

Umjeravanje prijenosne mjerne platforme za mjerenje osovinskoga opterećenja vozila

Marko Zorić, Dubravko Horvat, Zdravko Pandur, Stjepan Nikolić

Nacrtak – Abstract

U radu je istražena prijenosna mjerna platforma, novi sustav za mjerenje osovinskoga opterećenja šumskih kamiona i ostalih vozila. Razvoj ovoga sustava potaknut je sve većom potražnjom za šumskom biomasom za energiju te potrebom za što preciznijim i jednostavnijim načinom za određivanje proizvedenih količina ponajprije neusitnjenoga drva, a zatim nakon prirodnoga prosušivanja i usitnjenoga drva za energiju. Ovakav je sustav prijeko potreban radi normiranja šumskih radova primarnoga transporta te radi izrade planova proizvodnje. Mjerna se platforma sastoji od četiriju mjernih pretvornika postavljenih u kutovima. Mjerni pretvornici mjere pojedinačno opterećenje do 30 tona. Vaga je umjeravana pomoću atestiranih utega od 500 kg. Prilikom provođenja testova opterećenja i rasterećenja zabilježene su pogreške mjerenja koje su iznosile od –2 kg do 20 kg. Sve su pogreške u okviru prihvatljivih vrijednosti za praktičnu uporabu mjerne platforme. Zbog svoje robusne konstrukcije mjerna platforma zadovoljava potrebe za terenskim mjerenjem osovinskoga opterećenja u šumarstvu.

Ključne riječi: prijenosna mjerna platforma, forvarder, osovinsko opterećenje

1. Uvod – Introduction

U novije vrijeme šumska biomasa kao proizvod ima sve veće značenje u pridobivanju drva. Ona je prema članku 3. Zakona o energiji (NN 68/01, 177/04, 76/07, 152/08, 127/10) definirana kao obnovljiv izvor energije. Stoga povećanjem njezine iskorištenosti povećava se udio obnovljivih izvora energije u ukupnoj energetske bilanci prema smjernicama Europske unije (Direktiva 2001/77/EC). Nadalje, sustavna upotreba šumske biomase za proizvodnju toplinske i električne energije u suvremenim postrojenjima rezultira novim radnim mjestima u energetskom sektoru i u lancu proizvodnje i dobave drvnoga iverja, što je posebno značajno za ruralna područja u kojima se obavlja glavna radova (Zečić i dr. 2011). Bura (1987) navodi 1978. godinu kao prijelomnu godinu u upotrebi šumske biomase za energiju. Te godine na međunarodnoj razini počinju istraživanja u tri glavna smjera: uzgajanje brzorastućih vrsta drveća namijenjenih isključivo energetici, tehnologija sječe, priprema i usitnjavanje drveta i konverzija biomase u tekuće gorivo. U Hrvatskoj se proizvodnja drvnoga iverja u sustavu pridobivanja

drva prvi put istražuje 1983. godine u sječinama SŠGO »Slavonska šuma« (Slabak 1987). Tokom ratnih godina prestaje proizvodnja šumske biomase za energiju. Osniavanjem tvrtke »Šumska biomasa« d.o.o. 2007. godine počinje polako, ali sigurno ponovni razvoj domaće proizvodnje šumske biomase za energiju, a sve radi poticanja razvoja domaćega tržišta za šumsku biomasu (Bosner i dr. 2008). Razvojem domaće proizvodnje, ali i potražnjom za šumskom biomasom iz inozemstva, te nedostatkom odgovarajućega načina određivanja količine proizvedenoga drvnoga iverja javlja se potreba za razvojem mjernoga sustava pomoću kojega bi se na jednostavan i praktičan način mogla odrediti količina šumske biomase koja se najprije izvozi na pomoćno stovarište, a zatim se usitnjeno drvo, iverje, otprema kupcu. Potreba za dvostrukim mjerenjem javlja se u sustavu proizvodnje prikazanim na slici 1. Danas se za pridobivanje energijskoga drva u nizinskim šumama koriste dva sustava proizvodnje. U prvom sustavu primjenom sortimentne metode iz srušenih se stabala izrađuju tehnički sortimenti i višemetarsko ogrjevno drvo, jednometarsko ogrjevno drvo u samoizradi, a ostatak tanji od 7 cm



Slika 1. Sustav proizvodnje šumske biomase za energiju

Fig 1. Forest biomass production system

služi za proizvodnju energijskoga drva. U drugom se sustavu, također primjenom sortimentne metode, iz srušenih stabala izrađuju trupci, dok se višemetarsko ogrjevno drvo i krošnje, koje se trupe s nekoliko rezo-va radi pojednostavljenja utovara dizalicom i poboljšanja iskoristivosti tovarnoga prostora forvar-

dera, koriste za proizvodnju energijskoga drva. Prilikom primarnoga transporta drva forvarderima (slika 1A) sortimenti u tovarnom prostoru, zbog svoje zakrivljenosti i dimenzija, značajno odstupaju od pravilnoga oblika prizme na kojem su zasnovani prethodno spomenuti teorijski modeli. Takva je pojava osobito izražena prilikom izvoženja krošnji, koje zbog svojih nepravilnih oblika, male mase i često prevelikih duljina još više otežavaju određivanje točke težišta. Nakon izvoženja krošanja iz sastojine neusitnjeno se drvo ostavlja na pomoćnom stovarištu radi prirodnoga prosušivanja (slika 1B). Kako se prosušivanjem smanjuje vlaga u drvu, smanjuje se i masa drva. Zbog toga je potrebno nakon iveranja (slika 1C) ponovno izmjeriti masu drvnoga iverja kako bi se mogla utvrditi proizvedena količina.

Osim za potrebe određivanja proizvedene količine šumske biomase mjerenje je potrebno još iz triju razloga:

- ⇒ uspostavljanje sustava normiranja izvoženja šumske biomase za energiju forvarderima radi utvrđivanja proizvodnosti, odnosno troškova ove sastavnice proizvodnje
- ⇒ prikupljanje podataka o količini šumske biomase za energiju, potrebne za izradu planova proizvodnje (Bosner i dr. 2008)
- ⇒ kako bi se na temelju proizvedenih količina šumske biomase za energiju mogli razdužiti planovi proizvodnje.

2. Problematika i cilj istraživanja – *Scope and objectives*

Za određivanje osovinskoga opterećenja razvijeno je nekoliko teorijskih pristupa. Tako Saarilahti (2002) za potrebe izračuna faktora kretnosti vozila predstavlja jednostavan model za procjenu osovinskoga opterećenja forvardera u mirovanju na osnovi dimenzija vozila, težine prednjega i stražnjega dijela te udaljenosti težišta od prednje odnosno od stražnje osovine. Poršinsky i Horvat (2005) prilikom upotrebe indeksa kotača za procjenu okolišne pogodnosti vozila za privlačenje drva također uspostavljaju teorijski model raspodjele osovinskoga opterećenja, također za slučaj vozila u mirovanju, na ravnoj podlozi, pri čemu pretpostavljaju da je teret pravilna prizma određene mase i utovarne duljine bez šupljina između natovarenoga drva. Oba ta navedena pristupa zasnivaju se na izmjeri osovinskoga opterećenja nenatovarenih forvardera, ali i na poznavanju podataka o udaljenosti točke težišta od prednje i stražnje osovine praznoga vozila, što je teško mjerljiv parametar (Bosner i dr. 2008). Poršinsky (2005)



Slika 2. Sustav prijenosnih vaga WLS 101/R2K

Fig 2. WLS 101/R2K portable scale system

smatra da je teorijska nosivost forvardera određena njegovim tehničkim karakteristikama samoga vozila, dok praktičnu nosivost određuju terenski čimbenici (stanje podloge, nagib terena, površinske prepreke), koji najčešće smanjuju teorijsku nosivost forvardera.

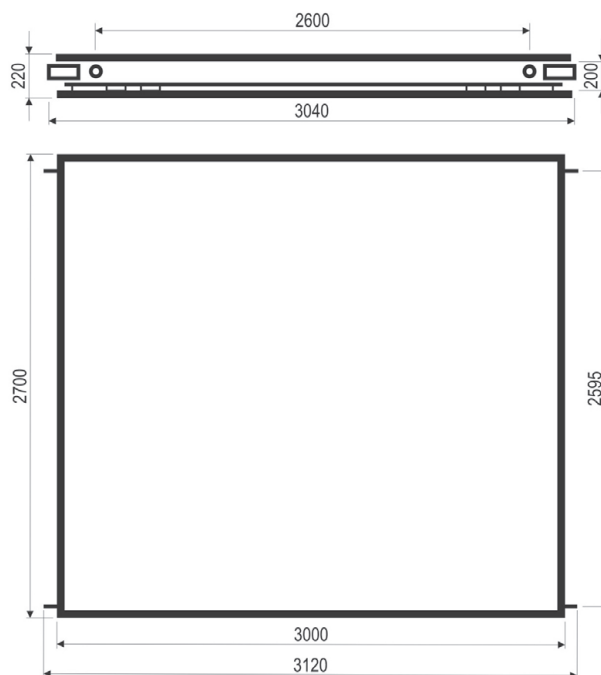
Bosner i dr. (2008) opisuju razvoj i umjeravanje jedne vrste prijenosnoga sustava za mjerenje osovinskoga opterećenja (slika 2). Mjerenje su proveli na trima serijama mjerenja, gdje su istraživali utjecaj podloge na izmjeru osovinskoga opterećenja, zatim utjecaj pet različitih vrsta tovara na točnost mjerenja te utjecaj horizontalnosti osovina forvardera na izmjeru osovinskoga opterećenja. U zadnjoj seriji mjerena je jedna vrsta tovara, ali su vage bile postavljene u metalni okvir radi lakšega i točnijega postavljanja kotača vozila na mjernu površinu vaga. Nakon provedenoga istraživanja autori su zaključili da neravna podloga utječe na preciznost mjerenja. Najmanja odstupanja mjerenja mase, s obzirom na kontrolno mjerenje kolnom vagom, postiže se kad se vage postave u metalni okvir, prilikom čega je zabilježeno najveće odstupanje od 2,46 %, što autori smatraju prihvatljivim za operativnu upotrebu, s napomenom da je potrebno voditi računa o pravilnom postupku mjerenja i točnom postavljanju kotača vozila na mjernu površinu vaga, što značajno utječe na preciznost mjerenja.

Cilj je ovoga istraživanja umjeravanje novoga prijenosnoga mjernoga sustava kojim će se mjeriti osovinsko opterećenje forvardera prilikom izvoženja drvnih sortimenata i neusitnjenoga drva za energiju te osovinsko opterećenje kamiona za prijevoz višemetarskoga ogrjevnoga drva i prijevoz drvnoga iverja.

3. Objekt, mjesto i metode istraživanja – Object, place and methods of research

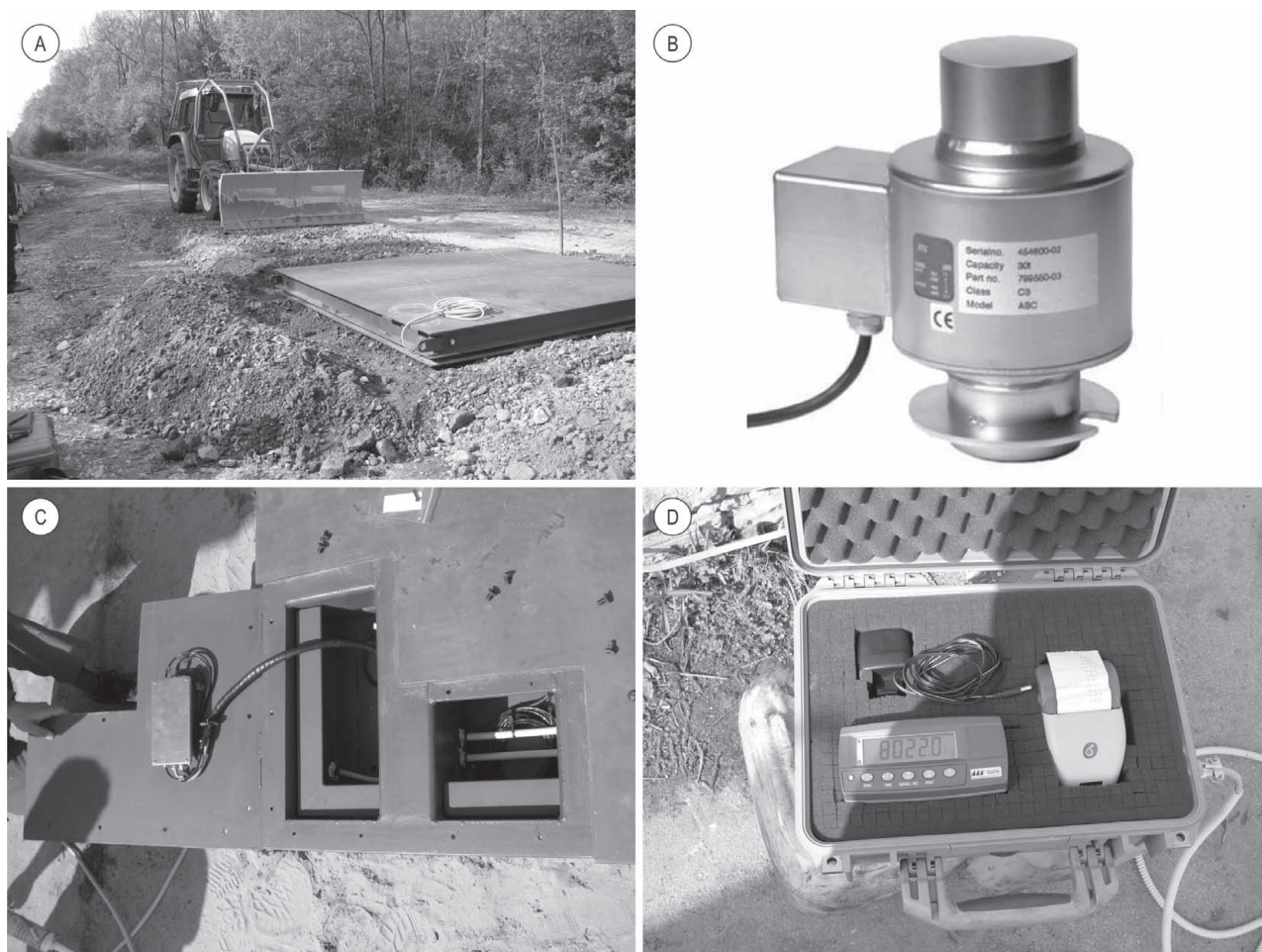
Prijenosna mjerna platforma (slika 4A) sastavljena je u radionici RJ »Šumatrans«, UŠP Vinkovci. Osnovna je namjena ove mjerne platforme mjerenje osovinskoga opterećenja tijekom izvoženja šumske biomase forvarderom kako bi se utvrdila količina proizvedene šumske biomase za energiju. Dimenzije su mjerne platforme 3000 × 2700 mm (slika 3). Navedene dimenzije pojednostavljaju mjerenje jer omogućuju postavljanje bogi osovine forvardera, odnosno prilikom mjerenja osovinskoga opterećenja kamionskih skupova omogućuju postavljanje svih kotača udvojenih osovina i kotača kamiona ili poluprikolice.

Platforma je sastavljena od dviju čeličnih ploča unutar koje su postavljena četiri senzora odnosno mjerna pretvornika modela ASC (slika 4B), proizvođača Vishay, koji mjere masu na elektro-mehaničkom principu. Mjerni pretvornici ovoga modela napravljeni su od nehrđajućega čelika, a zavarena konstrukcija omogućuje uporabu i u nepovoljnim uvjetima kakvi vladaju u šumi. Pri mjerenju su korišteni mjerni pretvornici maksimalnoga pojedinačnoga opterećenja od 30 tona. Svi su mjerni pretvornici paralelno spojeni na sabirnicu (slika 4C) istoga proizvođača. Sabirna je kutija povezana s prijenosnim terenskim računalom



Slika 3. Dimenzije prijenosne mjerne platforme (mm)

Fig 3. Dimensions of portable measuring platform (mm)



Slika 4. Prijenosna mjerna platforma i njezini sastavni dijelovi

Fig 4. Portable measuring platform and its components

Tablica 1. Test opterećenja na cijeloj površini platforme

Table 1 Platform loading test

Teret Load	Pokazi vage Scale display	Greška Error	
kg		kg	%
1000	1004	4	0,40
2000	2000	0	0,00
3000	2998	-2	-0,07
4000	4000	0	0,00
5000	4998	-2	-0,04
6000	5998	-2	-0,03
7000	6998	-2	-0,03
8000	8000	0	0,00
9000	9002	2	0,02
10 000	10 002	2	0,02

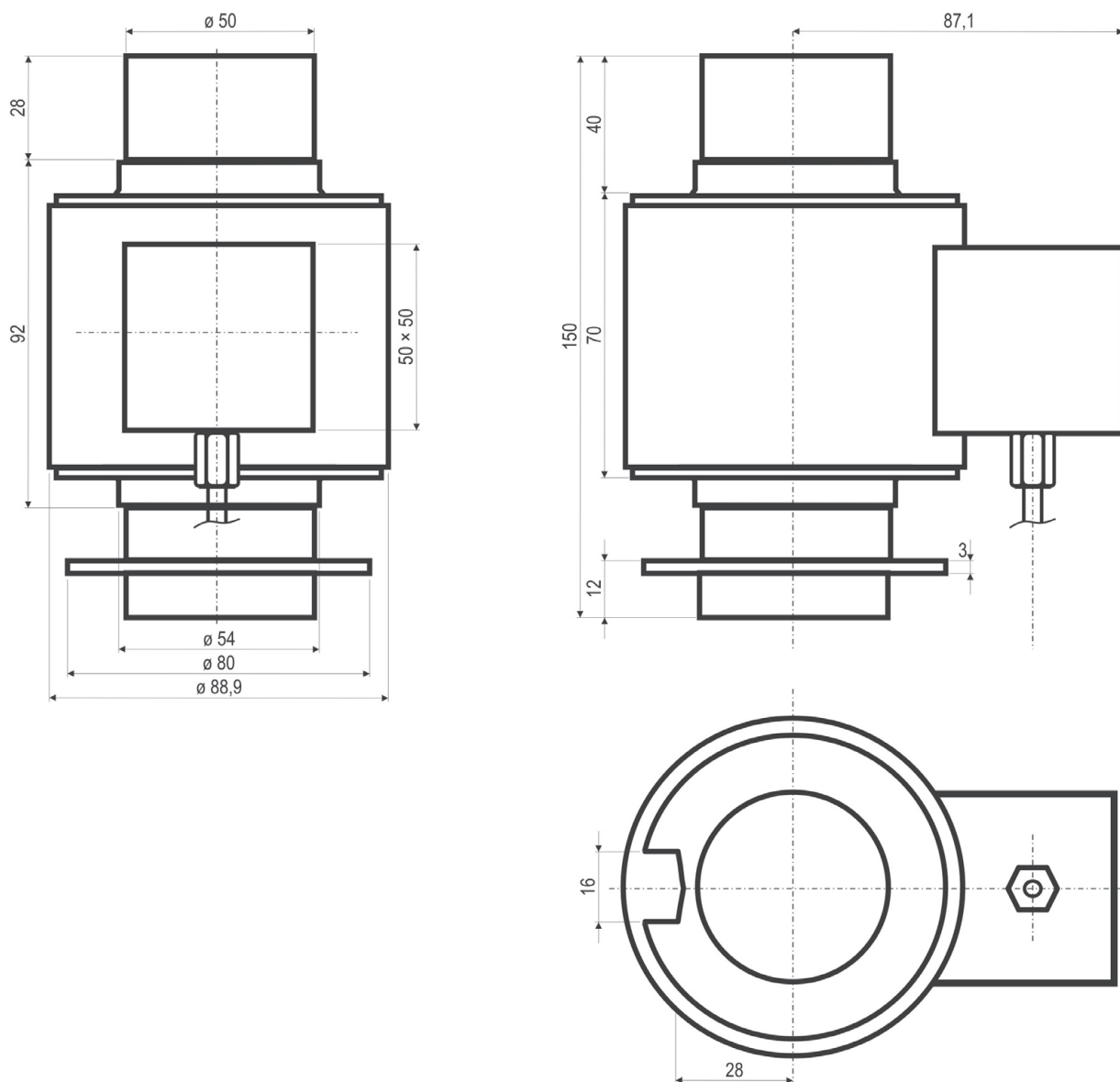
(slika 4D). Takva mjerna platforma ima mogućnost mjerenja mase s preciznošću od 2, 10, 20 kg.

Dimenzije mjernoga pretvornika prikazane su na slici 5. Najveći vodoravni pomak, kod kojega će mjerni pretvornik još uvijek pouzdano mjeriti, iznosi $D = 18,5$ mm, odnosno pouzdano će raditi do promjene kuta od $\alpha = 7^\circ$ (slika 6).

Izvedba mjerne platforme s uporabom mjernih pretvornika s mogućnošću otklona potrebna je zbog nailaska opterećenih kotača kamionskih skupova zbog čega dolazi do njihova naprezanja zbog pomaka gornje ploče platforme u vodoravnom smjeru.

4. Rezultati – Results

Nakon sastavljanja mjerne platforme u radionici RJ »Šumatrans« vaga je umjeravana na temelju više testova (slika 7). Pri umjeravanju su korišteni atestirani utezi pojedinačne mase od 500 kg.

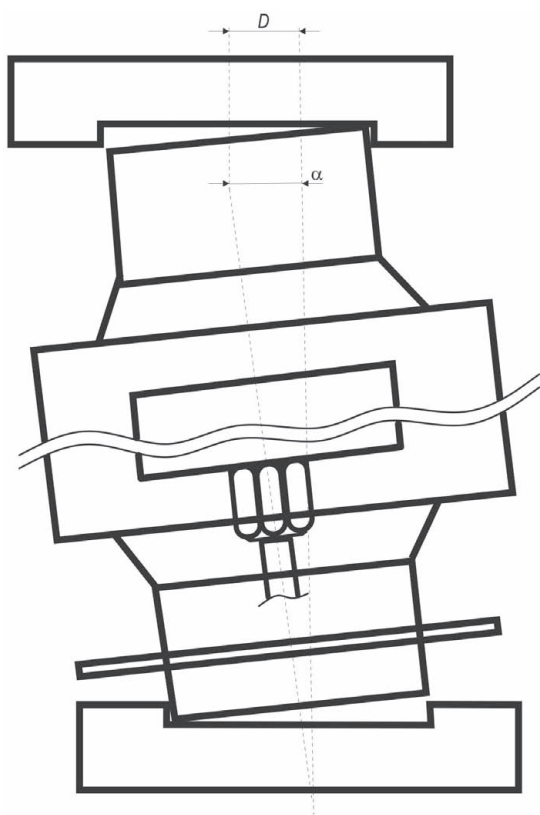
**Slika 5.** Dimenzije mjernoga pretvornika**Fig 5.** Dimensions of a load cell**Tablica 2.** Test opterećenja na kutovima mjerne platforme**Table 2** Test of corner loading

Teret Load	Pokazi vage Scale display	Greška Error	
kg		kg	%
8000	8008	8	0,10
	8022	22	0,28
	8016	16	0,20
	8008	8	0,10

U tablici 1 prikazani su rezultati umjeravanja mjerne platforme pri postupnom povećanju opterećenja do 10 tona. Uočene razlike s obzirom na izmjerene vrijednosti mjernom platformom zanemarive su jer se kreću u rasponu od –2 kg do 4 kg.

Također je ispitana preciznost mjerenja na kutovima mjerne platforme s opterećenjem od 8 tona (tablica 2). Izmjerene su veće vrijednosti (od 8 kg do 22 kg) koje pokazuju grešku mjerenja od 0,1 % do 0,275 %.

Pri rasterećenju mjerne platforme, prikazanom u tablici 3, zabilježene su veće vrijednosti greške mjerenja te



Slika 6. Prikaz najvećega otklona mjernoga pretvornika $D = 18,5 \text{ mm}$, $\alpha = 7^\circ$

Fig 6. Maximum side deflection of load cell $D = 18.5 \text{ mm}$, $\alpha = 7^\circ$

je naposljetku nakon potpunoga rasterećenja zaostala mjerna vrijednost od 20 kg.

Nakon potpunoga rasterećenja mjerne platforme uočeno je zaostajanje mjerne vrijednosti od 20 kg. Također je isto zaostajanje uočeno pri testu završnoga umjeravanja mjerne platforme (tablica 4), u prvom

Tablica 3. Test rasterećenja mjerne platforme

Table 3 Test of platform unloading

Teret Load	Pokazi vage Scale display	Greška Error	
kg		kg	%
7000	7016	16	0,23
6000	6018	18	0,30
5000	5018	18	0,36
3000	3020	20	0,67
2000	2020	20	1,00
1000	1018	18	1,80
0	20	20	–



Slika 7. Umjeravanje mjerne platforme

Fig 7. Calibration of measuring platform

redu nakon opterećenja mjerne platforma s masom većom od 19 tona. Navedenu pojavu Hoffman (1989) naziva »elastic after-effect« te objašnjava da ovisno o materijalu u kojem se mjeri, mjerni pretvornik bilježi zaostali iznos naprezanja (djelovanja sile) u kraćem razdoblju nakon opterećenja.

Zabilježeno zaostajanje mjerne vrijednosti od 20 kg nastalo je pri masi tereta od 19 tona te se dalje prenosilo pri mjerenju s većom masom tereta. Ako želimo točne vrijednosti izmjere, potrebno je nakon svakoga opterećivanja masom većom od 19 tona rasteretiti mjernu platformu na nekoliko minuta. U suprotnom možemo računati na najveću grešku mjerenja od 0,11 %.

Na kraju umjeravanja izmjeren je progib gornje ploče mjerne platforme (tablica 5) kako bi se utvrdila ispravnost materijala i izvedba konstrukcije. Progib je platforme mjeren pomoću pomične mjerke na kutovima i na sredini stranica.

5. Zaključci – Conclusions

Izmjerene greške pri umjeravanju mjerne platforme u granicama su vrijednosti koje su prihvatljive za praktičnu uporabu mjerne platforme. Zaostajanje vrijednosti od 20 kg, koje se pojavljuje pri mjerenju mase iznad 19 tona, također ne predstavlja značajnu grešku prilikom mjerenja.

Istraživana mjerna platforma povoljna je za terenska mjerenja u šumarstvu zbog jednostavnosti, čelične konstrukcije i dimenzija koje omogućuju postavljanje bogi osovine forvardera ili udvojene osovine kamiona na mjernu površinu, što doprinosi manjem ometanju proizvodnoga ciklusa. Nadalje, zbog svoje konstruk-

Tablica 4. Završno testiranje opterećenja platforme**Table 4** Final load testing

Teret <i>Load</i>	Pokazi vage <i>Scale display</i>	Greška <i>Error</i>	
kg		kg	%
1000	1000	0	0,00
2000	2000	0	0,00
3000	3000	0	0,00
4000	4000	0	0,00
5000	5000	0	0,00
6000	6000	0	0,00
7000	7000	0	0,00
8000	8000	0	0,00
9000	9000	0	0,00
10 000	10 000	0	0,00
11 000	11 000	0	0,00
12 000	12 000	0	0,00
13 000	13 000	0	0,00
14 000	14 000	0	0,00
15 000	15 000	0	0,00
16 000	16 000	0	0,00
17 000	17 000	0	0,00
18 000	18 000	0	0,00
19 000	19 020	20	0,11
20 000	20 020	20	0,10
21 000	21 020	20	0,10
22 000	22 020	20	0,09
23 000	23 020	20	0,09
24 000	24 020	20	0,08
25 000	25 020	20	0,08
26 000	26 020	20	0,08
27 000	27 020	20	0,07
28 000	28 020	20	0,07
29 000	29 020	20	0,07
30 000	30 020	20	0,07

cije i načina spajanja mjernih pretvornika sa sabirnicom položaj kotača nema utjecaja na odstupanja prilikom mjerenja osovinskoga opterećenja.

Loša je strana ovakve konstrukcije mjerne platforme što se za njezinu uporabu radilište mora dodatno pripremiti tako da se izgradi prilazna i silazna rampa ili da se mjerna platforma ukopa u posteljicu ceste kako bi se forvarder ili kamion kojemu se mjeri osovins-

Tablica 5. Mjerenje progiba platforme**Table 5** Measurement of platform deflection

Mjesto mjerenja <i>Measuring place</i>	Platforma pod opterećenjem, mm <i>Loaded platform, mm</i>	Prazna platforma, mm <i>Unloaded platform, mm</i>	Progib, mm <i>Deflection, mm</i>
kut B angle B	34,0	35	1
stranica A–B side A-B	28,5	29	0,5
kut A angle A	33	34	1
stranica D–A side D-A	37	42	5
kut D angle D	33	37	4
stranica C–D side C-D	27	31	4
kut C angle C	31	36	5
stranica B–C side B-C	37	42	5

sko opterećenje postavili u horizontalu, a sve s ciljem da se zbog nagiba izbjegne prebacivanje mase s jedne osovine na drugu.

6. Literatura – References

Anon. 2001: Directive 2001/77/EC of European parliament and the Council of 27 September 2001 on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market. Official Journal of the European Communities, 283 str.

Bosner, A, S. Nikolić, Z. Pandur, D. Benić, 2008: Razvoj i umjeravanje prijenosnog sustava za mjerenja osovinskih opterećenja vozila – mjerenja na forvarderu. Nova meh. šumar., 29: 1–15.

Bura, D., 1987: Problemi energetike u SFR Jugoslaviji i korišćenje biomase. U: D. Bura, Korišćenje šumske biomase za energetiku – Mogućnosti proizvodnje i korišćenja u SFR Jugoslaviji. Jugoslavenski poljoprivredno-šumarski centar, Beograd, str. 5–46.

Hoffmann, K., 1989: An introduction to measurement using strain gages. Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH, Germany, 1–291.

Poršinsky, T., 2005: Djelotvornost i ekološka pogodnost forvarde ra Timberjack 1710 pri izvoženju oblovine iz nizinskih šuma Hrvatske. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–170.

Poršinsky, T., D. Horvat, 2005: Indeks kotača kao parametar procjene okolišne prihvatljivosti vozila za privlačenje drva. Nova meh. šumar., 26: 25–38.

Saarilahti, M., 2002: Soil interaction model. Project deliverable D2 (Work package No. 1) of Development of a Protocol for Ecoefficient Wood Harvesting on Sensitive Sites (ECO-WOOD). EU 5th Framework project (Quality of Life and Management of Living Resources) Contract No. QLK5-1999-00991 (1999–2002), 87 str.

Slabak, M., 1987: Rezultati primjene iverača u nizinskoj proredi. U: D. Bura, Korišćenje šumske biomase za energetiku – Mogućnosti proizvodnje i korišćenja u SFR Jugoslaviji. Ju-

goslavenski poljoprivredno-šumarski centar, Beograd, str. 5–46.

Zečić Ž., D. Vusić, Z. Štimac, M. Cvekan, A. Šimić, 2011: Biomasa nadzemnog dijela stable obične jele, eurposkog ariša i crnog bora. Croat. j. for. Eng., 32(1): 369–377.

* Zakon o energiji, Narodne novine, br. 68/01, 177/04, 76/07, 152/08, 127/10.

www.vishay.com

Abstract

Calibration of Portable Measuring Platform for Vehicle Axle Load Measurement

This paper explores a new measuring system for measuring axle load of forest trucks and other vehicles – portable measuring platform. The development of this system was induced by the increasing demand for wood biomass for energy, and by the need to find the most precise and simple method for the assessment of produced quantities of fresh unchipped energy wood, dried out unchipped wood and finally chipped energy wood. Furthermore, this system is highly necessary for calculating productivity norms for primary wood transport and for creating productivity plans. The measuring platform consists of four loading cells, placed in the corners of the platform. Each loading cell can measure up to 30 tons. The portable measuring platform is calibrated with the use of 500 kg certified weights. During calibration, errors were observed ranging from –2 kg to 20 kg. All observed errors are within acceptable limits for practical use of the measuring platform. Due to its robust construction, the measuring platform is suitable for field measurement of axle loads in forestry operations.

Keywords: portable measuring platform, forwarder, axle load

Adresa autorâ – Authors' addresses:

Marko Zorić, mag. ing. silv.
e-pošta: mzoric@sumfak.hr
Prof. dr. sc. Dubravko Horvat
e-pošta: dhorvat@sumfak.hr
Zdravko Pandur, dipl. inž. šum
e-pošta: zpandur@sumfak.hr
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije,
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Svetošimunska 25
HR – 10 000 Zagreb

Stjepan Nikolić, dipl. inž. šum
e-pošta: stjepan.nikolic@hrsume.hr
»Hrvatske šume« d.o.o Zagreb
Uprava šuma Podružnica Vinkovci
Trg bana Josipa Šokčevića 20
HR – 32 100 Vinkovci

Primljeno (Received): 22. 6. 2012.

Prihvaćeno (Accepted): 29. 11. 2012.