24</i> |
| <i>Slika 20: Situacija na delcu koluta .....</i>   | <i>25</i> |
| <i>Slika 21: Razmere pri kotaljenju ter mnogokotnik sil, ki pri tem nastopajo .....</i>  | <i>27</i> |
| <i>Slika 22: Standardizirane oznake tovora po DIN 55402 – 1 .....</i>  | <i>29</i> |
| <i>Slika 23: Spreminjanje sile podlage v odvisnosti od neravnin na vozišču .....</i>   | <i>31</i> |
| <i>Slika 24: Nagibanje vozila pri zaviranju – kimanje .....</i>  | <i>32</i> |
| <i>Slika 25: Zgradba zračne in listnate vzmeti.....</i>  | <i>33</i> |
| <i>Slika 26: Vzdolžni prerez izvedbe vpetja listnatih in zračnih vzmeti v podvozje.....</i>  | <i>34</i> |
| <i>Slika 27: Delovanje sil v podvozju, kot posledica zaviranja .....</i>   | <i>36</i> |
| <i>Slika 28: Spremenjena – nekonvencionalna konstrukcija vpetja osi v podvozje.....</i>  | <i>37</i> |
| <i>Slika 29: Obremenitve na tovor izražene s pospeški za cestna tovorna vozila .....</i>   | <i>39</i> |
| <i>Slika 30: Obremenitve na tovor izražene s pospeški za železniška vozila.....</i>  | <i>40</i> |
| <i>Slika 31: Obremenitve na tovor izražene s pospeški za ladijski promet.....</i>  | <i>41</i> |
| <i>Slika 32: Obremenitve tovora izražene s pospeški za zračni promet .....</i>   | <i>42</i> |
| <i>Slika 33: Obremenitveni načrt tovornega vozila .....</i>  | <i>43</i> |
| <i>Slika 34: Nepravilna namestitev oz. zdrs tovora .....</i>   | <i>44</i> |
| <i>Slika 35: Obremenitvena krivulja ter pravilna razporeditev tovora pri<br/>          polpriklopnih.....</i>                                  | <i>45</i> |
| <i>Slika 36: Premikanje sipkega oz. tekočega tovora .....</i>  | <i>45</i> |
| <i>Slika 37: Analitično določanje težišča.....</i>   | <i>46</i> |
| <i>Slika 38: Grafično določanje težišča.....</i>   | <i>47</i> |
| <i>Slika 39: Prikaz osnih obremenitev na armaturni plošči tovornega vozila.....</i>  | <i>49</i> |
| <i>Slika 40: Delovanje sistema LSP – Load Spread Program.....</i>  | <i>50</i> |
| <i>Slika 41: Pomik kontejnerja proti polpriklopniku .....</i>  | <i>51</i> |
| <i>Slika 42: Različne izvedbe nadgradenj in kontejnerjev.....</i>  | <i>53</i> |
| <i>Slika 43: Zahteve za konstrukcijo nadgradenj po standardu DIN EN 12642 .....</i>  | <i>55</i> |
| <i>Slika 44: Konstrukcijske zahteve za nadgradnje z stranicami ogrodjem<br/>          in ponjavo po standardu DIN EN 12642 .....</i>           | <i>55</i> |



|   |    |
|---|----|
| Slika 45: Preizkus vzdržljivosti ponjave pri nadgradnji z bočnimi zavesami.....   | 57 |
| Slika 46: Nedefinirane zahteve in posledice pri nadgradnjah z ponjavo v<br>obliki zaves.....  | 57 |
| Slika 47: Spreminjanje sile v vrvi v odvisnosti od podajnega – povesnega kota.....  | 57 |
| Slika 48: Bočne letve pri klasičnih in nadgradnjah in pri nadgradnjah z zavesami.....   | 58 |
| Slika 49: Konstruktivske zahteve za nadgradnje po standardu .....   | 59 |
| Slika 50: Ojačitveni elementi ojačanih nadgradenj z oznako (Code XL).....   | 60 |
| Slika 51: STP nadgradnja katere konstrukcijske lastnosti presegajo z standardi<br>in zakoni predpisane vrednosti glede zavarovanja tovora .....                       | 61 |
| Slika 52: Zaprt menjalni keson v obliki kontejnerja .....   | 62 |
| Slika 53: Diagram delitve kontejnerjev po vrsti nadgradnje.....   | 63 |
| Slika 54: Zgradba zaprtega kontejnerja .....  | 64 |
| Slika 55: (1) Skladanje kontejnerjev, (2) pritrdilni trn, (3) poškodbe kontejnerja<br>(4) pritrdilno mesto, (5) spojitev pritrdilnega mesta in pritrdilnega trna..... | 65 |
| Slika 56: Mesta za pritrjevanje na nadgradnjah tovornih vozil .....   | 66 |
| Slika 57: Neprimerno in nestrokovno nameščeno mesto za pritrjevanje.....  | 67 |
| Slika 58: Pritrjevanje pasu za rob nadgradnje in možne posledice .....  | 67 |
| Slika 59: Težava z pomanjkanjem pritrdilnih mest ter možna rešitev .....  | 68 |
| Slika 60: Oznaka dvizžnega mesta ki se ga za potrebe zavarovanja tovora sme<br>obremeniti z dvojno nazivno silo.....  | 68 |
| Slika 61: Oznaka pritrdilnih mest po standardu DIN EN 12 649 in DIN 75 410.....   | 70 |
| Slika 62: Enodelni in dvodelni pas za pritrjevanje.....   | 73 |
| Slika 63: Izvedbe spenjalnih elementov pri pasovih za pritrjevanje .....  | 74 |
| Slika 64: Deklaracija proizvajalca na pasu za pritrjevanje .....  | 75 |
| Slika 65: Raglja z daljšo in krajšo ročico ter glavnimi sestavnimi deli .....   | 76 |
| Slika 66: Transportni položaj oziroma aretacija ročice raglje .....   | 77 |
| Slika 67: Najmanjša in največja količina veznega traku na bobnu raglje .....  | 77 |
| Slika 68: Sile in momenti ki jih povzročamo z ragljo .....  | 78 |
| Slika 69: Pnevmatiski vitel za pritrjevanje tovora na prikolici za prevoz hlodovine .....   | 80 |
| Slika 70: Upad sile v veznem traku zaradi trenja veznega traku ob kotni ščitnik .....   | 82 |
| Slika 71: TFI – indikator natezne sile na pasu za pritrjevanje.....   | 83 |
| Slika 72: Merilni inštrumenti za nadzor natezne sile v pasovih za pritrjevanje.....   | 83 |
| Slika 73: Razprti položaj raglje .....  | 84 |
| Slika 74: Zaščita pasov za pritrjevanje z kotnimi ščitniki .....  | 85 |
| Slika 75: Neustrezní pas za pritrjevanje z manjkajočo deklaracijo.....  | 86 |
| Slika 76: Nedovoljeni pripomočki, deformacije raglje ter korozija na raglji .....   | 87 |
| Slika 77: Vzroki in posledice za poškodbe pritrdilnih mest.....   | 87 |
| Slika 78: Podaljševanje in skrajševanje pasu za pritrjevanje z vozli .....  | 88 |
| Slika 79: Neprimerna popravila pasov z strani nepooblaščenih oseb.....  | 88 |
| Slika 80: Sestava verige za pritrjevanje .....  | 89 |
| Slika 81: Identifikacijska tablica v obliki šablone .....   | 91 |
| Slika 82: Zaščita robov z kotnimi ščitniki za verige .....  | 91 |
| Slika 83: Napake pri pritrjevanju tovora z verigami ter poškodbe verig .....  | 92 |
| Slika 84: Predvideni spenjalni elementi jeklenih vrvi za pritrjevanje .....   | 93 |
| Slika 85: Neenakomerna ovitost jeklene vrvi na bobnu vitla z zaskočnim<br>mehaizmom .....   | 94 |
| Slika 86: Zaščita robov tovora z kotnimi ščitniki ustreznih premerov .....  | 95 |
| Slika 87: Poškodbe in deformacije jeklenih vrvi .....   | 96 |
| Slika 88: Nedovoljena ter ustrezna izvedba zank pri jeklenih vrveh za pritrjevanje.....   | 97 |
| Slika 89: Iztrošeni in neprimerni jekleni vrvi za pritrjevanje tovora .....   | 97 |

|   |            |
|---|------------|
| <i>Slika 90: Nevarnost povratnega udarca drogu pri popuščanju jeklenih vrvi.....</i>  | <i>98</i>  |
| <i>Slika 91: Zalaganje vmesnih praznin z napihljivimi vrečami.....</i>  | <i>99</i>  |
| <i>Slika 92: Zadrževalne letve in lesene konstrukcije .....</i>   | <i>100</i> |
| <i>Slika 93: izvedbe koncev letev in drogov za zadrževanje tovora.....</i>  | <i>101</i> |
| <i>Slika 94: Namestitev in uporaba oblikovne zadrževalne letve .....</i>  | <i>101</i> |
| <i>Slika 95: Predelne stene na tovornih vozilih .....</i>   | <i>102</i> |
| <i>Slika 96: Uporaba kovinskih zagozd z zatiči in zahteve za zagozde in korita.....</i>   | <i>103</i> |
| <i>Slika 97: Zgradba in uporaba korit za prevoz valjastih zvitkov pločevine.....</i>  | <i>103</i> |
| <i>Slika 98: Uporaba ročic in zobatih letev.....</i>  | <i>104</i> |
| <i>Slika 99: Pojav votlin in pravilna namestitev hlodovine .....</i>  | <i>105</i> |
| <i>Slika 100: Premik debla v vzdolžni - vzvratni smeri.....</i>   | <i>106</i> |
| <i>Slika 101: Uporaba mrež in ponjav za pritrjevanje .....</i>  | <i>106</i> |
| <i>Slika 102: Vrste tornih podlog in zobata podložka.....</i>   | <i>107</i> |
| <i>Slika 103: Nameščanje tornih podlog.....</i>   | <i>108</i> |
| <i>Slika 104: Povezovalna sredstva za enkratno uporabo .....</i>  | <i>108</i> |
| <i>Slika 105: Diagram različnih vrst pritrjevanja s pasovi za pritrjevanje.....</i>   | <i>109</i> |
| <i>Slika 106: Metoda pritrjevanja tovora s pasovi za pritrjevanje preko tovora .....</i>  | <i>110</i> |
| <i>Slika 107: Vpliv kota na učinkovitost pritrjevanja pri metodi pritrjevanja preko tovora .....</i>  | <i>110</i> |
| <i>Slika 108: Določanje števila pasov za pritrjevanje na podlagi tabel.....</i>   | <i>114</i> |
| <i>Slika 109: Graf vpliva dinamičnega koeficienta trenja in kota pritrditve na dejansko potrebno silo za pritrjevanje.....</i>  | <i>115</i> |
| <i>Slika 110: Metoda vodoravnega pritrjevanja tovora .....</i>  | <i>116</i> |
| <i>Slika 111: Metoda poševnega pritrjevanja tovora .....</i>  | <i>117</i> |
| <i>Slika 112: Graf vpliva dinamičnega koeficienta trenja in kota pritrditve na minimalno vrednost največje dovoljene natezne obremenitve za par sredstev za pritrjevanje.....</i> | <i>119</i> |
| <i>Slika 113: izvede metode diagonalnega pritrjevanja .....</i>   | <i>120</i> |
| <i>Slika 114: Graf vpliv <math>\alpha</math> kotov pritrditve alfa in beta na minimalno vrednost največje dovoljene natezne obremenitve za par sredstev za pritrjevanje.....</i>  | <i>123</i> |
| <i>Slika 115: Praktična izvedba kombiniranega pritrjevanja.....</i>   | <i>124</i> |
| <i>Slika 116: Nepravilno zavarovanje delovnih strojev.....</i>  | <i>126</i> |
| <i>Slika 117: Neustrezna in ustrezna uporaba mest za pritrjevanje na delovnih strojih.....</i>  | <i>126</i> |
| <i>Slika 118: Nekateri možnosti izvedbe pritrjevanja delovnega stroja (bagra) .....</i>   | <i>128</i> |
| <i>Slika 119: Uporaba tornih podlog pri prevozu valjarja.....</i>   | <i>129</i> |
| <i>Slika 120: Uporaba omejeval in tritočkovnega pasu za pritrjevanje .....</i>  | <i>130</i> |
| <i>Slika 121: Zahtevana pritrditve vozil glede na njihovo pozicijo na tovornem vozilu.....</i>  | <i>130</i> |
| <i>Slika 122: Nezadostno pritrjene armaturne mreže .....</i>  | <i>131</i> |
| <i>Slika 123: Pritrjevanje armaturnih mrež zgolj z uporabo pasov za pritrjevanje .....</i>  | <i>132</i> |
| <i>Slika 124: Pritrjevanje armaturnih mrež s posebnimi zankami in pasovi za pritrjevanje.....</i>   | <i>133</i> |
| <i>Slika 125: Prevoz armaturnih mrež s uporabo posebnih namenskih polprikolic.....</i>  | <i>133</i> |
| <i>Slika 126: Načini ustreznega zavarovanja tovora v osebnih vozilih.....</i>   | <i>135</i> |
| <i>Slika 127: Praktični primer neustreznega in ustreznega zavarovanja tovora v kombiniranih vozilih .....</i>   | <i>135</i> |

**Kazalo tabel**

|  |            |
|--|------------|
| <i>Tabela 1: Približne vrednosti tornih koeficientov za različne materiale.....</i>  | <i>21</i>  |
| <i>Tabela 2: Stanja naležnih površin .....</i>   | <i>24</i>  |
| <i>Tabela 3: Preglednica nekaterih tornih koeficientov f.....</i>  | <i>28</i>  |
| <i>Tabela 4: Preglednica vrednosti pospeškov v odvisnosti od vrste<br/>prevoznega sredstva.....</i>                              | <i>42</i>  |
| <i>Tabela 5: Konstrukcijske zahteve za nadgradnje po standardu DIN EN 12642 .....</i>  | <i>54</i>  |
| <i>Tabela 6: Konstrukcijske zahteve za nadgradnje po standardu<br/>DIN EN 12642 (Code XL).....</i>                               | <i>59</i>  |
| <i>Tabela 7: Konstrukcijske zahteve za menjalne kesone po DIN EN 283 .....</i>   | <i>63</i>  |
| <i>Tabela 8: Dopustne obremenitve kontejnerja po CSC .....</i>   | <i>65</i>  |
| <i>Tabela 9: Največja dovoljena obremenitev posameznega pritrdilnega mesta<br/>glede na največjo dovoljeno maso vozila .....</i> | <i>69</i>  |
| <i>Tabela 10: Sestava posameznih sredstev za pritrjevanje po DIN EN 12195 .....</i>  | <i>72</i>  |
| <i>Tabela 11: Karakteristike verig za pritrjevanje .....</i>   | <i>90</i>  |
| <i>Tabela 12: Največje dovoljene obremenitve jeklenih vrvi v odvisnosti od premera .....</i>                                     | <i>94</i>  |
| <i>Tabela 13: Največje dovoljeno vidno število lomov žic<br/>na jekleni vrvi za pritrjevanje .....</i>                           | <i>96</i>  |
| <i>Tabela 14: Vrednost delujoče sile predmeta ob trku vozila .....</i>   | <i>134</i> |

## UVOD

Vsako leto se pri transportu blaga pripeti veliko število nezgod, ki imajo za posledice poškodbe ali popolno uničenje transportiranega blaga ter s tem odškodninske zahteve v višini približno 4 milijarde evrov. Od tega v Nemčiji kar 1,2 milijardi pripisujejo neustrezno pritrjenemu tovoru. Po podatkih nemškega združenja zavarovalnic (GDV) bi bilo možno približno 70 % vseh nezgod preprečiti z izbiro primerne embalaže blaga, primernimi napravami za pretovarjanje blaga in primernim pritrjevanjem blaga med transportom. Izkušnje nadzornikov nemškega združenja zavarovalnic kažejo, da imajo štiri tovorna vozila od desetih tako pomanjkljivo pritrjen tovor, da s tem ogrožajo tudi udeležence v prometu. Pri vsakem tretjem vozilu je pritrditev blaga tako slaba, da obstaja velika verjetnost poškodb tovora. Iz navedenega lahko zaključimo, da ima v Nemčiji le četrtnina tovornih vozil pravilno pritrjen tovor.

Ob zgoraj naštetih dejstvih in težavah razvitejših tujih držav se postavlja vprašanje, kakšno je stanje pri nas v Sloveniji in kako pri nas obravnavamo pritrjevanja tovora?

V Sloveniji ne razpolagamo s tako podrobnimi statističnimi podatki o številu škodnih primerov oziroma prometnih nezgod, v katerih so bila udeležena tovorna vozila. Na področju zakonodaje smo imeli do nedavnega, natančneje, 20. 4. 2010 v veljavi le Zakon o varnostni cestnega prometa (Ur.l. RS, št. 35/2005, 51/2005-UPB1, 67/2005 Odl.US: U-I-32/05-13, 69/2005, 76/2005-ZDCOPMD, 97/2005-UPB2, 108/2005, 25/2006-UPB3, 70/2006-ZIKS-1B, 105/2006, 123/2006 Odl.US: P-72/05-17, U-I-327/05, 133/2006-UPB4, 139/2006-ZORed, 37/2008, 56/2008-UPB5, 57/2008-ZLDUVCP, 73/2008 Odl.US: U-I-295/05-38, 58/2009, 36/2010, v nadaljevanju ZVCP-1), ki je v prvem odstavku 65 člena le okvirno podajal smernice obravnavane teme.

Prvi. odstavek 65. člena ZVCP-1, pravi:

“Tovor in naprave, ki so namenjene za prevoz ali pritrditev tovora, morajo biti na in v vozilu naložene in pritrjene oziroma pokrite tako, da:

- ne predstavljajo nevarnosti ali ovire za druge udeležence cestnega prometa;
- ne povzročajo škode na cesti in objektih;
- ne onesnažujejo okolja;
- ne zmanjšujejo stabilnosti vozila;

- ne povzročajo več hrupa, kot je dovoljeno;
- ne zmanjšujejo preglednosti vozniku;
- ne zakrivajo naprav vozila, registrskih tablic in drugih predpisanih označb;
- se ne razsipajo ali padajo z vozila.“

Obstoječi 65. člen ZVCP sicer navaja okvirne pogoje oziroma smernice, ki naj bi jih izpolnjeval tovor na vozilih. V nobeni od navedenih alinej pa ne srečamo natančnejših zakonskih pogojev, zahtev oziroma zadolžitvev.

S priložo novega Pravilnika (Ur. l. RS, št. 32/2010) o nalaganju in pritrjevanju tovora v cestnem prometu, ki je stopil v veljavo z 20. aprilom 2010 smo naposled tudi v Sloveniji dočakali konkretnije smernice za natovarjanje in pritrjevanje tovora na cestnih vozilih.

Omenjena vsebina priloge novega slovenskega pravilnika v evropskem pogledu ne predstavlja nič novega, saj je dobesedni prevod angleškega izvornika European Best Practice Guidelines on Cargo Securing for Road Transport, ki ga je že leta 2002 predstavil direktorat evropske komisije za energijo in transport kot nabor znanj in izkušenj evropskih strokovnjakov iz tega področja in ne kot zavezujoč pravni akt.

Omenjena priloga novega pravilnika je vsekakor dobršen doprinos k preteklemu stanju zakonodaje na tem področju, toda ker je bilo tekstovno gradivo že v izvorniku pisano kot nabor znanj oziroma smernice brez točnih zakonskih določil, zna biti njegova uporaba v praksi otežena.

Kot primer dobrega zgleda in urejenosti v tujini predstavljam prevode nekaterih nemških zakonov, ki zadevajo obravnavano temo.

22. odstavek nemških cestno prometnih predpisov (Straßenverkehrs-Ordnung vom 16. November 1970 (BGBl. I S. 1565), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 5. August 2009 (BGBl. I S. 2631), v nadaljevanju StVO).

22. odstavek StVO v prevodu pravi:

Tovor vključno z napravami za pritrjevanje tovora mora biti zavarovan in pritrjen tako, da se tudi pri polnem zaviranju ali nenadnih spremembah smeri ter izogibalnih manevrih ne premika, razsipava in pada z vozila ter ne povzroča prekomernega hrupa. Pri tem je potrebno koristiti priznane dosežke tehnike.

23. odstavek (StVO) v prevodu pravi:

Voznikova odgovornost in dolžnost je, da pregleduje tovor, naprave in stanje vozila ter skrbi za njegovo tehnično brezhibnost. Voznik mora skrbeti, da je vozilo, uporabljena sredstva za pritrjevanje in tovor v skladu z predpisi ter da ob tem ni ogrožena prometna varnost vozila iz naslova tovora.

31. odstavek nemških prometno tehničnih predpisov (Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 28. September 1988 (BGBl. I S. 1793), die zuletzt durch Artikel 3 der Verordnung vom 21. April 2009 (BGBl. I S. 872), v nadaljevanju StVZO), pa skrb in odgovornost nalaga primarno tudi lastniku.

31. odstavek StVZO v prevodu pravi:

Lastnik ne sme dovoliti obratovanja oz. uporabe sredstev ali vozil, v kolikor je seznanjen oz. bi moral biti seznanjen, da tovor na vozilu ni zavarovan v skladu s predpisi ali je ogrožena varnost udeležencev v prometu.

412. odstavek nemških poslovnih pravil pri prevozu blaga (Handelsgesetzbuch in der im Bundesgesetzblatt Teil III, Gliederungsnummer 4100-1, veröffentlichten bereinigten Fassung, das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 19. November 2010 (BGBl. I S. 1592), v nadaljevanju HGB), pa ureja odgovornost glede izbire prevoznega sredstva, natovarjanja in raztovarjanja, ter skrbi za tovor med potjo.

412. odstavek HGB v povzeto v prevodu pravi:

V kolikor ni drugače dogovorjeno, morata pošiljatelj in prejemnik tovor natovoriti oz. raztovoriti tako, da je varen za transport ter ne obstaja nevarnost za udeležence v prometu. Prevoznik pa mora skrbeti za varnost tovora med vožnjo.

Iz nemške sodne prakse izhaja, da mora prevoznik poskrbeti za zadostno število sredstev za pritrjevanje glede na tovor ki ga prevaža, ter da je voznik večč njihove uporabe.

V primeru, ko je na vozilu nameščena carinska plomba in voznik ni bil prisoten pri nakladanju (npr. kontejner), voznik ni odgovoren za pritrjevanje tovora, razen v primerih, ko je neprimernost pritrditve očitna in bi jo voznik moral opaziti.

Kot lahko opazimo, obstaja med Slovensko in Nemško zakonodajo kar nekaj podobnosti toda tudi nekatere konkretne razlike, ki se celostno izkažejo šele v praksi.

Ker je slovenska zakonodaja na tem področju precej sveža in ker tudi generacije odgovornih oseb v transportu, transportnih delavcev, prevoznikov in voznikov niso bile deležne potrebnega izobraževanja, literature, pojasnil in praktičnih primerov iz tega področja upam, da bom s tem delom uspel razjasniti sliko v ključnih delih, obsežne tematike natovarjanja in pritrjevanja tovora v cestnem prometu, ter tako prispevati k večji varnosti vseh udeležencev tako v transportu kot prometu.

# 1 FIZIKALNO TEORETIČNE OSNOVE

## 1.1 Masa in teža

V vsakdanjem življenju se masa in teža pogosto zamenjujeta, čeprav sta druge narave. Zato je pomembno, da razumemo razliko in s tem osnovne principe zavarovanja tovora.

Masa je lastnost materije. Vsak predmet (opeka, deska, vozilo ...) ima maso, ki je direktno povezana s količino snovi. Tako masa predmeta ni odvisna od okolice, v kateri se predmet nahaja, ter je enaka na Zemlji, Luni ali Marsu. Osnovna enota za maso je kilogram (kg).

Teža je sila, povezana z gravitacijo oziroma težnostjo. Težnost je lastnost, s katero se mase privlačijo med seboj. Sila teže je proporcionalno povezana z maso in se zmanjšuje z oddaljenostjo med predmetoma ter jo preprosto izračunamo iz mase (m) in zemeljskega pospeška (g).

$$G = m \text{ [kg]} \cdot g \text{ [m/s}^2\text{]} \quad [\text{kg m/s}^2 = \text{N} - \text{newton}] \quad [1]$$

g – zemeljski pospešek [9,80665 m/s<sup>2</sup>] (Vir: *Krautov strojniški priročnik*)

Za silo teže se pogosto uporablja tudi oznaka F<sub>g</sub> (sila gravitacije).

Za vrednost zemeljskega pospeška se pri natančnejšem računanju jemlje vrednost (g = 9,81 m/s<sup>2</sup>) za splošne in vsakodnevne primere je v rabi vrednost g = 10 m/s<sup>2</sup>, s čimer se poenostavi računanje.

V tem delu pogosto obravnavanih sredstvih za pritrditev, kot so pasovi, verige in pletenice je pogosto srečati sicer redko uporabljeno enoto daN ali dekanewton, ki ustreza:

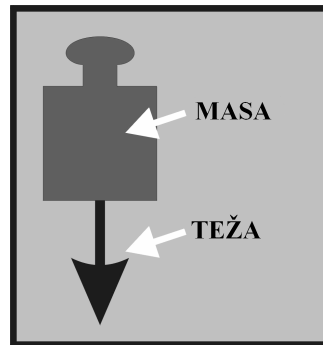
1 daN = 10 N ali preračunano z vrednostjo (g = 10 m/s<sup>2</sup>) ter enačbe [1] masi 1 kg.

$$1 \text{ daN} = 10 \text{ N} = 1 \text{ kg}$$

Zelo nazorno pa lastnosti mase in teže ponazarja spodnja slika 1.



Slika 1: Povezava med maso in težo



Vir: *Best Practice Guidelines on Cargo Securing for Road Transport* [European commission – Mobility & Transport], b. d.

## 1.2 Vztrajnost

Telo, na katerega ne delujejo sile, ohranja vrednost in smer hitrosti. Njegova hitrost (kot vektor) je stalna. To lastnost imenujemo vztrajnost. Gibanje telesa ni odvisno le od sil, ki nanj delujejo, temveč tudi od množine snovi, ki tvori telo. Čim večja je množina snovi, tem bolj se telo upira spremembi gibanja; pravimo, da je tem večja njegova vztrajnost. (Koškin & Širkevič, 1990, str. 17)

Definira jo tudi prvi Newtonov zakon, ki se glasi:

Vsako telo vztraja v svojem stanju mirovanja ali premega enakomernega gibanja, če ga zunanje sile ne prisilijo k spremembi tega stanja.

Silo vztrajnosti definira drug Newtonov zakon, ki se glasi:

Pospešek, ki ga doživlja telo, če nanj deluje sila, je po velikosti sorazmeren velikosti sile in obratno sorazmeren masi telesa, po smeri pa se ujema s smerjo sile.

$$a = k \frac{F}{m} \quad [2]$$

F – sila vztrajnosti (N)

k – koeficient uskladitve enot

a – pospešek (m/s<sup>2</sup>)

m – masa (kg)

S primerno izbiro enot (koherentne enote) za silo in maso dosežemo, da je vrednost  $k = 1$ , ter tako s preureditvijo enačbe zapišemo precej bolj znan izraz.

$$F = m \times a \quad [3]$$

### 1.3 Sile pri kroženju in vožnja v ovinek

Telo z maso ( $m$ ) se giblje s stalno obodno hitrostjo ( $v$ ) po krogu s polmerom ( $r$ ), to je giblje se z radialnim pospeškom, ki je usmerjen k središču kroženja.

$$a_r = \frac{v^2}{r} = r \times \omega^2 \quad [4]$$

$a_r$  – radialni pospešek

$v$  – obodna hitrost

$r$  – radij

$\omega$  – kotna hitrost

Ta pospešek določa t.i. centripetalna sila ( $F_{cp}$ ), ki učinkuje na telo v smeri središča kroženja.

$$F_{cp} = m \times a_r = m \times \omega^2 \times r \quad [5]$$

Če na krožeče telo hkrati deluje več sil, je njihova rezultanta usmerjena k središču kroženja in enaka centripetalni sili. Centripetalna sila je na primer sila v vrvi, na kateri je privezano telo, ki ga vrtimo v vodoravnem krogu; radialna komponenta sile podlage med vožnjo skozi ovinek itd. Na splošno mora okolica delovati na telo s centripetalno silo, če naj telo kroži. Toda obenem tudi telo deluje na okolico, ki ga sili v kroženje, z nasprotno enako silo. Ta sila se imenuje centrifugalna sila ( $F_{cf}$ ).

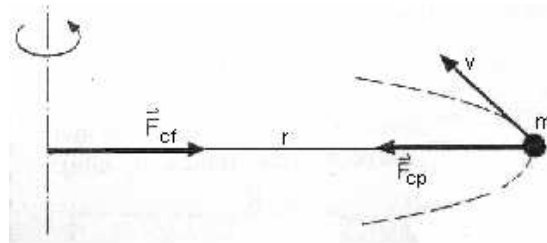
Centrifugalna sila je sila, s katero krožeče telo učinkuje na okolico v smeri radia iz središča kroženja navzven. Po velikosti je enaka centripetalni sili, le smer je nasprotna.

$$F_{cf} = -F_{cp} = m \times \omega^2 \times r = \frac{m \times v^2}{r} \quad [6]$$

Centripetalna in centrifugalna sila sta sicer enako veliki, vendar učinkujeta na različni telesi, zato sta njuna učinka različna. Centripetalna sila deluje na krožeče telo in ga sili v kroženje, centrifugalna sila pa je reakcijska, sila s katero krožeče telo učinkuje na okolico v smeri iz središča kroženja (slika 2). (Kladnik, 1989, str. 44)

Iz zgoraj navedene enačbe [6] za velikost centrifugalne sile je jasno razvidno, da ima ključno vlogo poleg mase in radija v našem primeru velikost hitrosti vožnje skozi ovinek, saj se centrifugalna sila, ki nagiba vozilo ter teži k prevrnitvi, ob povečanju hitrosti za faktor 2 poveča za faktor 4 oz. za štirikrat.

Slika 2: Sile pri kroženju



Vir: Kladnik, 1989, str. 47

#### Vožnja skozi ovinek

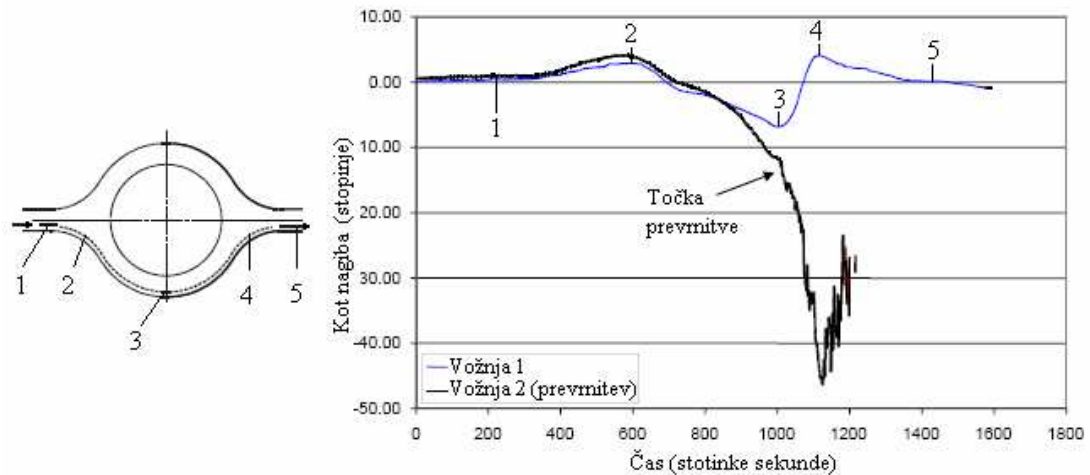
Ko vozilo skupaj s tovorom zapelje v ovinek, se tovor zaradi vztrajnosti še želi gibati v prvotni smeri, zato želi zdrsniti iz tovrnega vozila. Med tovorom in tovrno površino se pojavi vodoravna komponenta sile podlage – trenje, ki sili tovor v kroženje. V primeru, da sila trenja ne zadošča za zahtevanemu radialnemu pospešku (npr. tovor ni zavarovan proti premikanju), tovor zdrsne po površini v smeri prvotne hitrosti in se bliža stranici – boku kesona tovrnega vozila (ki je med tem že zapeljalo v ovinek) in udari vanjo. Od tedaj naprej določa radialni pospešek normalna sila ( $N$ ) v stranici – boku kesona, seveda v kolikor keson, oziroma stranica vzdržita udarec ter se vozilo ne prevrne. V nasprotnem primeru pa tovor prebije bok kesona ter pade iz vozila.

Zelo neugodno situacijo in nevarnost zdrsa tovara predstavlja tudi vožnja tovrnega vozila skozi krožno križišče oziroma krožni tok, saj se celotno vozilo ter z njim tovor ob uvozu v krožni tok zaradi vztrajnosti sprva nagne navznoter proti notranjosti krožišča, nato pa se zaradi prehoda iz premega v krožno gibanje ter delovanja centrifugalne sile sunkovito nagne navzven. Identična situacija se odvije tudi ob izstopu vozila iz krožišča

le v obratnem vrstnem redu, vendar tedaj manj izrazito saj zaradi trenja med kolesi in podlago ob vožnji po krožišču upade hitrost vozila in temu posledično sledi manj izrazito nagibanje.

V potrditev takšnemu scenariju govori tudi graf na sliki 3, ki prikazuje nagibanje vozila ob vožnji skozi krožno križišče. Graf in slika sta povzeta po angleški raziskavi Research report 007, kjer so raziskovalci s testi ugotavljali vzroke za prevrnitev tovornih vozil med drugim tudi z vožnjo natovorjenega tovornega vozila skozi krožno križišče s polmerom 24 m in hitrosti 40 km/h. Ob tem je pri drugi ponovitveni vožnji prišlo ob prehodu obremenitve iz notranje na zunanjo stran do zdrsa tovora ter s tem do prevrnitve tovornega vozila. Sliko dogodka prikazuje tudi slika 9 na strani 11.

Slika 3: Vožnja in delovanje sil na tovorno vozilo pri vožnji skozi krožno križišče



Vir: Research report 077 [Health and SafetyExecutive], b .d.

Zelo podobno situacijo predstavlja tudi vožnja slaloma med linijsko postavljenimi ovirami, oziroma t.i. losov test, ki se izvaja na testih osebnih vozil, vendar tu z namenom preskušanja nagibanja – lege ter vodljivosti vozila v izmeničnih kratkih zavojih.

## 1.4 Moment sile

Iz izkušenj vemo, da se togo telo, ki je vrtljivo vpeto in nanj deluje sila  $\vec{F}$ , katere smernica ne gre skozi točko vpetja, pod vplivom te sile zavrti. Vrtenje je posledica momenta, ki ga povzroči sila. Moment sile je odvisen od položaja momentne točke (točke vpetja) in prijemališča sile ter od velikosti in smeri sile. O momentu sile govorimo tudi, če momentno točko izberemo izven pritrditelja telesa. Koordinatni sistem postavimo tako, da je momentna točka v njegovem izhodišču (slika 4). Moment sile glede na koordinatno izhodišče je vektorski produkt radij-vektorja in sile. (Šterk, 2001, str. 14)

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F} \quad [7]$$

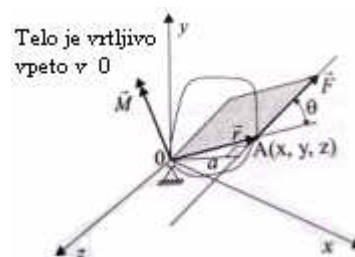
M – moment

r – ročica – razdalja od prijemališča sile do vrtilišča

F – sila vrtenja

Moment sile je vektor, pravokoten na ravnino, na kateri ležita vektorja  $\vec{r}$  in  $\vec{F}$ . Označimo ga z dvojno puščico.

Slika 4: Moment sile



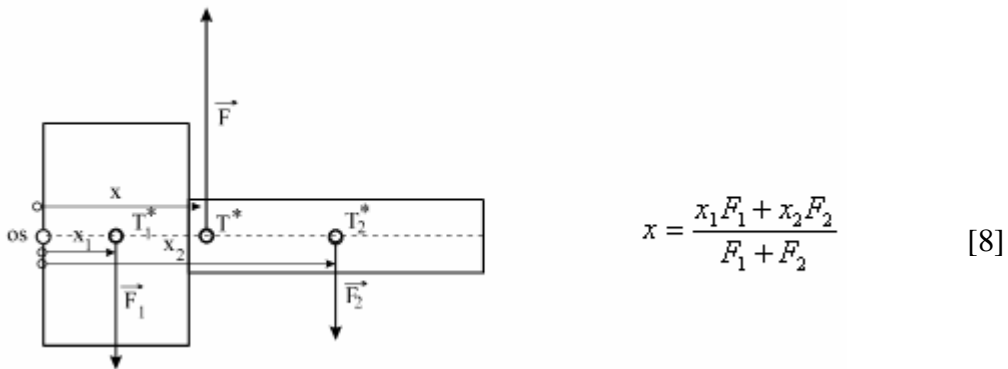
Vir: Šterk, 2001, str 14

Kadar na telo deluje več momentov, ki povzročajo vrtenje v nasprotnih smereh, tedaj dogovorno štejemo momente v smeri urnega kazalca za negativne in momente v nasprotni smeri urnega kazalca za pozitivne.

## 1.5 Težišče

Težišče določenega telesa oziroma v našem primeru tovora je povprečje razporeditve mase znotraj homogenega telesa oziroma navidezna točka, v kateri je skoncentrirana celotna masa telesa. Ta točka pa ni vedno znotraj samega telesa, na primer pri cevi je težišče v središču votlega prostora znotraj cevi, podobno leži težišče kavlja zunaj samega predmeta. V primeru kocke ali kvadra pa točko težišča dobimo z presekom telesnih diagonal. V primerih, ko masa ni razporejena enakomerno po telesu – nehomogeno telo, je točka težišča pomaknjena bližje strani, na kateri je predmet težji. Sicer pa težišče sestavljenega lika, kot je prikazan na sliki 5, izračunamo z uporabo momentnega pravila po enačbi [8].

Slika 5: Izračun težišča dveh pravokotnikov



Vir: Izračun težišča [Gimnazija Jesenice], b. d.

## 1.6 Statična stabilnost teles

Prosto togo telo je v mirovanju, tj. v ravnotežju, če sta rezultanta in moment delujočih sil na telo enaka nič:

$$F_r = 0 \text{ in } M = 0$$

Ti pogoji zadoščajo le v idealnih primerih, da je telo v ravnotežju, medtem ko je za realne razmere zelo pomembno, da ugotovimo, ali je lega ravnotežja obravnavanega telesa stabilna. Glede na to razlikujemo tri vrste lege ravnotežja teles in sicer (Cvetaš, 1996, str. 123):

- stabilno ravnotežje telesa;
- nestabilno (labilno) ravnotežje telesa;
- indiferentno (nobenostrano) ravnotežje telesa.

### Stabilno ravnotežje telesa

To ravnotežje najlažje pojasnimo s tem, da se telo, ki je v stabilnem ravnotežju in ga zunanja sila izmakne iz ravnotežne lege, po prenehanju delovanja zunanje sile samo povrne v prvotno lego. Najpreprostejši primer je viseča gugalnica ali kroglica na konkavni podlagi.

### Nestabilno (labilno) ravnotežje telesa

V tem primeru telo, ki je v nestabilnem ravnotežju, takoj po delovanju zunanje sile išče novo ravnotežno stanje oz. lego. Najprimernejši primer podobne situacije je kroglica na konveksni podlagi.

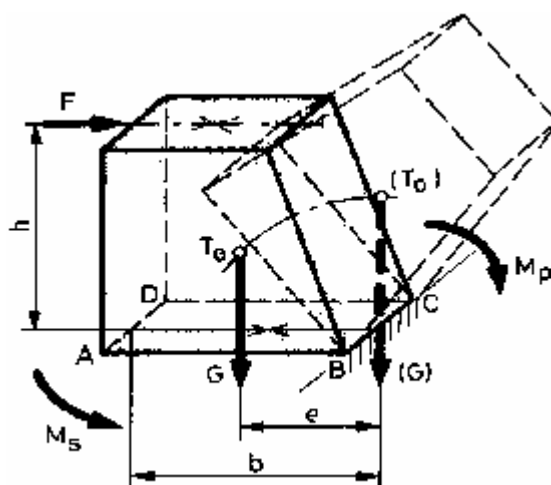
### Indiferentno (nobenostrano) ravnotežje telesa

Za indiferentno ravnotežje telesa je značilno, da je telo v vsaki legi v mirovanju oziroma ravnotežju. Najznačilnejši primer je kroglica na vodoravni podlagi.

Iz opisanih vrst ravnotežja teles je za prakso najbolj pomembna statična stabilnost teles oz. konstrukcij, ki jo v splošnem lahko razložimo z naslednjim primerom:

Na neko telo (slika 6) deluje sila  $F$ , ki povzroča okrog stranice  $\overline{BC}$  moment prevrnitve  $M_p$ . Temu momentu nasprotuje moment sile teže telesa  $G$ , ki ga imenujemo moment stabilnosti  $M_s$ . Obravnavano telo je v stabilnem ravnotežju vse dotlej, dokler težišče  $T_0$  ne preide do lege težišča ( $T_0$ ), in sicer zato, ker bi se telo po prenehanju delovanja sile  $F$  vrnilo v prvotno (začetno) ravnotežno lego. Pri tem, da je težišče  $T_0$  v legi ( $T_0$ ), je razdalja  $e = 0$ . Zato je moment  $M_G = 0$ , to pomeni, da je to labilno ravnotežje telesa. (Cvetaš, 1996, str. 125)

Slika 6: Teoretični primer delovanja  $M_s$  - stabilitetnega in  $M_p$  - prevrnilvenega momenta



Vir: Cvetaš, 1996, str. 125

Odpor proti momentu prevrnitve imenujemo statična stabilnost, ki je enaka stabilitetnemu momentu  $M_s$ , ki je zaradi zahtev v praksi večji kot prevrnilveni moment  $M_p$ . Stranica  $\overline{BC}$  predstavlja prevrnilveno stranico ali gledano ploskovno prevrnilveno točko.

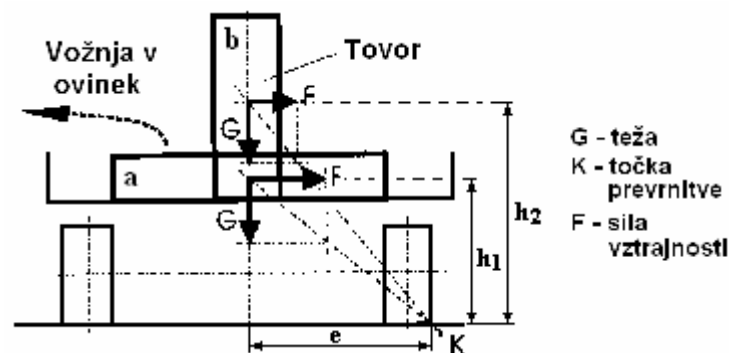
$$M_s > M_p \text{ oziroma } G \times e > F \times h \quad [9]$$



### 1.6.1 Stabilnost tovornih vozil

Analogno teoretičnim osnovam prikazanim na sliki 6 lahko situacijo prenesemo na dejanske razmere (vožnja v ovinek) pri tovornem vozilu (slika 7). Tu z različno postavitvijo tovora a, b lahko močno vplivamo na višino težišča tovora ter s tem posledično na povečanje oziroma zmanjšanje prevrnilvenega momenta, čemur sledi povečanje oz. zmanjšanje stabilnosti tovornega vozila. Poleg omenjene situacije pri vožnji v ovinek pa ima višja postavitev tovora za posledico tudi opaznejša nihanja tovornega vozila v prečni in vzdolžni smeri.

Slika 7: Vpliv namestitve tovora na prevrnilveni moment



Vir: Podzuweit, 2002, str. 112

Odvisnost prevrnilvenega momenta od različne namestitve tovora (slika 7):

Prevrnilvena momenta:  $M_{p1} = F \times h_1$ ;  $M_{p2} = F \times h_2$

$M_{p1} < M_{p2}$  – iz česar sledi, da je namestitev tovora (b) manj ugodna od situacije (a)

Iz te ugotovitve lahko povzamemo, da je potrebno pri natovarjanju vedno težiti k najnižji možni postavitvi tovora ter s tem zmanjšanju prevrnilvenega momenta.

Posledično pa velja tudi zelo pomembno pravilo, da mora biti težji tovor vedno nameščen pod lažjim oz. lažji tovor zlagamo nad težji tovor, s čimer tudi izrazito pripomoremo k zmanjšanju prevrnilvenega momenta.

Stabilitetni moment:  $M_s = G \times e$  – se ne spreminja s pozicijo a - b

V prečni smeri, večji prevrtni moment razbremenjuje notranjo stran podvozja ter obremenjuje zunanjo stran (stran prevrtnice). Posledično se zaradi različne obremenitve leve in desne strani nosilne osi različno podata tudi nosilni vzmeti, česar vzrok je izrazitejši nagib proti obremenjeni strani. Nagib vozila na zunanjo, bolj obremenjeno stran pa še dodatno zaostri situacijo, saj se z velikostjo nagiba zmanjšuje razdalja (e – slika 7) ter s tem posledično vrednost stabilitetnega momenta.

V vzdolžni smeri ima višja postavitev tovora opazen vpliv na velikost vzdolžnega nihanja tovornega vozila ob pospeševanju in zaviranju.

Vzdolžnemu in prečnemu nihanju se pri sodobnih tovornih vozilih zoperstavljamo z vgradnjo stabilizatorjev in elektronsko reguliranih CDC amortizerjev (CDC – continuous damping control, MAN Nutzfahrzeuge AG.), sistema, ki preko elektronske krmilne enote regulira odprtost elektromagnetnih ventilov na blažilnikih (slika 8, desni del) vozila ter s tem njihovo trdoto, posledično pa se s tem zmanjšuje nagibanje vozila.

Veliko bolj preprost in pogost del podvozja vozil z nalogo zmanjšanja bočnega nagibanja pa se imenuje stabilizator (slika 8, levi del). Sestav je zgrajen iz polne jeklene palice, katerega sredinski del je pomično vpet na os vozila, zakrivljena konca pa sta preko povezovalnih ročic gibljivo vpeta na levo in desno stran nosilnega okvirja – šasije. Sestav deluje na principu torzijske obremenitve sredinskega dela, saj zaradi vpetja na levi in desni krak okvirja ne dopušča, da bi se ena ali druga stran okvirja in osi lahko neodvisno približala ali oddaljila ter s tem zmanjšuje bočno nagibanje vozila.

*Slika 8: Deli podvozja tovornih vozil ki zmanjšujejo vzdolžno in prečno nagibanje vozila*



Vir: Vorderachsaufhängung [MAN Nutzfahrzeuge], b. d.

### 1.6.2 Določanje prevrnitvene linije tovornih vozil

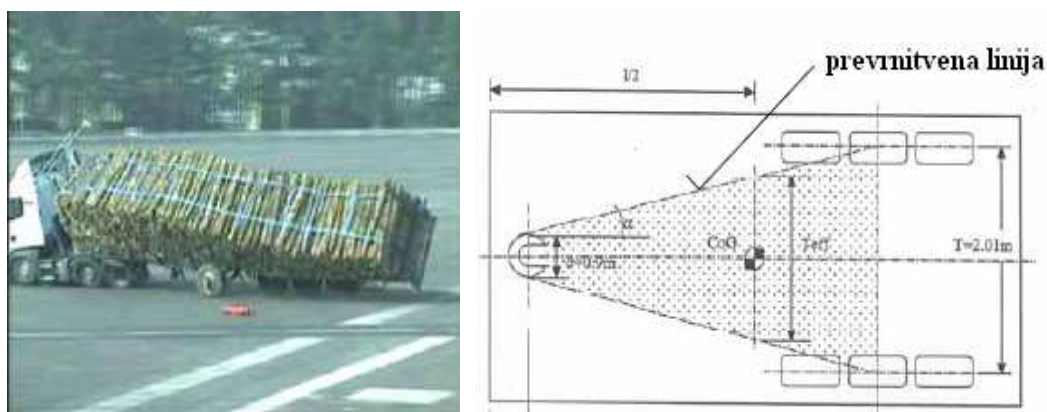
Glede ugotavljanja prevrnitvene linije si različni raziskovalci niso povsem enotni, toda iz dosegljive literature je možno ločiti nemški in angleški model.

Pri že omenjeni angleški raziskavi Research report 007, so raziskovalci skušali ugotoviti vzroke za 2630 prevrnitev tovornih vozil z maso večjo od 1500 kg, ki so se zgodile na angleških cestah od leta 1993 do 1997. Glavna vzroka pripisujejo hitrosti in premiku tovora na vozilu.

Del preizkusov s polno natovorjenim tovornim vozilom so izvedli tudi na testni stezi, ki je imela obliko krožnega toka s polmerom 24 m, ki smo jim pogosto priča v vsakdanji prometni ureditvi.

Tu je pri drugi – ponovitveni vožnji pri hitrosti 40 km/h prišlo do premika tovora in posledično prevrnitev testnega tovornega vozila; slika 9 (levi del).

Slika 9: Prevrnitev testnega vozila in določitev prevrnitvene linije



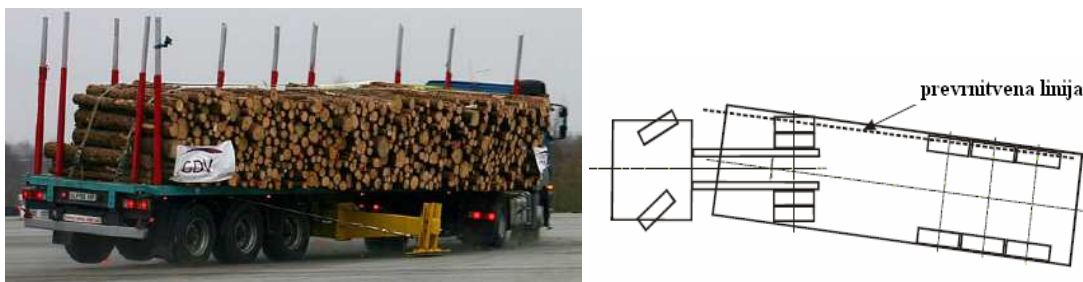
Vir: Research report 077 [Health and Safety Executive], b. d.

Skladno z rezultati raziskave so raziskovalci sestavili prevrnitveni model, ki ga prikazuje slika 9 (desni del), pri katerem prevrnitvena linija tovornega vozila poteka na eni strani skozi središče srednje pnevmatike polpriklopnika ter se zaključuje v vpetju sredinskega čepa v sedlo vlačilca.

Pri skoraj povsem identičnem testu, vožnji polnega tovornega vozila skozi krožni tok, z hitrostjo 38 km/h in radijem 24 m, ki so ga izvedli nemški raziskovalci, v nobeni izmed

opravljenih dveh testnih vožnjah ni prišlo do prevrnitve tovornega vozila. Povzeto po (Sicherung von Kurzholz auf Straßenfahrzeugen) v nobenem primeru ni prišlo do prevrnitve, temveč obakrat do popolnega razsutja tovora po vozišču. Ob tem velja omeniti, da je pri prvi vožnji prišlo do stika bočne teflonske varovalne roke s cestiščem, pri drugi vožnji pa stika ni bilo, slika 10 (levi del).

Slika 10: Dotik bočne varovalne roke s cestiščem ter določitev prevrnitvene linije



Vir: Sicherung von Kurzholz auf Straßenfahrzeugen [Königsberger Ladungssicherungskreis e.V.], b. d.

Podobno kot angleški so tudi nemški strokovnjaki sestavili prevrnitveni model ki ga prikazuje slika 10 (desni del).

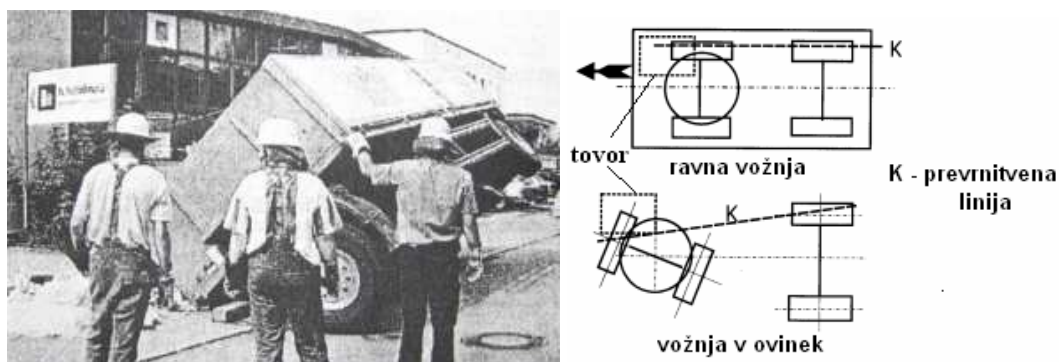
Ob primerjavi nemškega in angleškega modela lahko ugotovimo, da je nemški model precej bolj stabilen, saj teče prevrnitvena linija ob zunanjem robu vzdolž polpriklopnika. V podobnih situacijah ima, kot ugotavljajo nemški viri odločilno vlogo togost polpriklopnega vozila. Konstruktorji se dandanes zaradi pritiskov trga po čim večji masi prepeljanega tovora in zakonski omejitvi največje skupne mase poslužujejo t.i. lahke gradnje, katere slabosti se pogosto izraziteje izkažejo pri togosti vozila. Togost polpriklopnika uporabljenega v angleški raziskavi je znatno manjša od togosti polpriklopnika uporabljenega v nemški raziskavi, kar lahko jasno vidimo ob primerjavi levih delov slik 9 in 10.

Pri levem delu slike 9 je vlačilec še v popolnem stiku s podlago, medtem ko je zadnji del polpriklopnika kljub oporni roki s kolesom, popolnoma izgubil stik s podlago in je dvignjen visoko nad tlemi.

Podobno, toda manj izrazito situacijo lahko opazimo pri nemškem testu, kjer na levem delu slike 10 notranja kolesa polpriklopnika sicer izgubijo stik s podlago, vendar je njihov odmik od cestišča je majhen.

Podobno kot pri zgoraj omenjenih prevrnitvah tovornih vozil lahko pride do prevrnitve tudi pri priklopnih vozilih ob napačnem natovarjanju ali naglem in sunkovitem zavijanju. Realen zgled prikazuje slika 11 (levi del).

Slika 11: Prevrnitev priklopnika in premik prevrnilne linije ob zavijanju

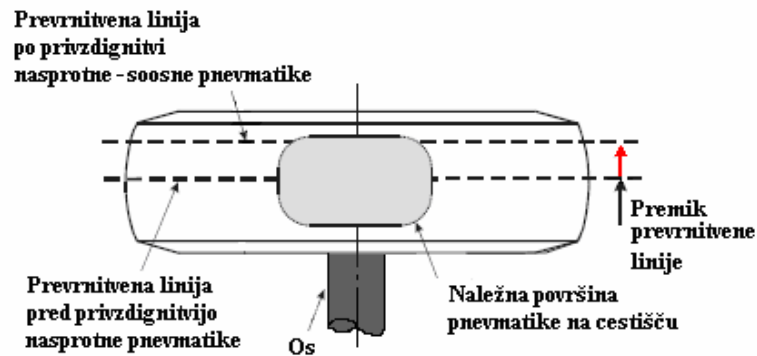


Vir: Podzuweit, 2002, str. 105 - 106

Kot vidimo na modelu, prikazanem na desnem delu slike 11, se prevrnilna linija ob izrazitem zavijanju premakne globoko v notranjost priklopnega vozila. Tovor, ki deluje v prid stabilizirajočemu momentu, zaradi pomika prevrnilne linije v notranjost začne delovati v prid prevrnilnemu momentu, kar v primeru težkega tovora zlahka pripelje do prevrnitve.

Do premaknitve prevrnilne linije pri pnevmatiki po nemški literaturi pride tudi, kadar nasprotna soosna pnevmatika izgubi stik s podlago (slika 12). Ta premaknitev prevrnilne linije na zunanji rob ima na prvi pogled sicer ugoden vpliv na stabilizirajoči moment, saj se mu ročica - razdalja od linije prevrnitve do težišča poveča.

Slika 12: Premik prevrnitvene linije ob privzdignitvi nasprotne soosne pnevmatike



Vir: Sicherung von Kurzholz auf Straßenfahrzeugen [Königsberger Ladungssicherungskreis e.V.], b. d.

Vendar izguba stika soosne pnevmatike povzroča na eni strani dodatne obremenitve na vzmet in pnevmatiko na kateri pride do premika prevrnitvene linije, na drugi strani pa popolno razbremenitev vzmeti in pnevmatike, ki je izgubila stik s cestiščem.

Dodatna obremenitev pnevmatike in vzmeti, povzroči učinek prazne pnevmatike oz. približanje osi cestišču in s tem še dodatno nagibanje vozila.

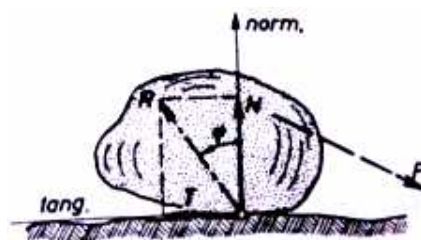
## 1.7 Trenje

Izkustveno je ugotovljeno, da nastane pri gibanju ali tendenci gibanja enega togega telesa po površini drugega telesa v skupni tangencialni ravnini dotikajočih se teles odpor proti gibanju. Ta odpor je tako imenovana sila trenja ali torna sila,  $F_t$  ali  $T$ , ki je vedno nasprotno usmerjena smeri gibanja ali tendenci gibanja. Zato ima reakcija dve komponenti, slika 10. (Cvetaš, 1991, str. 301)



Določevanje velikosti tornih sil je vedno vezano na empirične podatke, ki jih narekujejo fizikalne lastnosti teles.

Slika 13: Fizikalni model trenja



Vir: Cvetaš, 1991, str. 301

Glede na način gibanja enega telesa po površini drugega telesa ločimo:

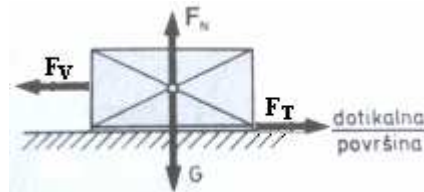
- trenje pri drsenju;
- trenje v čepih in ležajih;
- trenje pri kotaljenju;
- trenje gibkih elementov.

V nadaljevanju se bom dotaknil področja trenja pri drsenju, trenja gibkih elementov in trenja pri kotaljenju po podlagi.

### 1.7.1 Trenje pri drsenju

V kolikor želimo premakniti togo telo, ki leži na ravni podlagi (slika 14), z vlečno silo  $F_V$ , ki je vzporedna tej podlagi, moramo pri tem premagati silo trenja  $F_T$ . Tako lahko v položaju ravnotežja, tik preden se telo premakne, zapišemo enačbo (10).

Slika 14: Razmere pri trenju na ravnini



Vir: Cvetaš, 1996, str. 145

$$F_V = F_T \quad [10]$$

Torej v tem trenutku, tik pred premikom, je vlečna sila  $F_V$  enaka sili statičnega trenja  $F_T$ . Tako pa lahko zapišemo tudi splošen izraz za torno silo, ki se glasi

$$F_T = F_N \times \mu \quad [11]$$

$F_N$  – normalna sila podlage, ki je na ravnini enaka sili teže  $G$  ali  $F_g$

$\mu$  – koeficient trenja

Koeficient trenja  $\mu$  je brezdimenzijsko število, ki je empirično določeno ter odvisno od:

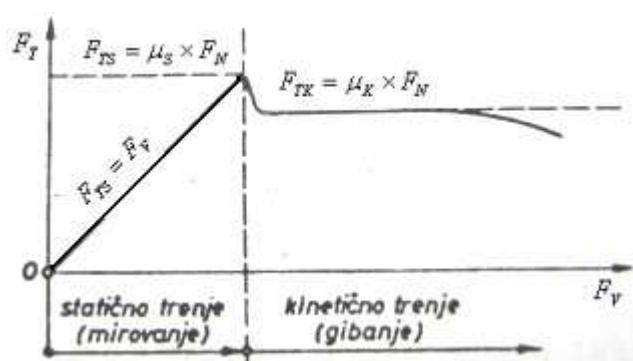
- vrste materialov nalegajočega materiala;
- stopnje hrapavosti dotikalnih površin;

- načina mazanja tornih površin (govorimo o suhem, mešanem in tekočinskem trenju);
- hitrosti gibanja enega telesa proti drugemu ( $\mu_S > \mu_K$ );
- temperature.

Obenem pa je koeficient trenja vedno neodvisen od površine, s katero nalega tovor na dno oziroma keson tovornega vozila.

Enačbo (11) lahko ponazorimo tudi grafično, v območju statičnega trenja (slika 15).

Slika 15: Upad sile trenja ob prehodu iz mirovanja v gibanje



Vir: Cvetaš, 1991, str. 302

Iz slike 15 lahko vidimo, da je v območju statičnega trenja vlečna sila  $F_V$  enaka oziroma manjša kot sila trenja  $F_{TS}$ , medtem ko je v območju kinetičnega trenja vlečna sila  $F_V$  večja kot torna sila  $F_{TK}$ .

Torej je: 
$$F_{TS} \geq F_V \geq F_{TK} \quad [12]$$

Pri statičnem trenju zapišemo enačbo (11) v obliki

$$F_{TS} = F_N \times \mu_S \quad [13]$$

Pri kinetičnem trenju, ko drsi eno telo po drugem, enačbo za silo trenja zapišemo

$$F_{TK} = F_N \times \mu_K \quad [14]$$

Približne vrednosti tornih koeficientov  $\mu_S$  in  $\mu_K$  za različne materiale so prikazane v tabeli 1.



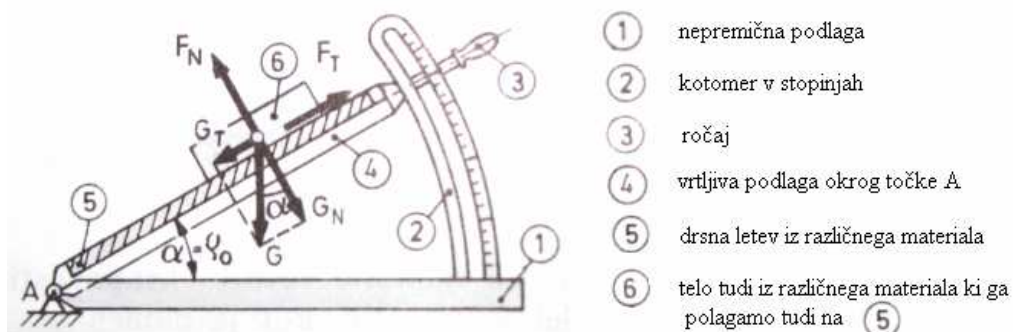
Tabela 1: Približne vrednosti tornih koeficientov za različne materiale

| Material                | Stanje površine | Stat. trenje $\mu_S$ | Kinet. trenje $\mu_K$ |
|-------------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|
| Jeklo na jeklo          | suho            | 0,15 – 0,25          | 0,015                 |
| Jeklo na jeklo          | mazano          | 0,1 – 0,2            | 0,01                  |
| Jeklo na lito železo    | mazano          | 0,12 – 0,2           | 0,03                  |
| Jeklo na belo kovino    | mazano          | 0,04 – 0,1           | 0,02                  |
| Jeklo na medenino       | mazano          | 0,16                 | 0,12                  |
| Medenina na medenino    | mazano          | 0,18                 | 0,15                  |
| Lito železo na medenino | mazano          | 0,2                  | 0,16                  |
| Jeklo na usnje          | namaščeno       | 0,3 – 0,5            | 0,3                   |
| Jeklo na les            | suho            | 0,4 – 0,6            | 0,3 – 0,5             |
| Jeklo na les            | mazano          | 0,3 – 0,5            | 0,1 – 0,3             |
| Les na les              | suho            | 0,4 – 0,7            | 0,3                   |
| Usnje na les            | suho            | 0,5 – 0,6            | 0,3 – 0,5             |
| Kamen na les            | suho            | 0,4                  | –                     |

Vir: Cvetaš, 1991, str. 303

Statični torni koeficient  $\mu_S$ 

Do v tabeli navedenih tornih koeficientov  $\mu_S$  pridemo na empiričen način in sicer najenostavneje s telesom na klančini, katere naklonski kot je možno spreminjati (slika 16).

Slika 16: Določanje statičnega tornega koeficienta  $\mu_S$ 

Vir: Cvetaš, 1996, str. 146

Iz razmer na klancu si podrobneje oglejmo trikotnik delujočih sil (slika 17)

Slika 17: Trikotnik sil



Zapišemo enačbo sile statičnega trenja na klančini

$$F_{TS} = G \times \sin \alpha \quad [15]$$

Silo statičnega trenja  $F_{TS}$  nadomestimo z enačbo trenja

$$\mu_s \times F_N = G \times \sin \alpha$$

Normalno silo podlage  $F_N$  nadomestimo z silo teže na klančini

$$\mu_s \times G \times \cos \alpha = G \times \sin \alpha$$

Po ureditvi leve in desne strani enačbe dobimo naslednjo enačbo

$$\mu_s = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha \quad [16]$$

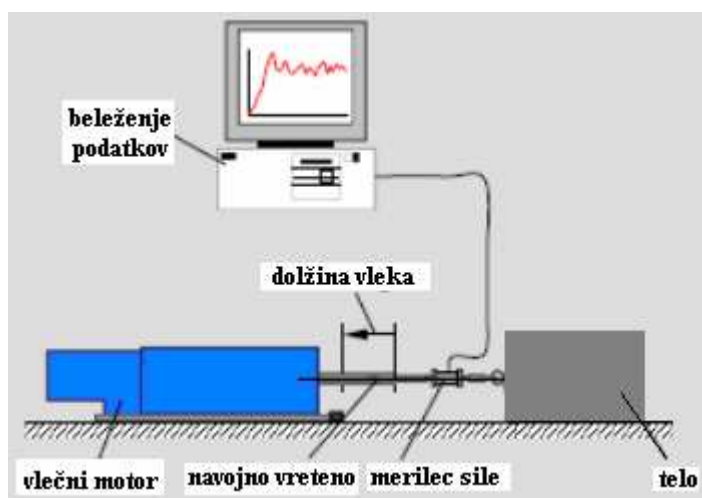
Iz dobljene enačbe (16) lahko zapišemo, da statični koeficient trenja ustreza tangensu naklonskega kota, pri katerem telo zdrsne po strmini.

Kinetični torni koeficient  $\mu_K$

Kot je razvidno iz slike 15, se v trenutku, ko telo preide iz mirovanja v gibanje, v silo trenja namesto statičnega tornega koeficienta  $\mu_s$  vključi kinetični torni koeficient  $\mu_K$ , ki je prav tako določen empirično in je po vrednosti manjši, kar posledično povzroči manjšo silo trenja  $F_{TK}$ .

Da pridobimo sorazmerno zanesljiv podatek o dinamičnem oz. kinetičnem koeficientu trenja, potrebujemo nekoliko več opreme (slika 18).

Slika 18: Meritev torne sile



Vir: Sicherung von Kurzholz auf Straßenfahrzeugen [Königsberger Ladungssicherungskreis e.V.], b. d.






Potrebno opremo sestavlja telo iz poznane materiala z znano težo, torna podlaga, digitalni merilec sile, ki je povezan z računalnikom, kateri beleži torno silo ter vlečni motor z navojnim vretenom, ki zagotavlja enakomerno vlečno silo in je trdno vpet v podlago. Vlečna sila mora biti večja od statične sile trenja.

Na ta način dobimo mnogo podatkov o kinetični sili trenja za merjeni materialni par. Iz teh podatkov nato izračunamo povprečno vrednost kinetične sile trenja, nato pa iz enačbe kinetičnega trenja [14] izračunamo kinetični koeficient trenja.

Ker pa so podatki o tornih koeficientih  $\mu_S$  in  $\mu_K$  dobljeni empirično na podlagi poizkusov, kljub mnogim poizkusom na paru dveh materialov ne dobimo eksaktnega podatka, temveč skoraj vedno podatek v določenem območju npr. za torni par jeklo les znaša  $\mu_K$  (0,3 – 0,5).

Za primere transporta blaga, kjer je stanje kontaktnih površin daleč od laboratorijskih pogojev ter nemalokrat izpostavljeno najrazličnejšim vremenskim in drugim vplivom, pa je potrebno upoštevati tudi naslednja stanja naležnih površin ter z njimi povezane spremembe torne sile (tabela 2):

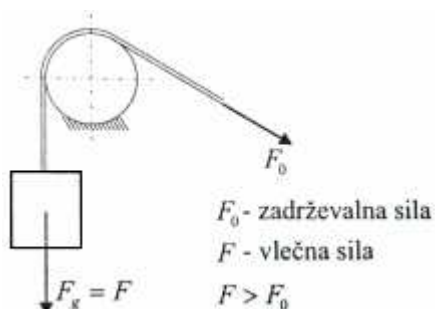
Tabela 2: Stanja naležnih površin

| Stanje površine                        | Slika stanja površine   | Opis   |
|--|---|--|
| Suhi in čisti naležni površini         |    | Čisti in suhi naležni površini omogočata optimalno trenje, za katerega je možno dobiti sorazmerno natančna koeficienta trenja $\mu_s$ in $\mu_k$ .                           |
| Mokri naležni površini                 |    | V primeru mokrih naležnih površin se med ploskvama nahaja voda, ki koeficient trenja ter posledično silo trenja zmanjšuje.   |
| Krepko umazani naležni površini        |    | Pri močno umazanih naležnih površinah umazanija deluje kot >> mazivo << kar koeficient trenja zmanjšuje.   |
| Mazani naležni površini                |   | Kadar so naležne površine mazane, mazivo loči naležni površini, zaradi česar pride do močnega padca koeficienta trenja ter posledično tudi sile trenja.                      |
| Torna podloga med naležnima površinama |  | Torna podloga med naležnima površinama s svojim visokim koeficientom trenja močno poveča tudi trenje med tornima površinama zaradi česar se potreba po pritrjevanju zmanjša. |

### 1.7.2 Trenje gibkih elementov po kolutih

Gibki elementi so tisti elementi, ki proti upogibanju nudijo le minimalen odpor. Taki elementi so predvsem vrvi in jermena.

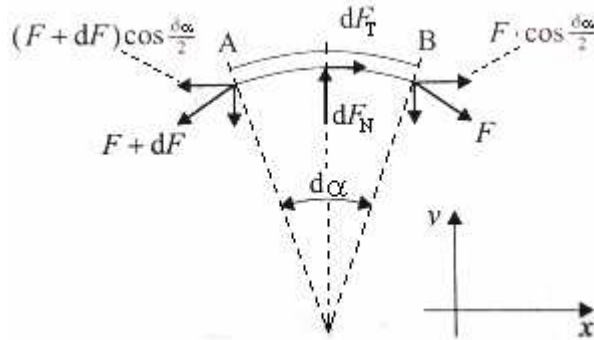
Slika 19: Trenje gibkega elementa na kolutu



Vir: Šterk, 2001, str. 71

Za primer iz slike 16, ko s pomočjo vrvi zadržujemo breme, iz izkušenj vemo, da je sila  $F_0$ , s katero držimo breme v mirovanju mnogo manjša od vlečne sile bremena. To je posebej izrazito, če vrv večkrat ovijemo okoli koluta. Očitno nam pomaga trenje. (Šterk, 2001, str. 73)

Slika 20: Situacija na delcu koluta



Vir: Šterk, 2001, str. 72

Izrežimo diferencialen delec in preučimo razmere (slika 20): na delec deluje elementarna normalna sila koluta  $dF_N$ , zaradi trenja delca ob kolut pa proti desni strani tudi sila trenja  $dF_T$ . Posledica tega je sila v točki A za  $dF$  večja kot v B. Nastavimo ravnotežne enačbe:

Za smer  $y$ :

$$\sum F_{iy} = 0$$

$$dF_N - (F + dF) \sin \frac{d\alpha}{2} - F \sin \frac{d\alpha}{2} = 0$$

$$dF_N - F \sin \frac{d\alpha}{2} - dF \sin \frac{d\alpha}{2} - F \sin \frac{d\alpha}{2} = 0$$

Ker je  $dF \sin \frac{d\alpha}{2}$  produkt dveh diferencialnih vrednosti, ga zanemarimo, namesto

sinusa majhnega kota pa pišemo kar kot  $\left( \sin \frac{d\alpha}{2} \approx \frac{d\alpha}{2} \right)$ , iz česar sledi

$$dF_N = 2F \sin \frac{d\alpha}{2} \approx 2F \frac{d\alpha}{2} = F d\alpha$$

$$dF_N = F d\alpha$$

Za smer x:

$$\sum F_{ix} = 0$$

$$-(F + dF) \cos \frac{d\alpha}{2} + dF_T + F \cos \frac{d\alpha}{2} = 0$$

Produkta  $dF \cos \frac{d\alpha}{2}$  tu ne zanemarimo, saj je  $\cos \frac{d\alpha}{2} \approx 1$

$$-F \cos \frac{d\alpha}{2} - dF + dF_T + F \cos \frac{d\alpha}{2} = 0$$

$$dF = dF_T$$

Z uporabo enačbe drsnega trenja  $dF_T = \mu \times dF_N$  sledi

$$dF = \mu \times F d\alpha$$

$$\frac{dF}{F} = \mu \times d\alpha$$

Z integriranjem enačbe dobimo

$$\int_{F_0}^F \frac{dF}{F} = \int_0^\alpha \mu \times d\alpha$$

$$\ln \frac{F}{F_0} = \mu \times \alpha$$

$$\frac{F}{F_0} = e^{\mu \times \alpha}$$

$$\boxed{F = F_0 \times e^{\mu \times \alpha}}$$

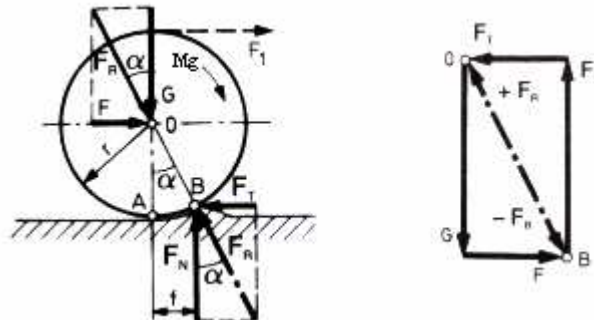
[17]

### 1.7.3 Trenje pri kotaljenju po podlagi

Preden obravnavamo trenje pri kotaljenju, je treba vedeti, da do samega trenja ne pride, če sta dotikalni površini podlage in kolesa (koluta, valja, krogle) s silo teže  $G$  idealno gladki. V tem primeru bi kolo pod vplivom vlečne sile  $F$  drselo po podlagi in se nebi kotalilo. Če pa bi na kolo deloval vrtilni moment, bi se kolo vrtelo na mestu.

Iz teh spoznanj sledi, da pride do trenja pri kotaljenju kolesa s silo teže  $G$  po podlagi samo takrat, kadar sta dotikalni površini hrapavi in zaradi nanj delujoče vlečne sile  $F$  oz. gonilnega momenta  $Mg$  (slika 21). Pri tem se pojavi odporna sila  $F_R$ , katere smernica gre skozi točko B (na deformirani podlagi) in točko O (v središču kolesa). Zaradi nastale podajnosti (deformiranosti) podlage  $\overline{AB}$ , se smernica normalne sile  $F_N$  premakne od središča kolesa z razdaljo  $\overline{AB} = f$  in njena velikost  $F_N = G$ . Iz znanega pogoja ravnotežja treh sil s skupnim prijemaščem v ravnini sledi, da mora biti na zveznici  $\overline{OB}$  rezultanta  $F_R = 0$ . Do te rešitve pridemo z naslednjim mnogokotnikom sil (slika 18). (Vir: Cvetaš, 1996, str. 155)

Slika 21: Razmere pri kotaljenju ter mnogokotnik sil, ki pri tem nastopajo



Vir: Cvetaš, 1996, str. 156

Za primer, ko gre smernica sile  $F$  skozi središče kolesa O, vidimo iz slike 21, da tvorita sili  $F$  in  $F_T$  gonilni element dvojice sil  $Mg$  ter sili  $G$  in  $F_N$  torni moment  $M_T$ .

Glede na točko A povzročajo navedene sile naslednje momente:

$$F \times r = F_N \times f = G \times f$$

Od tod dobimo izraz za vlečno silo

$$F = \frac{f}{r} \times G = \frac{M_T}{r} \quad [18]$$

Razdaljo  $f$  imenujemo torni koeficient pri kotaljenju. Njegove vrednosti določimo empirično in ima enoto ( $cm$ ).

*Tabela 3: Preglednica nekaterih tornih koeficientov  $f$*

| material                 |                 | f (cm)    |
|--------------------------|-----------------|-----------|
| kolo                     | podlaga         |           |
| kaljene jeklene kroglice | jeklo           | ~ 0,002   |
| jeklo                    | jeklene tirnice | ~ 0,05    |
| lito jeklo               | lito jeklo      | ~ 0,05    |
| guma                     | asfalt          | ~ 0,01    |
| les                      | les             | ~ 0,5     |
| valjar za ceste          | pesek           | 1,0 – 2,0 |

*Vir: Cvetaš, 1996, str. 157*

Ob tem je pomembno poudariti, da pri vožnji pnevmatike po asfaltnem cestišču pride do deformacije pnevmatike in ne cestišča. Do sočasne deformacije pnevmatike in cestišča pa pride v primeru vožnje po neutrjenem terenu, kot je nasut pesek, zemlja, blato.

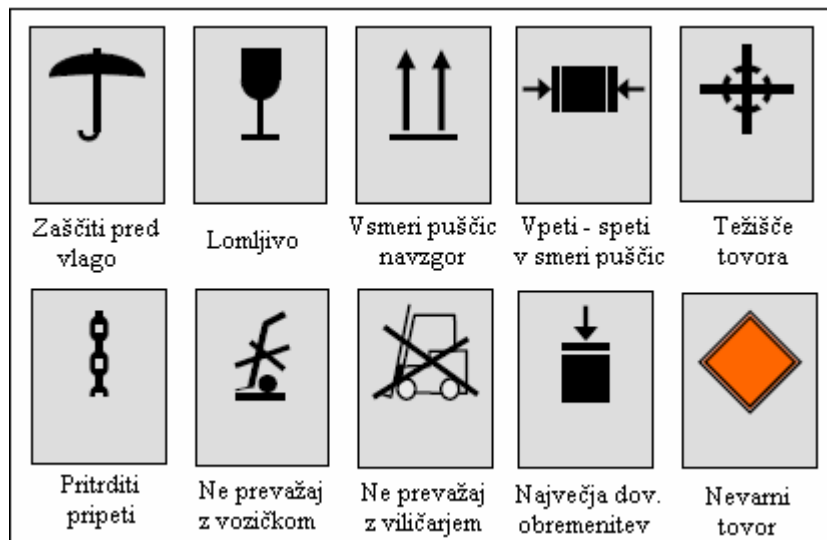


## 1.8 Označevanje tovora

Namen označevanja tovora z oznakami je v tem, da kljub embalaži, ki zakriva in ščiti tovor, izvajalcu manipulacije nudi kljub morebitnemu nepoznavanju tovora poglobitve napotke, kako pravilno rokovati s tovorom, da pri tem ne pride do poškodb embalaže in posledično tovora.

Poglavitni namen oznak je torej povečati hitrost in kakovost manipulacije s tovorom. Mednarodni standardi za oznake tovora poleg standardiziranih oznak, kot jih prikazuje slika 22, predpisujejo tudi zahtevo, da mora biti tovor s temi oznakami označen na dveh nasprotnih straneh embalaže. Poleg vrste, pozicije in števila označb pa standard predpisuje tudi usklajenost teh označb s spremno dokumentacijo tovora, v kateri morajo biti podrobnejša in praktična razlaga oznak, bruto masa, število tovorkov, navodila za odpošiljatelja ...

Slika 22: Standardizirane oznake tovora po DIN 55402 – 1



Vir: *Laden und Sichern [Spitzenverband für Güterkraftverkehr, Logistik und Entsorgung ], b. d.*

Nameščanje nalepk z oznakami je predvsem v domeni proizvajalca ali pošiljatelja blaga, medtem ko mora prevoznik in izvajalec manipulacije (viličarist, žerjavist) paziti predvsem, da se pri prevozu in manipulaciji tovora te oznake upoštevajo in ne poškodujejo ali odstranijo.

## **2 SILE NA TOVOR MED TRANSPORTOM IN POTREBA PO ZAVAROVANJU TOVORA**

Poleg nekaterih že omenjenih sil, ki delujejo na prevozno sredstvo in tovor med transportom, je potrebno upoštevati še številne druge kombinacije sil in obremenitev.

Tako na sile med transportom vpliva:

- izbira transportnega sredstva;
- način in pazljivost natovarjanja ali pretovarjanja;
- upravljanje operaterja – voznika;
- stanja prometnih poti – cestišča;
- konstrukcije – gradnje prevoznih sredstev;
- načina in vrste zavarovanja tovora.

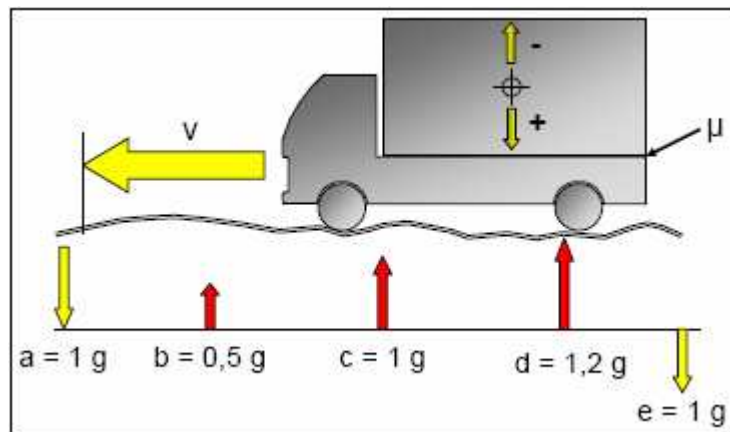
Če želimo tovor varno prepeljati od pošiljatelja do prejemnika, moramo z načinom in vrsto zavarovanja tovora kljubovati tudi vsem prisotnim silam.

Pri tem je potrebno upoštevati, da vse razmere, ki se dogajajo v prometu, vendarle niso povsem normalne in tako tovor ne moremo popolnoma zavarovati pred vsemi vplivi in pojavi ter posledično silami, ki ob tem nastopajo. Tu imam v mislih predvsem primere prometnih nezgod, ki jih ne moremo šteti k normalnim razmeram v prometu. Dejstvo je, da pri njih nastajajo kar nekajkrat večje sile, kot tiste, za katere je bilo samo vozilo konstruirano in grajeno. S pravilnim zavarovanjem tovora lahko odpravimo vzroke za nastanek prometnih nezgod, ali vsaj omilimo njihove posledice. Preden se poglobimo v načine in vrste zavarovanja tovora ter s tem povezane opreme, si oglejmo glavne sile, ki nastopajo pri normalnih razmerah v prometu.

## 2.1 Sila podlage

V grobem velja, da je sila podlage enaka normalni sili, ta pa je nasprotno usmerjena in enaka teži tovora, kar drži, v kolikor vozilo miruje, oziroma se giblje po idealno gladki in vodoravni podlagi ter so pnevmatike s platišči idealno centrične. Teh pogojev v praksi ni, saj ob pazljivejši vsakodnevni vožnji po cestišču opazimo mnogo neravnin, udarnih jam, neusklajenih spojev asfalta, ovir za umirjanje prometa itd. To pomeni, da se, v nasprotju s težo tovora, normalna komponenta podlage med vožnjo neprestano spreminja, kot prikazuje slika 23.

Slika 23: Spreminjanje sile podlage v odvisnosti od neravnin na vozišču



Vir: Ladungssicherung / Reduzierung von Transportschäden [Institut für Beratung, Forschung, Systemplanung, Verpackungsentwicklung und -prüfung], b. d.

Vsa ta gibanja so posledica vztrajnosti tovora, ki vztraja v predhodnem položaju. Ko zapeljemo v vdolbino, normalna sila vpade pod ravnotežno vrednost, ko pa zapeljemo na izboklino, normalna sila podlage trenutno preseže ravnotežno vrednost sile teže tovora. To neprestano nihanje normalne sile podlage se skladno z enačbo trenja [11] odraža tudi z neprestanim spreminjanjem torne sile oz. sile trenja.

Omeniti pa moramo tudi sile v vzmeteh, preko katerih so osi vozila povezane z nosilnim ogrodjem, ter sile amortizerjev, katerih naloga je blaženje – dušenje povratnih gibov vzmeti.

Kadar zapeljemo v vdolbino podvozje, ter z njim povezan keson sledi obliki cestišča, ter se odmakne navzdol. Tovor mu zaradi svoje vztrajnosti sledi s krajšim zamikom. V tem

trenutku, vrednost normalne sile pade na vrednost nič. To z drugimi besedami pomeni, da za trenutek torna sila pade na vrednost nič, saj se tovor odlepi od dna tovornega vozila oz. izgubi stik s podlago.

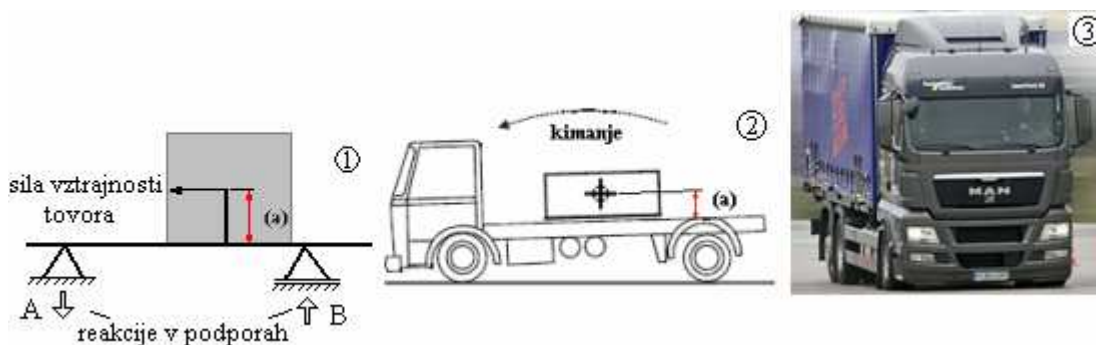
Omenjeni pojav ne bi bil pretirano problematičen, če bi se vozilo gibalo s konstantno hitrostjo, kar pa v praksi ni mogoče, saj je vožnja vsaj v okolica mest in po mestnih središčih sestavljena iz neprestanih pospeševanj in zaviranj ter voženj v krajše ovinke. Poleg tega pa med tako imenovane »normalne« pojave v prometu spada tudi hitro manevriranje in sunkovito zaviranje, ko se želimo nenadoma opaženi oviri izogniti oziroma se pred njo zaustaviti.

Te aktivnosti – akcije nedvomno povzročajo reakcije ki se odražajo, kot manjši ali večji premiki tovora po tovornem prostoru, zaradi česar je tovor potrebno zavarovati, da ohranja svoj prvotni položaj in lego na vozilu.

## 2.2 Nagibanje vozila med zaviranjem

Eno večjih težav pri konstrukciji podvozij in zavor cestnih vozil predstavlja dejstvo, da je težišče vozila vedno dvignjeno nad voziščem oziroma osmi vozila, kar je še zlasti izrazito in opazno pri tovornih vozilih. To pa ob zaviranju povzroča tako imenovano kimanje oz. prenos obremenitve, čemur sledi razbremenitev zadnje in dodatna obremenitev prednje osi, kot to prikazuje slika 24.

Slika 24: Nagibanje vozila pri zaviranju – kimanje



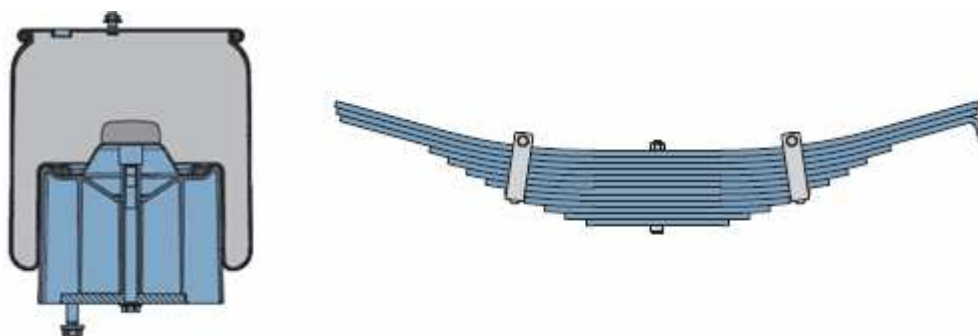
Vir : (2) Sicherung von Kurzholz auf Straßenfahrzeugen [Königsberger Ladungssicherungskreis e.V.],  
b. d. (3) Vorderachsaufhängung [MAN Nutzfahrzeuge], b. d.

Da bi ne želeni pojav oz. moment sile vztrajnosti čimbolj zmanjšali moramo zmanjšati njeno ročico (a) – slika 24. Težišče mora biti kar se da nizko, kar pa lahko dosežemo z le z ustrezno razporeditvijo tovora ter upoštevanjem načela, da mora biti lažji tovor nameščen nad težjim. Pojav pri najnovejših tovornih vozilih in priklopnikih dokaj uspešno zmanjšujejo s sistemi nadzora in upravljanja blažilnikov (CDC – MAN, PDC – BPW).

### 2.3 Konstrukcija podvozja tovornih vozil in njen vpliv na tovor

Velika večina sodobnih tovornih vozil, tako tovornjakov kot priklopnikov, je dandanes opremljena z mehovnimi oziroma zračnimi vzmetmi. Te pa imajo pred npr. listnatimi (slika 25) veliko prednosti, saj je z regulacijo tlaka možno kljub polni obremenitvi doseči identično pozicijo oz. višino. Poleg tega je, s krmilnim ventilom možno enostavno nastavljati višino podvozja, kar je zlasti pripravno pri vozilih z menjalnimi kesoni, pri odpenjanju oz. pripenjanju polpriklopnika ali uskladitvi višine tovornega dna z nakladalno rampo. Poleg že naštetih prednosti jih odlikuje tudi precej manjše število sestavnih delov, manjše potrebe po vzdrževanju ter mnogo manjša masa sestavnih delov. Manjša masa na eni strani povečuje nosilnost na drugi strani pa zaradi manjše mase nevzmetenih delov pridobimo na udobnosti vožnje.

Slika 25: Zgradba zračne in listnate vzmeti



Vir: NFZ-Katalog 2009 [BPW Bergische Achsen], b. d.

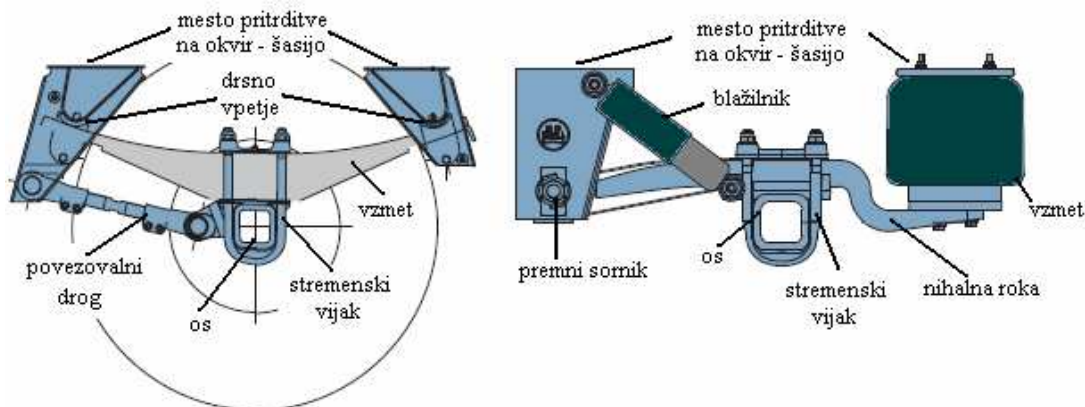
Poleg dobrih strani pa ima zračna vzmet tudi nekaj slabih strani oziroma pomanjkljivosti:

- primerna je za manjše obremenitve kot listnata vzmet;
- je bolj občutljiva na umazanijo ter udarce;

- za obratovanje potrebuje kompresor, ki zagotavlja zrak pod tlakom, (kar načeloma za tovorna vozila ni slabost, saj zrak pod tlakom potrebujejo tudi za delovanje zavor);
- ob predrtju enega mehu ostane celo vozilo brez vzmetenja (v kolikor je celotno opremljeno z zračnimi vzmetmi);
- tako kot listnata vzmet ima progresivno karakteristiko, toda pri listnati vzmeti zaradi večjega števila listov prihaja do medsebojnega trenja kar povzroči, da ima vzmet lastno dušenje. Pri zračni vzmeti pa ni nikakršnega dušenja, zato mora biti na vozilo vedno vgrajena v kombinaciji z blažilniki oz. amortizerji.

Ker sta si vzmeti različni po zgradbi, se razlikuje tudi njuno vpetje na nosilni okvir oz. šasijo (slika 26). Listnati vzmeti sta neposredno gibljivo povezani s šasijo le s povezovalnim drogom, ki zagotavlja vzdolžen razmik, sicer pa že z svojo zgradbo omogočata prek drsnih vodil, ki so privarjene ali privijačene na nosilni okvir, bočno vpetost osi v šasijo.

Slika 26: Vzdolžni prerez izvedbe vpetja listnatih in zračnih vzmeti v podvozje



Vir: NFZ-Katalog 2009 [BPW Bergische Achsen], b. d.

Precej drugače pa je pri zračni vzmeti. Le ta deluje kot meh in ne nudi nikakršne opore oz. stabilnosti v nobeni smeri, zaradi česar je os prek nihalnih rok ter premnih sornikov vpeta v podvozje kot nihalka. Na šasijo je z ene strani privijačena ali privarjena nosilna roka, v katero je prek premnega sornika vpeta nihalna roka ter blažilnik. Z druge strani pa sta na šasijo vpeti zgornji plošči mehov.

Taka konstrukcijska izvedba vpetja zračnih vzmeti omogoča dobro vzmetenje predvsem osi priklopnikov. V zadnjih letih podobno konstrukcijo srečamo tudi pri pogonskih oseh tovornih vozil (Scania, Renault, Mercedes-Benz ...).

### 2.3.1 Razmere pri zaviranju

Listnato vzmetenje

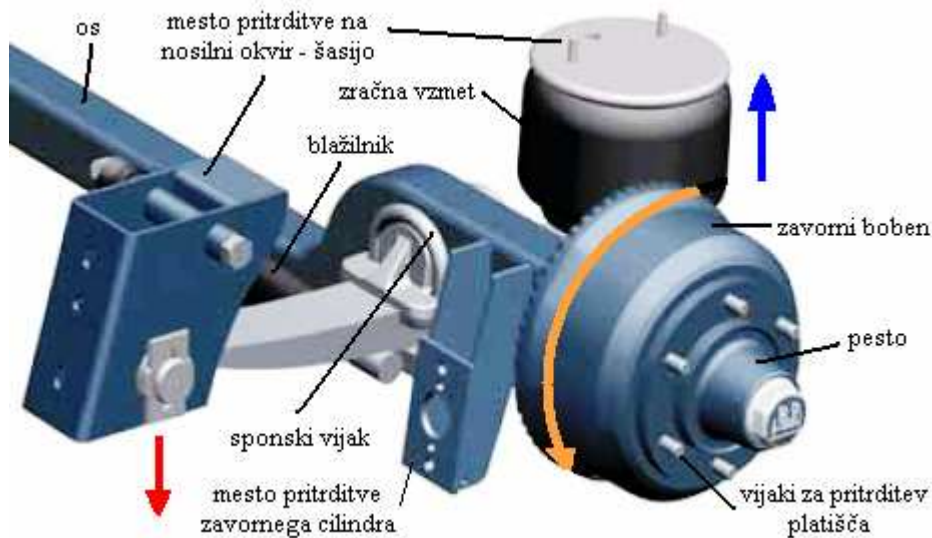
Pri močnem oziroma polnem zaviranju se zgoraj omenjeni konstrukcijski izvedbi vpetja listnatih ter zračnih vzmeti precej različno odzoveta.

Pri listnatem vzmetenju želita zavirajoči kolesi zavrteti os v smeri vrtenja koles, čemur se upirata z osjo trdno povezani listnati vzmeti, ki dobita blago (S) obliko. Vzrok je v tem, da vzmet na strani, kjer deluje prva od dvojice sil, navzdol razpira, na drugi strani, kjer druga od dvojice sil deluje navzgor, pa s tem tlači listnato vzmet. Ob tem je potrebno poudariti, da je listnata vzmet na strani, kjer jo razpira, bolj ukrivljena, kot na nasprotni strani, kjer jo tlači. Razlog je v tem, da na strani, kjer jo razpira prva od dvojice sil, deluje le na zgornjih nekaj najdaljših listov (glej sliko zgradbe vzmeti na sliki 25) listnate vzmeti, ki se zaradi tega bolj upognejo kot listi na nasprotni strani, kjer vsi listi listnate vzmeti stopenjsko prenašajo drugo od dvojice sil. Kot končni rezultat pa lahko predvidevamo, da se nosilni okvir ter s tem tovorno dno prikolice ali tovornega vozila v trenutku močnega zaviranja malenkostno privzdigne. To je po teoriji dobrodošlo, saj trenutno sila podlage preseže silo teže, s čimer se trenutno poveča sila trenja med tovorom in tovrnim dnom, kar pripomore k zavarovanju tovora proti premiku.

## Zračno vzmetenje

Ob uporabi zračnega vzmetenja ter zelo pogosto uporabljenega načina vpetja, kot ga prikazujeta sliki 26 in 27, pa je situacija sicer podobna primeru z uporabo listnate vzmeti z nekaj ključnimi razlikami. Da razjasnimo situacijo, si oglejmo primer polnega zaviranja:

Slika 27: Delovanje sil v podvozju, kot posledica zaviranja



Vir: NFZ-Katalog 2009 [BPW Bergische Achsen], b. d.

Torej, pri polnem zaviranju želita zavorna bobna ali koluta osi, odvisno od izvedbe, ki se vrtita skupaj s platišči in pnevmatikami, slednji imata stik s podlago, zavrteti os v smeri svojega vrtenja, kar prikazuje oranžna puščica na sliki 27. To povzroči dvojico sil (prikazanih z rdečo in modro puščico na sliki 27). Prva (rdeča) deluje prek osi, nihalne roke in premnega sornika na nosilno roko, ki je v togi povezavi z nosilnim okvirjem, ter jo sili navzdol proti tlom oz. cestišču. Druga od dvojice, (obarvana modro) pa prek osi in nihalne roke deluje navzgor ter s tem obremenjuje meh oz. zračno vzmet. Zračna vzmet se zaradi svoje karakteristike pod dodatno obremenitvijo poda – stlači (zračni tlak v njej naraste) ter tako ublaži začetni zavorni sunek sile. Kot rezultat delovanja vseh opisanih sil ter stisljivosti zraka v mehu lahko zapišemo, da se nosilna roka z nosilnim okvirjem oz. šasijo ob močnem zaviranju pomakne navzdol proti tlom. Tak premik nosilnega ogrodja oz. šasije je nezaželen, saj po teoriji povzroča padec – zmanjšanje normalne sile podlage. Do neželenega padca normalne sile pa tako pride ravno v najbolj kritičnih trenutkih polnega zaviranja, ko želimo izkoristiti maksimalno možno silo trenja med tovorom in dnem za zadrževanje vztrajnostne sile tovara. Poleg že



omenjenega negativnega efekta odmika na zgornji del vozila, torej na ogrodje, dno tovernega prostora ter nenazadnje tovor, pa ta skrček v podvozju deluje negativno tudi na spodnji del torej pnevmatike. Te so v stiku s cestiščem ter preko kotalnega trenja med pnevmatiko in podlago prenašajo silo zaviranja na cestišče. S trenutno razbremenitvijo pnevmatik v trenutku polnega zaviranja se zmožnost prenosa sile zaviranja na cestišče zmanjša, poveča pa se ter zveča možnost zdrsa pnevmatike. Kot vemo iz teorije, je zavorna pot z blokiranimi kolesi daljša tiste, kjer kolesa zadržimo na meji oprijemljivosti, torej v kotaljenju. To je tudi vzrok za serijsko vgradnja ABS zavornih sistemov v skoraj vsa cestna vozila.

#### Rešitev težave zračnega vzmetenja

Kot sem že omenil, ima zračno vzmetenje pred listnatim vzmetenjem številne prednosti. Težave se pojavijo le pri močnejšem oz. polnem zaviranju. Pri tem zaradi izvedbe vpetja, kot je prikazano na slikah 26 in 27, prihaja do tako imenovanega skrčka podvozja, saj zračna vzmet zaradi svoje konstrukcije ter lastnosti medija – stisljivosti zraka ne more toga zadržati dodatne obremenitve sile, ki se izraziteje pojavi ob polnem zaviranju. Omenjeno težavo je mogoče rešiti s spremembo konstrukcije vpetja, kot to prikazuje slika 28.

*Slika 28: Spremenjena – nekonvencionalna konstrukcija vpetja osi v podvozje*



Vir: Cascadia [Freightliner], b. d.

Na sliki lahko vidimo, da je osnovna zgradba praktično nespremenjena. Podobno imamo nihalno roko, ki je prek nosilne roke vpeta v nosilni okvir. Razliko lahko

opazimo le pri blažilniku, ki je nameščen pravokotno na nihalno roko ter je navpično vezan na nosilni okvir. Poenostavljeno lahko trdimo, da je vpetje identično kot prej, le da spremenimo smer vožnje.

Ob novi postavitvi, prikazani na sliki 28, sedaj ob zaviranju prva od dvojice sil prek nihalne roke, ki je na tej strani nekoliko podaljšana, deluje prek premnega sornika navpično navzgor. Na drugi strani nihalne roke pa je na krajši razdalji od osi vpeta zračna vzmet, katero druga od dvojice sil razpira. Temu razpiranju oz. razbremenjevanju se zračna vzmet ne upira, temveč ga sama, zaradi stisnjenega zraka v sebi, še pospešuje. Da ne pride do naglega razpiranja zračne vzmeti skrbi blažilnik, ki je nameščen vzporedno z njo. Pri oteževanju raztezanja zračne vzmeti imata znatno vlogo tudi dolžini ročic oz. pozicija osi na nihalni roki, ki je v tem primeru nameščena v neposredno bližino zračne vzmeti, daljši konec pa je prek sornika vpet v nosilno roko. Ta namestitev omogoča, da zaviralni moment deluje prek daljše ročice na privzdigovanje nosilnega okvirja, prek krajše ročice pa na zračno vzmet, s čemer se doseže zmanjšanje sile, ki razpira zračno vzmet.

Tako sedaj kot rezultat delovanja vseh opisanih sil lahko zaključimo, da se nosilni okvir ter s tem tovarno dno prikolice oz. tovornega vozila v trenutku močnega zaviranja malenkostno privzdigne. Tako se tudi pri zračni vzmeti doseže trenutno povečanje normalne sile ter posledično sile trenja med tovorom in tovornim dnom, ter trenuten prirastek obremenitve, ki pritiska pnevmatiko ob cestišče.

## **2.4 Sile na tovor v odvisnosti od vrste transportnega sredstva**

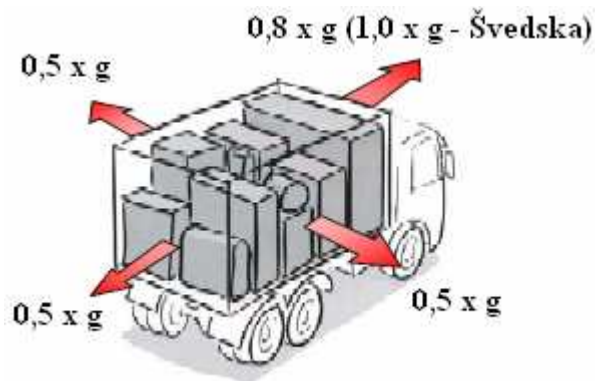
Sicer v tem magistrskem delu obravnavam predvsem cestni transport, toda ker se pri multimodalnem transportu blaga isto blago transportira večinoma v kontejnerjih z uporabo različnih transportnih sredstev, pogosto tudi cestnim, bom kratko predstavil tudi sile in dejavnike, ki nastopajo pri prevozu blaga z drugimi vrstami prevoznih sredstev.

Vsekakor je pri transportu blaga pomembna tudi izbira prevoznega sredstva. Z izjemo vodnega in zračnega transporta so smeri sil, ki delujejo na tovor podobne. Na njihovo velikost in smer vpliva predvsem dinamika gibanja transportnega sredstva.

### 2.4.1 Cestni transport

Dolgoletne izkušnje in rezultati preizkusov kažejo, da je tovor deležen precejšnjih obremenitev v cestnem transportu, saj je prisotnih največ močnih – polnih zaviranj v smeri vožnje ter sunkovitih izogibalnih manevrov v smeri leve in desne bočne smeri. Podrobnejšo opredelitev prikazuje spodnja slika 29.

Slika 29: Obremenitve na tovor izražene s pospeški za cestna tovorna vozila



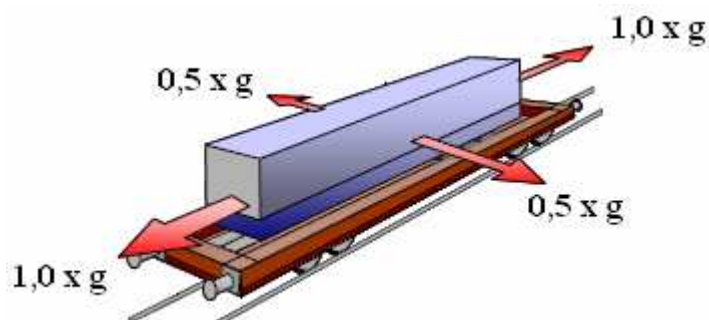
Vir: Transport quality manual [VLC Risk Management Dept 73400], b. d.

Na sliki 29 je vrednost obremenitve v določeni smeri prikazana z vrednostjo pospeška ( $\_x g$ ), ki deluje na tovor. S tem podatkom ob uporabi enačbe (3) ter znani masi tovora lahko enostavno izračunamo silo vztrajnosti, ki deluje na tovor. Hkrati ta sila predstavlja tudi vrednost sile zavarovanja oziroma silo vztrajnosti, ki jo mora tovor ob ustreznem zavarovanju prestat brez premikanja. Pri tem (g) predstavlja vrednost zemeljskega pospeška, ki ga ponavadi zaokrožimo na vrednost ( $10 \text{ m/s}^2$ ). Takšne zahteve po zavarovanju tovora veljajo v večini evropskih držav. Izjema je Švedska, kjer mora biti tovor zavarovan proti premikom v smeri vožnje z vrednostjo pospeška ( $1,0 x g$ ) oziroma z vrednostjo zemeljskega pospeška. Na Švedskem se za izračun sile trenja, ki nasprotuje premikom tovora, ne uporablja dinamični – kinetični koeficient trenja  $\mu_K$ , temveč statični koeficient trenja  $\mu_S$ .

## 2.4.2 Železniški transport

Smeri in velikosti delovanja sil so pri železniškem prometu (slika 30) zelo podobne cestnemu transportnemu prometu. Obstaja pa tudi možnost, da se vagon oz. kontejner določen del poti vozi v eno smer, nato pa se zaradi ranžiranja in preklapljanja vagonov ali pretovora kontejnerja smeri zamenjajo. Tako po pretovoru oz. ranžiranju sedaj prednja stran predstavlja prej zadnjo oz. hrbtno stran.

Slika 30: Obremenitve na tovor izražene s pospeški za železniška vozila



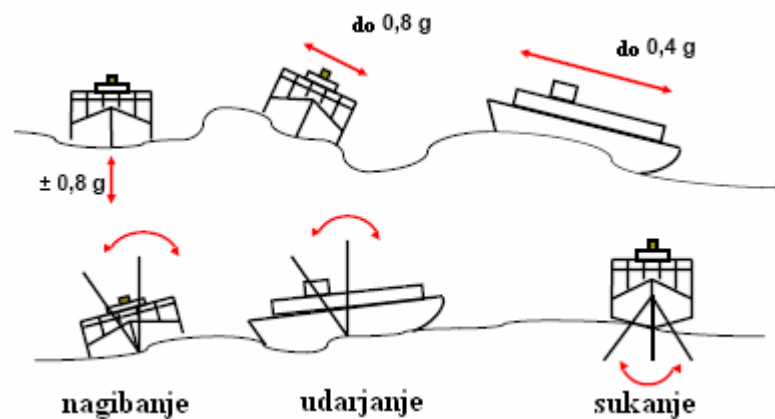
Vir: Transport quality manual [VLC Risk Management Dept 73400], b. d.

Tovor mora biti torej zavarovan v obeh smereh vožnje enako in sicer 1,0 x g. Pri transportu blaga po železnici lahko prihaja do izjemno velikih pospeškov oz. pojemkov ob ranžiranju vagonov, ko vagon udari ob končno blokado ob izteku slepega tira.

## 2.4.3 Ladijski transport

Pri ladijskem prometu je smeri delovanja sil in možnosti obremenitev mnogo več kot v cestnem ali železniškem transportu. V ladijskem prometu je poleg gibanja v smeri vseh treh osi potrebno upoštevati še nagibanje v vsaki izmed osi, tako vzdolžno kot bočno, ter ob tem tudi večja vertikalna nihanja (slika 31).

Slika 31: Obremenitve na tovor izražene s pospeški za ladijski promet



Vir: Ladungssicherung / Reduzierung von Transportschäden [Institut für Beratung, Forschung, Systemplanung, Verpackungsentwicklung und -prüfung], b. d.

Ob tem sta najpomembnejša bočno in vzdolžno nagibanje, saj lahko ladja ter z njo tovor pri bočnem nagibanju doseže ali celo preseže kot 30 stopinj. Vzdolžno nagibanje se giblje med 5 in 8 stopinjami. Vzdolžno nagibanje, kljub svoji majhni vrednosti, lahko predstavlja izjemno velike višinske amplitude.

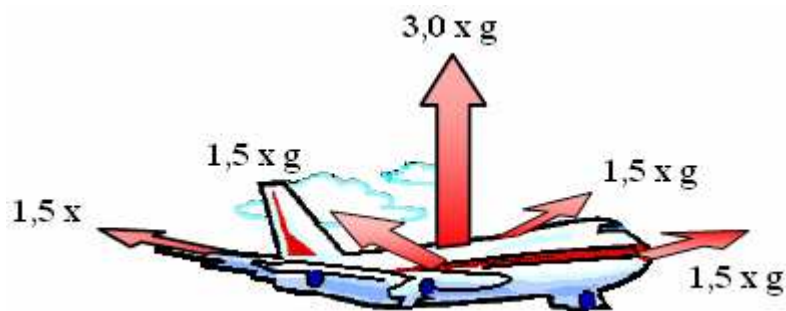
Tovor na razdalji 104 m od osi pri enostopinjskem odklonu od prečne osi ladje niha z amplitudo skoraj 10 metrov!

Iz navedenega lahko zaključimo, da so obremenitve na tovor pri ladji odvisne od velikosti ladje ter pozicije, kjer je tovor – zabojnik nameščen. Razlikujejo pa se tudi lastnosti – značilnosti morij (hitrost vetra, velikost valov ...) ter s tem povezane zahteve po zavarovanju blaga.

#### 2.4.4 Zračni transport

Pri zračnem transportu so prevozniške družbe priznale ter povzele načelne pospeške po SAS (Scandinavian Airline System – skandinavskem letalskem sistemu), ki določa pravila za ravnanje in zavarovanje blaga na paletah v zračnem transportu. Ta pravila narekujejo, da mora zavarovanje vzdržati obremenitve prikazane na sliki 32.

Slika 32: Obremenitve tovora izražene s pospeški za zračni promet



Vir: Transport quality manual [VLC Risk Management Dept 73400], b. d.

Nekoliko podrobnejši podatki o pospeških ter s tem povezanimi obremenitvami, ki nastopajo pri posamezni vrsti transportnega sredstva, so zbrani v tabeli 4.

Tabela 4: Preglednica vrednosti pospeškov v odvisnosti od vrste prevoznega sredstva

| Vrednost pospeška ( __ x g) |                |                  |                           |                  |
|-----------------------------|----------------|------------------|---------------------------|------------------|
| Vrsta transporta            | V smeri vožnje | V vzvratni smeri | Pravokotno na smer vožnje | V navpični smeri |
| Cestni                      | 0,8 (s)        | 0,5              | 0,5                       | /                |
| Železniški                  | 1              | 1                | 0,5                       | /                |
|                             | 4*             | 4*               | 0,5                       | /                |
| Morski                      | a) 0,3         | 0,3              | 0,5                       | ± 0,8            |
|                             | b) 0,3         | 0,3              | 0,7                       | ± 0,8            |
|                             | c) 0,4         | 0,4              | 0,8                       | ± 0,8            |
| Zračni                      | 1,5            | 1,5              | 1,5                       | 3                |

(s) 1,0 na Švedskem, Nizozemskem, Finskem ter v Angliji

\* vagoni in kontejnerji podvrženi ranžiranju

a) Baltsko morje

b) Severno morje

c) ostala morja

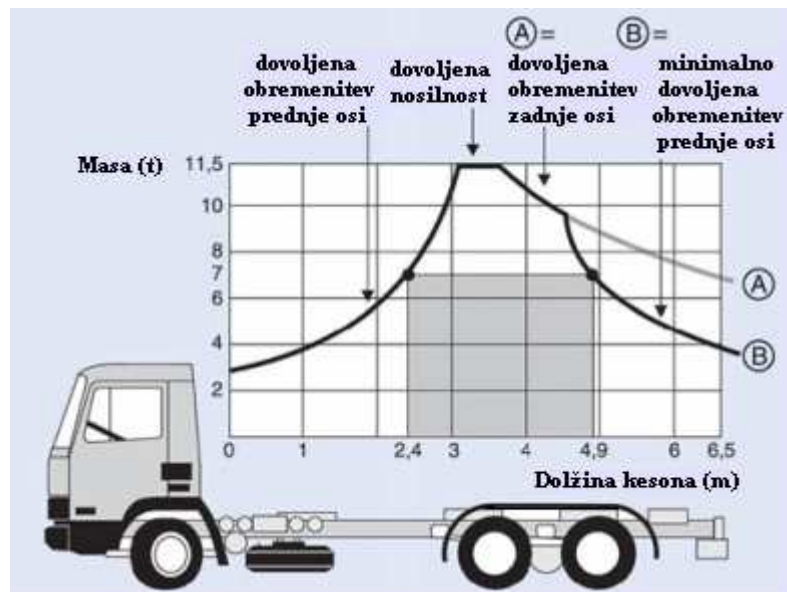
Vir: Transport quality manual [VLC Risk Management Dept 73400], b. d. in

Ladungssicherung / Reduzierung von Transportschäden [Institut für Beratung, Forschung, Systemplanung, Verpackungsentwicklung und -prüfung], b. d.

### 3 RAZPOREJANJE TOVORA

Pri natovarjanju tovornega oz. priklopnega vozila je potrebno upoštevati pravilno razporeditev tovora tako v vzdolžni kot prečni smeri, saj le na ta način lahko v polnosti izkoristimo razpoložljivo nosilnost vozila. Pri prečni razporeditvi težimo k enakomerni porazdelitvi tovora oziroma uravnoveženosti leve in desne strani tovornega vozila. Pri vzdolžni razporeditvi pa je potrebno upoštevati konstrukcijske ter zakonske omejitve, saj ne smemo preseči dovoljene nosilnosti ter osnih obremenitev. Tako se je najbolj smotno poslužiti obremenitvenega načrta, ki ga je možno izdelati za vsako tovorno oz. priklopno vozilo, in ki bi se moral nahajati v navodilih za uporabo vozila. V tem načrtu imamo v obliki grafa oz. krivulje, kot to prikazuje slika 33, prikazano območje maksimalne obremenitve za posamezen del vozila. Pri tem se vedno smatra, da ima tovor v prečni smeri težišče na sredini kesona.

Slika 33: Obremenitveni načrt tovornega vozila



Vir: *Ladungssicherung auf Fahrzeugen der Bauwirtschaft*  
[Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft], b. d.

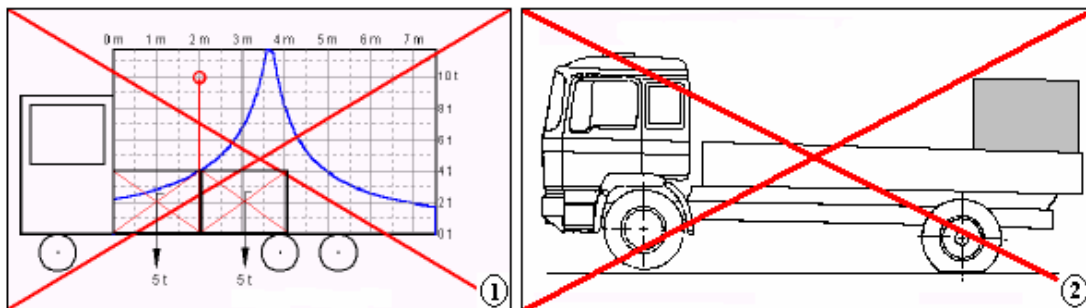
Prvi vzpenjajoči del krivulje določa največjo dovoljeno obremenitev prednje osi, drugi – ravni del pa določa področje največje nosilnosti. V tretjem, padajočem delu je graf sestavljen iz krivulje A in B, pri čemer krivulja A določa največjo dovoljeno obremenitev zadnje osi, krivulja B pa omejuje minimalno dovoljeno obremenitev prednje osi. Tako moramo npr. homogen tovor mase 7 t in dolžine 2,5 m namestiti 2,4

m od prednje stranice tovornega kesona, sivo obarvani del na sliki 33, s čemer dosežemo pravilno porazdelitev teže ter ne presežemo obremenitev nosilnih osi.

Ob nepravilni namestitvi ali zdrs tu tovara proti sprednjemu ali zadnjemu delu tovornega vozila naletimo na težave.

V primeru zdrsa naprej dodatno obremenimo oz. preobremenimo prednjo krmilno os s čemer poleg prekrška povzročimo težje krmiljenje, prekomerno obrabo pnevmatik, preobremenitev cestišča ter slabši oprijem pogonskih koles (prvi del slike 34).

Slika 34: Nepravilna namestitev oz. zdrs tovora



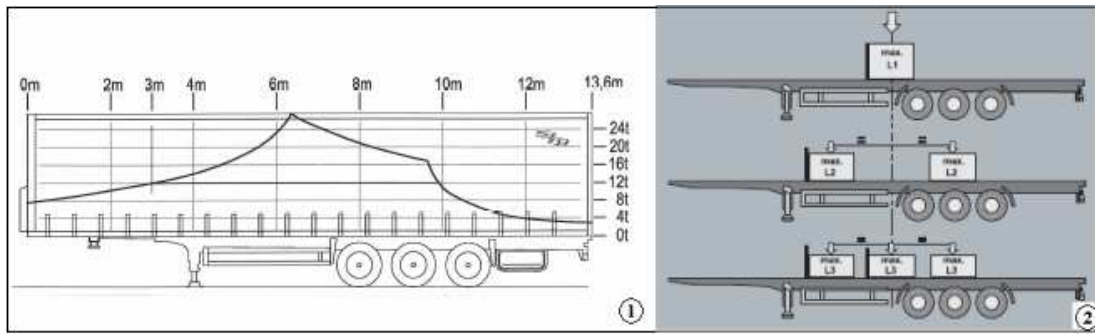
Vir: (1) *Ladungssicherung auf Fahrzeugen der Bauwirtschaft* [Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft ],  
b. d. (2) Podzuweit, 2002, str. 108

V primeru zdrsa proti zadnjemu delu tovornega kesona pride do dodatne obremenitve oz. preobremenitve zadnje osi. To poleg prekrška povzroča prekomerno obrabo pnevmatik na zadnji pogonski osi, preobremenitev cestišča ter slabši oprijem krmilnih koles, kar lahko vodi v izgubo nadzora nad vozilom (drugi del slike 34).

Zelo podobna situacija se pojavlja tudi pri polpriklopnikih in sedlastih vlačilcih kjer je obremenitvena krivulja zaradi večje dolžine kesona sicer nekoliko bolj razpotejnena (slika 35, 1 del). Šibkost tako sestavljenih tovornih kompozicij se pokaže v primerih, ko je prednji del polprikolice preobremenjen in pri prepenjanju oz. menjavi sedlastega vlačilca lahko pride do prevrnitve. Do takšne situacije privede pomik prečne prevrnilne linije globoko v notranjost kesona, saj poteka v podnožju podpornih nog polprikolice. Zaradi naštetega pri polprikolicah vedno težimo k postavitvam tovora, kot to prikazuje drugi del slike 35.



Slika 35: Obremenitvena krivulja ter pravilna razporeditev tovora pri polpriklopnikih



Vir: 1) Ladung muss richtig gesichert sein [Ingenieurbüro Schimmelpfennig + Becke], b. d.

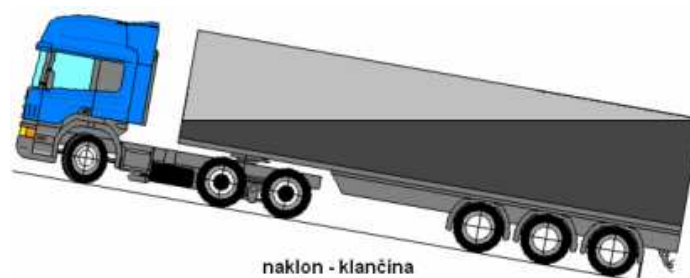
2) Prospekt Ladungssicherung [Kögel], b. d.

### 3.1 Sipki in tekoči tovari

Tudi pri sipkih in tekočih tovarih je razporejanju tovora potrebno nameniti določeno pozornost, saj tekočine in sipki materiali nimajo enakih fizikalnih lastnosti kot trde snovi. Nekatera vozila za prevoze tekočin (npr. cisterne), imajo že v sami konstrukciji tovrnega prostora – volumna vgrajene različne prekate in umirjevalne stene. Njihova naloga je umirjanje in preprečevanje – oviranje hitrih premikov tekočine ob pospeševanjih, zaviranjih, vzpenjanjih in spuščanjih vozila. Dodatno pa, odvisno od izvedbe, omogočajo tudi delno natovarjanje in raztovarjanje tekočine – tovara, (izpraznimo oz. natovorimo le enega od prekatov ali z istim vozilom dostavimo npr. bencin in plinsko olje ...). Torej tudi pri delnem natovarjanju oz. raztovarjanju je potrebno paziti, da na kateri od osi tovrnega vozila ali priklopnika ne prekoračimo dovoljenih osnih obremenitev.

Podobno je potrebno pri prevozu sipkih tovorov paziti na nagnetenje oz premikanje delov tovara na mesto z nižjo višino – izravnavanje, saj se tovor obnaša kot tekočina, glej sliko 36.

Slika 36: Premikanje sipkega oz. tekočega tovara



Ob takem pojavu zlahka pride do neželjene preobremenitve na eni strani ter skoraj popolne razbremenitve določenih osi na drugi strani tovornega vozila. Razbremenitev pogonskih osi v takšnih primerih zlahka pripelje do spodrsavanja in drsenja pogonskih koles, kar lahko povzroči, da vozilo ni zmožno premagati določenega klanca oz. vzpetine. Takšen pojav tudi pri sipkih tovorih najpogosteje preprečujemo z uporabo prekatov oz. namestitvijo pregradnih sten.

### 3.2 Določitev točke težišča v vzdolžni smeri

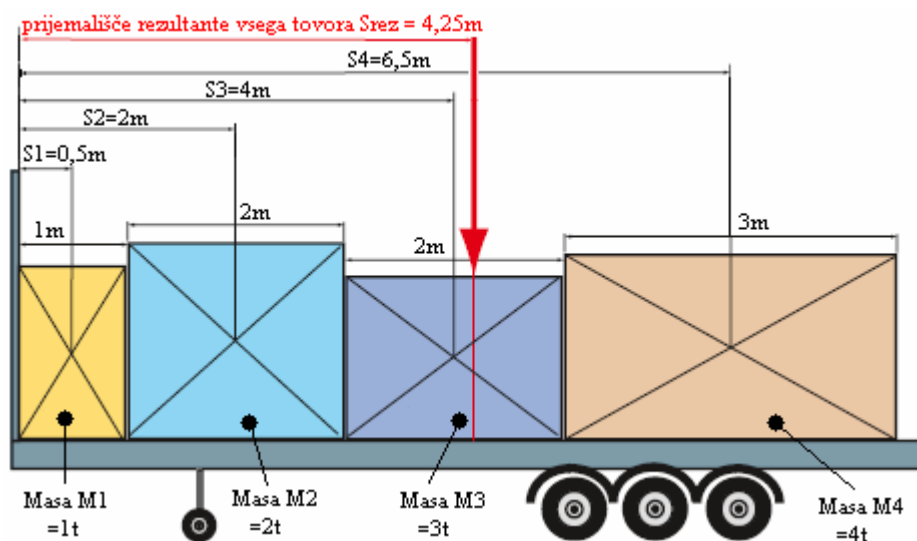
Večina primerov se je do sedaj navezovala na tovor, ki je bil sestavljen iz (idealnega) enega samega kosa oz. tovorka, pri katerem so dolžina in teža ter posledično tudi težišče poznani. V realnosti pa je tovor sestavljen iz več tovorkov, zato bom v nadaljevanju predstavil, izračunavanje oz. določanje točke težišča in njenega prijemališča.

#### 3.2.1 Analitično določanje težišča

Primer 1:

Za primer tovara, ki je sestavljen iz večih tovorkov, kot ga prikazuje slika 37, je potrebno izračunati rezultanto težišča ter njeno prijemališče.

Slika 37: Analitično določanje težišča



Vir: Ladungssicherung [TÜV Nord ag], b. d.

Rezultanto težišča oziroma navidezno silo, ki obremenjuje ogrodje polprikolice, izračunamo s seštevanjem posameznih tež tovorkov.

$$F_{rez} = g \times (M1 + M2 + M3 + M4)$$

Prijemališče rezultante izračunamo na sledeč način:

$$S_{rez} = \frac{M1 \times S1 + M2 \times S2 + M3 \times S3 + M4 \times S4}{M1 + M2 + M3 + M4} \quad [19]$$

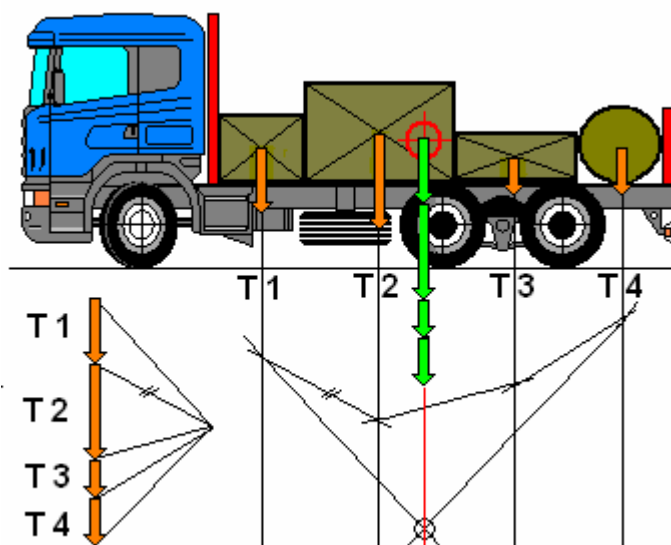
$$S_{rez} = \frac{1t \times 0,5m + 2t \times 2m + 3t \times 4m + 4t \times 6,5m}{1t + 2t + 3t + 4t} = \underline{\underline{4,25m}}$$

Izračunana razdalja predstavlja ročico oziroma oddaljenost težišča od prednje stranice.

### 3.2.2 Grafično določanje težišča

Prijemališče težiščne sile lahko določimo tudi grafično, kot to prikazuje spodnja slika 38.

Slika 38: Grafično določanje težišča



Pri grafičnem določanju težišča določimo težišče tovora s konstrukcijo daljic.

To izvedemo tako, da najprej določimo merilo za sile, torej koliko dolžinskih enot predstavlja določeno silo, ter merilo dolžin, oz. koliko metrov predstavlja milimeter na sliki, saj situacijo rišemo pomanjšano. Zatem v sliko vrišemo, (v naprej določenem merilu) velikosti sil posameznega tovora ter navpičnice pod njimi. Sledi grafično seštevanje tež posameznih tovorkov, kar izvedemo z zaporednim nanašanjem sil teže (spodnji levi del slike 38). Izberemo si primerno poljubno točko ter preko nje povlečemo posamezne žarke skozi začetke in konce sil. Zatem zaporedno prenašamo vzporednice posameznih žarkov na navpičnice ter tako skonstruiramo oz. določimo točko težišča. Na koncu izmerimo razdaljo prijemališča težišča in dolžino seštete težiščne sile ter z uporabo sprva določenih meril določimo dejanske vrednosti velikosti težiščne sile ter njeno prijemališče oz. oddaljenost njenega prijemališča od prednje stranice.

### **3.3 Razporeditev tovora ob delnem natovarjanju in raztovarjanju**

Zaradi manjšanja posameznih pošiljk se pogosto pojavlja delno natovarjanje in raztovarjanje blaga, kar spremeni težišče in osne obremenitve. Izvajalci dokladanja oz. razkladanja blaga pogosto niso pripravljeni, ne utegnejo ali preprosto niso zmožni prerazporejati že naloženega blaga. Zato je potrebno že pri delnem ali polnem natovarjanju razpolagati s podatki o pričakovanem blagu ter krajih, kjer se bo dokladal in zatem razkladal določen del tovora. Le tovrstne informacije omogočajo vsaj okvirno planiranje razporejanja blaga brez potrebe po naknadnem premikanju in prerazporejanju blaga.

Informacij o tovoru ter krajih dokladanja oz. razkladanja načeloma ni težavno pridobiti v primerih, ko dokladanje blaga poteka znotraj enega, sicer s posameznimi enotami dislociranega podjetja. V primerih, ko se delno dokladanje oz. razkladanje izvaja v različnih nepovezanih podjetjih, pa je naloga zbiranja informacij o blagu ter predvidenih mest lokacijah dokladanja oz. razkladanja naloga špediterja oziroma prevoznika blaga. Razporejanje in prerazporejanje ob delnem natovarjanju je možno vsaj delno poenostaviti s sodobnimi tehničnimi sredstvi, s katerimi so opremljena sodobna tovorna vozila, le ta bom predstavil v nadaljevanju.

### 3.3.1 Oprema vozil za razporejanje in prerazporejanje tovora

Prikaz osnih obremenitev

Nekatera sodobna tovorna vozila opremljena z zračnim vzmetenjem imajo, možnost prikaza osne obremenitve na armaturni plošči. Ta možnost je zelo koristna, saj z njo voznik ob natovarjanju ali delnem raztovarjanju natančno nadzira obremenitev na posamezni osi (slika 39).

Slika 39: Prikaz osnih obremenitev na armaturni plošči tovornega vozila



Vir: Axle weight [Scania], b. d.

Sistem deluje na principu zaznavanja tlaka v zračnih vzmeteh posamezne osi. Pri tovarniški vgradnji je sistem tudi tovarniško umerjen, pri naknadnih vgradnjah, večinoma na pogonsko os, pa je sistem potrebno umeriti s pomočjo osne tehtnice. Z osno tehtnico zabeležimo pripadajočo osno obremenitev ter tlak v zračnih vzmeteh pri neobremenjenem vozilu, ta postopek pa ponovimo tudi s polno obremenjenim vozilom. Teža, ki pritiska na os pri polnem vozilu, mora biti enaka največji dovoljeni osni obremenitvi za posamezno os. Dobljene podatke vnesemo v dograjeno kontrolno prikazovalno enoto v kabini tovornega vozila. Ta enota nato z uporabo interpolacije ter podatkom o trenutnem tlaku v zračnih vzmeteh izračunava in prikazuje osno obremenitev osi, na katero je bil sistem dograjen.

Sicer pa pri zračnih vzmeteh velja enačba za tlak (20), ki povezuje silo obremenitve, tlak in ustrezno površino.

$$P = \frac{F}{S} \Rightarrow F = P \times S \quad [20]$$

P – tlak v zračnih vzmeteh na posamezni osi [Pa = Nm<sup>-2</sup>]

$F$  – sila, ki obremenjuje posamezno zračno vzmet tovornega vozila [N]

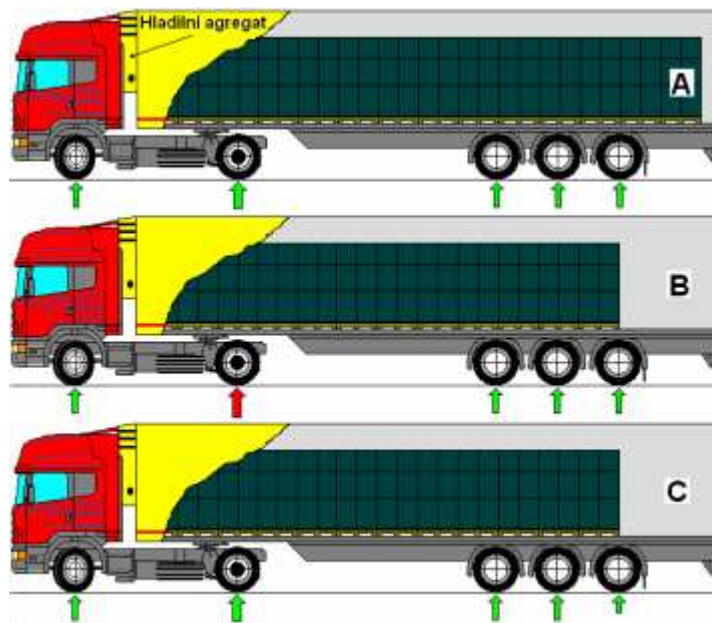
$S$  – notranja (tlorisna) površina posamezne zračne vzmeti na katero deluje tlak v vzmeti.

Izračunamo jo iz notranjega premera posamezne zračne vzmeti [m<sup>2</sup>]

### Sistem LSP

Sistem s kratico oz. Load Spread Program (LSP) je sistem, ki je bil razvit iz strani največjega evropskega proizvajalca priklopnih vozil nemškega Schmitz Cargobulla. Sistem je uporaben predvsem pri polprikolicah s hladilno nadgradnjo, kjer je velik hladilni agregat nameščen na čelno stranico polprikolice ter tako s svojo težo neposredno prispeva k obremenitvi pogonske osi. Teža agregata sicer ni problematična v primerih, ko je polprikolica polno obremenjena, saj je tovor ustrezno porazdeljen vzdolž polpriklopnika (slika 40-A). Težave pa se pojavijo, ko pride do delnega razklada, kjer se zaradi edine možnosti razklada skozi zadnja vrata razloži – odvzame del tovora (slika 40-B).

Slika 40: Delovanje sistema LSP – Load Spread Program



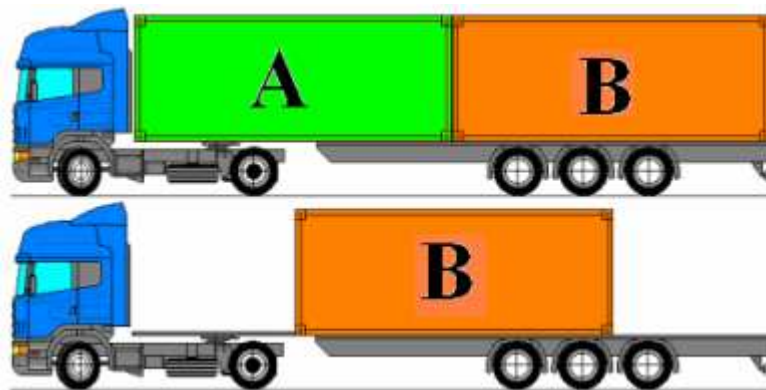
V tem primeru navkljub zmanjšanju teže tovora ter skupne teže porušimo pravilno porazdeljenost teže tovora po posameznih oseh ter tako preobremenimo pogonsko os. LSP z znižanjem tlaka v zračnih vzmeteh tretje osi polpriklopnika doseže pomaknitev podpornega mesta trojne osi polpriklopnika naprej proti vlačilcu (slika 40 - C). S tem ponovno dosežemo pravilno porazdelitev teže tovora po posameznih oseh oz.

razbremenimo pogonsko os sedlastega vlačilca. Poleg že opisane ponovne vzpostavitve pravilne porazdelitve teže tovora po posameznih oseh, pa sistem LSP s pomikom podpornega mesta doseže tudi navidezno zmanjšanje medosne razdalje med osmi polpriklopnika in vlačilca. Zaradi tega je okretnost vozila večja obraba pnevmatik tretje osi polpriklopnika pa manjša.

### Pomik kontejnerja

Pri prevozu kontejnerjev s polpriklopniki in sedlastimi vlačilci večinoma priporočamo, da je težji od kontejnerjev nameščen zadnji, saj je nosilnost in dovoljena osna obremenitev trojne osi polpriklopnika večja od pogonske osi vlačilca. Omenjeni prevoz ni problematičen, v kolikor imamo natovorjena oba kontejnerja (slika 41). V primerih, ko je zaradi ločene dostave potrebno kontejner A raztovoriti v prvem od namembnih krajev ter drugi del poti opraviti le z enim od kontejnerjev, lahko s tem popolnoma porušimo ustrezno porazdelitev tovora. Ob tem ni nujno, da preobremenimo trojno os polpriklopnika, lahko pa skoraj popolnoma razbremenimo pogonsko os sedlastega vlačilca. Takšna situacija je neugodna, saj vlačilcu odvzamemo možnost vleke, neobremenjena pogonska kolesa se namreč zlahka zavrtijo v prazno.

*Slika 41: Pomik kontejnerja proti polpriklopniku*



Nevarnost se dodatno poveča na spolzkem in zasneženem cestišču, kjer v ovinkih zlahka pride do odnašanja zadka vlačilca ter s tem do zalomljenja oz. kolizije med sedlastim vlačilcem in priklopnikom.

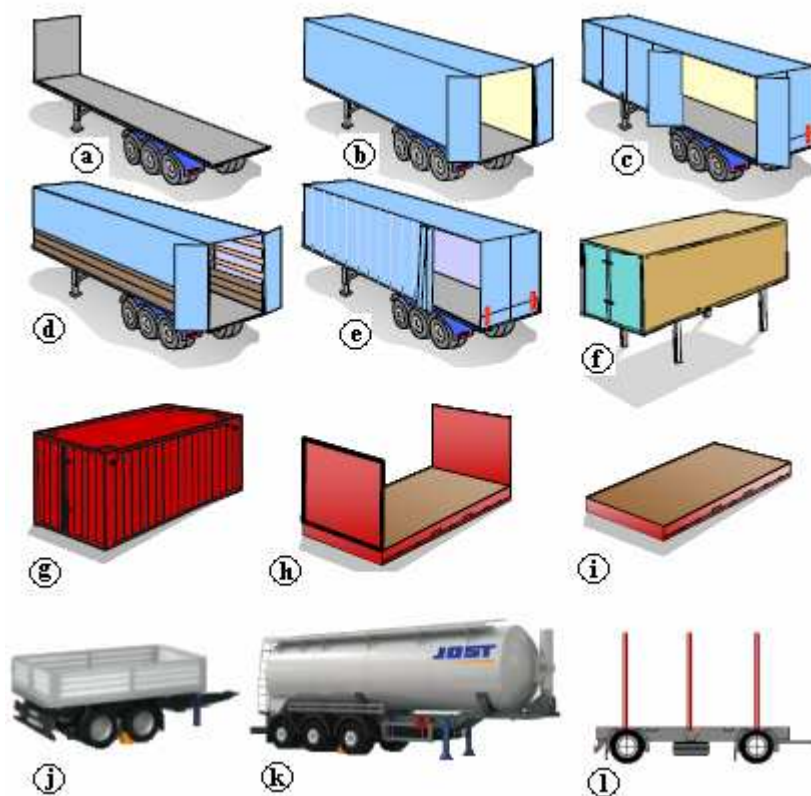
Omenjeno težavo je možno rešiti s prerazporeditvijo – pomaknitvijo kontejnerja B po raztovarjanju kontejnerja A naprej proti sedlastemu vlačilcu (spodnji del slike 41). To premaknitev lahko pri sodobnih polprikolicah, opremljenih z možnostjo vzdolžnega pomika, enostavno izvede voznik tovornega vozila ter s tem ponovno vzpostavi ustrezno porazdelitev teže tovora po posameznih oseh.



## 4 VRSTE NADGRADENJ IN KONTEJNERJI

Današnji racionalni transportni sistemi spodbujajo uporabo različnih vrst nadgradenj, menjalnih kesonov in kontejnerjev, ki se dnevno prevažajo po cesti, železnici in morju. Ti so kar se da univerzalni ter hkrati prilagojeni določenim oblikam in vrstam tovora.

Slika 42: Različne izvedbe nadgradenj in kontejnerjev



Vir: (a - i) *Transport quality manual* [VLC Risk Management Dept 73400], b. d.

(i, j) *Stützwinde* [JOST Werke], b. d.

Med njimi v grobem ločimo naslednje vrste nadgradenj (slika 42):

- najenostavnejše nadgradnje z le čelno stranico (ne nudijo zaščite pred vremenskimi vplivi), (a);
- zaprte nadgradnje z le zadnjimi vrati (termo nadgradnje – hladilniki), (b);
- zaprte nadgradnje z bočnimi segmentnimi vrati, (c);
- klasične nadgradnje s stranicami, ogrođjem in ponjavo, (d);
- nadgradnje z zadnjimi vrati ter bočno in strešno ponjavo v obliki zaves, (e);
- nadgradnje v obliki zaprtih menjalnih kesonov, (f);
- kontejnerji, (g);

- podnožja s prednjo in zadnjo stranico, (h);
- podnožja brez stranic, (i);
- nadgradnje v obliki prekucnikov za prevoz gradbenih materialov, (j);
- nadgradnje v obliki cistern za prevoz tekočega in sipkega tovora, (k);
- nadgradnje z ročicami za prevoz daljših valjastih tovorov in hlodovine, (l).

Različne vrste nadgradenj so bolj ali manj prilagojene zavarovanju tovora, saj čvrstost sten in celotne nadgradnje igra zelo pomembno vlogo pri možnosti zavarovanja tovora proti premikanju, glede na sile, ki pri določeni vrsti transporta nastopajo.

Ker togost konstrukcije nadgradenj do nedavnega ni bila urejena, je z aprilom leta 2002 v veljavo stopil standard DIN EN 12642, ki predpisuje zahteve za konstrukcijo nadgradenj. Z omenjenim standardom je bilo jasno določeno, kakšne obremenitve morajo stene nadgradenj prenesti brez trajnih poškodb. Pri tem omenjeni standard predpisuje minimalno vzdržljivost sten glede na nosilnost posamezne nadgradnje in sicer:

*Tabela 5: Konstruktivske zahteve za nadgradnje po standardu DIN EN 12642*

| Minimalne zahteve za konstrukcijo sten nadgradenj po standardu <b>DIN EN 12642</b> |  |
|--|--|
| Čelna – prednja stena  | 40 % nosilnosti ali maksimalno preizkusno silo 5 t   |
| Zadnja stena   | 25 % nosilnosti ali maksimalno preizkusno silo 3,1 t |
| Stranski steni   | 30 % nosilnosti                                      |

Ob zahtevah za konstrukcijo določenih z standardom DIN EN 12642 je potrebno poudariti, da omenjena vzdržljivost nadgradnje velja za oblikovno zavarovanje tovora. To pomeni, da v kolikor želimo za zavarovanje tovora proti premikanju koristiti konstrukcijo nadgradnje brez dodatnega pritrdjevanja s pritrdilnimi pasovi in drugimi pripomočki, mora biti tovor nameščen tesno ob stenah brez vmesnih prostorov. Če ti prazni prostori oz. razmiki med posameznimi tovorčki obstajajo, jih je potrebno zapolniti z uporabo palet, napihljivih vreč ipd., sicer lahko sunek sile premikajočega se tovora zlahka preseže predpisane konstruktivske zahteve nadgradnje.

Vse nadgradnje izdelane po uveljavitvi omenjenega standarda naj bi bile torej zmožne prenašati obremenitve, prikazane na spodnji sliki 43 in navedene v tabeli 5.

Slika 43: Zahteve za konstrukcijo nadgradenj po standardu DIN EN 12642



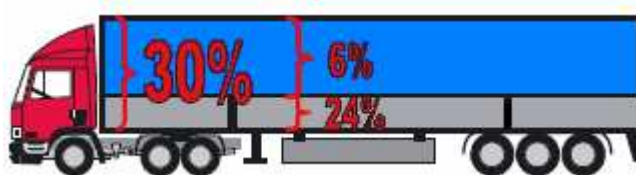
Vir: Lampen, 2007, str. 66

Kot sem omenil že v začetku, zaradi različnih vrst in zgradb nadgradenj, temu ni tako, saj je pri različnih nadgradnjah bočna porazdelitev obremenitve večinoma drugačna.

#### 4.1 Nadgradnje s stranicami, ogrodjem in ponjavo

Pri klasičnih nadgradnjah s stranicami ogrodjem in ponjavo je porazdelitev obremenitve bočne stene drugačna, kot to prikazuje slika 44.

Slika 44: Konstrukcijske zahteve za nadgradnje z stranicami ogrodjem in ponjavo po standardu DIN EN 12642



Vir: Lampen, 2007, str. 69

Skladno s sliko 44 in standardom DIN EN 12642 je predvidena bočna konstrukcijska nosilnost za nadgradnje s stranicami, ogrodjem in ponjavo sicer enaka, saj skupno znaša 30 % nosilnosti. Porazdelitev po površini pa je različna in sicer 24 % nosilnosti bočne površine odpade na stranice, 6 % nosilnosti pa na površino ogrodja prekrita s ponjavo. Omenjena konstrukcijska porazdelitev je zelo primerna za težje ploskovne in

kosovne tovore, ki redko presežejo višino stranic, težave pa se znajo pojavljati pri lažjih volumskih tovorih, kjer tovor enakomerno deluje na celo stransko površino. K slabosti omenjene nadgradnje lahko štejemo tudi dejstvo, da je ob vsakem bočnem raztovarjanju potrebno izvleči carinsko vrv, sneti ponjavo s stranic, razstaviti bočne letve ter nato namestiti – zavihati stransko ponjavo na streho. Dodatne težave povzroča tudi navpično natovarjanje z žerjavi preko strehe. V teh primerih je potrebno poleg stanic in letev demontirati ter po natovarjanju spet montirati celotno strešno konstrukcijo ter navleči ponjavo na prednji oz. zadnji del nadgradnje.

Vozniki se v teh primerih srečujejo s težjimi fizičnimi napori, katere pogosto otežujejo neugodni vremenski pogoji, hkrati pa so zaradi dela na višini brez ustreznega varovanja izpostavljeni poškodbam pri delu, ki lahko nastanejo ob npr. padcu z lestve.

## **4.2 Nadgradnje z zadnjimi vrati ter bočno in strešno ponjavo v obliki zaves**

Omenjene nadgradnje so dandanes zelo pogoste in med vozniki zelo priljubljene, saj je rokovanje z njimi enostavnejše ter prijaznejše do voznika. Togost konstrukcije nadgradnje ter s tem možnosti oblikovnega zavarovanja tovora brez dodatnega pritrdjevanja pa v bočnih smereh predstavljajo veliko neznanko in potencialno nevarnost. Prej omenjeni standard DIN EN 12642 takšne nadgradnje ne obravnava in tako so proizvajalci pri konstruiranju prepuščeni lastni presoji o stranski togosti nadgradnje, ki večinoma ne zadošča ter jo ni moč enačiti s standardom zaobjetimi konstrukcijami. V prid temu govorijo tudi številni poizkusi (slika 45) ter številne nezgode, ki so se pripetile po evropskih cestah. (Kot posledica tega tako nemška policija kot literatura obravnava vsaj bočne ponjave v obliki zaves le kot zaščito proti vremenskim pojavom, ter jim ne pripisuje nikakršne nosilnosti tako kot prikazuje slika 46.

Slika 45: Preizkus vzdržljivosti ponjave pri nadgradnji z bočnimi zavesami



Vir: Sichere Plan-Spiele [KFA Rumel], b. d.

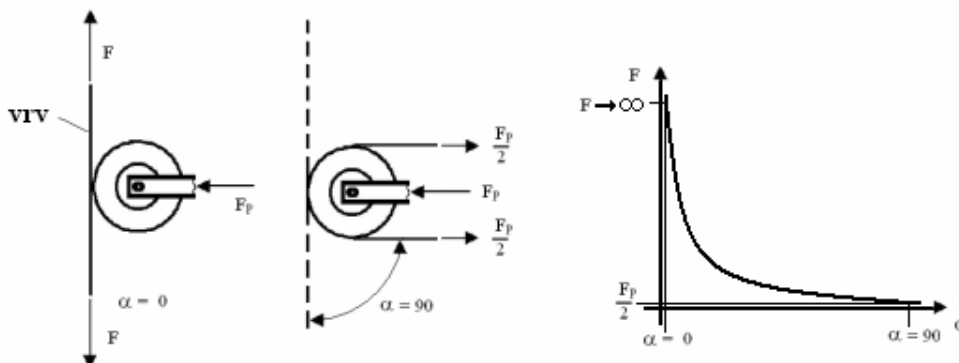
Slika 46: Nedefinirane zahteve in posledice pri nadgradnjah s ponjavo v obliki zaves



Vir: 1) Lampen, A. (2004, 20-21. oktober). 2) Lampen, 2007, str. 69

Prepričanje, da so stranska napenjala na ponjavi v stanju zadržati premikajoči se tovor je zmotno. Ponjava in ojačitveni trakovi kljub svoji navidezni čvrstosti in številčnosti, zaradi svojih konstrukcijskih lastnosti vrvi, nista sposobna zadržati tovora. Vrvi pa kot konstrukcijski element prenašajo le natezne obremenitve. V kolikor vrv vpnemo med dve nepomični podpori, v našem primeru ponjavo med zgornji nosilno - vodilni profil in spodnji rob kesona, prihaja ob delovanju obremenitvene sile do naslednjega pojava (slika 47): že ob delovanju oz. obremenitvi z majhno obremenitveno silo  $F_p$  (slika 47) povzročimo velike natezne sile v vrvi oz. ponjavi, tako ponjava velikih sil ob premiku – zdrsu tovora ni sposobna prenesti.

Slika 47: Spreminjanje sile v vrvi v odvisnosti od podajnega kota



#### 4.2.1 Bočne letve

Kot sem že omenil se pri nadgradnjah s stranicami, ogrođjem in ponjavo ter nadgradnjah z zadnjimi vrati ter bočno in strešno ponjavo v obliki zaves za povečanje bočne nosilnosti uporabljajo letve. Nameščene so v žepih na stranskih stebričkih (slika 48), izdelane pa so iz različnih materialov kot so jeklo, les, aluminij. Lesene ne smejo vsebovati grč in ne smejo biti poškodovane – razcepljene, saj ta mesta predstavljajo šibka mesta, na katerih ob obremenitvi prihaja do loma. Letev izdelana iz lesa ima približno 10 % nosilnosti aluminijaste letve s prečko, ki je prikazana na drugem delu slike 48. Za kovinske letve pa je značilno, da imajo tiste z ojačitveno prečko večjo nosilnost kot tiste brez nje (tretji del slike 48).

*Slika 48: Bočne letve pri klasičnih in nadgradnjah in pri nadgradnjah z zavesami*



Vir: 1 - Lampen, 2007, str. 70

#### 4.2.2 Ojačane nadgradnje (Code XL)

Priljubljenost in s tem število nadgradenj z zadnjimi vrati ter bočno in strešno ponjavo v obliki zaves je navkljub omenjenim težavam s togostjo v zadnjem času močno naraščala. Vzrok je predvsem enostavna in nenaporna uporaba. Vozniku ni potrebno odpirati stranic in vzdigovati ponjave, saj se ta kot zavesa pomakne v poljubno stran. To velja tudi za stebre. Zaradi enodelnega zgornjega nosilnega profila omogoča enostavno bočno natovarjanje daljših tovorov. Enostavnejše je tudi navpično natovarjanje z dvigalom, saj je potrebno le odpreti zadnja vrata, nato pa s pomočjo priloženega droga privzdigniti zadnji strešni profil ter ga skupaj s ponjavo po nosilnih profilih pomakniti proti prednjem delu.

Število vozil z bočno in strešno ponjavo v obliki zaves je torej naraščalo, zato je bil standard DIN EN 12642 v januarju leta 2007 nadgrajen in razdeljen v dve skupini. Prva skupina z oznako »Code L« je bila okarakterizirana kot standardna nadgradnja ter povsem identična do tedaj veljavnemu standardu DIN EN 12642. Druga, novo dodana skupina s oznako »Code XL« pa je bila okarakterizirana kot ojačana nadgradnja, ki zaobjema vse vrste nadgradenj, tudi nadgradnje z ponjavami v obliki zaves.

*Tabela 6: Konstrukcijske zahteve za nadgradnje po standardu  
DIN EN 12642 (Code XL)*

| Konstrukcijske zahteve za stene nadgradenj po standardu <i>DIN EN 12642 (Code XL)</i> |                                 |
|---|---------------------------------|
| Čelna – prednja stena   | 50 % nosilnosti                 |
| Zadnja stena  | 30 % nosilnosti                 |
| Stranski steni  | 40 % nosilnosti (do 2/3 višine) |

Pri konstrukcijskih zahtevah določenih s standardom DIN EN 12642 (Code XL), torej pri konstrukcijsko ojačanih nadgradnjah, je potrebno poudariti, da omenjene nosilnosti posameznih sten veljajo za oblikovno zavarovanje tovora. Dodatno pritrjevanje ni potrebno pod pogojem, da mora biti tovor natovorjen tesno ob stenah nadgradnje brez vmesnih praznin – prostorov.

Omenjene ojačane nadgradnje, ter nadgradnje z bočnimi in strešnimi ponjavami v obliki zaves morajo izpolnjevati pogoje prikazane na sliki 49.

*Slika 49: Konstrukcijske zahteve za nadgradnje po standardu  
DIN EN 12642 (Code XL)*



*Vir: Lampen, 2007, str. 71*

Poudariti je potrebno, da mora proizvajalec nadgradnje oz. polprikolice uporabniku – prevozniku ob nakupu posamezne nadgradnje z ojačano konstrukcijo po (DIN EN

12642, Code XL) obvezno izročiti tudi potrdilo – certifikat (vzorec certifikata priložen v prilogah). S tem potrdilom proizvajalec na podlagi opravljenih preizkusov neodvisne institucije dokazuje skladnost proizvedene nadgradnje – izdelka z zahtevami standarda. Kopija tega potrdila oz. certifikata se mora nahajati v vozilu, saj izvajalcu natovarjanja koristi pri izvedbi pravilnega natovarjanja ter s tem potrebnega zavarovanja, pri morebitni policijski kontroli pa pospeši in poenostavi postopek nadzora zavarovanja tovora.

Navidez ojačano nadgradnjo z zadnjimi vrati ter bočno in strešno ponjavo v obliki zaves, ki je izdelana po standardu DIN EN 12642 (Code XL) od klasične nadgradnje izdelane po DIN EN 12642 (Code L) ločimo:

- močnejši ponjavi – (ponjavi z večjo natezno trdnostjo);
- dodatnih bočnih ojačitvenih trakovih znotraj ponjave;
- dodatnih strešnih ojačitvenih elementih v obliki pletenic, povezovalnih pasov ali kovinskih povezovalnih drogov;
- ojačanih bočnih stebrih;
- večjem številu čvrstih aluminijastih bočnih letev z eno ali več ojačitvenimi prečkami in utori za namestitev prečnih letev;
- konstrukcijsko bolj robustno izdelani prednji – čelni stranici (izmenično krivljena pločevina ...);
- odvisno od izvedbe, togimi navpičnimi segmenti v ponjavi itd.

Slika 50: Ojačitveni elementi ojačanih nadgradenj z oznako (Code XL)



Vir: Ladungssicherungszertifikat für SCS und SCS BS [Schmitz Cargobull], b. d.



### 4.2.3 Posebne nadgradnje z bočnimi ponjavami v obliki zaves

Nekateri proizvajalci so konstrukcijo nadgradnje z zadnjimi vrati ter bočno in strešno ponjavo v obliki zaves ojačali do te mere, da se odziva povsem togo. Tako ima podobne lastnosti kot kontejner ter v vseh pogledih presega tako s standardom predpisane zahteve za ojačane nadgradnje, kakor tudi zakonske zahteve glede zavarovanja tovora. Tudi v tem primeru proizvajalec kupcu izroči ustrezen certifikat, ki priča o konstrukcijski togosti nadgradnje, vendar mora uporabnik vsako leto na dodatnem tehničnem pregledu nadgradnje podaljšati njegovo veljavnost.

Zagotovo se v določenih primerih različnih volumskih tovorov, ki se jih razvaža na krajše razdalje, uporaba tovrstnih nadgradenj izplača, saj ni potrebno dodatno privezovanje tovora. S tem se pri vsakem natovarjanju in raztovarjanju privarčuje del časa, ki bi se potrošil za dodatno zavarovanje in odstranjevanje zavarovanja tovora.

Kljub vsem prednostim pa so tovrstne nadgradnje zaradi izjemno visoke cene redkeje uporabljene.

*Slika 51: STP nadgradnja katere konstrukcijske lastnosti presegajo z standardi in zakoni predpisane vrednosti glede zavarovanja tovora*



*Vir: STP trailer [Wincanton], b. d.*

### 4.3 Menjalni kesoni

Standard DIN EN 283 predstavlja evropske konstrukcijske zahteve za menjalne kesone oz. menjalne nadgradnje in je v veljavi od leta 1991. Določa velikost sile, ki jo mora biti posamezna stena sposobna prenesti, ne da bi ob tem prišlo do njene trajne deformacije ali poškodbe. Podobno kot pri standardih za klasične nadgradnje je tudi v standardu DIN EN 283 nosilnost posameznih sten menjalnega kesona definirana glede na njegovo nosilnost.

*Slika 52: Zaprt menjalni keson v obliki kontejnerja*



*Vir: Steel Swap Bodies [3S Estonia AS], b. d.*

Menjalni kesoni so transportni kesoni namenjeni prevozu različnih vrst tovara s to posebnostjo, da jih je možno ločiti od tovornega vozila brez uporabe dvigal ali druge opreme za pretovarjanje. Med samim prevozom s tovornimi vozili so menjalni kesoni podobno kot kontejnerji toga povezani prek pritrdilnih trnov, z nosilnim ogrodjem oz. šasijo. Zaradi vseh naštetih lastnosti jih lahko poleg v cestnem srečamo tudi v železniškem in ladijskem transportu.

Glede na potrebe transportiranega blaga ločimo:

- menjalne kesone s klasično nadgradnjo v obliki stranic ogrodja in ponjave;
- menjalne kesone z zadnjimi vrati ter bočno in strešno nadgradnjo v obliki zaves;
- menjalne kesone v zaprti obliki kontejnerja;
- menjalne kesone s termo nadgradnjo ter hladilnim agregatom itd.

Tabela 7: Konstruktivske zahteve za menjalne kesone po DIN EN 283

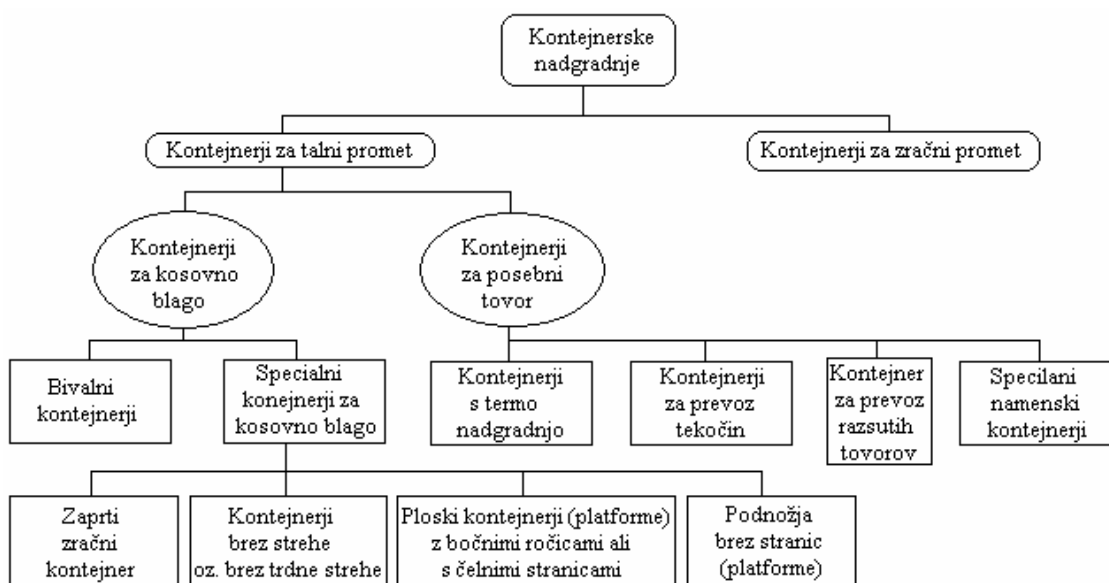
| Konstruktivske zahteve za stene menjalnih kesonov po standardu <i>DIN EN 283</i> |                 |
|--|-----------------|
| Čelna – prednja stena  | 40 % nosilnosti |
| Stranski steni   | 30 % nosilnosti |

Konstruktivsko nosilnost navedenih sten je možno pravilno koristiti le ob oblikovnem zavarovanju tovora, pri čemer mora biti tovor natovorjen tesno ob stene nadgradnje brez vmesnih praznin.

#### 4.4 Kontejnerji

Kontejnerji so po standardu ISO 830 glede vrst nadgradenj razvrščeni v naslednje skupine (slika 53).

Slika 53: Diagram delitve kontejnerjev po vrsti nadgradnje



Vir: Ladungssicherungs-Informations-System [Bundesanstalt für Materialforschung und prüfung], b. d.

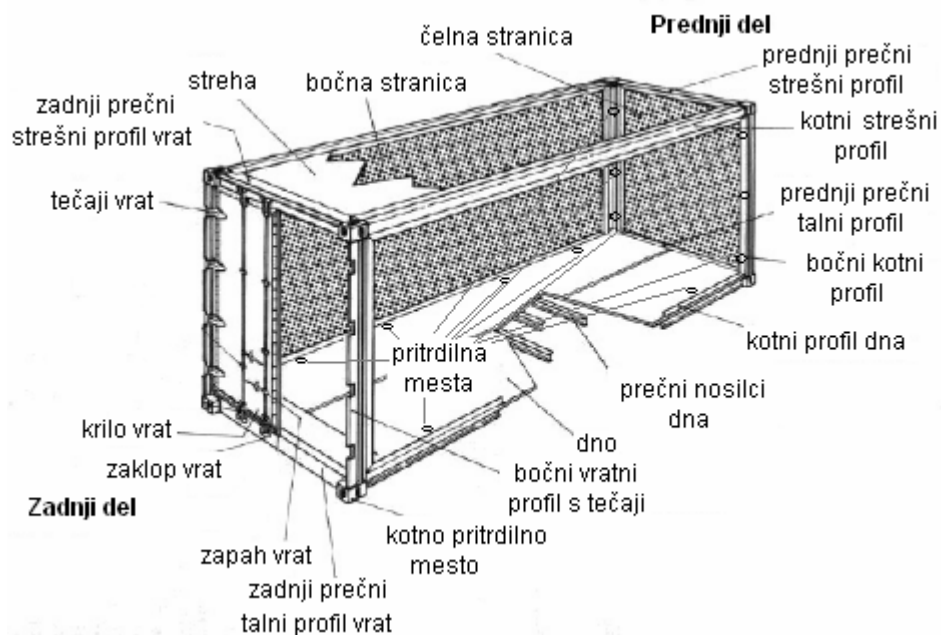
Uporaba zaprtih kontejnerjev predstavlja delež 85 % v vsakodnevnem prometu. Njihova značilnost je, da so zaprti iz vseh strani, da imajo trde stene, strop in dno ter da imajo na vsaj eni od čelnih stranic nameščena vrata.

Konstruktivsko so sestavljeni iz zvarjenih jeklenih profilov v obliki kvadra, na vseh njegovih ogliščih pa so nameščena standardizirana pritrdilna mesta (DIN ISO 668 in DIN ISO 1161), skozi katerih odprtine s pritrdilnimi trni togo spojimo kontejner s

prevoznim sredstvom oz. pri zlaganju drug vrh drugega medsebojno povežemo skladovnico večih kontejnerjev. Omenjena kvadrasta konstrukcija ima tudi polne stene, večinoma izdelane iz izmenično krivljene pločevine. Pri tem so ponavadi na eni od čelnih stranic nameščena robustna dvokrilna vrata s prav tako robustnim zapornim mehanizmom.

Dno kontejnerja sestoji iz vzdolžnih kotnih profilov dna, ki so prečno povezani z prečnimi nosilci, ki zagotavljajo veliko čvrstost in nosilnost dna, ter preko katerih je položena pločevina dna (slika 54). V osrednjem delu kotnih, bočnih profilov dna je nameščena tudi dvojica odprtin, ki služijo za natovarjanje in raztovarjanje praznega kontejnerja s klasičnim viličarjem. Podobno kot dno je lahko tudi streha kontejnerja sestavljena iz prečnih nosilcev in pločevine, kar zagotavlja tesno transportno enoto (možna je tudi vgradnja zračnikov, pri čemer osnovna zgradba ostane nespremenjena).

Slika 54: Zgradba zaprtega kontejnerja



Vir: Ladungssicherungs-Informations-System [Bundesanstalt für Materialforschung und prüfung], b. d.

V skladu s konvencijo Container Safety Convention SCS ima vsak proizvajalec dopuščen svoj tip konstrukcije, pri čemer pa morajo vsi izpolnjevati iste zahteve. Poglavitne zahteve so zbrane v tabeli 6. Glede obremenitve dna kontejnerja velja, da površinska obremenitev ne sme preseči 5460 kg na površini 142 cm<sup>2</sup>. Ob možnem

presežku omejene površinske obremenitve je potrebno uporabiti podložne elemente, s katerimi težo porazdelimo na večjo površino.

Tabela 8: Dopustne obremenitve kontejnerja po CSC

| Konstrukcijske zahteve za zaprte kontejnerje po CSC |   |
|---|---|
| Čelna – prednja stena                               | 40 % nosilnosti   |
| Zadnja stena – vrata                                | 40 % nosilnosti   |
| Stranski steni                                      | 60 % nosilnosti   |
| Streha  | 300 kg na površini (600 mm x 300 mm)  |
| Zlaganje v skladovnico                              | Kontejner mora prenesti vsaj pet naslednjih polno natovorjenih kontejnerjev enake velikosti in nosilnosti |

Slika 55: (1) Skladanje kontejnerjev, (2) pritrdilni trn, (3) poškodbe kontejnerja, (4) pritrdilno mesto, (5) spojitev pritrdilnega mesta in pritrdilnega trna



Viri: 1) Reachstacker [Liebherr], b. d.

2,4) Twistlocks, Corner Castings [Krisry International, Inc], b. d.

3) Ladungssicherungs-Informations-System [Bundesanstalt für Materialforschung und prüfung], b. d.

5) Safety of Loads on Vehicles [Department for Transport], b. d.

## 5 MESTA ZA PRITRJEVANJE

Kadar je potrebno tovor na vozilu zavarovati proti premikanju z uporabo sredstev za pritrdjevanje – povezovanje (povezovalnimi pasovi, pletenicami, verigami), mora biti za njihovo pravilno uporabo vozilo opremljeno s pritrdilnimi mesti. Ta pritrdilna mesta so lahko različnih izvedb, kot kaže spodnja slika 56, nameščena pa so lahko tako na dnu oz. robu nadgradnje kot prednji – čelni stranici. Vsa pritrdilna mesta morajo biti trdno povezana – spojena z nosilnimi elementi nadgradnje, ki so v trdni povezavi s šasijo prikolice oz. tovornega vozila. Načeloma pa zahteve za pritrdilna mesta ter njihovo preizkušanje podrobneje opredeljujeta standarda DIN 75 410 in DIN EN 12640. Tako za območje Nemčije velja, da morajo biti vsa vozila in nadgradnje z največjo dovoljeno maso nad 7,5 t po prvem oktobru leta 1993 obvezno opremljena z pritrdilnimi mesti, kot predpisuje BGV D 29. Izjema so tovorna vozila namenjena prevozu razsutih tovorov, za katera opremljenost s pritrdilnimi mesti ni obvezna.

Vozila s koriti, namenjena prevozu zvitkov oz. rol pločevine ter posebna vozila, (za prevoz delovnih strojev), katerih največja dovoljena masa presega z zakonom predpisane omejitve morajo izpolnjevati posebne, konstrukcijsko zahtevnejše pogoje za pritrdilna mesta.

*Slika 56: Mesta za pritrdjevanje na nadgradnjah tovornih vozil*



*Vir: Lampen, 2006, str. 51*

Pritrdilna mesta morajo biti sposobna prenašati velike obremenitve, pod različnimi koti, od sredstev za pritrdjevanje, s katerimi je pritrjen tovor. Zato je nedopustno uporabljati naknadno nestrokovno montirana pritrdilna mesta ter mesta oz. pripomočke, ki niso namenjeni za nameščanje pritrdilnih sredstev (slika 57).

*Slika 57: Neprimerno in nestrokovno nameščeno mesto za pritrdjevanje*



*Vir: Lampen, 2007, str. 93*

Rob tovornega kesona, kot mesto za nameščanje sredstev za pritrdjevanje ni priporočljiv. Privede lahko do deformacij robu nadgradnje (levi del slike 58), v primeru pretrganja ali prerezanja pa obstaja tudi verjetnost, da odtrgani del pasu s kavljem pade pod kolo in predre pnevmatiko (desni del slike 58). Poleg ponovnega pritrdjevanja je tako potrebno izvesti še menjavo kolesa, kar je ob različnih vremenskih pogojih, gostem prometu in časovni stiski vse prej kot lahko in enostavno. V primeru, da na omenjeni ostanek (kavelj) naleti drugo vozilo s prednjo – krmilno osjo, pa lahko ob večjih hitrosti in v ovinku hitro povzroči izgubo nadzora nad vozilom ter posledično nezgodo.

*Slika 58: Pritrdjevanje pasu za rob nadgradnje in možne posledice*



Razlog za uporabo robu kot mesta za pritrjevanje, je tudi v premajhnem številu serijsko vgrajenih pritrtilnih mest, oziroma so ta vgrajena z velikim vmesnim razmikom. Omenjeno težavo so nekateri proizvajalci nadgradenj rešili z večjim številom pomičnih pritrtilnih mest, ki jih je možno pomikati vzdolž nadgradnje ali z ojačitvijo robu in luknjami (slika 59).

*Slika 59: Težava z pomanjkanjem pritrtilnih mest ter možna rešitev*



*Vir: Lampen, A. (2007, april). Belastbarkeit von zurrpunkten*

V določenih primerih so na posameznih pritrtilnih mestih odtisnjene dovoljene nosilnosti posameznega pritrtilnega mesta, kot prikazuje slika 60. V teh primerih je za potrebe zavarovanja tovora takšna pritrtilna mesta dovoljeno obremeniti z dvakratno dovoljeno obremenitvijo. To pomeni, da v kolikor je na pritrtilnem mestu odtisnjena npr. številka 8 (dovoljena obremenitev v primeru dvigovanja 8 ton), smemo omenjeno uho pritrtilnega mesta za potrebe zavarovanja tovora obremeniti s 16 tonami. Vzrok omenjene posebnosti je v tem, da se pri konstruiranju dvižnih mest vedno upošteva dvakratni varnostni faktor, kar pri pritrtilnih mestih ni potrebno.

*Slika 60: Oznaka dvižnega mesta, ki se ga za potrebe zavarovanja tovora sme obremeniti z dvojno nazivno silo*



*Vir: Ladungssicherung auf Fahrzeugen der Bauwirtschaft  
[Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft], b. d.*



Za vsa ostala pritrdilna mesta na nadgradnjah tovornih vozil, ki so brez oznak in tako namenjena zgolj zavarovanju – pritrjevanju tovora pa po standardih DIN 75 410 in DIN EN 12640 velja:

- prvo pritrdilno mesto se mora nahajati 500 mm od prednje – čelne in zadnje stene;
- razmik med posameznimi pritrdilnimi mesti vzdolž nadgradnje ne sme presežati 1.200 mm (izjemoma sme enkrat na posamezni strani v območju osi razmik med pritrdilnimi mesti znašati največ 1.500 mm);
- bočni odmik pritrdilnih mest sme znašati največ 50 mm (izjema so za 360° gibljiva pritrdilna mesta, ki so od bočnega robu lahko oddaljena od 50 do 250 mm);
- prednja – čelna stranica mora biti opremljena vsaj z dvema pritrdilnima mestoma.

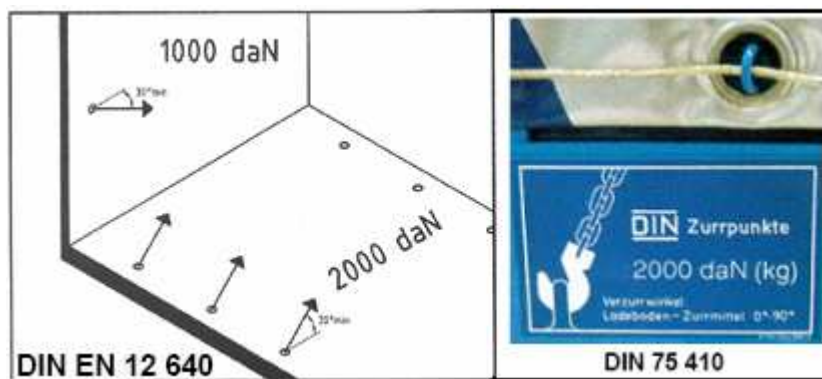
Glede na omenjena predpisa torej velja, da mora biti polpriklopnik dolžine 13,6 m opremljen vsaj z  $(13,6 \text{ m} - (2 \times 0,5 \text{ m} - \text{odmik od prednje in zadnje stranice})) : 1,2$  (dopustni vzdolžni razmik) = 10,5  $\Rightarrow$  11 pritrdilnimi mesti vzdolž vsake strani ter dvema pritrdilnima mestoma na notranji strani prednje – čelne stranice.

Nosilnost oz. sila s katero smemo obremeniti posamezno pritrdilno mesto je določena glede na največjo dovoljeno maso posameznega vozila in znaša, kot je navedeno v spodnji tabeli. Posamezna nadgradnja je praviloma označena z nalepkami, prikazanimi na sliki 61.

*Tabela 9: Največja dovoljena obremenitev posameznega pritrdilnega mesta glede na največjo dovoljeno maso vozila*

| Največja dovoljena masa vozila [t] | Največja dovoljena obremenitev posameznega pritrdilnega mesta |
|------------------------------------|---|
| do 3,5 t                           | minimalno 400 daN   |
| več kot 3,5 do 7,5 t               | minimalno 800 daN   |
| več kot 7,5 do 12 t                | minimalno 1000 daN  |
| več kot 12 t                       | minimalno 2000 daN  |

Slika 61: Oznaka pritrdilnih mest po standardu DIN EN 12 649 in DIN 75 410



Vir: Ladungssicherung auf Fahrzeugen [Wolters Kluwer Deutschland GmbH.], b. d.

## 6 SREDSTVA ZA PRITRJEVANJE TOVORA

Vsak tovor mora biti, zaradi sil, ki delujejo nanj, med prevozom ustrezno zavarovan proti premikanju. Samo zavarovanje tovora je lahko izvedeno z oblikovnim zavarovanjem, kjer konstrukcija nadgradnje tovornega vozila zagotavlja zadostno čvrstost ter je v stanju prenašati pričakovane reakcijske obremenitve tovora. Tako v tem primeru načeloma ni potrebno dodatno pritrjevanje tovora, predpogoj pa je, da je tovor natovorjen tesno ob stenah brez vmesnega prostora. V vseh ostalih primerih pa je potrebno tovor dodatno pritrditi oz. zavarovati proti premikanju z uporabo sredstev za pritrjevanje, kot so pasovi, verige, pletenice. Pri tem je potrebno poudariti, da se z vrsto tovora pogosto spreminja tudi primernost uporabe različnih sredstev in načinov pritrjevanja. Dejanska oz. končna odločitev o načinu pritrjevanja in vrsti uporabljenih sredstev je prepuščena vozniku tovornega vozila, saj zakon predpisuje le pogoj, da mora biti tovor ustrezno pritrjen oz. zavarovan ter da ne pada oz. se ne razsipava po vozišču. V večini evropskih držav zakon določa tudi pospeške oz. pojemke, ki jih mora prenesti uporabljeni način zavarovanja oz. pri čemer ne pride do premika tovora. Omenjene pospeške sem predstavil in navedel v poglavju Sile na tovor v odvisnosti od transportnega sredstva. V tujini številčno predpisani pospeški oz. pojemki tako predstavljajo izvor vseh v nadaljevanju opisanih ter za zavarovanje tovora potrebnih sredstev in načinov za zavarovanje oz. pritrjevanje tovora.

V nadaljevanju poglavja si bomo podrobneje ogledali najpogostejša sredstva, ki se jih uporablja za zavarovanje oz. pritrjevanja tovora ter pripadajočih pripomočkov oz. pomožnih pritrdilnih sredstev.

Sredstva za pritrjevanje:

- vezni pasovi;
- vezne verige;
- vezne pletenice.

## Pomožna pritrdilna sredstva:

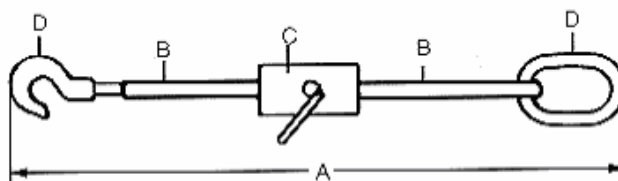
- vzdolžne letve z luknjami, sidrne letve;
- žlebovi za prevoz rol zvitkov, letve z zobmi in zagozdami;
- sredinske ročice;
- zastavljalne in povezovalne drogove;
- lesene zagozde in lesene konstrukcije;
- napihljive vreče prazne palete;
- mreže in ponjave;
- torne podloge;
- povezovalna sredstva za enkratno uporabo;
- kotni ščitniki in kotne drsniki.

Sredstva za pritrjevanje so priprave ali pripomočki, ki so namenjeni in primerni za povezovanje s pritrdilnimi mesti in so na ta način uporabni za zavarovanje tovora. Nadgradnje oz. kesoni tovornih vozil so za optimalno uporabo sredstev za pritrjevanje opremljeni s sidrnimi oz. pritrdilnimi mesti, preko katerih sredstva za pritrjevanje trdno povežemo z vozilom.

Standard DIN EN 12195 omenjena sredstva za pritrjevanje obravnava glede na vrsto ter njihovo sestavo, sredstva pa je možno med seboj tudi kombinirati.

Tabela 10: Sestava posameznih sredstev za pritrjevanje po DIN EN 12195

| sredstvo za pritrjevanje  | vezni element  | element za zagotavljanje napenjalne sile | spenjalni element                         |
|---------------------------|----------------|--|---|
| A                         | B              | C  | D   |
| pas za pritrjevanje       | vezni trak     | raglja, vitel, spona                     | kavelj, končni člen                       |
| veriga za pritrjevanje    | jeklena veriga | napenjalna spona                         | kavelj, končni člen, skrajševalni element |
| pletenica za pritrjevanje | jeklenica      | vitel, napenjalna spona                  | kavelj, končni člen, streme               |



Vir: Ladungssicherung auf Fahrzeugen [Wolters Kluwer Deutschland GmbH.]

V okviru evropskih predpisov za področje zavarovanja tovora so zajeti tudi predpisi povezani s sredstvi za pritrjevanje tovora ter predpisi o izračunu potrebnih sil za zavarovanje tovora:

- DIN EN 12195 – 1. del – izračun potrebnih sil za zavarovanje tovora;
- DIN EN 12195 – 2. del – pasovi za pritrjevanje izdelani iz umetnih vlaken;
- DIN EN 12195 – 3. del – verige za pritrjevanje;
- DIN EN 12195 – 4. del – pletenice za pritrjevanje;

## 6.1 Pasovi za pritrjevanje

Pasovi za pritrjevanje tovora so sestavljeni iz jeklenega spenjalnega elementa na vsakem od koncev, veznega traku iz umetnih vlaken ter raglje, s katero pas napnemo oz. vanj vnesemo potrebno natezno silo. V grobem ločimo enodelne in dvodelne pasove za pritrjevanje (slika 62).

Slika 62: Enodelni in dvodelni pas za pritrjevanje



Vir: Ladungssicherung auf Fahrzeugen [Wolters Kluwer Deutschland GmbH.], b. d.

### 6.1.1 Enodelni pasovi za pritrjevanje

Sestavljeni so iz dolgega povezovalnega traku ter napenjalne raglje. Enodelni pasovi za pritrjevanje niso opremljeni s končnimi členi oz. kavli ter se večinoma uporabljajo za povezovanje manjših kosov tovora v večje enote. Pritrjevanje z enodelnimi pasovi štejemo pod direktno oz. neposredno pritrjevanje, saj s pritezanjem raglje delujemo neposredno na zmanjševanje obsega ter s tem na medsebojni tlak zaobjetega tovora. Zaradi sklenjene povezave je pri enodelnem pasu za pritrjevanje možno doseči visoke tlačne sile v zaobjetem tovoru.

### 6.1.2 Dvodelni pasovi za pritrjevanje

Dvodelni pasovi za pritrjevanje sodijo med najpogosteje uporabljana sredstva za pritrjevanje tovora. Sestavljeni so iz dveh delov, na koncu katerega je nameščen spenjalni element oz. kavelj, ki je lahko različnih oblik (slika 63). Prvi del tako sestavlja krajši vezni trak z všitim kavljem na eni strani ter ragljo na drugi strani. Drugi del sestoji iz daljšega veznega traku, na katerega enem koncu je vшит kavelj, na drugem koncu pa je vezni trak termično zatopljen, kar nam omogoča njegovo lažje vtikanje v razporek raglje.

Slika 63: Izvedbe spenjalnih elementov pri pasovih za pritrjevanje



Vir: Lampen, 2006, str. 61

Dvodelne pasove za pritrjevanje tovora se uporablja predvsem za zavarovanje tovora s trenjem, pri čemer s pasom tovor dodatno obremenimo v smeri tal oz. dna kesona ter tako povzročimo povečanje sile trenja, ki preprečuje premikanje tovora. Uporabljamo pa jih tudi pri neposrednem pritrjevanju tovora, kjer z njimi v vodoravni smeri povežemo tovor in nadgradnjo tovarnega vozila.

### 6.1.3 Oznake pasov za pritrjevanje

Vsi pasovi za pritrjevanje morajo biti izdelani in označeni skladno s drugim delom standarda DIN EN 12195. Omenjeni standard določa, da morajo biti pasovi za pritrjevanje, pri dvodelnih vsak od delov, označeni z etiketo oz. deklaracijo (slika 64), katere barva zaznamuje vrsto materiala iz katerega je izdelan trak.

- poliester (PES) - modra;
- polipropilen (PP) - rjava;
- poliamid (PA) - zelena;
- drugi materiali - bela.

Standard pa ne določa tudi barve samega veznega traku le-ta je komercialne narave. ter si jo vsak posamezni proizvajalec lahko poljubno izbere. Pasov za pritrjevanje brez oz. z manjkajočo ali nečitljivo deklaracijo ali etiketo se za pritrjevanje tovora ne sme uporabljati.

Slika 64: Deklaracija proizvajalca na pasu za pritrjevanje



Vir: Lampen, 2006, str. 65

Pomeni oznak na deklaraciji (slika 64):

LC – (Lashing Capacity) Največja dovoljena natezna obremenitev pasu znaša 2500 daN (pritrjevanje pri ravni – direktni namestitvi), v tuji literaturi srečamo tudi oznako  $F_{ZUL}$ .

$S_{HF}$  – (Standard Hand Force) Predvidena sila roke uporabnika na ročico raglje pri zatezanju (določena s standardom o varstvu in obremenitvah pri delu.)

$S_{TF}$  – (Standard Tension Force) Predvidena – povzročena sila v pasu po delovanju sile  $S_{HF}$  na ročico raglje. ( $S_{TF}$  znaša od 10 do 50 % LC)

Poleg že navedenih poglavitnih tehničnih oznak morajo biti deklaracija opremljena tudi s podatki o:

- proizvajalcu;
- datumom proizvodnje (mesec/leto);
- kartico materiala iz katerega je proizveden pas za pritrjevanje;
- dolžino pasu za pritrjevanje v metrih;
- raztezek pri največji dovoljeni obremenitvi (LC) v (%) (največji dovoljeni raztezek pasov za pritrjevanje sme znašati 7 %);
- opozorilo, da se pas sme uporabljati zgolj za pritrjevanje tovora in ne za dvigovanje.

#### 6.1.4 Elementi za zagotavljanje natezne sile v pasovih za pritrjevanje

Najpogostejši element za zagotavljanje oz. vzpostavljanje sile v pasovih za pritrjevanje je raglja (slika 65). S svojim dvojnimi zaskočnim mehanizmom omogoča, da s premikanjem ročice v eno smer (delovni gib) vrtimo boben z razporkom, v katerega je vstavljen vezni trak, ter tako vnašamo natezno silo v pas za pritrjevanje. Drugi del zaskočnega mehanizma raglje pa nam omogoča, da med povratnim – jalovim gibom ročice že vnesena natezna sila v pasu obstane na doseženi vrednosti in jo je možno z naslednjim delovnim gibom zopet povečevati.

Slika 65: Raglja z daljšo in krajšo ročico ter glavnimi sestavnimi deli



Vir: Ratchen Typ [CDL Niedersachsen], b. d.

Med transportom tovora, pritrjenega s pasovi za pritrjevanje, mora biti raglja vedno v popolnoma zaprtem položaju, kot je prikazana na sliki 65. Z upoštevanjem slednjega navodila oba zaskočna mehanizma blokiramo – aretiramo ročico raglje (slika 66) in uporabimo za zavarovanje dosežene natezne sile v pasu za pritrjevanje. Obenem pa oba zaskočna mehanizma zavarujemo pred možnostjo spodletavanja oz. sprostitvijo.



Slika 66: Transportni položaj oziroma aretacija ročice raglje

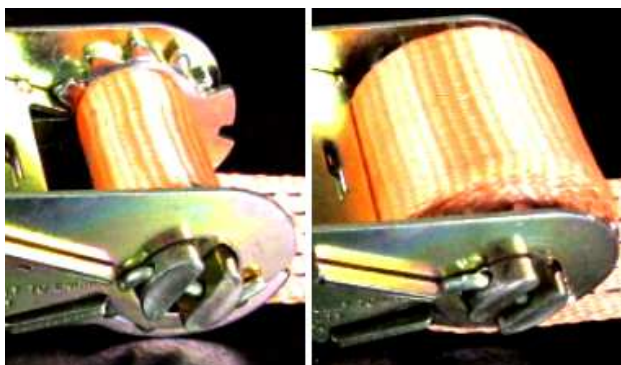


### 6.1.5 Razmere pri pritezanju

Pri ponavljajočih delovnih gibih ročice oz. pritegovanju se vezni trak navija na boben raglje. Minimalna ovitost veznega traku okoli bobna mora znašati 1,5 ovoja, kar zagotavlja zadostno trenje med bobnom in pasom ter s tem stalnost napetosti v pasu za pritrjevanje.

Prav tako kot ni primerna premajhna ovitost veznega traku okoli bobna, se težave pojavljajo tudi pri preveliki ovitosti oz. velikem številu ovojev (slika 67).

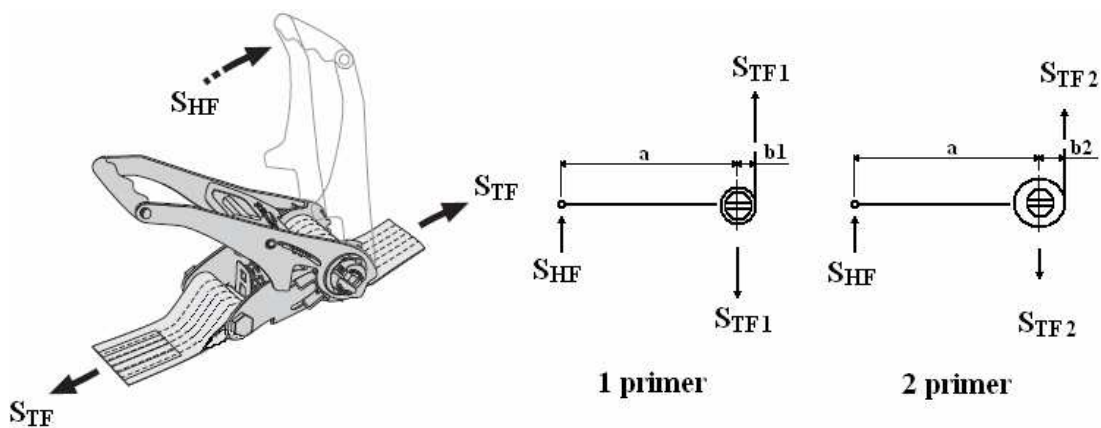
Slika 67: Najmanjša in največja količina veznega traku na bobnu raglje



Prevelika količina ovitega traku dvojnemu zaskočnemu mehanizmu preprečuje oz. omejuje popoln zaskok kar ob tresljajih in sunkih sile v pasu za pritrjevanje povzroči spodletavanje dvojnega zaskočnega mehanizma ter s tem poškodbe raglje ter izgubo natezne sile v pasu za pritrjevanje.

Poleg tega pa se z vsakim ovojem veznega traku na bobnu raglje podaljšuje ročica, na katero deluje sila v pasu za pritrjevanje (slika 68). Tako z isto silo roke ( $S_{HF}$ ) dosežemo pri polnem bobnu raglje mnogo manjšo natezno silo v pasu ( $S_{TF}$ ), kot pri minimalni ovitosti bobna. Večja vrednost raztezka pomeni, da bomo imeli pri isti vrednosti natezne sile v pasu večje število ovojev traku na bobnu raglje in obratno. Kot sem že omenil pri deklaraciji povezovalnih pasov sme omenjeni raztezek znašati največ 7 %, kar v praksi pomeni, da se sme meter veznega traku pri največji obremenitvi raztegniti za največ 70 mm. Toliko bolj očitno pa postane podatek o dolžinskem raztezk v praktičnih primerih pritrjevanja tovora, ki npr. v širino in višino meri 2 metra. V tem primeru znaša dolžina pasu vsaj 6 metrov ter tako raztezek pri največji dovoljeni natezni obremenitvi, brez podajanja tovora, znaša ( $70 \text{ mm/m} \times 6 \text{ m}$ ) 420 mm, kar teoretično pomeni, da z ragljo težko dosežemo maksimalno silo v pasu za pritrjevanje, saj pred tem popolnoma zapolnimo boben raglje. Konkretnejši primer padca natezne sile v pasu za pritrjevanje, kot posledico večjega števila ovojev veznega traku na bobnu raglje, prikazujeta spodnja primera in slika 68.

Slika 68: Sile in momenti ki jih povzročamo z ragljo



### Primer 1

Na raglji se nahaja minimalno število ovojev veznega traku (1,5 ovojev).

( $a$  – dolžina ročice raglje,  $b_1$  – ročica na katero deluje sila veznega traku  $S_{TF1}$ )

$$S_{HF} = 50 \text{ daN}$$

$$a = 190 \text{ mm} = 0,19 \text{ m}$$

$$\underline{b_1 = 16,5 \text{ mm} = 0,0165 \text{ m}}$$

$$S_{TF1} = ?$$

$$\begin{aligned}\sum M &= 0 \\ S_{TF1} \times b_1 - S_{HF} \times a &= 0 \\ S_{TF1} &= \frac{SHF \times a}{b_1} = \frac{50 \text{ daN} \times 0,19 \text{ m}}{0,0165 \text{ m}} = 5757,6 \text{ N} = \underline{575,7 \text{ daN}}\end{aligned}$$

Sila, ki jo dosežemo z delovanjem standardne sile roke na ročico raglje v pasu za pritrjevanje ob minimalnim številu ovojev veznega traku znaša 575,7 daN.

### Primer 2

Na raglji se nahaja maksimalno število ovojev veznega traku (toliko, da še ne prihaja do oviranja zaskočnega mehanizma raglje).

(a – dolžina ročice raglje,  $b_2$  – ročica, na kateri prejme sila veznega traku  $S_{TF2}$ , ta je zaradi večjega števila ovojev večja kot kočica  $b_1$  v primeru 1.)

$$S_{HF} = 50 \text{ daN}$$

$$a = 190 \text{ mm} = 0,19 \text{ m}$$

$$b_2 = 32,5 \text{ mm} = 0,0325 \text{ m}$$

$$S_{TF2} = ?$$

$$\begin{aligned}\sum M &= 0 \\ S_{TF2} \times b_2 - S_{HF} \times a &= 0 \\ S_{TF2} &= \frac{SHF \times a}{b_2} = \frac{50 \text{ daN} \times 0,19 \text{ m}}{0,0325 \text{ m}} = 2923 \text{ N} = \underline{292,3 \text{ daN}}\end{aligned}$$

Sila, ki jo dosežemo z delovanjem standardne sile roke na ročico raglje v pasu za pritrjevanje ob maksimalnem številu ovojev veznega traku, znaša 292,3 daN, kar je za 49,22 % manj kot v primeru 1.

Zaradi s primerom prikazane težave navitja večje količine veznega traku na boben raglje in s tem padcem sile v pasu vedno težimo k čim manjšemu številu ovojev in tako čim večji sili v pasu. Omenjeno težnjo je težko doseči, zlasti pri uporabi daljših pasov za pritrjevanje, pasov z večjim raztežkom ali pri pritrjevanju elastičnega blaga, ki se ob pritezanju precej podaja (npr. deske, armaturne mreže ...). V teh primerih si običajno

lahko pomagamo z popuščanjem pasu za pritrjevanje ter ponovnim pritrjevanjem, saj nam pri ponovnem pritrjevanju večinoma uspe zaradi deformacij oz. posedanja tovora ob prvem pritrjevanju dosežemo manjše ponovno podajanje ter s tem manjše število ovojev veznega traku na bobnu raglje.

### 6.1.6 Vitli za pritrjevanje

Za pritrjevanje tovora oz. zagotavljanje natezne sile v pasu za pritrjevanje je možno uporabljati tudi vitle (slika 69). Vitli so sestavljeni iz bobna, na katerem je navita celotna dolžina veznega traku s spenjalnim elementom oz. kavljem in ohišja vitla, ki je trdno povezano s šasijo ali nadgradnjo. Ob potrebi po pritrjevanju izklopimo blokado bobna ter izvlečemo potrebno količino veznega traku. Trak namestimo preko tovora ter njegov konec s kavljem spojimo z mestom za pritrjevanje. Potrebno silo za pritrjevanje lahko, odvisno od izvedbe, zagotovimo ročno z vrtenjem bobna, za kar uporabljamo drog, ki ga vstavimo v luknje na gredi bobna, ali pnevmatsko. Pri pnevmatski izvedbi uporabljamo komprimiran zrak, ki preko cilindra deluje oz. vrti mehanizem bobna. Prednost vitlov za pritrjevanje je, da lahko z njimi dosežemo precej večje natezne sile v pasovih za pritrjevanje kot z uporabo raglje. Poleg tega pa je možno pri pnevmatskih izvedbah zagotoviti samozatezanje oz. konstantno natezno silo v pasu, kar pomeni, da nam omenjena izvedba zagotavlja konstantno natezno silo v pasu za pritrjevanje tudi med vožnjo, ter morebitnem posedanju oz. sesedanju (manjšanju obsega) tovora.

*Slika 69: Pnevmatiski vitel za pritrjevanje tovora na prikolici za prevoz hlodovine*



*Vir: Lampen, 2006, str. 65*

### 6.1.7 Zagotavljanje, vplivi in nadzor natezne sile v pasu za pritrjevanje

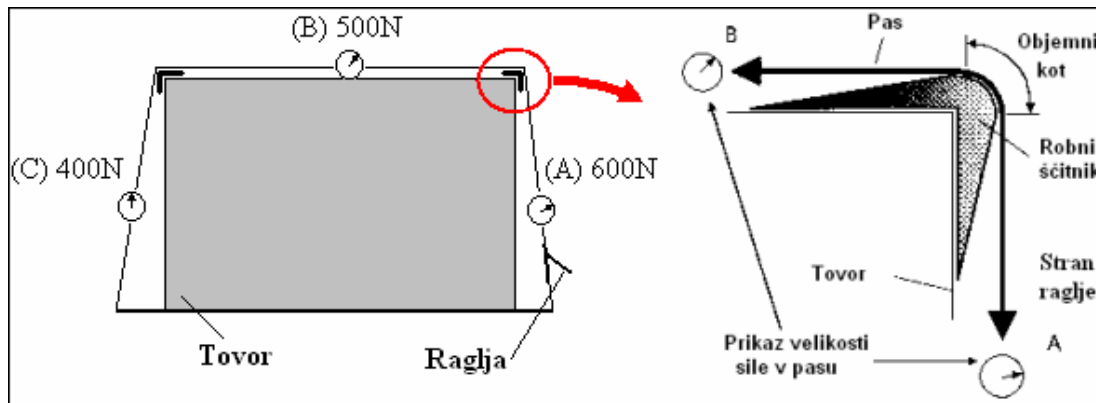
Med pritrjevanjem tovora z dvodelnimi pasovi za pritrjevanje moramo paziti, da uporabimo oz. povežemo dela z isto predvideno silo v pasu ( $S_{TF}$ ), saj je ta lahko pri navidez istih pasovih različna. Kadar ima del z ragljo večjo  $S_{TF}$  kot drugi daljši del veznega traku s kavljem, zlahka pride do prekoračenja predvidene sile v pasu  $S_{TF}$ . V nasprotni situaciji, ko imamo povezana pas za pritrjevanje z ragljo z manjšo  $S_{TF}$  kot jo ima drugi daljši del veznega pasu s kavljem pa ne moremo izkoristiti razpoložljive oz. doseči predvidene obremenitve, ki nam jo omogoča daljši del veznega traku s kavljem. Natezna sila bi morala biti v posameznem pasu za pritrjevanje po pritrjevanju tovora skladna z označeno oz. predvideno silo ( $S_{TF}$ ) na deklaraciji posameznega pasu za pritrjevanje, kar zahteva večina evropskih držav. V praksi je te zahteve težko doseči. Sila roke ( $S_{HF}$ ) osebe, ki pritrjuje tovor ter tako deluje na ročico raglje je različna, poleg tega pa k razliki doprinese še različno število ovojev na bobnu raglje. Odstopanje je posledično moč pričakovati tudi pri dejanski natezni sili v pasu in  $S_{TF}$ .

### 6.1.8 Vloga kotnih ščitnikov in njihov vpliv na sile v pasu za pritrjevanje

Kotni ščitniki imajo poleg zaščitne funkcije veznega traku, ki je podrobneje opredeljena v naslednjem poglavju, tudi zelo pomembno vlogo pri zagotavljanju čim manjšega upada natezne sile v posameznem delu pasu za pritrjevanje (slika 70).

Kot je že opisano v poglavju Fizikalno teoretične osnove, se tudi tu na kotnem ščitniku pojavi trenje gibkega elementa, v našem primeru veznega traku, ob kolut, v našem primeru nepomični kotni ščitnik. V fizikalno teoretičnih osnovah sem obravnaval situacijo, ko z manjšo silo, kot je bila sila teže bremena, zadržujemo breme (slika 19), torej nam je pomagala – koristila sila trenja, saj je nasprotovala gibanju – spuščanju bremena. V kolikor pa želimo primer bremena prirediti pritezanju pasu za pritrjevanje, prikazano na spodnji sliki 70, pa je potrebno predpostaviti, da želimo breme, ki smo ga pred tem zadrževali, sedaj privzdigniti z vlečenjem vrvi. V tej situaciji pa trenje nasprotuje zelenemu gibanju – dviganju bremena ter moramo za dvig vleči vsaj s silo, ki je enaka vsoti teže tovora in sili trenja vrvi ob kolut. Podobna situacija nastane tudi pri pritezanju pasu za pritrjevanje,

Slika 70: Upad sile v veznem traku zaradi trenja veznega traku ob kotni ščitnik



Vir: Podzuweit, 2002, str. 129 – 130

saj ob vsakem prehodu – drsenju veznega traku po kotnem ščitniku, prihaja do trenja ter s tem vpada pritezne sile v posameznem delu pasu za pritrjevanje, kar nazorno prikazuje slika 58 (levi del). Padec sile v delu brez raglje (položaj C, levi del slike 70) lahko znaša tudi do polovice sile v pasu z ragljo. Tovor je zaradi tega neenakomerno pritrjen, kar zlahka povzroči, da se ob prevozu ter vibracijah iz cestišča začne nagibati – pomikati na stran z večjo pritezno silo (stran z ragljo).

V teoriji se je možno opisanega pojava izogniti z uporabo trodelnega pasu za pritrjevanje, oziroma pritrditve, kjer bi uporabljali dve raglji, na vsaki strani tovora po eno, ali če bi namestili pas za pritrjevanje tako, da bi bila raglja nameščena na vrhu tovora (slika 70 – položaj B). V praksi sta ti rešitvi, zaradi standardnih dolžin pasov za pritrjevanje ter potrebnih dodatnih naporov voznika izjemno redko uporabljeni. Praktično in priporočeno je izmenično nameščanje pasov za pritrjevanje vzdolž tovora, kar pomeni da pas za pritrjevanje namestimo tako, da je del pasu z ragljo enkrat na levi strani, na naslednjem pasu za pritrjevanje pa na desni ... S takšno razporeditvijo dosežemo, da se sile pritrjevanja na vsaki strani uravnotežijo ter preprečijo nagibanje oz. premikanje tovora.

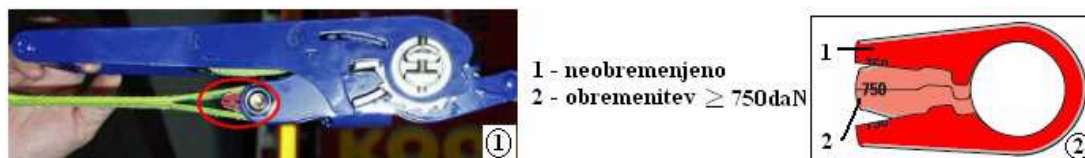
### 6.1.9 Indikacija natezne sile v pasu za pritrjevanje

Nekateri vodilni proizvajalci na področju sredstev za pritrjevanje so razvili posebne indikatorje za ugotavljanje oz. merjenje natezne sile v pasovih za pritrjevanje.

Prvi od omenjenih pripomočkov z oznako TFI (tension force indicator – SpanSet) je merilni indikator nameščena v zanko krajšega dela veznega traku, preko katere je z

vijakom vpeta raglja (slika 71). Omenjeni Indikator je v neobremenjenem stanju razprt, ko pa z ragljo dosežemo ali presežemo predvideno natezno silo v pasu ( $S_{TF}$ ), se indikator sklence skupaj. V sklenjeni poziciji je na njem moč odčitati doseženo natezno silo v pasu za pritrjevanje: v primeru na sliki 71 ta znaša 750 daN.

Slika 71: TFI – indikator natezne sile na pasu za pritrjevanje



Vir: 1) Lampen, 2006, str. 64; 2) Ladungssicherung [SpanSet], b. d.

Slabost omenjenega indikatorja pa je, da je z njim moč meriti le natezno silo v pasu, ki je opremljen z njim, saj ni izmenljiv. Ker pa velika večina pasov za pritrjevanje ni opremljena s pripomočki za merjenje oz. identifikacijo natezne sile, so vodilni proizvajalci razvili posebne merilne naprave, ki so izmenljive (slika 72). Z njimi je možno meriti natezne obremenitve v napetem pasu oz. v pasu za pritrjevanje pod obremenitvijo. Merjenje oz. identifikacija natezne sile je enostavna, saj se merilni inštrument namesti na obremenjen vezni trak, kot je prikazano na spodnjih slikah, zatem pa se vezni trak s premikom ročice obremeni na upogib. Trak se zaradi pravokotne obremenitve poda oz. upogne, pri tem pa je upogibek obratno sorazmeren z obstoječo silo v pasu, saj večji natezni sili ustreza manjši upogibek. Nadzorni organi v tujini omenjene merilne inštrumente zaradi njihove že omenjene izmenljivosti ter enostavnosti redno uporabljajo pri nadzoru pritrjevanja tovora na cestnih tovornih vozilih.

Slika 72: Merilni inštrumenti za nadzor natezne sile v pasovih za pritrjevanje



Vir: Lampen, 2006, str. 68

### 6.1.10 Razmere pri popuščanju

Raglja je opremljena tudi z dodatno ročico za sprostitvev napenjalne sile, ki jo je za aktiviranje potrebno izvleči v smeri ročice raglje ter zatem ragljo popolnoma razpreti (slika 73). Na ta način sprostimo dvojni zaskočni mehanizem ter tako omogočimo sprostitvev veznega traku ter nadaljnjo demontažo pasu za pritrjevanje. Pred demontažo pasov za pritrjevanje je potrebno veliko pozornost nameniti stabilnosti oz. kontroli stanja tovora, saj je med prevozom lahko prišlo do porušitve stabilnosti tovora. Tovor s porušeno stabilnostjo namreč ob odstranitvi oz. demontaži pasov za pritrjevanje zlahka pade iz vozila ter ob tem poškoduje bližnjo osebo, povzroči poškodbo na tovoru samem ali prevoznem sredstvu.

*Slika 73: Razprti položaj raglje*



### 6.1.11 Nepravilna uporaba in poškodbe pasov za pritrjevanje

Rok uporabe pasov za pritrjevanje in potreba po zamenjavi ni določena s strani proizvajalca, niti ni predpisana s predpisom ali zakonom, vsekakor pa pravilna uporaba in skrbno ravnanje z njimi krepko podaljša njihovo uporabnost. Pasovi za pritrjevanje tovora se ob nepravilni in nestrokovni uporabi hitro poškodujejo, celo do te mere, da niso več primerni za zavarovanje tovora, saj poškodbe zmanjšujejo funkcionalnost, zanesljivost in varnost pritrditve. Med tovrstne poškodbe tako prištevamo:

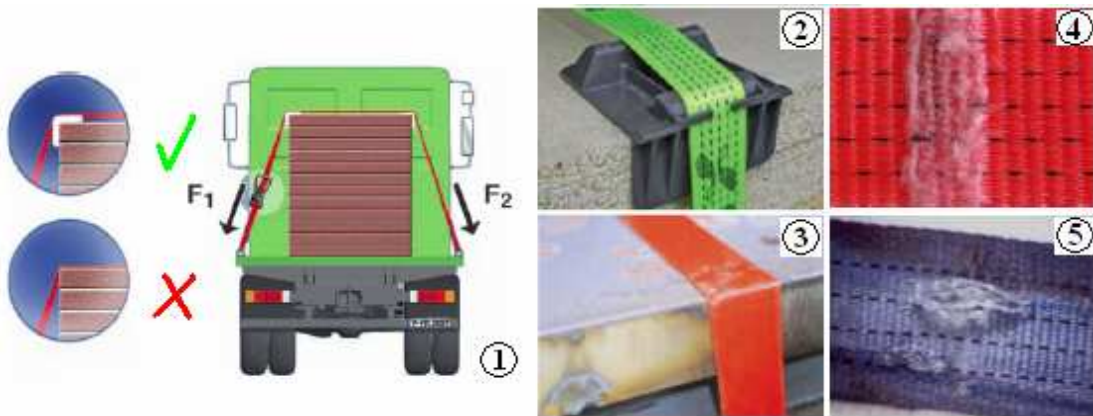
- a) vzdolžne in prečne zareze na veznem traku (daljše od 10 % širine);
- b) kemične in toplotne poškodbe veznega traku;
- c) poškodbe deklaracije oz. etikete (izguba, nečitljivost);
- d) poškodbe raglje (deformacije sestavnih delov, prekomerna korozija);
- e) poškodbe (deformacije) spenjalnih elementov;
- f) podaljševanje in skrajševanje s pomočjo vozlov;
- g) popravila pasov za pritrjevanje s strani nepooblaščenih oseb.



## a) Vz dolžne in prečne zarez na veznem traku (daljše od 10 % širine)

Do vzdolžnih in prečnih zarez na pasovih večinoma prihaja zaradi ostrih robov tovora (najpogosteje pločevine) ter neuporabe kotnih ščitnikov (slika 74). V teh primerih ne obstaja le nevarnost poškodbe in uničenja pasu za pritrjevanje, temveč tudi njegovo nenadno prerezanje ter s tem popolna izguba pritrditve. Kotni ščitniki, kot so prikazani na spodnji sliki, imajo poleg naloge zavarovanja veznega traku pred ostrimi robovi tovora ter zmanjševanjem trenja med veznim trakom in tovorom tudi nalogo, da s svojo večjo naležno površino na tovoru pritezno silo v pasu za pritrjevanje enakomerneje porazdelijo po tovoru ter tako zmanjšajo možnost poškodb tovora.

Slika 74: Zaščita pasov za pritrjevanje z kotnimi ščitniki



Vir: 1) *Techniken zur Ladungssicherung* [Kirschbaum], b. d.; 2) *Ladungssicherung* [SpanSet], b. d.  
3) *Lampen*, 2007, str. 116; 4, 5) *Ladungssicherung auf Fahrzeugen der Bauwirtschaft* [Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft], b. d.

Kotni ščitniki so lahko izdelani iz različnih materialov tudi pločevine, lesa, kartona. Torne podloge niso primerne za zaščito robov, saj so ti trakovi namenjeni povečevanju trenja med tovorom in podlago ter bi z njihovo uporabo dodatno prispevali k razliki sil v posameznem delu pasu za pritrjevanje.

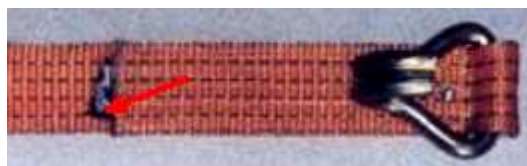
## b) Kemične in toplotne poškodbe veznega traku

Pri uporabi pasov za pritrjevanje je potrebno paziti tudi, da ti niso izpostavljeni visokim temperaturam ter agresivnim kemikalijam, saj ob tem na izpostavljenih mestih izgubijo svoje prvotne lastnosti ter tako niso več primerni za pritrjevanje.

## c) Poškodbe deklaracije ali etikete

Pas za pritrjevanje mora biti s strani proizvajalca vedno opremljen z deklaracijo, prikazano na sliki 75. Ta je všita v pas za pritrjevanje, pri dvodelnih pasovih pa morata biti z njo opremljena oba dela. Tako se pasovi za pritrjevanje, ki niso opremljeni z omenjeno deklaracijo oziroma je ta manjkajoča ali nečitljiva (slika 75), ne smejo uporabljati za pritrjevanje tovora na cestnih tovornih vozilih.

*Slika 75: Neustrezni pas za pritrjevanje z manjkajočo deklaracijo*



*Vir: Sander, 2004, str. 79*

## d) Poškodbe raglje (deformacije, sestavnih delov, prekomerna korozija)

Ob normalni uporabi pasov za pritrjevanje redko prihaja do poškodb in deformacij raglje. V kolikor pa se za pritegovanje raglje uporablja nedovoljene pripomočke (slika 76), s katerimi podaljšujemo ročico raglje, zlahka pride do trajnih deformacij ročice in drugih sestavnih delov raglje. Omenjeni pripomočki so nedovoljeni, saj z njimi večkratno presežemo konstrukcijsko obremenitev ročice raglje ter njenih ostalih sestavnih delov, poleg poškodbe raglje pa ob tem tvegamo tudi poškodbo pri delu. Ob preobremenitvi lahko pride do ukrivljenja ročice raglje ter deformacije zaskočnega mehanizma, s čimer raglja izgubi funkcionalnost in varnost pritrditve. Raglja ni primerna za pritrjevanje tudi v primerih, ko so na njej vidni večji sledovi rje (desni del slike 76), saj so ti prvi znak iztrošenosti raglje, lahko pa tudi znak utrujenosti materiala.

Slika 76: Nedovoljeni pripomočki, deformacije raglje ter korozija na raglji



## e) Poškodbe (deformacije) spenjalnih elementov

Do poškodbe spenjalnih elementov večinoma prihaja zaradi nepravilne povezave s pritrilnimi mesti oziroma prekoračenja natezne sile pasu (slika 77). V primerih, ko se kavlji plastično oz. trajno deformirajo za več kot 5 % ali pa pride celo do loma, povezovalni trakovi niso več primerni za pritrjevanje tovora.

Slika 77: Vzroki in posledice za poškodbe pritrilnih mest

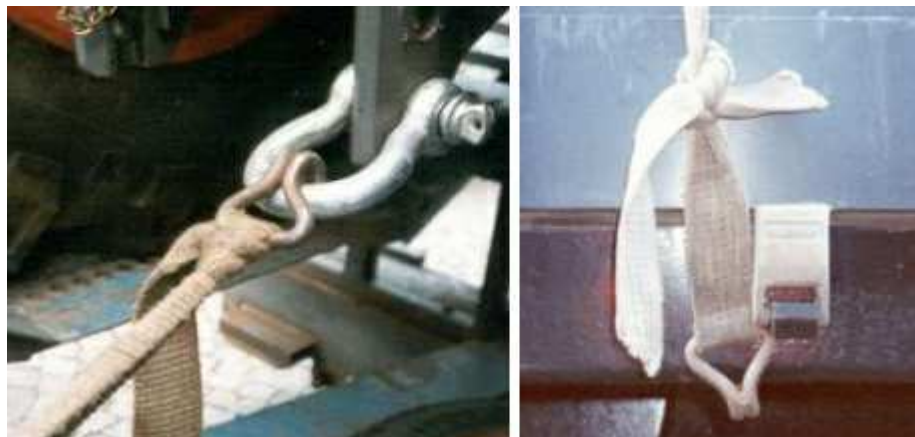


Vir: 1,3 - Lampen, 2007, str. 119; 2,4 – Ladungssicherung auf Fahrzeugen der Bauwirtschaft [Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft], b. d.

## f) Podaljševanje in skrajševanje s pomočjo vozlov

Podaljševanje in skrajševanje pasov ter pritrjevanje s pomočjo vozlov ni dovoljeno, saj v teh primerih že sam vozol predstavlja mesto, kjer prihaja do koncentracije napetosti, s čimer se največja dovoljena natezna obremenitev pasu (LC) zmanjša na približno 70 %.

*Slika 78: Podaljševanje in skrajševanje pasu za pritrjevanje z vozli*

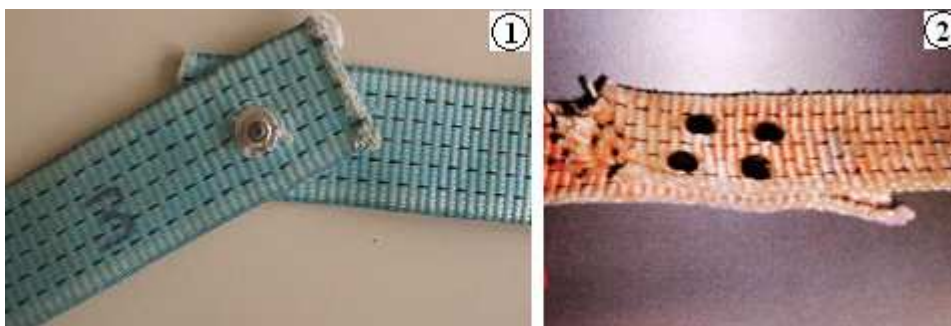


*Vir: Lampen, 2006, str. 66*

## g) Popravila pasov za pritrjevanje iz strani nepooblaščenih oseb

Vsakršna popravila pasov za pritrjevanje so nedopustna, saj z njimi posegamo v dovoljeno in deklarirano natezno obremenitev, ki se ob takšnem posegu zmanjša (slika 79). Dovoljeni so le posegi proizvajalca oziroma iz njegove strani pooblašcene osebe.

*Slika 79: Neprimerna popravila pasov s strani nepooblaščenih oseb*

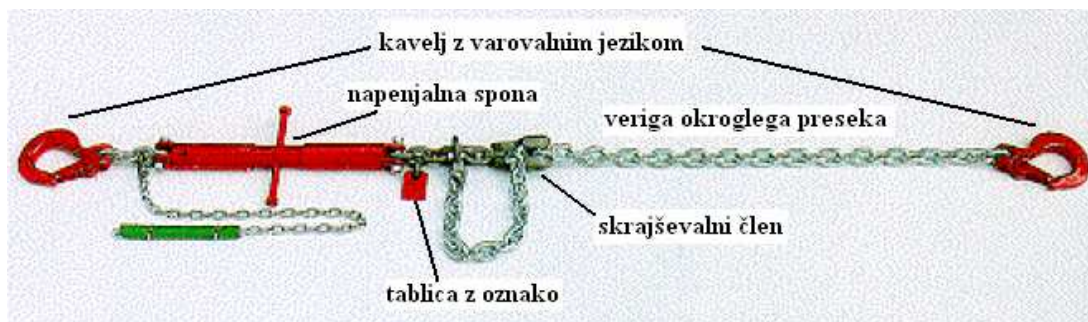


*Vir: 1) Ladungssicherung auf Fahrzeugen der Bauwirtschaft [Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft], b. d. ; 2) Lampen, 2007, str. 120*

## 6.2 Verige za pritrjevanje tovora

Verige za pritrjevanje tovora so sestavljene iz napenjalne spona, verige okroglega prereza ter končnih spenjalnih kavljev (slika 80). Pogosto pa je omenjenim sestavnim členom dodan še skrajševalni člen, s katerim verigo skrajšamo ter tako prilagodimo potrebni dolžini. Zaradi svoje velike togosti, čvrstosti ter odpornosti na umazanijo, olje in kemikalije, se verige uporabljajo predvsem za zavarovanje težjih tovorov, kot so zvitki pločevine, armiranobetonski nosilci, delovni stroji in podobno. Pri takšnih primerih se zahteva, da sredstva za pritrjevanje prenašajo velike natezne obremenitve. Tako je z verigami za pritrjevanje tovora možno doseči mnogo večje natezne sile, kot z pasovi za pritrjevanje, veliko prednost pa predstavlja tudi majhen raztezek, ki pri dovoljeni natezni obremenitvi znaša približno 1,5 %. Na tem mestu ni odveč opozorilo, da se pred pritrjevanjem potrebno preveriti največjo dovoljeno obremenitev pritrtilnih mest, na katera imamo namen pritrčiti kavlje verige.

Slika 80: Sestava verige za pritrjevanje



Vir: *Ladungssicherung auf Fahrzeugen [Wolters Kluwer Deutschland GmbH], b. d.*

Ročica napenjalne spona mora biti izdelana tako, da jo je možno v obremenjenem stanju aretirati ter s tem preprečiti nenadzorovano popuščanje natezne sile. Verige za pritrjevanje morajo ustrezati standardu DIN EN 12195 – 3, ki med drugim zahteva, da se za pritrjevanje tovora smejo uporabljati le verige osmega ali višjega kakovostnega razreda.

Največja dovoljena natezna obremenitev verige je odvisna od kakovostnega razreda ter nazivnega premera člena verige.

Tabela 11: Karakteristike verig za pritrjevanje

| Nazivni premer<br>člena verige<br>[mm] | Največja dovoljena<br>obremenitev verige<br>kakovostnega razreda 8<br>[daN] | Največja dovoljena<br>obremenitev verige<br>kakovostnega razreda 10<br>[daN] |
|--|---|--|
| 6                                      | 2.200   | 3.000  |
| 8                                      | 4.000   | 5.000  |
| 10                                     | 6.300   | 8.000  |
| 13                                     | 10.000  | 13.400   |
| 16                                     | 16.000  | 20.000   |

Vir: Lampen, 2007, str. 123

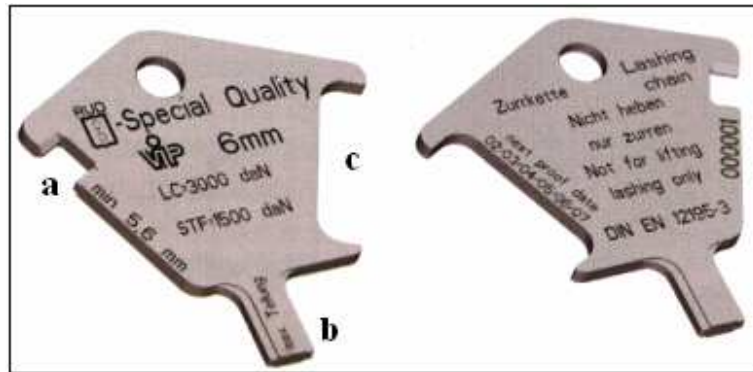
Skladno s standardom DIN EN 12195 – 3 morajo biti verige za pritrjevanje označene in deklarirane z identifikacijsko tablico.

Tablica mora vsebovati podobne oznake kot deklaracija pri pasovih za pritrjevanje in sicer:

- proizvajalca verige za pritrjevanje;
- največjo dovoljeno natezno obremenitev LC;
- nazivni premer členov verige;
- kakovostni razred verige;
- predvideno – povzročeno silo v verigi  $S_{TF}$  po delovanju sile roke  $S_{HF}$  (50 daN) na ročico napenjalne spone;
- opozorilo, da se sme takšne verige uporabljati le za pritrjevanje in ne za dvigovanje tovora.

Identifikacijske tablice so pogosto izdelane v obliki šablone, s katero lahko preverimo ustreznost členov verige (slika 81).

Slika 81: Identifikacijska tablica v obliki šablone



Vir: RUD v Lampen, 2007, str. 123

Identifikacijska tablica v obliki šablone je zelo koristna, saj nam omogoča, da z njo preverimo stanje verige. Veriga se, v kolikor je bila preobremenjena, deformira oz. podaljša, kar je možno opaziti tudi s pomočjo šablone na posameznem členu. Tako z mestom a na šabloni (slika 81) preverimo premer člena verige, ki se ob preobremenitvi stanjša. S trnom b preverimo razmik med sosednjima členoma, z mestom c pa preverimo dolžino posameznega člena.

Podobno kot velja pri pasovih za pritrjevanje, mora biti tudi veriga nameščena ravno in ne zavita okoli svoje osi, saj se s tem vanjo vnesejo dodatne napetosti, kar zmanjša sposobnost prenašanja nateznih obremenitev. V primerih pritrjevanja predmetov z ostrimi robovi je potrebno uporabiti kotne, ščitnike kot prikazuje slika 83, saj v nasprotnem primeru tvegamo lokalno poškodbo tovora (npr. odkrušitev dela betonskega nosilca) ali deformacijo člena verige. Obenem pa podobno, kot pri pasovih za pritrjevanje s kotnimi ščitniki zmanjšamo razlike med nateznimi silami v posameznem delu verige.

Slika 82: Zaščita robov s kotnimi ščitniki za verige



Vir: Lampen, 2007, str. 124

Tudi pri napevanju verig je prepovedano uporabljati najrazličnejše podaljške za vrtenje ročic napejalne sponse, saj lahko presežemo predvideno napetost verige ( $S_{TF}$ ), ki nikdar ne sme preseči 50 % LC. Prav tako za pritrjevanje tovora niso primerne verige, ki jih je močno napadla rja oz. korozija.

Verige, pri katerih je prišlo do deformacij posameznih členov ali spenjalnih kavljev (slika 83), niso primerne za pritrjevanje tovora ter jih je potrebno zamenjati z novimi identične kakovosti in dimenzije.

*Slika 83: napake pri pritrjevanju tovora z verigami ter poškodbe verig*



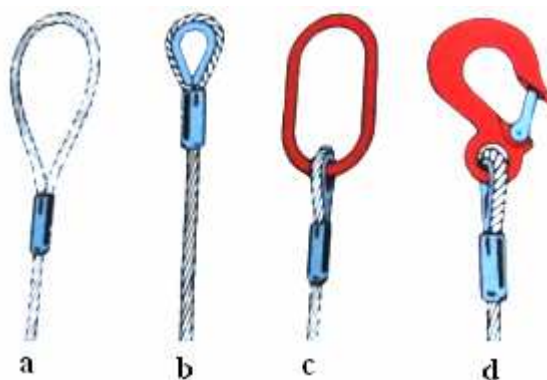
*Vir: Lampen, 2006, str. 76*



### 6.3 Jeklene vrvi za pritrjevanje tovora

Jeklene vrvi, jeklenice oz. pletenice so sestavljene iz večjega števila med seboj ovitih in spletenih jeklenih žic v obliki vrvi. Da so omenjene jeklene vrvi primerne za pritrjevanje tovora, morajo ustrezati standardu DIN EN 12195 – 4 ter biti na enem koncu spletene oz. spojene v daljšo ali krajšo zanko. Krajše zanke morajo imeti obvezno vstavljen poseben ščitnik zanke, ki porazdeli obremenitev po večjem številu žic, obenem pa varuje žice pred obrabo in večjimi deformacijami. Sicer pa je lahko v zanko vstavljen tudi končni člen (c) ali kavelj z varovalko (d) (slika 84).

Slika 84: Predvideni spenjalni elementi jeklenih vrvi za pritrjevanje



Vir: Lampen, 2007, str. 132

Prvi konec jeklene vrvi z zanko oz. končnim členom povežemo s pritrdilnim mestom ter namestimo preko tovora. Drugi konec namestimo na boben vitla, ki je fiksno montiran na nosilno ogrodje nadgradnje oz. kesona, na katerem z vrtenjem bobna dosežemo potrebno natezno napetost v jekleni vrvi, ter s tem pritrditev tovora. Pri tem je ob navijanju jeklene vrvi na boben vitla potrebno paziti, da se jeklena vrv enakomerno navija, saj se pri neenakomernem navijanju, kot ga prikazuje slika 85, lahko pripeti izguba oz. zmanjšanje natezne sile ter poškodba jeklene vrvi.

Slika 85: Neenakomerna ovitost jeklene vrvi na bobnu vitla z zaskočnim mehaizmom



Vir: Lampen, 2006, str. 78

Do omenjene izgube natezne sile v jekleni vrvi lahko pride ob tresljajih med vožnjo, saj jeklena vrv zdrsne iz predhodno neenakomerno ovite jeklene vrvi z večjim obsegom na sosednje ovoje z manjšo ovitostjo in obsegom, s čimer se zmanjša razdalja ter posledično natezna sila v jekleni vrvi.

Jeklene vrvi naj bi bile skladno s standardom DIN EN 12195 – 4 zmožne prenesti vsaj dvakratno nazivno oz. dovoljeno obremenitev torej (2 x LC). V spodnji tabeli so največje dovoljene oz. nazivne obremenitve za posamezne premere jeklenih vrvi podrobneje navedene.

Tabela 12: Največje dovoljene obremenitve jeklenih vrvi v odvisnosti od premera

| Nazivni premer<br>jeklene vrvi [mm] | Največja dovoljena obremenitev<br>jeklene vrvi [daN] |
|-------------------------------------|--|
| 8                                   | 1.120  |
| 10                                  | 1.750  |
| 12                                  | 2.500  |
| 14                                  | 3.500  |
| 16                                  | 4.500  |
| 18                                  | 5.650  |
| 22                                  | 8.500  |
| 24                                  | 10.000   |

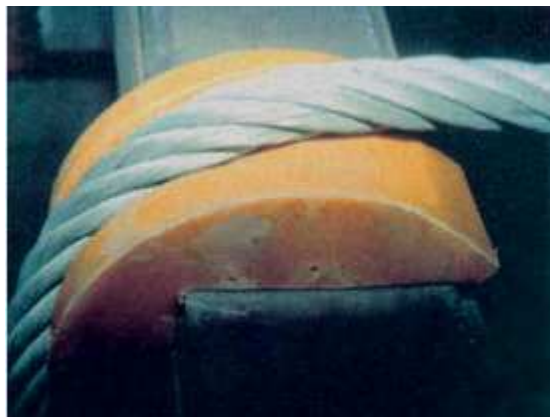
Vir: Lampen, 2007, str. 134

Skladno s standardom DIN EN 12195 – 4 morajo biti tudi jeklene vrvi namenjene za pritrjevanje tovora opremljene s kovinskimi tablicami, na katerih so naslednji podatki:

- največja dovoljena natezna obremenitev jeklene vrvi LC v [kN – kilonjutnih];
- predvidena obremenitev jeklene vrvi ob pritrjevanju  $S_{TF}$  v [daN];
- opozorilo, da se sme jeklena vrv uporabljati le za pritrjevanje in ni namenjena za dvigovanje tovora;
- naziv proizvajalca;
- kodo o sledljivosti s strani proizvajalca;
- oznako evropskega standarda kateremu ustreza (DIN EN 12195 – 4).

Podobno kot pri pasovih za pritrjevanje in verigah je tudi pri pritrjevanju z jeklenimi vrvmi potrebno uporabiti ustrezne kotne ščitnike (slika 86). Njihova naloga je ščititi jekleno vrv za pritrjevanje pred poškodbami s strani tovora, pa tudi tovor pred lokalnimi poškodbami in deformacijami. Poleg tega zmanjšujemo razlike v natezni sili posameznega dela sredstva za pritrjevanje. Izpolnjevati pa morajo še dodaten pogoj oz. načelo, ki zahteva, da mora vsaka sprememba smeri jeklene vrvi potekati prek radia z vsaj trikratnim premerom jeklene vrvi, kar velja tudi za kotne ščitnike.

*Slika 86: Zaščita robov tovora z kotnimi ščitniki ustreznih premerov*

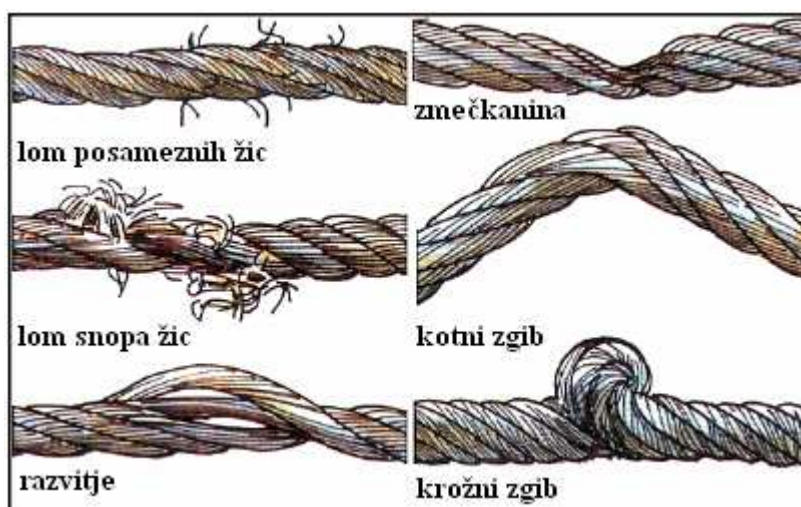


*Vir: Ladungssicherung auf Fahrzeugen der Bauwirtschaft  
[Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft], b. d.*

S povečevanjem premera uporabljene jeklene vrvi se zaradi premera ob upogibanju oz. spremembi smeri povečuje tudi velikost nateznih napetosti na zunanji strani ter tlačnih napetosti na notranji strani mesta upogibanja. Porast omenjenih notranjih napetosti v

jekleni vrvi pa ob premajhnem radiu upogibanja zgoščeno mestoma deluje na lokalni del jeklene vrvi, ki se zaradi tega splošči in ukrivi. Omenjeno lokalno mesto se zaradi presežene elastične deformacije tudi po razbremenitvi ne povrne v prvotno stanje, temveč ostane trajno plastično deformirano. Ob večjem številu ponovitev podobnih pritrjevanj pa se najbolj izpostavljene žice jeklene vrvi utrdijo in prelomijo. Na takšen in podoben način prihaja do poškodb jeklenih vrvi kot jih prikazuje slika 87.

Slika 87: Poškodbe in deformacije jeklenih vrvi



Vir: Kraftfahrwesen im THV [Arcor], b. d.

Ker pa navkljub skrbnemu ravnanju sčasoma prihaja do loma posameznih žic, standard DIN EN 12195 – 4 dovoljuje manjše število lomov žic pri jeklenih vrveh in sicer kot je navedeno v tabeli 13.

Tabela 13: Največje dovoljeno vidno število lomov žic na jekleni vrvi za pritrjevanje

| Na razdalji (v odvisnosti od premera – dolžini) | 3 x d | 6 x d | 30 x d |
|---|-------|-------|--------|
| Največje vidno število lomov žic                | 4     | 6     | 16     |

Vir: DIN EN 12195 – 4 v Lampen, 2007, str. 137

V primerih, ko število prelomljenih žic na jekleni vrvi preseže največje dovoljeno število lomov, jeklena vrv ni več primerna za pritrjevanje tovora ter jo je potrebno zamenjati.

Podobno za pritrjevanje niso primerne jeklene vrvi:

- ki imajo deformirane spenjalne elemente;
- ki imajo poškodbe tlačne spojke;
- ki imajo poškodbe globlje od 10 % premera jeklene vrvi;
- na katerih so vidne večje zmečkanine (večje od 15 % premera);
- na katerih je opazna močna korozija (slika 89);
- z večjimi poškodbami razvitij in krožnimi zgibi (slika 87).

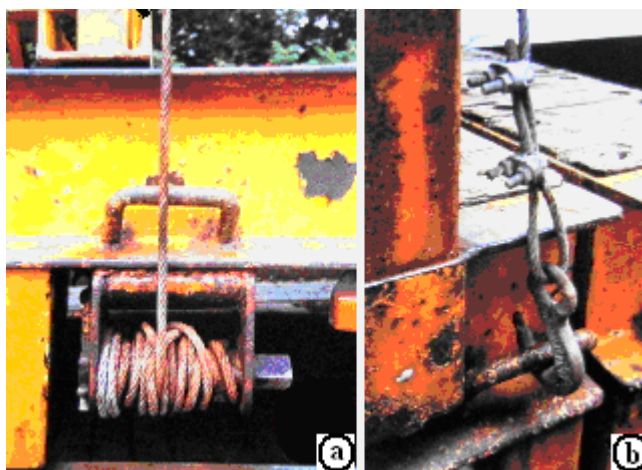
Na tem mestu je potrebno tudi poudariti, da mora biti krajša zanka vedno tovarniško izdelana s tlačno spojko in vstavljenim ščitnikom zanke (slika 88), saj izdelava zank z vijačnimi sponami ni dovoljena. Slika 89 b, prikazuje neustrezno sestavo jeklene vrvi, saj ima v zanko vstavljen kavelj brez varovalke, zanka je brez ščitnika zanke ter zanka je spojena z uporabo vijačnih spon.

*Slika 88: Nedovoljena ter ustrezna izvedba zank pri jeklenih vrveh za pritrjevanje*



Vir: Lampen, 2006, str. 77

*Slika 89: Iztrošeni in neprimerni jekleni vrvi za pritrjevanje tovora*



Vir: Lampen, 2007, str. 138

## Popuščanje – sproščanje jeklenih vrvi

Pri popuščanju jeklenih vrvi je podobno kot pri pasovih za pritrjevanja tovora potrebno veliko pozornost nameniti stabilnosti tovora, saj je zaradi tresljajev in premikov med vožnjo ta lahko porušena. S poružitvijo pa lahko pride do večje natezne sile v jekleni vrvi, kot smo jo vnesli ob zatezanju oz. pritrjevanju. Ker pa pri popuščanju z eno roko sprostimo zaskočni mehanizem bobna, ter kot prikazuje slika 90, s precejšnim delom celotne teže telesa prek drogu zadržujemo silo v vrvi tvegamo povratni udarec drogu ter s tem hude telesne poškodbe. Zato je zelo priporočljivo, predvsem pri elastičnih in prožnih tovorih, uporabljati bobne z dvojnimi zaskočnimi mehanizmom, ki nam omogoča postopno stopenjsko popuščanje ter s tem manjše premike drogu oz. ročice.

*Slika 90: Nevarnost povratnega udarca drogu pri popuščanju jeklenih vrvi*



*Vir: Ladungssicherung auf Fahrzeugen [Wolters Kluwer Deutschland GmbH.], b. d.*

## 7 PRIPOMOČKI ZA OBLIKOVNO ZAVAROVANJE TOVORA

Poleg že omenjenih in opisanih ter najpogosteje uporabljenih sredstev za pritrjevanje (pasov, verig, jeklenih vrvi) se lahko poslužimo tudi oblikovnega zavarovanja tovora. Predpogoj zavarovanja tovora na takšen način je oblika oz. konstrukcija nadgradnje tovrnega vozila ali prikolice (dno, strop, prednje, zadnje, stranske stranice), ki morajo biti zmožne prenašati obremenitve tovora, ki se pojavljajo med transportom. Poleg tega pa mora biti tovor brez vmesnih praznih prostorov oz. praznin, ki bi omogočale premikanje nameščen tesno ob stene nadgradnje. Kjer nameščanje brez vmesnih praznih prostorov zaradi sestave, oblike, delnega natovarjanja, raztovarjanja ali razporejanja tovora za doseg pravilne osne obremenitve vozila ni možno, je potrebno manjše vmesne praznine zapolniti ali tovor fizično ločiti s pregradami. V primerih, ko nadgradnja ni v stanju prenesti celotne obremenitve tovora, moramo oblikovno zavarovanje tovora kombinirati s pritrjevanjem ter na ta način zagotoviti nepomičnost tovora.

Tovor, ki ga zaradi dimenzij oz. oblike ni možno tesno zložiti na tovrno površino, je potrebno založiti s praznimi paletami ali napihljivimi vrečami (slika 91 b). V nasprotnem primeru med vožnjo prihaja do premikov tovora, kar povzroči poškodbe tovora (slika 91 a).

*Slika 91: Zalaganje vmesnih praznin z napihljivimi vrečami*



*Vir: Ladungssicherung / Reduzierung von Transportschäden [Institut für Beratung, Forschung, Systemplanung, Verpackungsentwicklung und -prüfung], b. d.*

## 7.1 Zadrževalne letve, drogovi in lesene konstrukcije

Pri delnem natovarjanju ali raztovarjanju tovora ter razporejanju tovora za doseg pravilne osne obremenitve, se pri oblikovnem zavarovanju tovora poslužujemo zadrževalnih drogov in letev ter lesenih konstrukcij (slika 92). Z njimi omejimo možnost premikov tovora ter sile premikov tovora prenašamo na dele nadgradnje. V primeru na sliki 92 a sile z zadrževalnimi letvami prenašamo na stranske stene oz. stranice, v primeru na sliki 92 b pa z leseno konstrukcijo zaradi pravilne razporeditve tovora ter s tem pravilne osne obremenitve zapolnimo praznino med tovorom ter čelno steno ter tako preko konstrukcije prenesemo sile tovora v smeri vožnje na nadgradnjo.

Slika 92: Zadrževalne letve in lesene konstrukcije



Vir: a) *Ladungssicherung auf Fahrzeugen* [Wolters Kluwer Deutschland GmbH.], b. d.

b) *Lampen*, 2007, str. 144

Ob tem je potrebno poudariti, da je v situaciji, kot jo prikazuje slika 92 b, potrebno za zavarovanje tovora proti premikanju v bočnih smereh in v vzvratni smeri obvezno uporabiti tudi dodatna sredstva za pritrjevanje (npr. pasove za pritrjevanje), saj nam prikazana lesena konstrukcija koristi le pri zavarovanju tovora v smeri vožnje. Ker pa v praksi zaradi časovne stiske ter pomanjkanja sestavin le redko srečamo skrbno izdelane zadrževalne konstrukcije, kot to prikazuje slika 92 b, lahko v mnogih primerih uporabimo tudi zložene palete.

Na posebnosti in razlike je potrebno omeniti tudi pri zadrževalnih letvah, saj so nekatere izvedbe, ki tovor zadržujejo s pomočjo trenja, zmožne zadrževati le omejene sile tovora ter jih smemo uporabljati le pri lažjih oz. volumskih tovorih. V grobem ločimo dve izvedbi zadrževanih letev pri čemer je razlika opazna predvsem v načinu vpetja v



nadgradnjo (dno-strop, stranske stene ali stranice), (slika 93 a in b,c). V prvem primeru kot ga prikazujeta sliki 92 a in 93 b, c se sile tovora prenašajo iz zadrževalne letve oz. drogu na nadgradnjo s pomočjo trenja. Torej pri tovrstnih izvedbah tovor zadržujemo s trenjem, ki ga povzročimo med kontaktnimi površinami letve oz. drogu ter deli nadgradnje. Silo trenja na kontaktnih površinah pa zagotovimo s stisljivo spono (slika 93 b) ali s podaljšanjem oz. uklonsko obremenitvijo zadrževalne letve (slika 93 c), odvisno od izvedbe.

*Slika 93: izvedbe koncev letev in drogov za zadrževanje tovora*



*Vir: Sperren [Allsafe Jungfalk], b. d.*

Pri drugih kompaktnjših izvedbah, (slika 93 a, 94), ki so sposobne prenašati večje obremenitve pa tovor zadržujemo s pomočjo oblike. Zadrževalne letve se namestijo v posebne oblikovne utore, ki so nameščeni na stenah nadgradnje ali bočnih letvah ter tako s pomočjo oblike omogočajo prenašanje večjih obremenitev tovora na nadgradnjo.

*Slika 94: Namestitev in uporaba oblikovne zadrževalne letve*

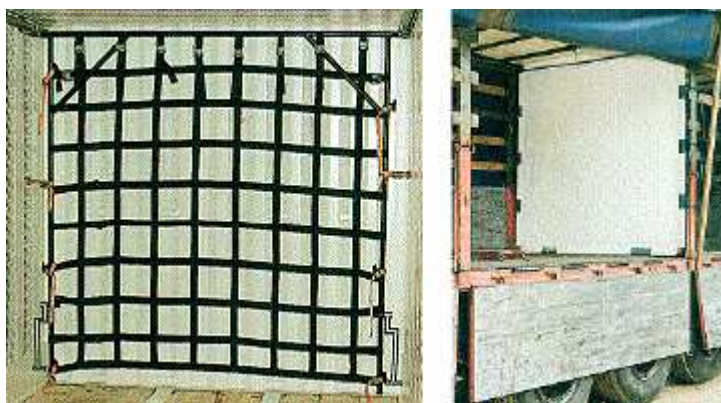


*Vir: Prospekt Ladungssicherung [Kögel], b. d.*

## 7.2 Predelne stene

Kadar je tovor na vozilu sestavljen iz večjega števila manjših pošiljk oz. tovorkov, pri katerih je potrebno ob večjem številu vmesnih postankov hitro natovarjanje in raztovarjanje in ni časa za pritrjevanje, so zelo koristne predelne stene (slika 95). Te so lahko izdelane trdno ali iz navpično postavljenih mrež izdelanih iz umetnih vlaken. Ne glede na izvedbo zmanjšajo potrebo po pritrjevanju tovora in omogočajo hitro oblikovno zavarovanje tovora tudi v primerih, ko so vmesni prostori ali deli tovornega vozila prazni.

Slika 95: Predelne stene na tovornih vozilih

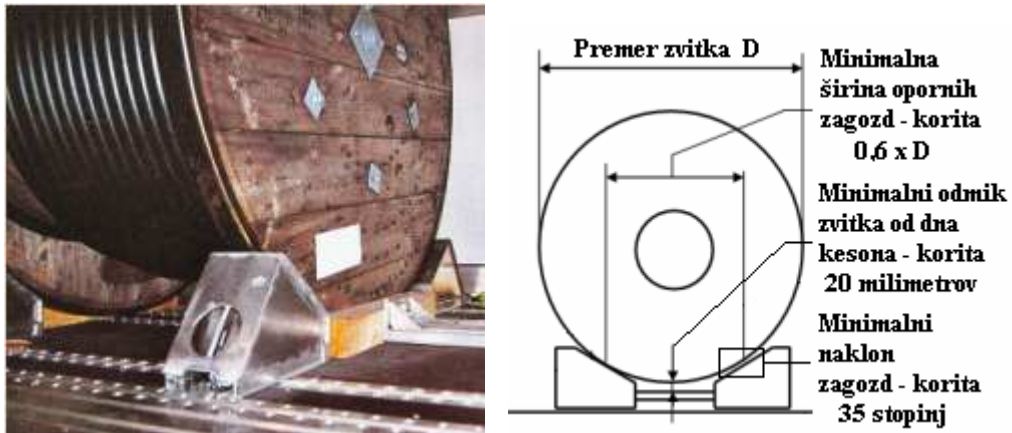


Vir: Ladungssicherung auf Fahrzeugen [Wolters Kluwer Deutschland GmbH.], b. d.

## 7.3 Podložne zagozde in korita

Podložne zagozde so lahko lesene in jih pritrdimo z žebli v dno kesona, oz. kovinske z zatiči, ki jih vstavimo v namenske letve z luknjami v dnu kesona (slika 96). Pri uporabi lesenih zagozd mora za ustrezen prenos sil minimalna dolžina oz. globina žebeljev, ki so zabiti skozi zagozdo, v leseno dno znašati dvanajstkrat toliko kot meri premer žeblja. Omenjene zagozde uporabljamo predvsem za zavarovanje oz. zagotavljanje nepremičnosti tovora valjastih oblik (kolotov, valjev, cevi ...). Tovor moramo namestiti tako, da se z vso težo opira na podložene zagozde, kar pomeni, da je med dnom in tovorom ustrezna zračnost. Tovor je tako kljub možnemu manjšemu posedanju močno zagozden in tako nepomičen. Kljub oblikovnemu zavarovanju tovora moramo poleg podložnih zagozd uporabljati tudi sredstva za pritrjevanje, s katerimi zagotovimo, da se tovor ob večjih tresljajih in sunkih med vožnjo ne mora premikati.

Slika 96: Uporaba kovinskih zagozd z zatiči in zahteve za zagozde in korita

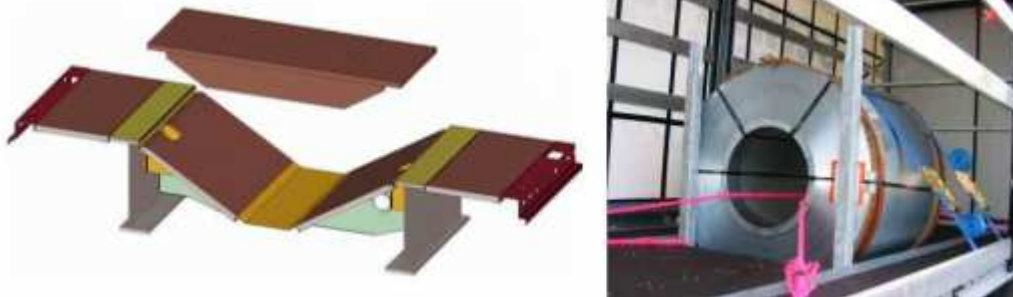


Vir: Lampen, 2007, str. 141

## Korita – žlebovi

Vozila, s katerimi se v pretežni meri prevažajo valjate zvitke pločevine morajo biti opremljena z žlebovi – koriti, ki so vgrajena v dno tovornega vozila (slika 97).

Slika 97: Zgradba in uporaba korit za prevoz valjastih zvitkov pločevine



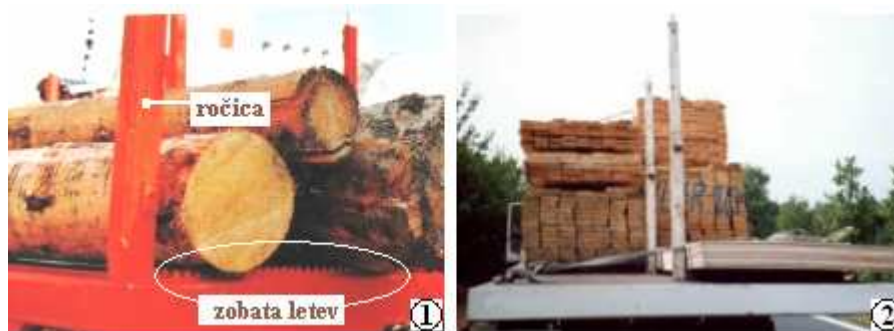
Vir: S.CS with COIL Equipment [Schmitz Cargobull], b. d.

Takšna korita v veliki meri olajšajo zavarovanje tovora ter kljub različnim premerom zvitkov zagotavljajo minimalni odmik od dna korita ter s tem zagotavljajo in varen prevoz tovora. Tudi v primeru uporabe korit, kot kaže desni del slike 98, je potrebno dodatno pritrjevanje s pasovi ali verigami.

## 7.4 Ročice in zobate letve

Ročice in zobate letve uporabljamo predvsem za prevoz hlodovine, saj z njimi oblikovno zavarujemo tovor (slika 98 (1)). Pri tem nam bočno nameščene ročice služijo predvsem za stransko – bočno zavarovanje tovora, zobate letve pa se zajejo v spodnji sloj hlodovine ter tako preprečujejo vzdolžne premike tovora. Natovorjena hlodovina mora biti zadostne dolžine, da se ob manjših premikih ne more izmakniti iz ročice. Za prevoz lesnih asortimentov (desk, plohov, tramov ...) so zelo koristne sredinske ročice (slika 98 (2)), ki precej prispevajo k bočni stabilnosti in zavarovanju tovora. Tudi tu pri uporabi ročic in zobatih letev je potrebno dodatno pritrdjevanje, saj omenjena sredstva ne zagotavljajo potrebnega zavarovanja tovora v vseh smereh.

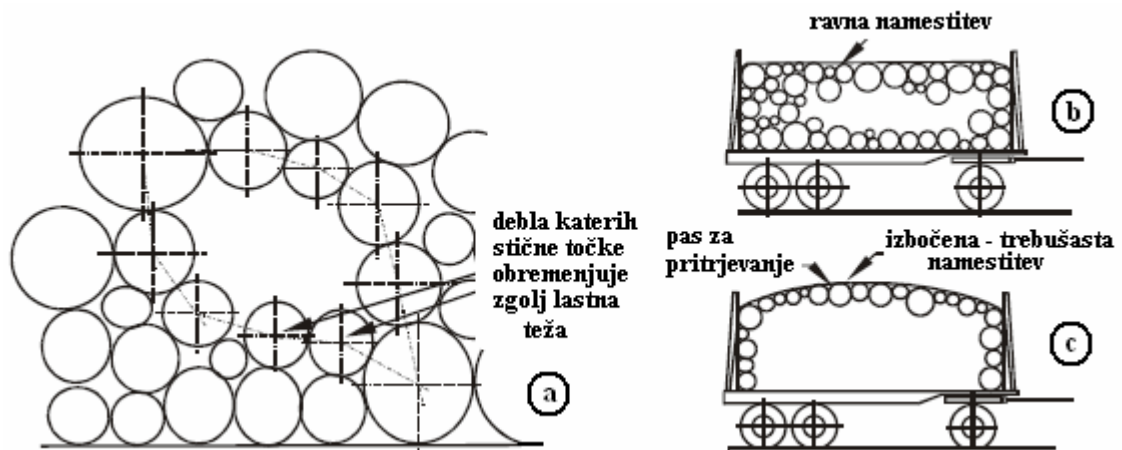
Slika 98: Uporaba ročic in zobatih letev



Vir : Lampen, 2007, str. 142

Ob natovarjanju in prevozu hlodovine je potrebno veliko pozornost nameniti pravilnemu zlaganju posameznih debel, saj se v nasprotnem primeru lahko pojavljajo kaverne oz. votline. Težave povezane z njimi pogosto opazimo šele pri močnejšem zaviranju ali pospeševanju, saj se eno ali več debel, ki ležijo v votlini, premakne iz nje. Votline nastajajo zaradi neenakomerne slojevitosti natovorjenih debel (slika 99 a). Na debela v votlini ne pritiska sila teže zgornjih debel, temveč njihove stične – torne točke obremenjuje le njihova lastna teža, ki ne zagotavlja potrebnega trenja.

Slika 99: Pojav votlin in pravilna namestitvev hlodovine



Vir: Sicherung von Kurzholz auf Straßenfahrzeugen [Königsberger Ladungssicherungskreis e.V.], b. d.

Do podobnega pojava lahko pride tudi pri ravni namestitvi debel (slika 99 b), saj se pas za pritrjevanje debel v sredini, kjer poteka ravno, ne dotika oz. kljub stiku ne more zagotavljati potrebnega pritiska ter s tem trenja in nepremičnosti tovora. Situacijo lahko precej izboljšamo z izbočeno oz. trebušasto namestitvijo debel (slika 99 c), saj z njo zagotovimo boljši kontakt debel s pasom za pritrjevanje ter hkrati večjo pritiskno silo na posamezno deblo.

Opisano izbočeno ali trebušasto namestitev uporabljamo tudi v primerih vzdolžne namestitve debel, saj kot prikazuje slika 100, tudi v takšni postavitvi premiki debel v smeri vožnje ali nazaj niso izključeni. Zaradi velikih sil na tovor, ki delujejo ob sunkovitem zaviranju, je zelo priporočljivo, da so nadgradnje za prevoz hlodovine opremljene s čvrstimi čelnimi stenami, ki tudi v primeru premika zadržijo tovor in preprečijo razsutje tovora ter s tem možno nezgodo. Posebno pozornost pri prevozu hlodovine je potrebno nameniti opisanim in prikazanim pojavom še zlasti v primerih, ko se prevaža pomrznjena, zaledenela ali debela brez lubja, saj je v teh primerih vrednost tornega koeficienta precej manjša s tem pa veliko večja možnost premikov.

*Slika 100: Premik debla v vzdolžni – vzvratni smeri*

Vir: *Sicherung von Kurzholz auf Straßenfahrzeugen [Königsberger Ladungssicherungskreis e.V.], b. d.*

## 7.5 Mreže in ponjave za pritrjevanje

Poleg že omenjenih in opisanih, večinoma namenskih pripomočkov za zavarovanje tovora, je pogosto potrebno uporabljati tudi mreže in ponjave, ki jih namestimo preko tovora (slika 101). Tanjše in goste mreže uporabljamo predvsem pri lažjih tovorih oziroma odprtih kontejnerjih, s čimer preprečujemo, da bi veter med transportom odnašal tovor. Z močnejšimi poliesterskimi mrežami, kakršne uporabljamo za predelne stene, pa prekrijemo preostali tovor, najpogosteje takšnega, ki ga je s posameznimi pasovi za pritrjevanje težko pritrditi. Tovor, podobno kot z močnejšimi mrežami za pritrjevanje lahko pritrdimo tudi s ponjavami. Te omogočajo enakomernejšo porazdelitev sile za pritrjevanje po površini tovora, od njihove izvedbe pa je odvisno ali se jih lahko koristi tudi za zaščito pred vremenskimi vplivi. Uporabne so tudi za zaščito sipkih materialov (mivke, žit ...) pred odnašanjem zračnih tokov med transportom.

*Slika 101: Uporaba mrež in ponjav za pritrjevanje*

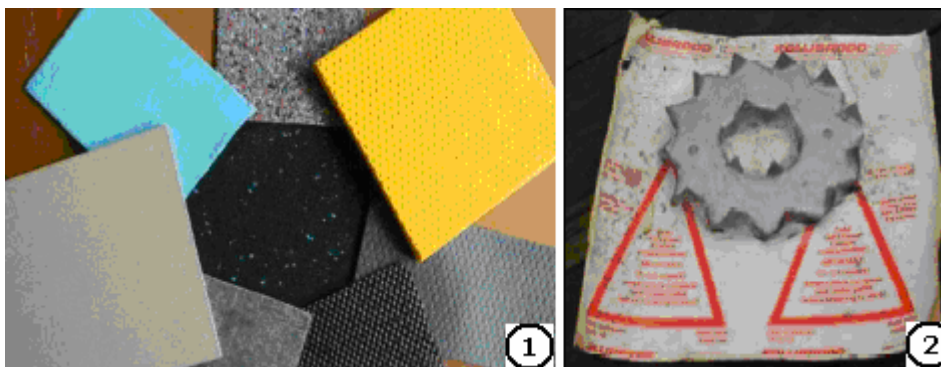
Vir: *Ladungssicherungsplanen [Transport-Information-Service], b. d.*

## 7.6 Torne podloge

Torne podloge so najpogosteje izdelane v obliki tornih trakov, ki jih nameščamo na stično točko med tovorom in dnom kesona ali med tovor oziroma tovorke (slika 103). Z njihovo uporabo močno povečamo koeficient trenja med tovorom in podlago, s čimer zmanjšamo potrebo po dodatno uporabljenih sredstvih za pritrjevanje. Torni trakovi morajo zagotavljati dinamični koeficient trenja  $\mu_D$  vsaj 0,4 lahko pa tudi 0,6 in več, kar pomeni, da moramo ob zahtevi, da mora biti tovor na cestnem vozilu v smeri vožnje zavarovan z 80 % lastne teže, zagotoviti 40 % z uporabo sredstev za pritrjevanje, preostalih 40 % pa zagotovi torna podloga. S tem se potreba po pritrjevanju močno zmanjša, kar je posebno dobrodošlo pri transportu tovorov z nizkimi tornimi koeficienti kontaktnih – naležnih površin. Sicer pa so torni trakovi, tako kot prikazuje spodnja slika, izdelani iz najrazličnejših tornih materialov. Ti se med seboj razlikujejo predvsem po sestavi, gostoti, primernosti za večkratno uporabo, tornem koeficientu in odpornosti na površinski tlak. O tem je potrebno upoštevati navodilo, da je pravi torni material izbran takrat, ko se tovor s svojo težo vanj ne ugrezne več kot za 30 % debeline tornega podloge.

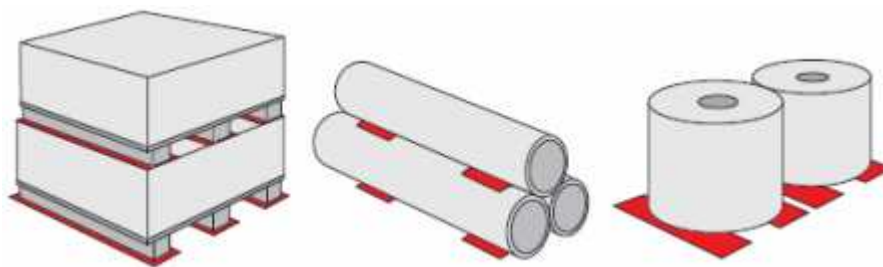
Poleg tornih podlog se za povečanje koeficienta trenja predvsem pri naležnih – tornih materialih (les – les (leseno dno, lesena paleta)), uporablja tudi posebne zobate podložke (slika 102 b), ki se obojestransko zajejo v les ter tako oblikovno preprečuje zdrs tovara. Kljub temu so v praksi redko uporabljene, saj poškodujejo dno kesona, poleg tega pa je njihovo nameščanje zamudno.

Slika 102: Vrste tornih podlog in zobata podložka



Vir: 1) Lampen, 2007, str. 148, 2) Ladungssicherung / Reduzierung von Transportschäden [Institut für Beratung, Forschung, Systemplanung, Verpackungsentwicklung und -prüfung], b. d.

Slika 103: Nameščanje tornih podlog



Vir: Antirutschmatte [SpanSet], b. d.

## 7.7 Povezovalna sredstva za enkratno pritrjevanje

Pri transportu, natančneje pri natovarjanju tovora, pogosto srečamo sredstva za pritrjevanje in povezovanje tovora, ki so izdelana iz ozkih pločevinastih ali tekstilnih trakov ter na prvi pogled delujejo kot pasovi za pritrjevanje, saj delavci z njimi povezujejo tovor. Tovrstna sredstva, ki jih prikazuje spodnja slika 104, se ne smejo uporabljati za pritrjevanja tovora na cestnih vozilih, saj ne izpolnjujejo standarda DIN EN 12195 – 2 in so v prvi vrsti namenjeni združevanju tovorkov npr. sodov na paleti. Prav tako niso namenjena ponovni uporabi, saj se spenjalne sponke ob uporabi deformirajo, za sprostitev napenjalne sile pa je potrebno prerezati povezovalni trak.

Slika 104: Povezovalna sredstva za enkratno uporabo



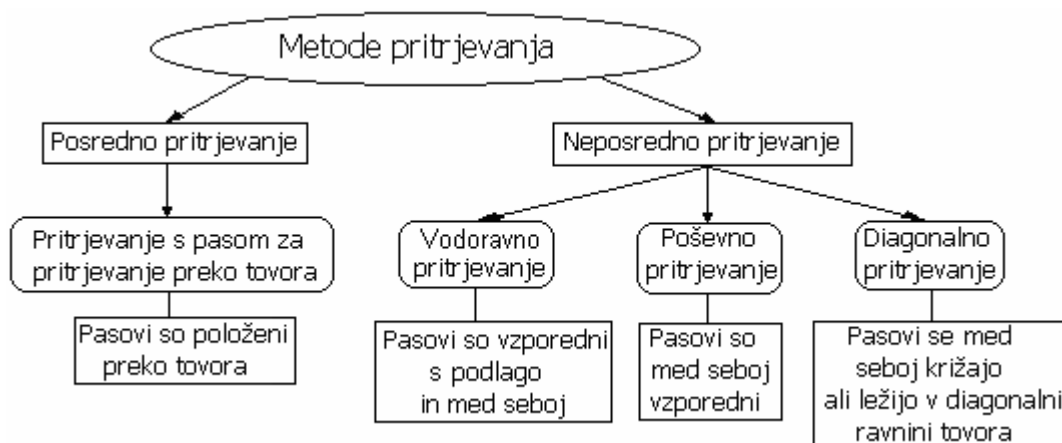
Vir: Ladungssicherung / Reduzierung von Transportschäden [Institut für Beratung, Forschung, Systemplanung, Verpackungsentwicklung und -prüfung], b. d.



## 8 NAČINI PRITRJEVANJA TOVORA

V nadaljevanju se bomo srečali z različnimi metodami oz. načini pritrdjevanja tovora, z njihovimi prednostmi in slabostmi. Delitev metod pritrdjevanja, glede na delovanje sile, ki zavaruje tovor proti premikanju je prikazana na sliki 105. Tovor je možno proti premikanju, poleg pritrdjevanja, zavarovati tudi oblikovno ob predpostavki, da se tovor tesno prilega stenam, ki so sposobne zagotoviti potrebno trdnost in s tem zavarovanje tovora.

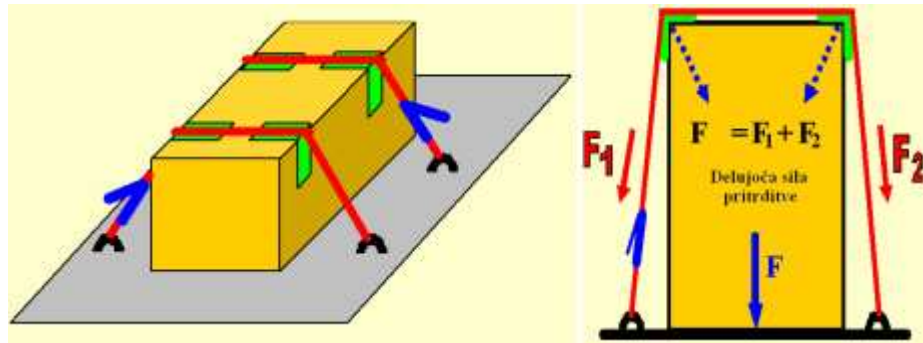
Slika 105: Diagram različnih vrst pritrdjevanja s pasovi za pritrdjevanje



## 8.1 Pritrjevanje s pasom za pritrjevanje preko tovora

Metodo pritrjevanja tovora s pasom nameščenim preko tovora uvrščamo med posredno pritrjevanje. Tu tovor ob dno kesona pritiskamo s pasovi za pritrjevanje ter s tem toliko povečamo normalno silo podlage, tako da povzročeno trenje med dnom in tovorom posredno zavaruje tovor pred premikom (slika 106).

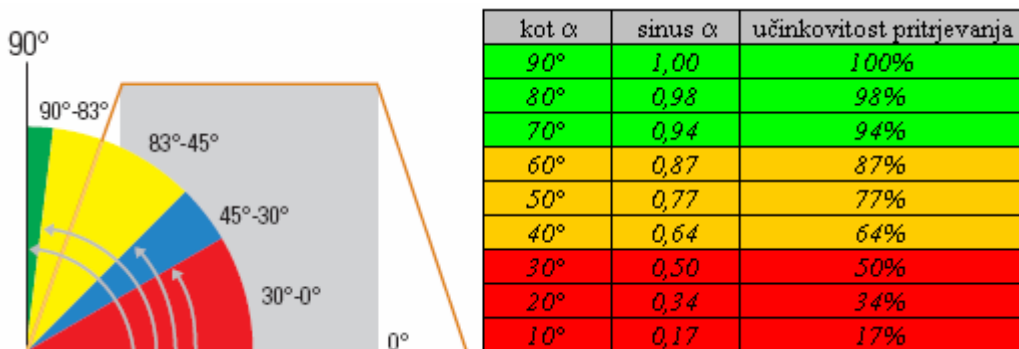
Slika 106: Metoda pritrjevanja tovora s pasovi za pritrjevanje preko tovora



Vir : Lampen, 2007, str. 161

Zaželeno je, da so pasovi nameščeni čimbolj navpično, saj sicer učinek pritrjevanja strmo upade. Vpliv kota, ki ga oklepa pas za pritrjevanje z dnom kesona, prikazuje slika 107.

Slika 107: Vpliv kota na učinkovitost pritrjevanja pri metodi pritrjevanja preko tovora



Vir: Zurrwinkel beim Niederzurren [SpanSet], b. d., tabela – lasten vir

Pri pritrjevanju tovora s pasovi položenimi preko tovora sestavljenega iz več delov mora biti tovor, ki ga želimo pritrditi med seboj, tesno stisnjen. V nasprotnem primeru modro obarvani sili  $F_1$  in  $F_2$  (desni del slike 106), ki ju povzročimo z zatezanjem pasov ter delujeta proti središču tovora, povzročita, da se tovor ob vibracijah iz cestišča

premakne skupaj. To povzroči padec natezne sile v pasovih ter posledično izgubo pritrditve, kar v primeru sestavljenega tovora po nekaj prevoženih kilometrih zahteva ponovno preverjanje natezne sile v pasovih za pritrjevanje.

Pri posrednem pritrjevanju oz. pri pritrjevanju s pasom za pritrjevanje preko tovora, se je pomembno zavedati, da tovor proti premikanju zavaruje le sila  $S_{TF}$  (standad tension force), ki smo jo z ragljo vnesli v posamezen pas za pritrjevanje. Tako so navedbe oz. oznake, kot so največja dovoljena obremenitev LC ali  $F_{ZUL}$ , brezpredmetne in zavajajoče.

V naslednjem izračunu je prikazano, kako na podlagi danih podatkov o tovoru ter stanju podlage izračunamo potrebno število pasov za pritrjevanje.

Primer :

Z uporabo pasov za pritrjevanje želimo pritrditi tovor mase 1000 kg, kot, ki ga oklepa pas za pritrjevanje z dnom tovrnega kesona, znaša  $60^\circ$ , dinamični torni koeficient  $\mu_d$  tovora, ki je zložen na paleti iz prešane žagovine in dnom kesona iz vezanih plošč, pa znaša 0,2. Koliko pasov za pritrjevanje potrebujemo, če razpolagamo z pasovi za pritrjevanje na katerih etiketi je oznaka  $S_{TF} = 500 \text{ daN}$ , da zadostimo evropskim predpisom oz. zahtevi po zavarovanju tovora  $0,8 \times g$  v smeri vožnje ter  $0,5 \times g$  v vzvratni in bočnih smereh.

Podatki:

$$m = 1000 \text{ kg}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$\mu_D = 0,2$$

$$S_{TF} = 500 \text{ daN}$$

$$N_p = ?$$

$$1 \text{ kg} = 1 \text{ daN}$$

Izračun teže tovora:

$$F_g = m \times g$$

Trenje, ki ga povzroča lastna teža tovora brez pritrditve:

$$F_{TRL} = \mu_D \times Fg$$

EU zahtevano zavarovanje tovora v smeri vožnje.

Upoštevamo faktor zahtevanega zavarovanja ( $f_v = 0,8$ ) v smeri vožnje:

$$F_{ZZV} = f_v \times Fg \quad [21]$$

EU zahtevano zavarovanje tovora v smeri levo desno in nazaj.

Upoštevamo faktor zahtevanega zavarovanja ( $f_{LDN} = 0,5$ ) v smeri levo, desno in nazaj:

$$F_{ZZLDN} = f_{LDN} \times Fg \quad [22]$$

Izračun dodatne sile trenja, ki jo bo posredno potrebno zagotoviti s pritrjevanjem v smeri vožnje:

$$F_{DIV} = F_{ZZV} - Ftr \quad [23]$$

Izračun dodatne sile trenja, ki jo bo posredno potrebno zagotoviti s pritrjevanjem v smeri levo, desno in nazaj:

$$F_{DTLDN} = F_{ZZLDN} - Ftr \quad [24]$$

Izračun potrebne navpične sile, ki bo zagotovila potrebno silo trenja v smeri vožnje:

$$F_{PNV} = \frac{F_{DIV}}{\mu_D} \quad [25]$$

Izračun potrebne navpične sile, ki bo zagotovila potrebno silo trenja v smeri levo, desno in nazaj:

$$F_{PNLDN} = \frac{F_{DTLDN}}{\mu_D} \quad [26]$$

Ker bomo obe sili zagotovili z istimi pasovi za pritrjevanje, od tu dalje upoštevamo le  $F_{PNV}$ , ki je večja. Praktično to pomeni, da bo tovor tudi v smereh levo, desno in nazaj zavarovan z faktorjem in silo trenja kot v smeri vožnje.

Ker pas za pritrjevanje ni nameščen navpično, temveč pod določenim kotom, sledi izračun teoretične sile, ki bo zagotavljala potrebno trenje:

$$F_{PT} = \frac{F_{PNV}}{\sin \alpha} \quad (27)$$

V naslednjem koraku je potrebno upoštevati, da pas za pritrjevanje leži prek tovora ter da vsak konec z dnom oklepa kot  $60^\circ$ , kar teoretično pomeni, da z enim pasom za pritrjevanje zagotovimo dvojno silo  $S_{TF}$ , ki jo bomo v pas vnesli z ragljo.

Dejansko pa je potrebno upoštevati, da se zaradi trenja pasu ob tovor, oziroma nameščene kotne ščitnike sila  $S_{TF}$  v delu pasu brez raglje zmanjša skoraj za polovico v primerjavi z delom z ragljo.

Tako sledi izračun dejansko potrebne sile:

$$F_{PD} = \frac{F_{PT}}{1,5} \quad [28]$$

Kot lahko opazimo iz zgornjega poteka izračuna potrebnega števila pasov za pritrjevanje, potrebujemo večje število enačb in označb sil z indeksi npr. ( $F_{PNLDN}$ ) pri čemer zlahka pride do napake ter tako napačne pritrditve. Zaradi navedenega dobršen del zgornjih enačb za izračun dejansko potrebne sile v pasu za pritrjevanje združimo v naslednji enačbi in je potrebno dodatno izračunati le potrebno število pasov za pritrjevanje.

$$F_{PD} = \frac{f_v - \mu_D}{\mu_D \times \sin \alpha} \times \frac{Fg}{1,5} \quad [29]$$

$$F_{PD} = \frac{0,8 - 0,2}{0,2 \times \sin 60} \times \frac{1000 daN}{1,5} = \underline{2309,4 daN}$$

Iz tako izračunane dejanske sile oziroma sile v pasu za pritrjevanje, ki smo jo povečali za faktor trenja pasu ob tovor, izračunamo še potrebno število pasov za pritrjevanje in ga zaokrožimo navzgor.

$$N_p \geq \frac{F_{PD}}{S_{TF}} \Rightarrow \frac{2309,4 daN}{500 daN} = 4,61 \Rightarrow \underline{\underline{5 pasov}} \quad [30]$$

Za pritrditvev 1000 kg težkega tovora je torej v danem primeru potrebnih 5 pasov za pritrjevanje, s katerimi lahko dosežemo silo  $S_{TF}$  500 daN.

V praksi voznik ob vseh ostalih dolžnostih (količinsko pravilno, pravočasno, kakovostno natovarjanje ter dosledno vodena spremna dokumentacija) pogosto ne utegne preračunavati navedenih enačb in zaradi tega je praktično imeti najrazličnejše tabele, iz katerih je mogoče na podlagi podatkov odčitati potrebno število pasov za pritrjevanje (slika 108).

Slika 108: Določanje števila pasov za pritrjevanje na podlagi tabel

| Nutzlast in t          | 1   |     |     |     |     | 2   |     |     |     |     | 3   |     |     |     |     | 4   |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                        | 35  | 45  | 60  | 75  | 90  | 35  | 45  | 60  | 75  | 90  | 35  | 45  | 60  | 75  | 90  | 35  | 45  | 60  | 75  | 90  |     |     |     |     |
| Winkel ° $\alpha$      | 35  | 45  | 60  | 75  | 90  | 35  | 45  | 60  | 75  | 90  | 35  | 45  | 60  | 75  | 90  | 35  | 45  | 60  | 75  | 90  |     |     |     |     |
| Gleitreibbeiwert $\mu$ | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 |
| Vorspannkraft $S_{TF}$ | 33  | 14  | 8   | 5   | 3   | 2   | 17  | 7   | 4   | 3   | 2   | 11  | 5   | 3   | 2   | 11  | 5   | 3   | 2   | 11  | 5   | 3   | 2   | 11  |
| daN                    | 27  | 12  | 7   | 4   | 2   | 2   | 14  | 6   | 4   | 2   | 2   | 10  | 5   | 3   | 2   | 10  | 5   | 3   | 2   | 10  | 5   | 3   | 2   | 10  |
| Vorspannkraft          | 20  | 9   | 5   | 3   | 2   | 2   | 66  | 28  | 16  | 10  | 6   | 33  | 14  | 8   | 5   | 4   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   |
| 500                    | 19  | 8   | 5   | 3   | 2   | 2   | 53  | 23  | 13  | 8   | 5   | 27  | 12  | 7   | 4   | 3   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   |
| daN                    | 16  | 7   | 4   | 2   | 2   | 2   | 44  | 19  | 11  | 7   | 4   | 20  | 9   | 5   | 3   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   |
| Vorspannkraft          | 42  | 18  | 11  | 6   | 4   | 3   | 49  | 21  | 12  | 7   | 4   | 21  | 10  | 6   | 4   | 3   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   |
| 500                    | 34  | 15  | 9   | 5   | 3   | 2   | 28  | 12  | 7   | 4   | 3   | 14  | 6   | 4   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   |
| daN                    | 25  | 11  | 6   | 3   | 2   | 2   | 29  | 13  | 7   | 4   | 3   | 14  | 6   | 4   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   |
| Vorspannkraft          | 66  | 28  | 16  | 9   | 5   | 3   | 66  | 28  | 16  | 10  | 6   | 33  | 14  | 8   | 5   | 4   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   |
| 500                    | 46  | 20  | 12  | 7   | 4   | 3   | 53  | 23  | 13  | 8   | 5   | 27  | 12  | 7   | 4   | 3   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   |
| daN                    | 37  | 16  | 9   | 5   | 3   | 2   | 44  | 19  | 11  | 7   | 4   | 20  | 9   | 5   | 3   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   |
| Vorspannkraft          | 38  | 16  | 9   | 5   | 3   | 2   | 49  | 21  | 12  | 7   | 4   | 21  | 10  | 6   | 4   | 3   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   |
| 500                    | 38  | 16  | 9   | 5   | 3   | 2   | 49  | 21  | 12  | 7   | 4   | 21  | 10  | 6   | 4   | 3   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   |
| daN                    | 38  | 16  | 9   | 5   | 3   | 2   | 49  | 21  | 12  | 7   | 4   | 21  | 10  | 6   | 4   | 3   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   |

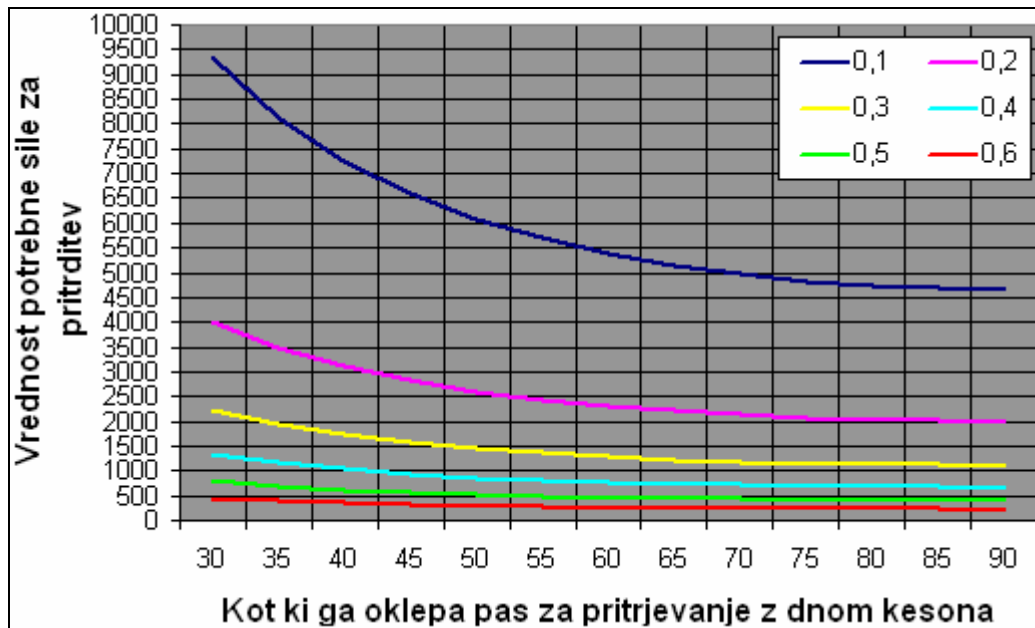
Vir: Ladungssicherung auf Fahrzeugen der Bauwirtschaft

[Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft], b. d.

Pri metodi pritrjevanja s pasom za pritrjevanje preko tovora brez uporabe dodatnih pripomočkov (tornih podlog) je potrebno poudariti, da je to ena izmed najmanj učinkovitih metod, a kljub temu najpogosteje uporabljenih.

Dokaz za neučinkovitost oziroma nepraktičnost nam prikaže preprost primer oziroma odgovor na vprašanje, koliko pasov za pritrjevanje bi potrebovali za pritrditev 25.000 kg tovora, kolikor znaša običajna nosilnost današnjih tovornih vozil. Ob upoštevanju ostalih parametrov iz zgornjega primera (dinamičnega trenja, kot med podlago in pasom ter lastnost pasu za pritrjevanje  $S_{TF}$ ) z uporabo enačb (29 in 30) je odgovor 116 pasov. Takšna količina pasov skoraj dobesedno prekrije tovor, kar pa je prenaporno, zamudno, nepraktično in nikakor ni naš namen. Zaključimo lahko, da metoda pritrjevanja s pasom za pritrjevanje preko tovora ni najprimernejša za pritrjevanje težjih tovorov. Njeno učinkovitost pa je možno večkratno izboljšati z uporabo tornih podlog z visokim koeficientom dinamičnega trenja. Porast oziroma upad dejanske potrebne sile za pritrjevanje v odvisnosti od koeficienta dinamičnega trenja ter kota, ki ga oklepa pas za pritrjevanje s kesonom, nam za tovor mase 1000 kg, ob upoštevanju zahtevanega faktorja zavarovanja ( $f_v = 0,8$ ) v smeri vožnje prikazuje graf na spodnji sliki 109.

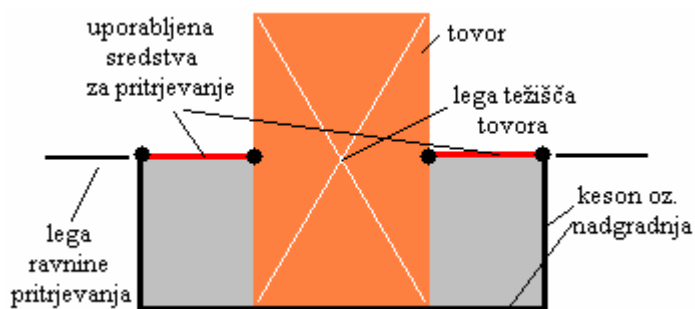
Slika 109: Graf vpliva dinamičnega koeficienta trenja in kota pritrditve na dejansko potrebno silo za pritrjevanje



## 8.2 Vodoravno pritrjevanje

Vodoravno pritrjevanje spada med metode direktnega pritrjevanja, za katere je značilno, da večji del sile, ki zavaruje tovor pred premikanjem, poleg trenja prevzemajo neposredno uporabljena sredstva za pritrjevanje. Za metodo vodoravnega pritrjevanja je značilno, da je lega sredstev za pritrjevanje vodoravna oz. vzporedna z dnom, na katerem leži tovor. Tako le del sile, potrebne za pritrjevanje, prevzema trenje, ki ga povzroča zgolj lastna teža tovora, drugi del sile pa uporabljena sredstva za pritrjevanje. Najugodnejši položaj pritržilnih mest na tovoru ter s tem lego ravnine, v kateri ležijo uporabljena sredstva za pritrjevanje, določa lega oz. višina težišča tovora, saj s tem delujemo neposredno na prijemališče teže telesa.

Slika 110: Metoda vodoravnega pritrjevanja tovora



Kljub temu, da je metoda vodoravnega pritrjevanja ena izmed najučinkovitejših, se izjemno redko uporablja, saj morajo biti za njeno uporabo izpolnjeni določeni pogoji, ki se nanašajo na lastnosti nadgradnje in tovora. Nadgradnja in tovor morata imeti ustrezna pritrtilna mesta, na katera lahko namestimo sredstva za pritrjevanje, ki morajo biti sposobna prenašati sile, katerim je tovor podvržen med transportom, kar iz vidika ekonomičnosti in praktičnosti večinoma ni upravičeno.

### 8.3 Poševno pritrjevanje

Poševno pritrjevanje, prav tako kot vodoravno pritrjevanje, prištevamo med metode direktnega pritrjevanja. Vendar so tu, za razliko od vzporednega pritrjevanja, sredstva za pritrjevanje nameščena poševno ob tovoru (slika 111). Tako sila, ki jo vnesemo v poševno nameščeno sredstvo za pritrjevanje, hkrati deluje proti dnu, na katerem leži tovor, ter prispeva k trenju in vstran ter, preprečuje pomik tovora. Pri poševnem pritrjevanju težimo k temu, da bi bil kot, ki ga oklepa sredstvo za pritrjevanje z dnom kesona, čim manjši, oziroma da je sredstvo nameščeno čimbolj položno, saj se s tem poveča učinkovitost. Tudi pri poševnem pritrjevanju je potrebno omeniti pogoj in sicer, da ga smemo uporabljamo le tam, kjer imamo na tovoru in kesonu primerna pritrtilna mesta, ki so sposobna prevzeti sile pritrjevanja.

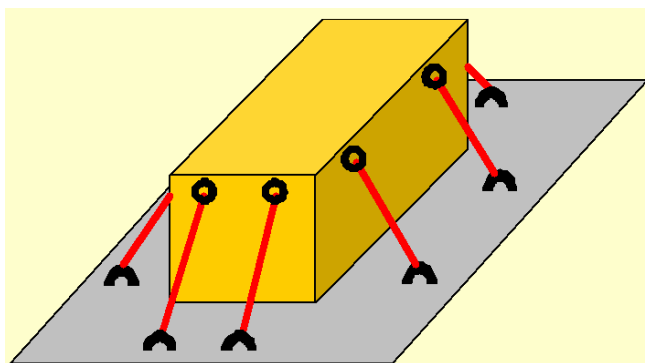
Pri poševnem pritrjevanju je potrebno vedno uporabljati osem sredstev za pritrjevanje, kot prikazuje slika 111.

Glede sil v pasovih s katerimi zavarujemo tovor pri vseh neposrednih metodah ter tako tudi pri poševnem pritrjevanju, velja poudariti, da tu v pasove za pritrjevanje ob



nameščanju z ragljo ne vnašamo večjih sil, temveč izračunamo, kako veliko silo mora biti pas zmožen prenesti, da prepreči premik tovora in zadosti EU zahtevam. Pri metodah neposrednega pritrjevanja torej minimalno vrednost največje dovoljene obremenitve v sredstvih za pritrjevanje (LC oz.  $F_{ZUL}$ ) določamo z računanjem. Vrednost sile, s katero je napet pas za pritrjevanje  $S_{TF}$ , je drugotnega pomena.

Slika 111: Metoda poševnega pritrjevanja tovora



Vir : Lampen, 2007, str. 219

V nadaljevanju sledi izpeljava enačbe za izračun minimalno zahtevane natezne obremenitve, ki jo mora prenesti sredstvo za pritrjevanja pri metodi poševnega pritrjevanja ter primer praktičnega izračuna:

Najprej zapišemo ravnotežno enačbo sil v smeri vožnje. Predpostavimo, da je zahtevana sila zavarovanja v smeri vožnje enaka vsoti komponente največje dovoljene obremenitve v sredstvu za pritrjevanje ter lastnemu trenju tovora.

$$F_{ZZV} = F_{ND1} \times \cos \alpha + F_{TRL} + F_{ND1} \times \sin \alpha \times \mu_D \quad [31]$$

$$f_v \times Fg = F_{ND1} \times \cos \alpha + Fg \times \mu_D + F_{ND1} \times \sin \alpha \times \mu_D \quad [32]$$

Nato združimo iskano največjo dovoljeno silo v sredstvu za pritrjevanje in jo izpostavimo in uredimo.

$$f_v \times Fg - Fg \times \mu_D = F_{ND1} \times \cos \alpha + F_{ND1} \times \sin \alpha \times \mu_D$$

$$Fg \times (f_v - \mu_D) = F_{ND1} \times (\cos \alpha + \sin \alpha \times \mu_D)$$

$$\frac{Fg \times (f_v - \mu_D)}{\cos \alpha + \sin \alpha \times \mu_D} = F_{ND1}$$

$$F_{ND1} = \frac{Fg \times (f_v - \mu_D)}{\cos \alpha + \sin \alpha \times \mu_D} \quad [33]$$

V naslednjem koraku enačbo le še nekoliko preuredimo, tako da iz končne enačbe dobimo največjo dovoljeno silo v (n – številu) sredstev za pritrjevanje. Število sredstev za pritrjevanje v posamezni smeri mora znašati ( $n \geq 2$ ).

$$F_{NDP} = \frac{Fg}{n} \times \frac{f_v - \mu_D}{\cos \alpha + \sin \alpha \times \mu_D} \quad [34]$$

V tuji literaturi izračunano  $F_{ND}$  srečamo kot oznako  $F_{ZUL}$  oz. na deklaracijah proizvajalcev sredstev za pritrjevanje pod oznako LC.

Primer :

Z metodo poševnega pritrjevanja želimo pritrditi tovor mase 1000 kg. Dinamično trenje mer tovorom in podlago znaša  $\mu_D = 0,2$ . Kot, ki ga oklepa pas za pritrjevanje z dnom oklepa kot  $\alpha = 45^\circ$ . Koliko mora minimalno znašati največja dovoljena sila pasov za pritrjevanje v posamezni smeri, da zadostimo evropskim predpisom oz. zahtevi po zavarovanju tovora  $0,8 \times g$  v smeri vožnje ter  $0,5 \times g$  v vzratni in bočnih smereh.

Podatki:

$$m = 1000 \text{ kg}$$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$\mu_D = 0,2$$

$$F_{ND} = ? \quad (1\text{kg} = 1\text{daN})$$

Z uporabo enačbe 34 bomo najprej izračunali, koliko mora minimalno znašati največja dovoljena sila pasov za pritrjevanje v smeri vožnje s faktorjem zavarovanja  $f_v = 0,8$ .

$$F_{NDP} = \frac{Fg}{n} \times \frac{f_v - \mu_D}{\cos \alpha + \sin \alpha \times \mu_D} = \frac{1000\text{daN}}{2} \times \frac{0,8 - 0,2}{\cos 45 + \sin 45 \times 0,2} = 353,55\text{daN}$$

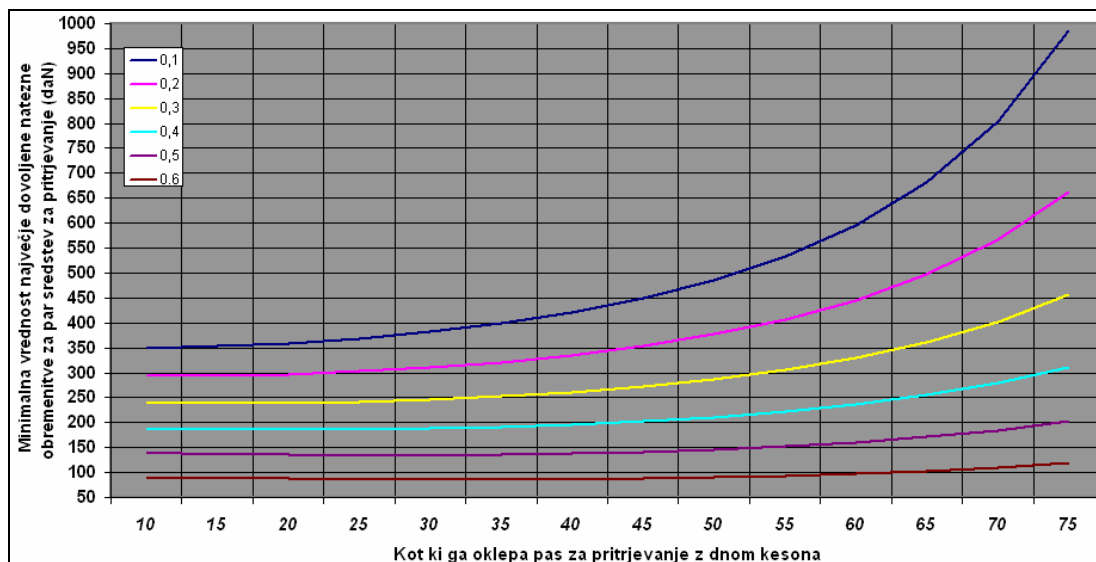
Identični postopek izračuna ponovimo še za smeri levo, desno in nazaj s faktorjem zavarovanja  $f_{LDN} = 0,5$ .

$$F_{NDP} = \frac{Fg}{n} \times \frac{f_{LDN} - \mu_D}{\cos \alpha + \sin \alpha \times \mu_D} = \frac{1000 \text{ daN}}{2} \times \frac{0,5 - 0,2}{\cos 45 + \sin 45 \times 0,2} = 176,77 \text{ daN}$$

Iz izračunanega lahko povzamemo, da za zavarovanje tovora iz zgornjega primera z metodo poševnega pritrjevanja po evropskih predpisih potrebujemo skupaj 8 pasov za pritrjevanje. Od tega morata biti dva z največjo dovoljeno obremenitvijo (LC) vsaj 354 daN nameščena na zadnjem delu tovora, kjer preprečujeta pomik tovora v smeri vožnje. Poleg tega je potrebno namestiti še dva na levi, dva na desni in dva na sprednji strani tovora, ki preprečujejo pomik desno, levo in nazaj. Vseh šest mora imeti največjo dovoljeno obremenitev (LC) vsaj 177 daN. Teoretično za zavarovanje tovora mase 1000 kg z metodo poševnega pritrjevanja skupno potrebujemo vsaj 1770 daN.

Podrobnejši pregled nad minimalno vrednostjo največje dovoljene natezne obremenitve za par sredstev za pritrjevanje tovora v smeri vožnje ( $f_v = 0,8$ ), mase 1000 kg z metodo poševnega pritrjevanja pri različnih kotih pritrjevanja ter različnih koeficientih dinamičnega trenja nam prikazuje slika 112.

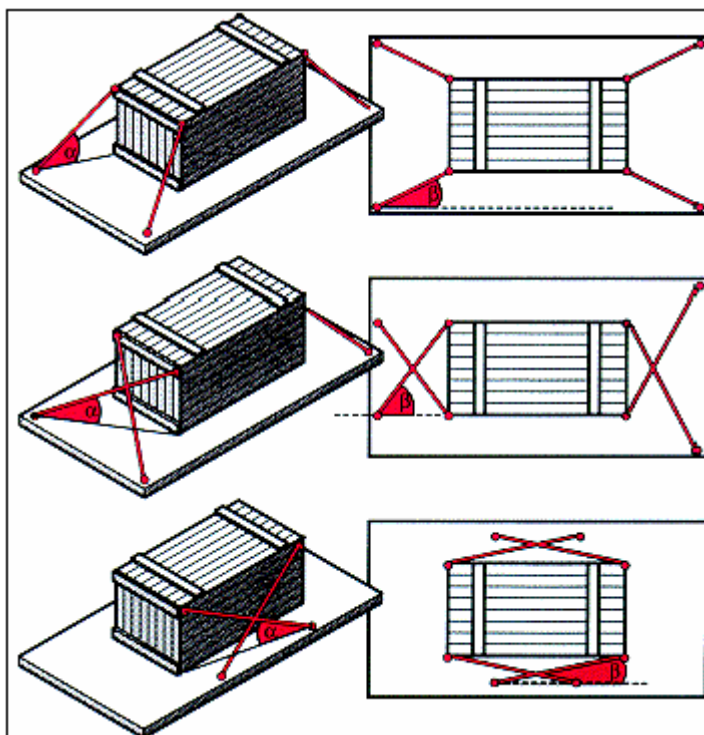
*Slika 112: Graf vpliva dinamičnega koeficienta trenja in kota pritrditve na minimalno vrednost največje dovoljene natezne obremenitve za par sredstev za pritrjevanje*



## 8.4 Diagonalno pritrjevanje

Tudi diagonalno pritrjevanje, podobno kot vodoravno in poševno, uvrščamo med metode direktnega pritrjevanja. Za razliko od poševnega pritrjevanja tu potrebujemo štiri sredstva za pritrjevanje, ki so nameščena diagonalno oziroma v smereh diagonal teoretičnega kvadrastega tovora. Diagonalna namestitev sredstev za pritrjevanje ima poleg že znanega kota  $\alpha$ , ki ga podobno kot pri poševni metodi oklepa sredstvo za pritrjevanje z dnom kesona, še dodatni kot beta ( $\beta$ ). To je kot, ki ga oklepa navpična projekcija sredstva za pritrjevanje z bočno stranico kesona oz. njeno vzporednico. Kot prikazuje slika 113, obstaja več vrst diagonalnega pritrjevanja, ki jih uporabljamo glede na lego razpoložljivih pritrtilnih mest na tovoru in kesonu ter razpoložljive dolžine sredstev za pritrjevanje. Ker je potrebno število sredstev za pritrjevanje manjše, morajo biti le ta sposobna prenašati večje natezne trdnosti, saj z njimi poleg vzdolžnega vršimo tudi bočno oz. prečno zavarovanje. Višje zahteve glede dovoljenih obremenitev veljajo tudi za pritrtilna mesta na tovoru in nadgradnji oz. kesonu. Tudi pri diagonalnem pritrjevanju v sredstva za pritrjevanje ob nameščanju ne vnašamo večjih sil, temveč z uporabo izračunov določimo, koliko mora minimalno znašati največja dovoljena sila, ki jo mora biti pas za pritrjevanje zmožen prenesti, da prepreči premik tovora.

Slika 113: Izvedbe metode diagonalnega pritrjevanja



Vir: Ladungssicherung auf Fahrzeugen [Wolters Kluwer Deutschland GmbH.], b. d.

V nadaljevanju sledi podobno kot pri poševnem pritrjevanju izpeljava enačbe za izračun minimalno zahtevane natezne obremenitve, ki jo mora prenesti sredstvo za pritrjevanja pri metodi diagonalnega pritrjevanja ter primer praktičnega izračuna.

Tudi v primeru diagonalnega pritrjevanja zapišemo ravnotežno enačbo sil v smeri vožnje ter predpostavimo, da je zahtevana sila zavarovanja v smeri vožnje enaka vsoti komponent največje dovoljene obremenitve v sredstvu za pritrjevanje ter lastnemu trenju tovora.

$$F_{ZZV} = F_{ND1} \times \sin \alpha \times \mu_D + F_{ND1} \times \cos \beta \times \cos \alpha + F_{TRL} \quad [35]$$

$$f_V \times Fg = F_{ND1} \times \sin \alpha \times \mu_D + F_{ND1} \times \cos \beta \times \cos \alpha + Fg \times \mu_D \quad [36]$$

Sledi združitev iskane največje dovoljene sile v sredstvu za pritrjevanje, ki jo izpostavimo in uredimo.

$$f_V \times Fg - Fg \times \mu_D = F_{ND1} \times (\sin \alpha \times \mu_D + \cos \beta \times \cos \alpha)$$

$$\frac{Fg \times (f_V - \mu_D)}{\sin \alpha \times \mu_D + \cos \beta \times \cos \alpha} = F_{ND1}$$

$$F_{ND1} = \frac{Fg \times (f_V - \mu_D)}{\sin \alpha \times \mu_D + \cos \beta \times \cos \alpha} \quad [37]$$

Sledi še preureditev enačbe, tako da iz končne enačbe izračunamo največjo dovoljeno silo v (n – številu) sredstev za pritrjevanje. Število sredstev za pritrjevanje v posamezni smeri mora znašati ( $n \geq 2$ ).

$$F_{NDV} = \frac{Fg}{n} \times \frac{f_V - \mu_D}{\sin \alpha \times \mu_D + \cos \beta \times \cos \alpha} \quad [38]$$

V primeru, ko enačbo za zavarovanje tovora priredimo za vzvratno smer, koeficient zavarovanja v smeri vožnje  $f_V$  zamenja koeficient zavarovanja v smeri nazaj  $f_N$ , ki je po velikosti sicer enak koeficientu zavarovanja v bočnih smereh ( $f_{LD} = 0,5$ ).

$$F_{NDN} = \frac{Fg}{n} \times \frac{f_N - \mu_D}{\sin \alpha \times \mu_D + \cos \beta \times \cos \alpha} \quad [39]$$

V primeru, ko nastavimo enačbo za zavarovanje tovora v eni od bočnih smeri, izpeljemo podobno enačbo s to razliko da,  $(\cos \beta)$  pod ulomkom zaradi druge delujoče komponente v bočni smeri zamenja  $(\sin \beta)$ .

$$F_{NDLD} = \frac{Fg}{n} \times \frac{f_{LD} - \mu_D}{\sin \alpha \times \mu_D + \sin \beta \times \cos \alpha} \quad [40]$$

Primer :

Z metodo diagonalnega pritrjevanja želimo pritrčiti tovor mase 1000 kg. Dinamično trenje mer tovorom in podlago znaša  $\mu_D = 0,2$ . Kota, pod katerimi so nameščeni uporabljeni pasovi za pritrjevanja sta enaka in znašata  $\alpha = \beta = 45^\circ$ . Koliko mora minimalno znašati največja dovoljena sila pasov za pritrjevanje v posamezni smeri, ob upoštevanju EU predpisov, oz. zahtevi po zavarovanju tovora  $0,8 \times g$  v smeri vožnje ter  $0,5 \times g$  v vzvratni in bočnih smereh.

Podatki:

$$m = 1000 \text{ kg}$$

$$\alpha = \beta = 45^\circ$$

$$\mu_D = 0,2$$

$$F_{ND} = ? \quad (1\text{kg} = 1\text{daN})$$

Z uporabo izpeljanih enačb izračunamo oz. določimo, koliko mora minimalno znašati največja dovoljena vrednost potrebnih pasov za zavarovanje tovora v posamezni smeri.

Za zavarovanje tovora v smeri vožnje:

$$F_{NDV} = \frac{Fg}{n} \times \frac{f_V - \mu_D}{\sin \alpha \times \mu_D + \cos \beta \times \cos \alpha} = \frac{1000\text{daN}}{2} \times \frac{0,8 - 0,2}{\sin 45 \times 0,2 + \cos 45 \times \cos 45} = 467,71\text{daN}$$

Za zavarovanje tovora v smeri nazaj:

$$F_{NDN} = \frac{Fg}{n} \times \frac{f_N - \mu_D}{\sin \alpha \times \mu_D + \cos \beta \times \cos \alpha} = \frac{1000\text{daN}}{2} \times \frac{0,5 - 0,2}{\sin 45 \times 0,2 + \cos 45 \times \cos 45} = 233,85\text{daN}$$

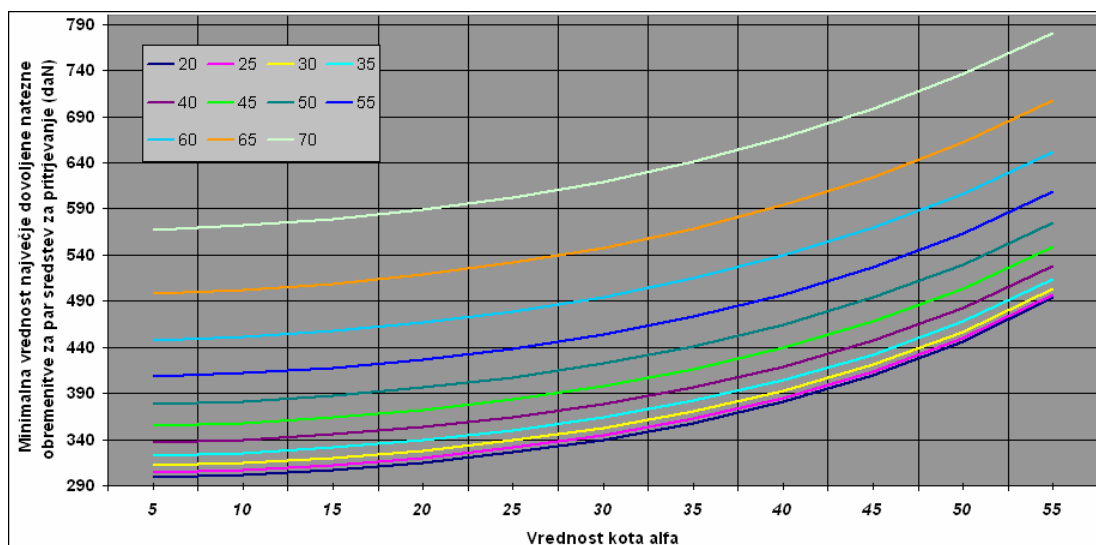
Za zavarovanje v smereh levo in desno:

$$F_{NDLD} = \frac{Fg}{n} \times \frac{f_{LD} - \mu_D}{\sin \alpha \times \mu_D + \sin \beta \times \cos \alpha} = \frac{1000 \text{ daN}}{2} \times \frac{0,5 - 0,2}{\sin 45 \times 0,2 + \sin 45 \times \cos 45} = 233,85 \text{ daN}$$

Iz izračunanega lahko povzamemo, da za zavarovanje iz zgornjega primera z metodo diagonalnega pritrjevanja po evropskih predpisih potrebujemo vsaj 4 pasove za pritrjevanje. Od tega morata biti dva z največjo dovoljeno obremenitvijo (LC) vsaj 468 daN nameščena na zadnjem delu tovora, kjer preprečujeta pomik tovora v bočni smeri in smeri vožnje. Poleg omenjenih dveh potrebujemo še dva pasova za pritrjevanje na prednjem delu tovora, kjer preprečujeta pomik tovora v bočni in vzratni smeri vožnje. Oba prednja morata biti sposobna prenašati največjo dovoljeno natezno obremenitev (LC) vsaj 234 daN. Tako teoretično potrebujemo za zavarovanje tovora mase 1000 kg z metodo diagonalnega pritrjevanja skupaj vsaj 1404 daN.

Nazornejši pregled nad minimalno vrednostjo največje dovoljene natezne obremenitve za par sredstev za pritrjevanje tovora, v smeri vožnje ( $f_v = 0,8$ ), mase 1000 kg z metodo diagonalnega pritrjevanja, pri različnih kotih pritrjevanja ( $\alpha$  in  $\beta$ ), pri koeficientu dinamičnega trenja ( $\mu_D = 0,2$ ) nam prikazuje slika 114.

Slika 114: Graf vpliva kotov pritrditve alfa in beta na minimalno vrednost največje dovoljene natezne obremenitve za par sredstev za pritrjevanje



## 8.5 Primerjava predstavljenih metod in primerov pritrjevanja

V kolikor kratko pregledamo izračunane rezultate posamezne metode za pritrjevanje ugotovimo, da obstajajo glede minimalno potrebne sile in števila pasov za pritrjevanje identičnega tovora kar precejšnje razlike. Tako potrebujemo pri metodi s pasom preko tovora 5 pasov za pritrjevanje, v katere moramo skupno vnesti vsaj 2310 daN sile. Omenjenih 5 pasov ima največjo dovoljeno natezno obremenitev (LC) v ravni namestitvi vsaj 12.500 daN.

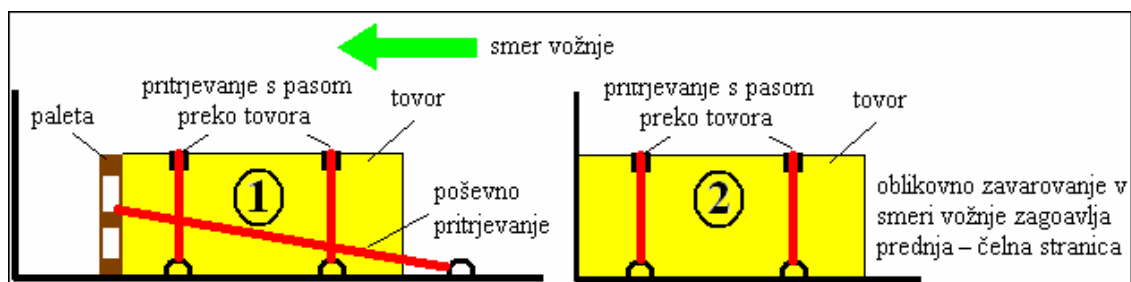
Za pritrditev identičnega tovora z metodo poševnega pritrjevanja potrebujemo zaradi same izvedbe 8 pasov za pritrjevanje. Ker pri neposrednih metodah pritrjevanja izkoristimo največjo dovoljeno natezno obremenitev posameznega pasu za pritrjevanje, teoretično pri poševnem pritrjevanju potrebujemo skupno silo 1768 daN.

Pri pritrjevanju identičnega tovora ter uporabi diagonalne metode pritrjevanja pa potrebujemo le 4 pasove, ki morajo imeti skupaj največjo dovoljeno natezno obremenitev 1404 daN.

Kot lahko razberemo iz zgornje primerjave, sta obe metodi neposrednega pritrjevanja učinkovitejši od posrednega pritrjevanja s pasom za pritrjevanje prek tovora, kjer koristimo le trenje, torej ju je smiselno uporabljati vedno, kadar imamo na voljo ustrezna pritrdilna mesta na tovoru in kesonu.

V praksi lahko tovor zavarujemo proti premikanju tudi z uporabo kombinacij posameznih metod za pritrjevanje, na primer poševnega pritrjevanja in pritrjevanja z pasom preko tovora (slika 115 – 1). Slika 115 – 2 prikazuje možnost kombinacije zavarovanja tovora, kjer za zavarovanje v smeri vožnje uporabljamo oblikovno zavarovanje, v bočni in vzvratni smeri pa potrebno zavarovanje zagotavljamo posredno s pasovi za pritrjevanje preko tovora. Edino merilo je, da zadostimo EU normam zavarovanja tovora v posamezni smeri, oz. zahtevi po zavarovanju tovora 0,8 x g v smeri vožnje ter 0,5 x g v vzvratni in bočnih smereh.

Slika 115: Praktična izvedba kombiniranega pritrjevanja





## 9 PRITRJEVANJE POSEBNIH VRST TOVOROV

Med pritrjevanje posebnih vrst tovorov prištevamo pritrjevanje delovnih strojev, vozil, strojnih delov večjih mas in dimenzij, armaturnih mrež, jeklenih plošč ipd. Ti prevozi zahtevajo posebno pozornost tako glede namestitve, kot pritrjevanja, zato se bomo v nadaljevanju seznanili z pglavitnimi zahtevami in priporočili tovrstnih prevozov.

### 9.1 Prevoz delovnih strojev

Prevoz delovnih strojev spada med posebne vrste prevozov, saj so delovni stroji lahko najrazličnejših konstrukcijskih izvedb oblik, mas in dimenzij. Pred vsakim prevozom se je potrebno temeljito poglobiti v priložena navodila proizvajalca ter nato doreči in izvesti njegovo pritrditve. Pri prevozu delovnih strojev s kolesi ali gosenicami veljajo splošna pravila kot pri prevozu vseh vrst vozil in sicer:

- vozilo ali delovni stroj mora imeti aktivirano parkirno zavoro;
- vozilo ali delovni stroj mora biti v najnižji obstoječi prestavi (vozila ali stroji z ročnim – mehanskim menjalnikom);
- krmilo mora biti zaklenjeno oziroma aretirano, pri žerjavih oziroma bagrih z vrtljivo ploščadjo, mora biti le ta aretirana oziroma nepomična;
- zgibni delovni stroji morajo imeti vstavljeno omejevalo pregibanja, ki zagotavlja nepregibnost;
- pod kolesa vozila ali delovnega stroja je zelo priporočljivo vstaviti zagozde, ki morajo biti, v kolikor je le - to možno, povezane z dnom nadgradnje.

Poleg upoštevanja naštetih splošnih pravil mora biti delovni stroj pritrjen z metodo poševnega ali diagonalnega pritrjevanja. Pritrjevanje z uporabo posrednih metod (pritrjevanje s pasom za pritrjevanje preko ogrodja stroja), kot jo prikazuje prvi del slike 116 je pri prevozu delovnih strojev neprimerna in nedopustna, saj ne zagotavlja potrebne pritrditve oziroma nepomičnosti. Tudi pritrjevanje delovnega stroja na način, ki ga prikazuje drugi del slike 116, je neprimerno, saj gosenice delovnega stroja niso predvidene za pritrjevanje verig. Način prikazane pritrditve je v tem primeru sicer ustrezen, vendar so izbrana pritrtilna mesta na delovnem stroju neprimerna kar lahko med vožnjo privede do razrahljanja uporabljenih verig, poškodbe delov gosenic ter izgube pritrditve.

Slika 116: Nepravilno zavarovanje delovnih strojev



Vir: 1) *Ladungssicherung auf Fahrzeugen der Bauwirtschaft* [Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft], b. d. 2) *Diagonalzurren leicht gemacht* [Transport-Information-Service], b. d.

Uporaba le dveh ali treh sredstev za pritrdjevanje je ena najpogostejših napak pri pritrdjevanju delovnih strojev. Podobno napaka ki jo prikazuje levi del slike 117 na prvi pogled niti ni opazna, pri bolj poglobljeni obravnavi pa lahko vidimo razliko in posledično težavo.

Slika 117: Neustrezna in ustrezna uporaba mest za pritrdjevanje na delovnih strojih



Vir: *Lampen*, 2007, str. 182

Na levem delu slike 117 je za pritrditev delovnega stroja uporabljena le ena veriga, ki je nameščena preko ustja vlečne naprave. Opisana in prikazana pritrditev je za zavarovanje delovnega stroja v vzdolžni smeri zadovoljiva toda nezadostna za prečno oziroma bočno zavarovanje stroja med vožnjo. Zato je v takšnih primerih potrebno uporabiti dve verigi ter enega od kavljcev vsake vpeti v ustje vlečne naprave, kot to prikazuje desni del slike 117, saj na ta način preprečimo premike delovnega stroja tako v vzdolžnih kot prečnih smereh.

Za pritrjevanje delovnih strojev je primerno uporabljati le verige z zadostno natezno trdnostjo ali posebne namenske pasove za pritrjevanje z visoko natezno trdnostjo ter majhnim raztezkom, saj se je potrebno zavedati, da imajo večji delovni stroji, kot ga prikazuje drugi del slike 116, maso tudi 22 ton in več.

Pozornost velja nameniti tudi mestom za pritrjevanje, tako na vozilu s katerim delovni stroj prevažamo, kot na samem delovnem stroju. (Ker sem mesta za pritrjevanje na nadgradnjah tovornih vozil podrobneje obdelal že v petem poglavju, se bom tu kratko dotaknil le onih na delovnem stroju.)

Kljub temu, da so delovni stroji večinoma že opremljeni s primernimi mesti za pritrjevanje (kavlji, ušesa, vlečne naprave ...), je priporočljivo ob naročilu novih delovnih strojev preveriti njihovo serijsko vgradnjo, oz. naročiti njihovo tovarniško vgradnjo ter si s tem prihraniti mnogo težav pri pritrjevanju delovnega stroja oziroma naknadno dražjo ter manj kvalitetno vgradnjo.

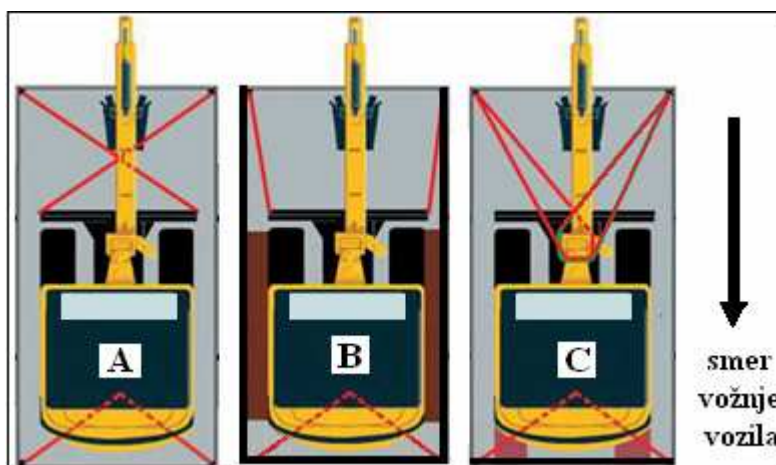
Kadar pa delovni stroji niso opremljeni s primernimi mesti za pritrjevanje ter se predvideva njihov pogost prevoz je naknadna vgradnja priporočljiva, saj s tem pripomoremo k vsakokratnem hitrem, kakovostnem in varnem pritrjevanju. Pri izbiri primernih pritrdilnih mest in položaju njihove vgradnje je priporočljiv posvet s strokovnjakom ali serviserjem, saj z neprimerno vgradnjo lahko poškodujemo del delovnega stroja, zmanjšamo njegovo funkcionalnost in varnost ob vsakokratnem pritrjevanju.

Na sliki 118 so prikazane nekatere načelne možnosti pritrjevanja delovnega stroja (manjšega bagra z gosenicami, kot je prikazan na prvem delu slike 118). Za določitev natančnih karakteristik potrebnih sredstev za pritrjevanje bi morali obvezno izvesti izračune ter razpolagati s podatkom o teži delovnega stroja in stanju kontaktnih površin. V prvem primeru (A) uporabimo štiri verige za pritrjevanje, od katerih dve, ki zadržujeta delovni stroj proti premiku v smeri vožnje ter bočnih smereh, namestimo diagonalno na prednjo planirno desko bagra. Drugi dve, ki prav tako preprečujeta premik delovnega stroja v bočnih smereh ter nazaj, pa poševno na sredinsko mesto za pritrjevanje med gosenicami.

V drugem primeru (B) podobno uporabimo štiri verige za pritrjevanje od katerih dve, ki večinoma preprečujeta le premike delovnega stroja v smeri vožnje, namestimo poševno na planirno desko. Drugi dve verigi, ki preprečujeta pomik zadnjega dela stroja v bočnih smereh ter nazaj, pa namestimo enako kot v primeru (A). Ker pa prednji verigi nameščeni na planirni deski, ne zagotavljata zadostnega zavarovanja prednjega dela bagra v bočnih smereh, moramo ob bočne stranice kesona založiti lesene tramove, ki zagotovijo oblikovno zavarovanje delovnega stroja v bočnih smereh (smiselno le, ko so stranice nadgradnje sposobne prenašati predvideno bočno obremenitev).

V tretjem primeru (C) predpostavimo, da delovni stroj na planirni deski ni opremljen z mesti za pritrjevanje ter imamo na voljo le dve verigi in dva pasova za pritrjevanje. V takšnem primeru pasova za pritrjevanje namestimo poševno okrog roke za kopanje, kot prikazuje slika, ter ju napnemo. Verigi namestimo na zadnji del delovnega stroja, identično kot v primeru (A) in (B), s to razliko, da še pred tem med gosenice in prednjo (čelno) stranico namestimo leseni zagozdi oziroma opornika, ki preprečujeta premike delovnega stroja v smeri vožnje zaradi raztezka uporabljenih pasov za pritrjevanje.

Slika 118: Nekateri možnosti izvedbe pritrjevanja delovnega stroja (bagra)



Ob prevozu delovnih strojev velja nameniti pozornost tudi trenju koles, valjev oziroma gosenic delovnega stroja ob dno kesona. Z uporabo primernih tornih podlog, ki jih podlagamo pod stična mesta delovnih strojev oziroma so le ta vgrajena v dno kesona, lahko močno pripomoremo k zmanjšanju sil potrebnih za pritrjevanje. Tako je v primerih naleganja kovine na kovino (jekleni segmenti gosenic ali jekleno kolo valjarja – jekleno dno prekucnika oz. nadgradnje), priporočljiva uporaba tornih podlog, kot to

prikazuje slika 119. Pri prevozu težjih in večjih delovnih strojev pa je priporočljivo, da so v dno nadgradnje vgrajene debelejšje impregnirane deske iz žaganega lesa, ki podobno, kot torne podloge precej povečajo koeficient trenja in tako pripomorejo k varnejšemu transportu.

*Slika 119: Uporaba tornih podlog pri prevozu valjarja*



*Vir: Ladungssicherung auf Fahrzeugen der Bauwirtschaft  
[Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft], b. d.*

## **9.2 Prevoz osebnih in kombiniranih vozil**

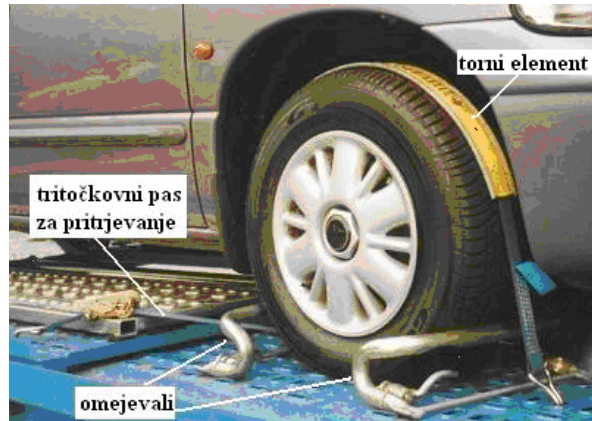
Prevoz osebnih in lahkih kombiniranih vozil do 4 tone največje dovoljene mase v evropskem merilu obravnava Nemški standard VDI 2700-8.

Omenjeni standard predpisuje, da za pritrjevanje osebnih in lahkih kombiniranih vozil lahko uporabljamo metodo diagonalnega pritrjevanja. Pogoj za tovrstno metodo so pritrdilna mesta na karoserijah oz. šasijah transportiranih vozil. Ker dandanes velika večina omenjenih vozil ni opremljena z zahtevanimi pritrdilnimi mesti, jih je možno prevažati le s posebnimi nadgradnjami.

Le - te morajo imeti posebno luknjičasto dno, v katerega se vstavi posebna omejevala, ki jih je možno nepomično aretirati. Poleg omenjenih omejeval, ki morajo imeti višino približno 1/6 premera pnevmatike, je potrebno za zavarovanje uporabiti poseben namenski tritočkovni pas za pritrjevanje. Sestavljen je podobno kot dvodelni pas za pritrjevanje s to razliko, da ima na delu pasu s kavljem dodatni pomični kavelj in

poseben torni element. S takšnim tritočkovnim pasom za pritrjevanje zaobjamemo pnevmatiko vozila, kot prikazuje slika 120.

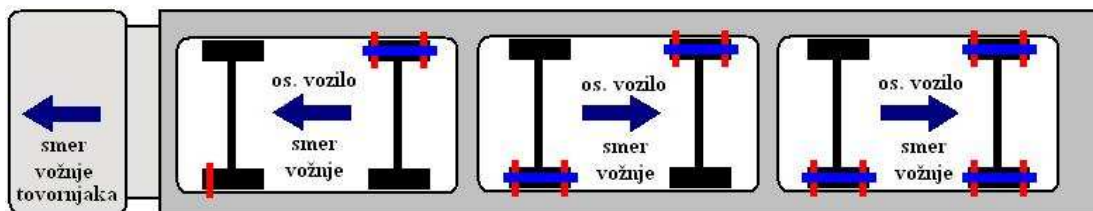
Slika 120: Uporaba omejeval in tritočkovnega pasu za pritrjevanje



Vir: Sicherung von Fahrzeugen [Sachsische Hebe- und Zurrtechnik GMBH], b. d.

Pri tem kavljja na prvem delu pasu omogočata ustrezno prileganje pnevmatiki, naloga tornega elementa pa je preprečevanje zdrsa pasu iz pnevmatike. Z drugim delom pasu za pritrjevanje, delom z ragljo, pa pas zataknejo v primerno luknjo ter ustrezno napnejo.

Slika 121: Zahtevana pritrditve vozil glede na njihovo pozicijo na tovornem vozilu



Pri dejanskem pritrjevanju vozil na tovornem vozilu ali priklopniku je potrebno upoštevati, da pozicija in smer vozila, ki ga prevažamo, vpliva na zahtevo po pritrjevanju. Tako kot prikazuje slika 121, je potrebno vozilo, ki ga prevažamo v smeri vožnje (smer vožnje vozila je enaka smeri vožnje tovornega vozila), proti premikanju v smeri vožnje zavarovati na prednji osi z enim omejevalom, ter z dvema omejevaloma (pred in za kolesom) in tritočkovnim pasom za pritrjevanje na zadnji osi. Pri tem mora biti zavarovano kolo na zadnji osi v diagonali s prednjim kolesom pred katerega smo postavili omejevalo.

V primeru, ko vozilo natovorimo in prevažamo v obratni smeri, kot je smer vožnje tovornega vozila, je potrebno zavarovati in pritrčiti po eno kolo z omejevali ter tritočkovnim pasom za pritrjevanje na prednji in zadnji osi. Tudi tu morata biti zavarovani kolesi na prednji in zadnji osi v diagonali vozila.

Zadnje vozilo na priklopniku ali tovornem vozilu, ki ga prevažamo v obratni smeri od smeri vožnje tovornega vozila, pa mora biti zavarovano z omejevali in tritočkovnimi pasovi za pritrjevanje na treh kolesih. Na prednji osi morata biti zavarovani in pritrjeni obe kolesi na zadnji osi pa le eno, kot prikazuje slika 121.

### 9.3 Prevoz armaturnih mrež

Prevoz armaturnih mrež, ki se uporabljajo za ojačitev betonskih konstrukcij, prav tako uvrščamo med posebne tovore saj ima paket mrež kot tovor številne posebnosti.

Do nedavnega se je za prevoz armaturnih mrež tako pri nas kot v tujini uporabljalo posredno pritrjevanje s pasovi za pritrjevanje in jeklenimi vrvmi. V teh primerih se je za zavarovanje tovora proti premikanju preko tovora namestilo sredstva za pritrjevanje, kot prikazuje slika 122, ter tako povečalo silo trenja med najnižjo mrežo in dnom kesona ter med posameznimi mrežami. Opisano in prikazano posredno pritrjevanje, bi bilo primerno kadar bi prevažali tog in stabilen tovor, kar mreže niso. Poleg že omenjenega je znotraj skladovnice mrež ter tovorom in dnom zaradi različnih materialov in stanja površin različen tudi dinamični koeficient trenja, ki znaša med posameznimi mrežami 0,2 med spodnjo mrežo in lesenim dnom 0,3. Zaradi nižjega koeficienta trenja znotraj skladovnice mrež in dejstva, da se sila teže, ki povzroča lastno trenje (znotraj paketa), zaradi števila mrež nad opazovano mrežo v skladovnici, z višino paketa zmanjšuje, do premikov ob zaviranju vedno prihaja znotraj skladovnice.

*Slika 122: Nezdostno pritrjene armaturne mreže*



Zaradi zgoraj naštetih številnih podrobnosti in posebnosti ter želje po ugotovitvi potrebne števila pasov za pritrjevanje, je Nemški inštitut za jeklene betonske armature preučil in praktično preizkusil, kako morajo biti pritrjene armaturne mreže na tovornem vozilu, da je zagotovljena nepomičnost tudi ob polnem zaviranju oz. zahtevi po zavarovanju tovora  $0,8 \times g$  v smeri vožnje ter  $0,5 \times g$  v vzratni in bočnih smereh. Iz njihovih ugotovitev izhaja, da je potrebno paket armaturnih mrež, mase 12 ton pritrčiti z uporabo 42 ih pasov za pritrjevanje, od katerih morajo biti štirje nameščeni poševno naprej ter dva poševno nazaj, kot prikazuje slika 123.

*Slika 123: Pritrjevanje armaturnih mrež zgolj z uporabo pasov za pritrjevanje*



*Vir: Ladungssicherung von Betonstahl [Institut für Stahlbetonbewehrung e.V.], b. d.*

Zaradi izjemne nepraktičnosti, napornosti in s tem izgube časa za zahtevano pritrjevanje, so nemški proizvajalci vozil in opreme za pritrjevanje razvili vsak svojo rešitev, ki občutno zmanjša napor potreben za pritrjevanje armaturnih mrež.

Prva izmed možnih rešitev v smeri poenostavitve pritrjevanja armaturnih mrež je pritrjevanje s posebnimi zankami izdelanih iz posebne jeklene vrvi z zelo visoko natezno trdnostjo, ter posebnimi pasovi za pritrjevanje, ki imajo največjo dovoljeno natezno obremenitev (LC) 4000 daN. Omenjene zanke ter pasove za pritrjevanje namestimo kot prikazuje slika 124.



Slika 124: Pritrjevanje armaturnih mrež s posebnimi zankami in pasovi za pritrjevanje



Vir: Lampen, A. (2009, marec) *Ladungssicherung von Betonstah-matten!*

Posebno pozornost moramo pri pritrjevanju armaturnih mrež z uporabo zank in pasov za pritrjevanje nameniti mestom za pritrjevanje, ki morajo biti sposobna prenašati vsaj 4000 daN obremenitve. V kolikor je priklopnik opremljen z mesti za pritrjevanje, ki dopuščajo natezno obremenitev le 2000 daN, lahko težavo rešimo z uporabo posebnega pasu za pritrjevanje z vmesnim kavljem, ki ga namestimo kot je prikazano na desnem delu slike 124 (oranžni pas za pritrjevanje) ali z dodatno vgradnjo posebnih ojačitvenih pločevin na mesta, kamor bomo namestili kavlje pasov za pritrjevanje.

Druga praktična rešitev pa je uporaba posebnih nadgradenj z drogovi, ki oblikovno zavarujejo tovor in pri katerih je uporaba sredstev za pritrjevanje minimalna. Eno izmed večih različnih proizvajalcev in izvedb prikazuje spodnja slika 125.

Slika 125: Prevoz armaturnih mrež z uporabo posebnih namenskih polprikolic.



## 10 PRITRJEVANJE TOVORA V OSEBNIH IN KOMBINIRANIH VOZILIH

Do sedaj smo obravnavali prevoze večjih tovorov, vendar ne smemo zanemariti tudi manjših, ki se vsakodnevno prevažajo v osebnih in kombiniranih vozilih. Tudi ti so izpostavljeni delovanju reakcijskih sil, ki močno izstopajo pri hitrih spremembah hitrosti in smeri vožnje. Izreden vpliv in pomen pa omenjene sile dobijo ob prometnih nezgodah in trkih. Njihovega učinka se je potrebno zavedati ter se naučiti preventivnega delovanja in razmišljanja. v vsakdanji uporabi vozila.

V tujini je bilo na tem področju izvedenih veliko preizkusnih trkov ter raziskav nesreč. Z izsledki ene izmed njih, prikazanimi v spodnji tabeli 10 želim prikazati, kako se lahko vsakodnevno uporabljeni in prevažani predmeti v vozilih ob sunkovitih zaviranjih in trkih zlahka spremenijo v izredno nevarne ali celo smrtonosne. Nemška agencija je po izvajanju preizkusa trka osebnega vozila potrdila, da se že pri trkih z nizko hitrostjo delujoča sila, ki je posledica mase predmeta (tovora) in pojemka vozila, v primerjavi z maso predmeta (tovora) poveča za 50 krat. Tako vsakodnevno prisotni predmeti ob trku vozila z nepomično oviro pri hitrosti 50 km/h pridobijo navedene vrednosti sil.

*Tabela 14: Vrednost delujoče sile predmeta ob trku vozila*

| Predmet                          | Masa predmeta | Delujoča sila ob trku |
|----------------------------------|---------------|-----------------------|
| Prenosni telefon                 | 0,3 kg        | 16,5 daN              |
| Dežnik                           | 0,7 kg        | 38,5 daN              |
| Avto atlas – prenosni računalnik | 1,5 kg        | 82,5 daN              |

*Vir: Aufprallgewicht bei einem Frontalzusammenstoß [marotech], b. d.*

V predstavljeni situaciji lahko upravičeno trdimo, da bo voznik v sodobnem vozilu, ki se zaleti v oviro pri hitrosti 50 km/h, bolj ogrožen s strani avtomobilskega atlasa, ki ga je imel na zadnji polici vozila, kot od samega trka, saj bi ga atlas z delujočo silo 82,5 daN lahko usodno poškodoval.

Povzamemo lahko, da morajo biti omenjeni in pogosto prisotni predmeti varno shranjeni v predalih in prtljažniku in v nobenem primeru ne sodijo na zadnjo polico. Ostali predmeti, ki jih prevažamo v avtu, pa sodijo v prtljažnik. Kadar je le-ta

premajhen je potrebno tovor zavarovati z uporabo varnostnih pasov na zadnjih sedežih, kot to prikazuje levi del slike 126.

*Slika 126: Načini ustreznega zavarovanja tovora v osebnih vozilih*



*Vir: Ladungssicherung auf Fahrzeugen [Wolters Kluwer Deutschland GmbH.], b. d.*

Kadar z osebnim vozilom večkrat prevažamo različne tovore ali domače živali, je zelo priporočljivo vgraditi predelne mreže (slika 126 - desni del), ki preprečujejo premike tovora v potniški prostor ter s tem poškodbe voznika.

Podobno velja tudi ob prevažanju tovora v kombiniranih vozilih, kjer je ravno tako zelo priporočljivo, da se tovorni prostor s predelno steno loči od potniškega prostora. V nasprotnem primeru, ki ga prikazuje slika 127–1, lahko pride do prometne nezgode, saj tovor že ob manjšem zaviranju lahko ogroža in poškoduje voznika.

*Slika 127: Praktični primer neustreznega in ustreznega zavarovanja tovora v kombiniranih vozilih.*



*Vir: (1) Vir: Ladungssicherung auf Fahrzeugen [Wolters Kluwer Deutschland GmbH.], b. d.*

*(2) PaXafe-Ladungssicherungsnetze [Evers], b. d.*

Pri primerih prevoza večjih in težjih predmetov s kombiniranimi vozili, je obvezno uporabiti ustrezna sredstva za pritrjevanje ter z njimi pravilno zavarovati tovor in hkrati zagotoviti tudi pravilno porazdelitev tovora, kot to prikazuje slika 127 – 2.

## ZAKLJUČEK

V Sloveniji in pred tem v Jugoslaviji se je zelo malo pozornosti namenjalo tematiki pravilnega natovarjanja in pritrjevanja tovora. Del krivde lahko pripišemo manjši blagovni menjavi in za takratne čase dobro razvitemu, organiziranemu in konkurenčnemu železniškemu prometu ter tako manj pogosti uporabi tovornih vozil, kot jo beležimo v zadnjih desetletjih. Poleg tega se je s transportom ukvarjalo večje število starejših – izkušenejših transportnih delavcev in voznikov, njihove izkušnje pa so se na mlade voznike prenašale predvsem ustno in izkustveno. V zadnjih dvajsetih letih smo priča izjemno hitremu napredku tako na področju gradnje avtocestne infrastrukture, kot na področju hitrih, tih in varčnih tovornih vozil ter posledičnemu preusmerjanju transport. Podobno kot pri osebnih vozilih je precejšen napredek opazen tudi pri tovornih vozilih, ki so danes serijsko opremljena s kolutnimi zavorami na vseh oseh ter ABS, EBS, ESP in podobnimi sistemi, katerih učinkovitost se, na eni strani odraža kot krajša zavorna pot, na drugi, mnogokrat prezrti strani pa za tovor, ki ga prevažajo vozila, pomeni večje pojemke, kar povečuje potrebo po pritrjevanju tovora. Upam, da bo to delo pripomoglo k boljšemu razumevanju obravnavanih tem tako med začetniki, kot izkušenimi poklicnimi vozniki ter s tem pripomoglo k zavedanju pomembnosti pritrjevanja tovora, zmanjšanju dvomov ob prevozu tovora in nenazadnje varnejši vožnji vseh udeležencev v prometu..

Da bi prikazal pomembnost teme, ki sem jo obravnaval v magistrski nalogi, in ugotovil dejansko stanje v slovenskih prevozniških podjetjih oziroma med vozniki, ki vsakodnevno prevažajo tovor, sem v enem izmed špedicijskih podjetij na carinskem terminalu ob Letališki cesti v Ljubljani izvedel anketo. Na anketni vprašalnik, ki je priložen v prilogah, je odgovarjalo 34 voznikov. 17 se jih je v svoji karieri voznika na temo razporejanja in pritrjevanja tovora izobraževalo enkrat in večkrat, preostalih 17 pa takšnega izobraževanja še ni bilo deležnih. Praktične izkušnje oziroma težave s premikanjem tovora ob zaviranju ter vožnji skozi ovinek je imelo kar 70 % anketiranih. Velika večina voznikov (prek 90 %) se zaveda svoje odgovornosti in vloge pri pravilnem razporejanju in zavarovanju tovora. Za pritrjevanje tovora pa večinoma uporabljajo pasove za pritrjevanje in pregrade. Podrobnejši rezultati izvedene ankete in anketni vprašalnik so priloženi v prilogah.

## LITERATURA IN VIRI

*Antirutschmatte [SpanSet]*, (b. d.). Najdeno 18. januarja 2009 na spletnem naslovu:

<http://www.spanset.de/technik/ladungssicherungstechnik/ladungssicherungstechnik.html>

*Aufprallgewicht bei einem Frontalzusammenstoß [marotech]*, (b. d.). Najdeno 14. marca

2010 na spletnem naslovu: [www.marotech.eu/abc-ladungssicherung-pkw.html](http://www.marotech.eu/abc-ladungssicherung-pkw.html)

*Axle weight [Scania]*, (b. d.). Najdeno 8. junija 2009 na spletnem naslovu:

<https://sail.scania.com/wps/portal>

*Best Practice Guidelines on Cargo Securing for Road Transport [European commission*

*– Mobility & Transport]*, (b. d.). Najdeno 20. februarja 2009 na spletnem naslovu:

[http://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/vehicles/guidelines\\_cargo\\_securing\\_en.htm](http://ec.europa.eu/transport/road_safety/vehicles/guidelines_cargo_securing_en.htm)

*Cascadia [Freightliner]*, (b. d.). Najdeno 29. aprila 2009 na spletnem naslovu:

<http://www.freightlinertrucks.com/trucks/find-by-model/Cascadia/>

Cvetaš, F. (1991). *Statika*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani Fakulteta za strojništvo.

Cvetaš, F. (1996). *Statika*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.

*Diagonalzurren leicht gemacht [Transport-Information-Service]*, (b. d.). Najdeno

20. maja 2010 na spletnem naslovu:

<http://www.tis-gdv.de/tis/ls/praxis/diagonalzurren/inhalt1.htm>

Handelsgesetzbuch in der im Bundesgesetzblatt Teil III, Gliederungsnummer 4100-1,

veröffentlichten bereinigten Fassung, das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 19. November 2010 (BGBl. I S. 1592)

*Izračun težišča [Gimnazija Jesenice]*, (b. d.). Najdeno 1. aprila 2009 na spletnem

naslovu: <http://www.gimjes.si/catalog/datoteke/vajatezis-20061103185715.doc>

Kladnik, R. (1989). *Visokošolska Fizika*. Ljubljana: Državna založba Slovenije.

Koškin, N. I. & Širkevič, M. G. (1990). *Priročnik elementarne fizike*. Ljubljana:

Tehniška založba Slovenije.

*Kraftfahrwesen im THV [Arcor]*, (b. d.). Najdeno 8. junija 2009 na spletnem naslovu:

<http://home.arcor.de/thw-handbuch/kfzbuch.pdf>

Kraut, B. (1994). *Krautov strojniški priročnik*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.

*Laden und Sichern [Spitzenverband für Güterkraftverkehr, Logistik und Entsorgung]*,

(b. d.). Najdeno 8. junija 2009 na spletnem naslovu:

[http://www.bgl-ev.de/images/downloads/programme/leitfaden\\_fuehrer.pdf](http://www.bgl-ev.de/images/downloads/programme/leitfaden_fuehrer.pdf)

*Ladung muss richtig gesichert sein [Ingenieurbüro Schimmelpfennig + Becke], (b. d.).*

Najdeno 20. maja 2009 na spletnem naslovu:

<http://www.ureko.de/downloads/veroeffentlichungen/150>

*Ladungssicherung auf Fahrzeugen [Wolters Kluwer Deutschland GmbH.], (b. d.).*

Najdeno 27. aprila 2009 na spletnem naslovu: <http://www.arbeitssicherheit.de/arbeitssicherheit/html/modules/bgi600649/600-649/bgi649.pdf>

*Ladungssicherung / Reduzierung von Transportschäden [Institut für Beratung,*

*Forschung, Systemplanung, Verpackungsentwicklung und –prüfung], (b. d.).*

Najdeno 24. novembra 2008 na spletnem naslovu: <http://www.easyfairs.com/shows/479/JPetzold.pdf>

*Ladungssicherung [SpanSet], (b. d.).* Najdeno 4. junija 2009 na spletnem

naslovu: <http://b2b.spanset.de/cgi-bin/spanset.storefront>

*Ladungssicherung [TÜV Nord ag], (b. d.).* Najdeno 24. februarja 2009 na spletnem

naslovu: [http://www.tuev-nord.de/downloads/Ladungssicherungsbroschure\\_Auflage\\_3.pdf](http://www.tuev-nord.de/downloads/Ladungssicherungsbroschure_Auflage_3.pdf)

*Ladungssicherung von Betonstahl [Institut für Stahlbetonbewehrung e.V.], (b. d.).*

Najdeno 17. maja 2010 na spletnem naslovu [http://www.isb-ev.de/bin/load\\_file.pl?p\\_dok\\_id=1000190&p\\_sys\\_bereich=Bibliothek](http://www.isb-ev.de/bin/load_file.pl?p_dok_id=1000190&p_sys_bereich=Bibliothek)

*Ladungssicherung auf Fahrzeugen der Bauwirtschaft [Berufsgenossenschaft der*

*Bauwirtschaft ], (b. d.).* Najdeno 8. januarja 2009 na spletnem naslovu:

<http://www.bgbau-medien.de/site/asp/drucken.asp?name=bau/ladungss/10.htm>

*Ladungssicherungs-Informations-System [Bundesanstalt für Materialforschung und*

*prüfung], (b. d.).* Najdeno 22. decembra 2009 na spletnem naslovu:

<http://www.tes.bam.de/ladungssicherung/index.htm>

*Ladungssicherungsplanen [Transport-Information-Service], (b. d.).* Najdeno

20. maja. 2010 na spletnem naslovu: <http://www.tis-gdv.de/tis/lshb/lsm/inhalt.htm>

*Ladungssicherungszertifikat für SCS und SCS BS [Schmitz Cargobull], (b. d.).* Najdeno

19. maja 2009 na spletnem naslovu: [http://www.christian-rennie.de/LS\\_EN\\_12642\\_XL\\_Planetopia.pdf](http://www.christian-rennie.de/LS_EN_12642_XL_Planetopia.pdf)

Lampen, A. (2004, 20-21. oktober). Ladungssicherung durch den Fahrzeugaufbau.

Najdeno 23. novembra 2008 na spletni strani: [http://serv.dekra.bawue.com/dekra\\_net/develop/content\\_net/psfile/pdfdown/73/24\\_Lampen\\_41da84d8a5f77.pdf?1104850857&id=1550&nocontainer=1&nodeid=365](http://serv.dekra.bawue.com/dekra_net/develop/content_net/psfile/pdfdown/73/24_Lampen_41da84d8a5f77.pdf?1104850857&id=1550&nocontainer=1&nodeid=365)

Lampen, A. (2006). *LaSi – Seminar Kollektion*. Wegenberg: Verlag Günter Hendrich.

- Lampen, A. (2007, april). Belastbarkeit von zurrpunkten. Najdeno 22. maja 2010 na spletnem naslovu: [http://www.ladungssicherung.de/content/download/BKF\\_2007/bkf4\\_20-21\\_LaSi.pdf](http://www.ladungssicherung.de/content/download/BKF_2007/bkf4_20-21_LaSi.pdf)
- Lampen, A. (2007). *Ladungssicherung, Leitfaden für die Praxis*. Wegenberg: Verlag Günter Hendrich.
- Lampen, A. (2009, marec). Betonstahlmatten-jetzt sicher transportieren. Najdeno 20. marca 2010 na spletnem naslovu: [http://www.ladungssicherung.de/content/download/BKF\\_2009/bkf0903\\_13-15.pdf](http://www.ladungssicherung.de/content/download/BKF_2009/bkf0903_13-15.pdf)
- NFZ-Katalog 2009 [BPW Bergische Achsen], (b. d.). Najdeno 28. aprila 2009 na spletnem naslovu: [http://www.bpw.de/download/broschueren/data/BPW\\_NFZ-Katalog\\_2009d.pdf](http://www.bpw.de/download/broschueren/data/BPW_NFZ-Katalog_2009d.pdf)
- PaXafe-Ladungssicherungsnetze [Evers], (b. d.). Najdeno 19. januarja 2009 na spletnem naslovu: <http://www.eversgmbh.de/Startseite/Sichern/Ladungssicherung/Gurtbandnetze-Containernetze-Planen/Planen-und-Netze/PaXafe-Ladungssicherungsnetze.aspx>
- Podzuweit, U. (2002). *Ladungssicherung im Gütertransport*. München: Huss-verlag.
- Prospekt Ladungssicherung [Kögel], (b. d.). Najdeno 10. decembra 2008 na spletnem naslovu: <http://www.koegel.com>
- Ratchen Typ [CDL Niedersachsen], (b. d.). Najdeno 8. januarja 2009 na spletnem naslovu: [http://cdl.niedersachsen.de/blob/images/C51875430\\_L20.pdf](http://cdl.niedersachsen.de/blob/images/C51875430_L20.pdf)
- Reachstacker [Liebherr], (b. d.). Najdeno 21. maja 2009 na spletnem naslovu: [http://www.liebherr.com/MCP/de-DE/products\\_mcp.wfw/id-11615-0?register=2270\\_1273](http://www.liebherr.com/MCP/de-DE/products_mcp.wfw/id-11615-0?register=2270_1273)
- Research report 077 [Health and Safety Executive], (b. d.). Najdeno 15. februarja 2009 na spletnem naslovu: <http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr077.pdf>
- Safety of Loads on Vehicles [Department for Transport], (b. d.). Najdeno 10. decembra 2008 na spletnem naslovu: <http://www.dft.gov.uk/pgr/roads/vehicles/vssafety/safetyloadsonvehicles.pdf>
- Sander, R. (2004). *Ladungssicherung leicht gemacht*. München: Verlag Heinrich Vogel.
- S.CS with COIL Equipment [Schmitz Cargobull], (b. d.). Najdeno 20. februarja 2009 na spletnem naslovu: [http://www.cargobull.com/de/S.CS\\_mit\\_COIL-Ausstattung\\_7\\_61.html](http://www.cargobull.com/de/S.CS_mit_COIL-Ausstattung_7_61.html)
- Sicherung von Fahrzeugen [Sachsische Hebe- und Zurrtechnik GMBH], (b. d.). Najdeno

8. marca 2009 na spletnem naslovu: [http://www.shz-gmbh.de/html/radsicherungsgurte\\_1.html](http://www.shz-gmbh.de/html/radsicherungsgurte_1.html)
- Sichere Plan-Spiele [KFA Rumel]*, (b. d.). Najdeno 22. novembra 2008 na spletnem naslovu: <http://www.lasi-messe.de/downloads/pdf/sichereplanspiele.pdf>
- Sicherung von Kurzholz auf Straßenfahrzeugen [Königsberger Ladungssicherungskreis e.V.]*, (b. d.). Najdeno 20. februarja 2009 na spletnem naslovu: [http://www.klsk.info/Fachausschuesse/Kurzholzversuche/gdv\\_kurzholz\\_abschluss\\_bericht.pdf](http://www.klsk.info/Fachausschuesse/Kurzholzversuche/gdv_kurzholz_abschluss_bericht.pdf)
- Sperren [Allsafe Jungfalk]*, (b. d.). Najdeno 29. junija 2009 na spletnem naslovu: <http://www.allsafe-group.com/de/produkte/sperren-42>
- Steel Swap Bodies [3S Estonia AS]*, (b. d.). Najdeno 22. februarja 2009 na spletnem naslovu: <http://3s.ee/steel-swap-body-containers.html>
- STP trailer [Wincanton]*, (b. d.). Najdeno 19. januarja 2009 na spletnem naslovu: [http://www.plus-systems.de/presse\\_e/Wackelbrummis\\_eng.pdf](http://www.plus-systems.de/presse_e/Wackelbrummis_eng.pdf)
- Straßenverkehrs-Ordnung vom 16. November 1970 (BGBl. I S. 1565), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 5. August 2009 (BGBl. I S. 2631) geändert worden ist
- Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 28. September 1988 (BGBl. I S. 1793), die zuletzt durch Artikel 3 der Verordnung vom 21. April 2009 (BGBl. I S. 872) geändert worden ist
- Stützwinde [JOST Werke]*, (b. d.), Najdeno 15. februarja 2009 na spletnem naslovu: <http://www.jost-world.com>
- Šterk, P. (2001). *Mehanika*. Novo mesto: Šolski center Novo mesto.
- Techniken zur Ladungssicherung [Kirschbaum]*, (b. d.). Najdeno 8. junija 2009 na spletnem naslovu: <http://www.kirschbaum.de/texte/tb1732p.pdf>
- Transport quality manual [VLC Risk Management Dept 73400]*, (b. d.). Najdeno 27. aprila 2009 na spletnem naslovu: <http://www.volvo.com/NR/rdonlyres/ADF4BE9C-16A1-4B19-9DDF-FE283321C83B/0/FIe100issue3.pdf>
- Twistlocks, Corner Castings [Krisry International, Inc]*, (b. d.). Najdeno 21. maja 2009 na spletnem naslovu: <http://www.krisryinc.com/>
- Vorderachsaufhängung [MAN Nutzfahrzeuge]*, (b. d.). Najdeno 12. februarja 2009 na spletnem naslovu: [http://mis.mn.man.de/MAN\\_data/mediac6e7.html](http://mis.mn.man.de/MAN_data/mediac6e7.html)
- Zakon o varnosti cestnega prometa. *Uradni list RS* št. 35/2005, 51/2005-UPB1, 67/2005 Odl.US: U-I-32/05-13, 69/2005, 76/2005-ZDCOPMD, 97/2005-



UPB2, 108/2005, 25/2006-UPB3, 70/2006-ZIKS-1B, 105/2006, 123/2006

Odl.US: P-72/05-17, U-I-327/05, 133/2006-UPB4, 139/2006-ZORed, 37/2008,  
56/2008-UPB5, 57/2008-ZLDUVCP, 73/2008 Odl.US: U-I-295/05-38, 58/2009,  
36/2010.

Zakon o varnosti cestnega prometa. *Uradni list RS* št. 32/2010.

*Zurrwinkel beim Niederzurren [SpanSet]*, (b. d.). Najdeno 15. aprila 2009 na spletnem  
naslovu: [http://www.trucker-web.ch/downloads/sicher\\_zurren.pdf](http://www.trucker-web.ch/downloads/sicher_zurren.pdf)

## **PRILOGE**

## **Kazalo prilog**

|  |   |
|--|---|
| Priloga 1: Vzorec certifikata nadgradnje z oznako code XL                | 2 |
| Priloga 2: Uporabljene kratice   | 4 |
| Priloga 3: Anketni vprašalnik s katerim je bila izvedena anketa voznikov | 5 |
| Priloga 4: Rezultati opravljene ankete                                   | 9 |

# Priloga1: Vzorec certifikata nadgradnje z oznako code XL



## ZERTIFIKAT

Nr.: **LS0805260Z1**

### 1. Fahrzeug

Hersteller: Schmitz Cargobull AG, Siemensstr. 50, 48341 Altenberge  
Fahrzeugart: Sattelanhänger  
Aufbauart: Curtainsider SCS, SCS-BS  
Laderaumabmessung: Länge: a: 13.620 mm, b: 13.730 mm  
( im Lichten ) Breite: 2.480 mm  
Höhe: max. 3.000 mm  
Nutzlast: max. 27.000 kg  
zulässiges Gesamtgewicht: 39.000 kg

### 2. Nachgewiesene Aufbaufestigkeiten nach prEN 12642 - XL

|                    | PRÜFKRAFT  | VERHÄLTNIS ZUM LADUNGSGEWICHT BEI MAX. NUTZLAST |
|--------------------|------------|---|
| Vorderwand a, b    | 13.500 daN | 0,50  |
| Seitenwand a, b, c | 10.800 daN | 0,40  |
| Rückwand           | 8.100 daN  | 0,30  |

Das Zertifikat bestätigt die Ladungssicherungswirkung durch den Fahrzeugaufbau. Anforderungen gemäß VDI 2700; EN 12195 Teil 1 für Straßentransport, ADR, EN 12642 – 2001 und prEN 12642- 3/2005 Code XL und DCE 9.5 (Beachtung Punkt 4.2.4) sind erfüllt.

Die Gültigkeit des Zertifikates für das Fahrzeug mit der Fahrzeugident.Nr.

(FIN) **WSM0000003043285** wird bestätigt.

Altenberge, den **19.10.2006**

Schmitz Cargobull AG



**SCHMITZ  
CARGOBULL**  
The Trailer Company.

### 3. Ausstattung

#### Vorderwand:

Alu-Vorderwand mit Alu- oder Stahl-Ecksäulen, (a) alternativ mit Volumenecken (b)

#### Rückwand:

Heckportal mit Aluminium- oder Stahl-Eckrungen  
Alu-Rückwandtüren mit 2 Drehstangenverschlüssen je Türflügel

#### Seitenwand:

3 Paar Schmitz- Curtainsider- Rungen auf die Fahrzeuglänge gleichmässig aufgeteilt.

- Ausführung Curtainsider (SCS), wahlweise mit innenliegenden Bordwänden  
PVC-Seitenplane (Panama-Qualität) mit mind. 850 g/qm, Schweißgurte waagrecht max. 600 mm Abstand,  
Schweißgurte senkrecht bei jeder Rolle/Ratsche (24 pro Seite), Übertotpunktspanner oder Spanner mit zusätzlicher  
mechanischer Verriegelung unten aus Nirostahl. Die Prüfung wurde ohne Aufsatzlatten und ohne Palettenanschlag  
durchgeführt.
- Wie Ausführung a, jedoch mit nach EN 12641 Teil 2 geprüften Seitenplanen, Beispielsweise Plankenplane oder  
Direktspanner.
- Ausführung Bordwandsider (BS)  
PVC-Seitenplane (Panama-Qualität) mit mind. 850 g/qm; 2 waagerechte Schweißgurte; Planbefestigung mit  
Bügelkrampen, Planenösen und Planseil (alternativ Kombibügelkrampen mit Gummiexpanderseil), 4 Reihen Alu-  
Aufsatzlatten.

#### Dach:

- Schmitz Schiebeverdeck mit zusätzlicher Aussteifung bestehend aus Diagonalstreben  
PVC-Dachplane (Panama-Qualität) mit mind. 650 g/qm
- Schmitz Schiebeverdeck mit zusätzlicher Aussteifung bestehend aus Drahtseilen  
PVC-Dachplane (Panama-Qualität) mit mind. 650 g/qm
- Schmitz Schiebeverdeck ohne zusätzliche Aussteifung, in Verbindung mit wahlweise:  
Protect-, Secure- oder Schmitz Safety- Roof Dachplane aus Polyester-Trägergewebe und diagonaler  
Drahtarmierung.

Das Zertifikat bestätigt die Aufbaufestigkeiten – verstärkter Aufbau nach pr EN12642-XL.

### 4. Bestätigung der ausreichenden Ladungssicherung gem. §§ 22 u. 23 StVO und § 30 StVZO in Verbindung mit Richtlinie VDI 2700 und DCE RL 9.5

Für Schmitz Cargobull Sattelanhänger mit geprüftem Aufbau nach prEN12642-XL – Zertifikat TNM LS0805260Z1

#### 4.1. Allgemein

Die Vorschriften zur Ladungssicherung sind erfüllt unter folgenden Bedingungen:

Schmitz Cargobull AG LS0805260Z1 Seite 1 von 2

Stand: Juli 2006 02/2006

TÜV NORD Mobilität GmbH & Co. KG • Am TÜV 1 • 30519 Hannover

Telefon 0511 986-2526  
Fax 0511 986-1747  
info@tuev-nord.de  
www.tuev-nord.de

Amtsgericht Hannover HRA 27006  
USL-IdNr.: DE 813818604  
Steuernr.: 25/207/00992

Postbank Hannover (BLZ 250 100 30) 60 89 02-301  
Dresdner Bank AG, Essen (BLZ 360 800 80) 525 94 35 00  
Deutsche Bank AG, Hannover (BLZ 250 700 70) 60 03 38  
Swift-Code: DEUTDE2H  
IBAN-Code DE 72250700700060033800

TÜV NORD Mobilität  
Verwaltungsgesellschaft mbH, Hannover  
HRB 61319

Geschäftsführer: Dipl.-Ing. Volker Drube

Die Ladung liegt flächig an Vorderwand, Seitenwänden und Rückwand an. Abstände zu den Laderaumbegrenzungen und Staulücken betragen max. 30 mm pro laufenden Lademeter. In Laderaumbereichen mit 2.550 mm Breite kann die Summe der Abstände und Staulücken max. 150 mm betragen.

Die Ladung kann bis zur vollen Aufbauhöhe gestaut werden; die Mindestladehöhe über der Ladefläche muss 800 mm betragen.

Der Gleitreibbeiwert zwischen Ladefläche und Ladung bzw. zwischen Ladungsteilen beträgt mindestens  $\mu = 0,3$

Bei jedem Transport sind alle beweglichen Aufbauteile (z.B. Rungen, Planenverschlüsse, Türen, Schiebeverdeck) bestimmungsgemäß einzusetzen und zu sichern.

Steht die Ladung (Teilladung) nicht am Heckportal an, so ist hier eine zusätzliche Ladungssicherung gemäß VDI 2700 erforderlich. (Siehe Beispiel 4.2.4.)

Bei Einhaltung der vorstehenden Bedingungen ist die Ladungssicherung gemäß VDI 2700 erfüllt. Die Sicherung ist gewährleistet durch den Aufbau (formschlüssige Sicherung) und die Reibungskräfte resultierend aus dem Ladungsgewicht bei einem Gleitreibbeiwert  $\mu \geq 0,30$ . Zusätzliche Sicherungen (Nieder- bzw. Direktzurren, Zwischenrungen, reibwerterhöhende Unterlagen, u.ä.) sind nicht erforderlich.

Die Anforderungen der EN 12195 Teil 1-2004 für den Straßentransport sind gleichlautend mit denen der VDI 2700 und somit ebenfalls erfüllt. Unter den vorstehenden Bedingungen sind auch die Anforderungen an die Ladungssicherung gemäß ADR erfüllt.

#### 4.2. Praxisorientierte Beispiele zur Ladungssicherung

##### 4.2.1. Stückguttransport nach DCE RL 9.5

- Geprüfter Aufbau nach prEN12642-XL .
- Voraussetzungen unter Punkt 4.1 sind erfüllt.

##### Notwendige Zusatzausstattung:

- Palettenanschlag am Außenrahmen
- Wahlweise untere Reihe Alu-V-Einsteckklatten über Adaptersystem am Außenrahmen als Palettenanschlag
- Wahlweise 2 Reihen Alu-V-Einsteckklatten im unteren Lattentaschendeput

##### 4.2.2. Altpapierballen

- Geprüfter Aufbau nach prEN 12642-XL
- Voraussetzungen unter Punkt 4.1.0 sind erfüllt.

##### 4.2.3. Teilladung und Abstände größer 150 mm des Ladeguts zur Stirn- und Rückwand:

- Ladungssicherung nach vorne in Abhängigkeit von der Ladungsmasse durch mindestens 3 Stahlquerbalken mit Einhängung seitlich in Stahlplatten
- Rückwärtige Ladungssicherung in Abhängigkeit von der Ladungsmasse durch mindestens 2 Stahlquerbalken mit Einhängung seitlich in Stahlplatten

##### Nachgewiesene Festigkeiten der Stahlquerbalken

|               | Prüfkraft  | Verhältnis zum Ladungsgewicht bei max. Nutzlast |
|---------------|------------|---|
| 3 Sperrbalken | 13.500 daN | 0,50  |
| 2 Sperrbalken | 8.100 daN  | 0,30  |

##### 4.3. Gültigkeit

Dieses Zertifikat hat nur Gültigkeit bis zur Änderung von gesetzlichen Bestimmungen und solange sich das Fahrzeug in vorstehend beschriebenen Bau- und Ausrüstungszustand befindet.

##### 4.4. Abweichende Beladungs- und Transportfälle

Für alle Beladungsfälle, die von den vorstehenden Bedingungen abweichen, sind die Maßnahmen zur Ladungssicherung zu prüfen und festzulegen. Dabei bieten die Angaben dieses Zertifikats die Grundlagen. Gleiches gilt auch für Transporte mit geringerer Nutzlast.

Auskünfte erteilen die Ladungssicherungsberater (TÜV NORD Mobilität) sowie der Fahrzeughersteller (Schmitz Cargobull AG).

##### 5. Grundlagen

Prüfbericht TNM LS 0805260

TÜV NORD Mobilität GmbH & Co. KG  
Gruppe Ladungssicherung



Uwe Manter

Hannover, 05.08.2005

## **Priloga 2: Uporabljene kratice**

- DIN – (deutsche industrie norm) nemški standard
- CDC – (MAN - Continuous Damping Control) sistem nadzora in upravljanja blažilnikov.
- PDC – (BPW – Pneumatic Damping Control) sistem nadzora in upravljanja blažilnikov.
- ABS – (Antilock Braking System) sistem proti spodrsavanju koles ob zaviranju.
- ESP – (Electronische Stabilitet Program) elektronski stabilitetni program vozila, ki preko zavor vozila izboljšuje njegovo stabilnost oziroma smer vožnje.
- STP – (Sliding door Tarpaulin System) vrsta nadgradnje proizvajalca Plus Systems, ki v vseh pogledih presega tako z standardom predpisane zahteve za ojačane nadgradnje, kakor tudi zakonske zahteve glede zavarovanja tovora.
- TFI – (Tension Force Indicator) – indikator velikosti natezne napetosti v pasu za pritrjevanje (proizvajalec SpanSet).
- GDV – (Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft) združenje nemških zavarovalnic

### **Priloga 3: Anketni vprašalnik s katerim je bila izvedena anketa voznikov**

#### Anketa za voznike tovornih vozil

Datum: Januar, 2009

Spoštovani !

Sem absolvent podiplomskega študija logistike sistemov na fakulteti za logistiko v Celju.

V okviru magistrske naloge sem se odločil izvesti anketo na temo razporejanje in pritrjevanje blaga na tovornem vozilu, z katero bi pridobil pogled na dejansko stanje o razporejanju in pritrjevanju blaga.

Na podlagi podatkov, ki jih bom dobil iz ankete, se bom poskušal v nalogi podrobneje posvetiti najbolj pomembnim temam.

Anketa je zaupne narave, podatki pa bodo predstavljeni le v zbirni obliki, tako da se v tekstu ne bo dalo ugotoviti vaših konkretnih ocen oziroma mnenj.

Ob izpolnjevanju mi boste najbolj pomagali, če boste na vsa vprašanja odgovorili iskreno.

Za sodelovanje se Vam zelo zahvaljujem in Vas prosim za razumevanje.

Avtor:

Štefan Kopač

**1.) SKUPINA IN PODSKUPINA VOZILA KI GAVOZITE?  
(obkrožite ustrezno oziroma dopišite)**

Skupine

- A) Tovorno vozilo brez prikolice
- B) Tovorno vozilo z prikolico (prikoličar)
- C) Sedlasti vlačilec (šlepar)

Podskupine

- |   |                             |
|---|-----------------------------|
| a) Prekucnik – (Kiper)                        | h) Hladilnik                |
| b) Keson brez ponjave<br>hlodovine            | i) Nadgradnja za prevoz     |
| c) Keson s ponjavo<br>prevoze                 | j) Nadgradnja za specialne  |
| d) Cisterna – silos<br>strojev                | k) Vozilo za prevoz vozil – |
| e) Cisterna za prevoz tekočin<br>kontejnarjev | l) Vozilo za prevoz         |
| f) Hruška za beton                            | m) drugo                    |
| <hr/>   |                             |
| g) Vozilo za prevoz živali                    |                             |

**2.) KATERA SREDSTVA UPORABLJATE ZA PRITRJEVANJE  
OZIROMA ZAVAROVANJE TOVORA?  
(obkrožite ustrezno)**

- |                        |    |    |
|------------------------|----|----|
| a) Povezovalne pasove  | DA | NE |
| b) Verige              | DA | NE |
| c) Pletenice           | DA | NE |
| d) Pregrade            | DA | NE |
| e) Mreže za pritrditev | DA | NE |
| f) Napihljive vreče    | DA | NE |
| g) Drugo               | DA | NE |



**3.) KDO JE PO VAŠEM PREPRIČANJU ODGOVOREN ZA PRAVILNO NALOŽENOST IN PRITRJENOST BLAGA? (ocenite)**

( Navodila za ocenjevanje : 1 – ni odgovoren, 5 – zelo odgovoren)

|                   |   |   |   |   |   |
|-------------------|---|---|---|---|---|
| Pošiljatelj blaga | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Prejemnik blaga   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Prevoznik blaga   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Voznik            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Med naslednjimi vprašanji boste naleteli tudi na takšna ki od vas terjajo oceno :

- nepomembno.....(1)
- niti ni pomembno.. (2)
- pomembno.....(3)
- zelo pomembno..... (4)

**Oceno izrazite tako, da vpišete oziroma obkrožite ustrezno stopnjo ali odgovor.**

|   |                                |               |       |
|---|--------------------------------|---------------|-------|
| Ali ste bili v svoji karieri voznika tovornega vozila kdaj deležni izobraževanja na temo razporeditev in pritrjevanje tovora?       | DOSEDANJE IZOBRAŽEVANJE        | DA _____ krat | NE    |
| Ali se oblika vašega tovora pogosto menja? (blago na paletah, koluti, cevi, konstrukcije, profili, večji tovari, betonski izdelki.) | VRSTA TOVORA                   | NIKOLI        | REDKO |
| Se vam zdi razporejanje blaga pomembno in zanimivo?   | POMEMBNOST RAZPOREDITVE TOVORA | 1             | 2 3 4 |
| Se vam zdi pritrjevanje blaga pomembno in zanimivo?   | POMEMBNOST PRITRDITVE TOVORA   | 1             | 2 3 4 |
| Ali ste v svoji karieri že imeli težave z premikanjem tovora med vožnjo? (zaviranje, vožnja v ovinek)                               | PRAKTIČNE IZKUŠNJE             | DA VEDO       | NE    |
| Ali ste ob natovarjanju vozila vedno prisotni?  | PRISOTNOST OB NAKLADANJU       | DA            | NE    |

Podatki potrebni za statistično obdelavo:

4.) **VAŠA STAROST:**\_\_\_\_\_let.

5.) **SPOL:**    M                    Ž    (**ustrezno obkrožite**)

6.) **VAŠA IZOBRAZBA**    (**ustrezno obkrožite**)

- a)    I. STOPNJA (dokončana osnovna šola)
- b)    II. In III. STOPNJA (nižja poklicna šola)
- c)    IV. STOPNJA (poklicna izobrazba)
- d)    V. STOPNJA (srednja izobrazba)
- e)    VI. STOPNJA (višja strokovna izobrazba)
- f)    VII. STOPNJA (višja strokovna in univerzitetna izobrazba)
- g)    VIII. STOPNJA (magister znanosti)
- h)    IX. STOPNJA (doktor znanosti)

7.) **KOLIKO LET OPRAVLJATE DELO VOZNIKA TOVRNEGA VOZILA?**

1. do 2. leti

3. do 5. let

5. do 10. let

10 in več

## Priloga 4: Rezultati opravljene ankete

### 1. SKUPINA IN PODSKUPINA VOZIL

#### Skupine

|  |        |
|--|--------|
| A) Tovorno vozilo brez prikolice           | 20 %   |
| B) Tovorno vozilo z prikolico (prikoličar) | 14,3 % |
| C) Sedlasti vlačilec (šlepar)              | 65,7 % |

#### Podskupine

|           |                                |
|-----------|--------------------------------|
| a) 2,9 %  | h) 17,1 %                      |
| b) 0      | i) 0                           |
| c) 51,4 % | j) 0                           |
| d) 2,9 %  | k) 0                           |
| e) 8,5 %  | l) 2,9 %                       |
| f) 0      | m) 14,3 % - kombinirana vozila |
| g) 0      |                                |

### 2. UPORABLJENA SREDSTVA ZA PRITRJEVANJE OZIROMA ZAVAROVANJE TOVORA

|                        |        |
|------------------------|--------|
| a. Povezovalne pasove  | 51,9 % |
| b. Verige              | 9,2 %  |
| c. Pletenice           | 3,7 %  |
| d. Pregrade            | 25,9 % |
| e. Mreže za pritrditev | 5,6 %  |
| f. Napihljive vreče    | 3,7 %  |
| g. Drugo               | 0      |

### 3. ODGOVORNOST ZA PRAVILNO NALOŽEN IN PRITRJEN TOVOR

|                   |                      |
|-------------------|----------------------|
| Pošiljatelj blaga | 3,7 - odgovoren      |
| Prejemnik blaga   | 1 - ni odgovoren     |
| Prevoznik blaga   | 3,6 - odgovoren      |
| Voznik            | 4,9 - zelo odgovoren |

Dosedanje izobraževanje: 50 % nikoli, 50 % enkrat in večkrat

Pogostost menjave vrste tovora: nikoli – 6 %, redko – 17 %, pogosto – 77 %

Interes oz. zanimanje za razporejanje tovora: 3,9 – zelo pomembno

Interes oz. zanimanje za pritrjevanje tovora: 3,8 – zelo pomembno

Praktične izkušnje oz. težave zaradi premikanja tovora: da – 70 %, ne – 30 %

Prisotnost ob natovarjanju vozila: da vedno – 91,4 %, ne – 8,6 %

### 4. Povprečna starost voznikov 39,9 let

### 5. SPOL: M – 100 %

### 6. IZOBRAZBA

|                        |        |
|------------------------|--------|
| a. I. STOPNJA          | 2,9 %  |
| b. II. In III. STOPNJA | 11,4 % |
| c. IV. STOPNJA         | 48,6 % |
| d. V. STOPNJA          | 28,6 % |
| e. VI. STOPNJA         | 2,9 %  |
| f. VII. STOPNJA        | 5,6 %  |

### 7. LETA OPRAVLJANJA DELA VOZNIKA TOVRNEGA VOZILA

|               |              |               |           |
|---------------|--------------|---------------|-----------|
| 1. do 2. leti | 3. do 5. let | 5. do 10. let | 10 in več |
| 11,4 %        | 5,7 %        | 28,6 %        | 54,3 %    |