



METODE I POSTUPCI ISPITIVANJA ROPS STRUKTURA MERODAVNIH ZA SERTIFIKACIJU MAŠINA GRAĐEVINSKE I TRANSPORTNE MEHANIZACIJE*)

dr Milomir Gašić¹⁾, dr Mile Savković²⁾, mr Goran Marković³⁾, Nebojša Zdravković⁴⁾,
Goran Pavlović⁵⁾

Rezime: U radu je dat pristup ispitivanju modula mašina i uređaja građevinske i transportne mehanizacije merodavnih za sertifikacije, a sa stanovišta bezbednosti. Pažnja je usmerena na radni prostor rukovaoca (kabine) građevinske i transportne mehanizacije, posebnim osvrtom na pojavu prevrtanja ovih mašina. Takođe, prikazani su standardi i metodologija ispitivanja kabine (ROPS-a) kombinovanog vibracionog ježa KVJ-13.

Ključne reči: ROPS, kabina, sertifikacija, kombinovani vibracioni jež

Abstract: This paper presents an approach to testing modules of machines and devices of earth-moving and transportation mechanization relevant for certification from the aspect of safety. The attention is directed to the working space of the operator (cab) of earth-moving and transportation mechanization with special emphasis on the occurrence of rolling over of these machines. It also presents the standards and methodology of testing of the cab of the combined vibration roller KVJ-13.

Key words: ROPS, cab, certification, combined vibration roller

1. UVOD

Razvoj tehnologija u cilju zaštite ljudi i okoline baziraju na principima obezbeđenja uslova za siguran i pouzdan radni prostor rukovaoca mašina građevinske i transportne mehanizacije. Visok nivo zaštite treba da se postigne bez nekih značajnijih ograničenja u korišćenju mašina ili u industrijskoj proizvodnji. Primenom međunarodno usaglašenih propisa ljudi i okolina treba da budu zaštićeni na istom nivou u svim zemljama, i da se, eventualne, razlike u sigurnosnim zahtevima, ako je moguće, eliminišu.

Važno je da se zakonska regulativa i pravila za obezbeđenje sigurnosti primenjuju od strane proizvođača mašina i uređaja.

Dosadašnja praćenja rizika, analize i statistički podaci ukazuju na različit nivo rizika pri radu sa pojedinim vrstama mašina. Odredene vrste mašina pokazuju veću mogućnost povreda pri radu. U cilju preduzimanja preventivnih mera, veoma je bitno imati potpune informacije o mašinama i uslovima rada.

S obzirom da građevinske mašine rade na neravnim terenima (polja sa kanalima za

navodnavanje i sl.), pojave prevrtanja sa nesrećnim slučajevima su bile veoma česte.

Iz tih razloga, kod ovih mašina uveden je ROPS – zaštita pri prevrtanju, obuhvaćen standardima koji definišu konstrukciju za zaštitu prilikom prevrtanja mašine.

U Direktivi za mašine 98/37/EC Evropske Unije, u Aneksu I čiji je naziv „Glavni zdravstveni i bezbednosni zahtevi koji se odnose na konstrukciju i dizajn mašina i bezbednosnih komponenti“ u oblasti 3 - „Glavni zdravstveni i bezbednosni zahtevi za otklanjanje opasnosti izazvane kretanjem mašine“ nalazi se i problem prevrtanja mašina koji je naročito važan.

Postoje tri glavna cilja zaštite rukovaoca mašine u slučaju prevrtanja iste [2]:

- održavanje neophodnog prostora kabine, bez uzrokovanja prekomernog ubrzanja vozila;
- sprečiti da rukovaoc ostane bez neophodnog prostora i ograničiti priliku da dođe do kontakta sa strukturom vozila;
- konstruisati elemente unutar kabine i strukturu takve, da ukoliko postoji mogućnost da dođe do kontakta, povreda rukovaoca bude minimalna.

1) dr Milomir Gašić, Mašinski fakultet Kraljevo, mail: gasic.m@maskv.edu.yu

2) dr Mile Savković, Mašinski fakultet Kraljevo, mail: savkovic.m@maskv.edu.yu

3) mr Goran Marković, Mašinski fakultet Kraljevo, mail: markovic.g@maskv.edu.yu

4) Nebojša Zdravković, Mašinski fakultet Kraljevo, mail: zdravkovic.n@maskv.edu.yu

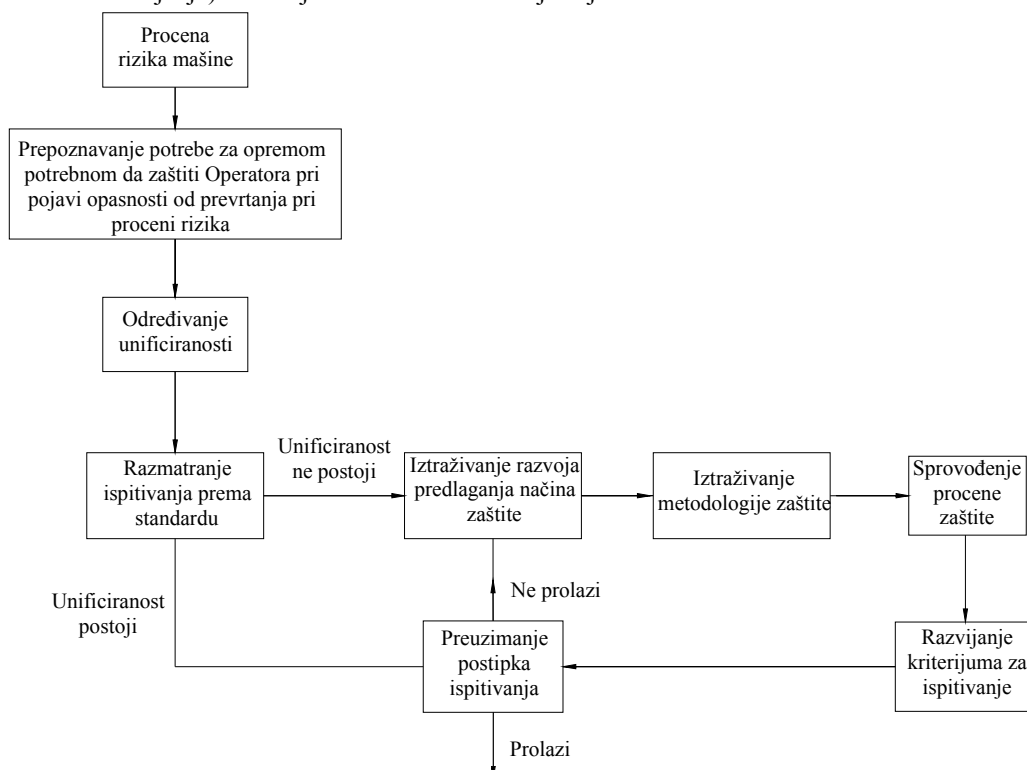
5) Goran Pavlović, Kneginje Milice 26/27, 37240 Trstenik, mail: gorantheapavlovic@yahoo.com

*) Ovaj rad je nastao kao rezultat istraživanja na projektu TR-7068A

koga finansira Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine Republike Srbije.

Slika 1 opisuje proces osiguravanja mašine, tako da ona ima adekvatan ROPS. Proces je jasan (mada svako polje može se nagovestiti kao bitno u odnosu na nastojanje) ako je mašina tačno

definisanog tipa i regularno vezana sa ROPS standardom. Kada ovo nije slučaj, unificiranost ne postoji, proces teče drugim tokom, i postaje manje jasniji.



Slika 1 Proces potvrđivanja ROPS-a

Ne donošenje ispravne odluke pri određivanju unificiranosti može izazvati mnogo nepoželjnih situacija:

- bezbednosni sistem je preračunat i zbog toga je nepotrebno skup;
- proizvođači mogu imati problema prilikom redukovanja zaštitnih performansi i ako bezbednost nije ugrožena;
- čak i kada je potrebna bezbednost sistema postignuta i proverena, ne mora da znači da je i prihvatljiva zbog predrasuda (budući da je ROPS jedino sredstvo zaštite)

2. MEĐUNARODNI STANDARDI VEZANI ZA ZAŠTITU OD PREVRTANJA (ROPS)

Regulativa o Bezbednosti mašina (1992. god.) specificira da Zaštita pri prevrtanju – ROPS (Roll-over protective structures) mora biti testirana saglasno standardu *ISO 3471:1994 uključujući dopunu 1:1997*.

Ovaj standard se odnosi na dozere (guseničare i točkaše), grejdere, utovarivače (guseničare i točkaše), valjke, utovarivače, skrepere i zglobne dampere, dampere sa obrtnom i krutom šasijom.

- Standard obezbeđuje vrednovanje karakteristika nosivosti ROPS-a pod dejstvom statičkog opterećenja (pomeranje od opterećenja zahtevane tačke nesme biti veći od 5 mm po sekundi) i propisuje dostignute kriterijume za reprezentativan uzorak. Ispitivanja na ROPS-u koja ispunjavaju funkciju, iskorišćena su u dobijanju posebnih zahteva. Takođe je razmatrana kompaktnost između ROPS-a i mašinske strukture za koju je zakačen.

Energija apsorbovanja i granično pomeranje određeni su tako da se obezbedi da kada dođe do prevrtanja vozila i ROPS-a koji je u vezi sa površinom koja se ne deformiše, ROPS će se deformisati i apsorbovati rad. ROPS mora takođe sadržati dovoljnu otpornost tako da naredni udar ne izazove prekomerno pomeranje koje obezbeđuje prostor za opstanak rukovaoca.

ROPS je prihvatljiv u sledećim uslovima:

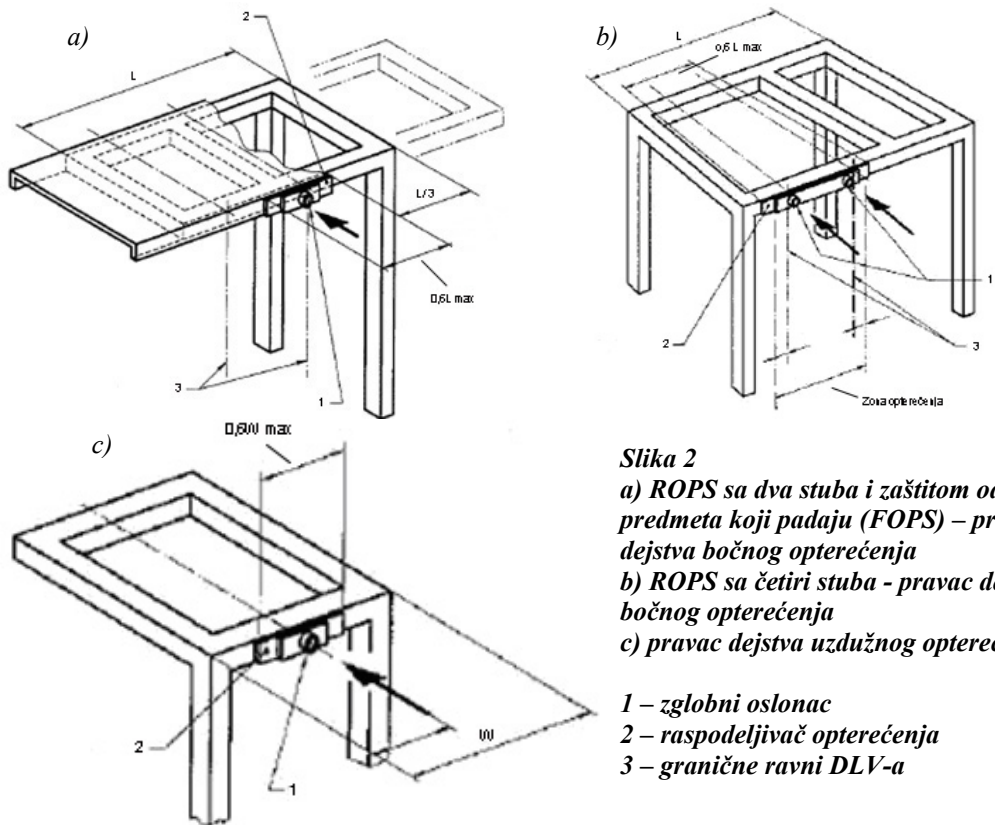
- kada su dostignuti zahtevi za specifičnu bočnu silu, bočni rad i kapacitet nosivosti opterećenja u vertikalnom pravcu i uzdužnu silu; vrednosti sila i rada su različiti u zavisnosti koji će tip vozila biti procenjen;

primer ovih vrednosti prikazan je u tabeli 1 za utovarivače guseničare i dozere;

- kada zahtevi za silu i rad pod dejstvom bočnog opterećenja ne moraju biti postignuti istovremeno; ako je zahtev za silu postignut pre zahteva za rad, silu možemo smanjiti, ali biće dostignut zahtevani nivo ponovo kada su zahtevi za bočni rad dostignuti ili premašeni;
- ni jedan deo ROPS strukture ne sme povrediti zaštitnu zonu rukovaoca (DLV-Deflection limiting volume) za vreme dejstva

Masa mašine M (kg)	Bočno opterećenje F (N)	Energija bočno g opterećenje A (N)	Vertikalno opterećenje F (N)	Uzdužno opterećenje F (N)
$700 < M = 4630$	$6M$	$13000(M/10000)^{1,25}$	$19,61M$	$4,8M$
$46300 < M = 59500$	$70000(M/10000)^{1,2}$	$13000(M/10000)^{1,25}$	$19,61M$	$56000(M/10000)^{1,2}$
$M > 59500$	$10M$	$2,03M$	$19,61M$	$8M$

Tabela 1 Izračunavanje potrebnih sila i apsorbovane energije za ROPS test



Slika 2

- a) ROPS sa dva stuba i zaštitom od predmeta koji padaju (FOPS) – pravac dejstva bočnog opterećenja
- b) ROPS sa četiri stuba - pravac dejstva bočnog opterećenja
- c) pravac dejstva uzdužnog opterećenja

- 1 – zglobni oslonac
- 2 – raspodeljivač opterećenja
- 3 – granične ravni DLV-a

3. POSTUPCI I PRIMENA ROPS ISPITIVANJA RAMA SIGURNOSNE KABINE NA MAŠINI KVJ-13

Saglasno standardu ISO 3471, pre početka ispitivanja neophodno je izvršiti odgovarajuće pripreme koje podrazumevaju:

- **Utvrđivanje mase mašine** – određivanje najveće mase neopterećene mašine spremne za rad, sa punim rezervoarom goriva, bez

opterećenja. DLV je definisana standardom (ISO 3164 (2000)) i prikazana na slici 2.

- ROPS se ne sme odvojiti od osnove mašine usled otkaza ili prilikom montaže.

Primeri izračunavanja sila i energija koje se moraju obezbediti kod dozera guseničara i utovarivača dati su sledećom tabelom (tabela 1), a na slikama su prikazani pravci delovanja bočne i uzdužne sile kod statičkog ROPS itesta (slika 2).

rukovaoca; tačnost merenja mora biti u granicama od $\pm 5\%$.

- **Provera žilavosti** – vijci i navrtke za vezu moraju biti određene klase kvaliteta; noseći štapovi ROPS-a i vezni elementi moraju zadovoljiti određenu žilavost po Šarpiju za propisanu temperaturu.
- **Utvrđivanje položaja referentne tačke** – određivanje referentne tačke sedišta iz uslova kada je ono vraćeno u zadnji krajnji položaj

(ograničen graničnikom) i opterećeno rukovaocem reperne težine.

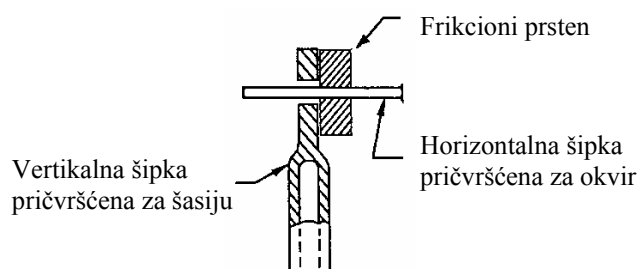
- **Priprema modela zaštitne zone** – izrada modela zaštitne zone sa vidno naznačenom referentnom tačkom.

Nakon ovih priprema, sledi priprema mašine sa sigurnosnom kabinom za ispitivanje:

- **Kompletiranje mašine za ispitivanje sa sigurnosnom kabinom** – koristi se cela mašina (na točkovima ili gusenicama) ili samo šasija na kojoj je pričvršćena kabina na isti način kao kod mašine u radnim uslovima; kod zglobnih mašina, može da se koristi samo onaj deo šasije na kome se nalazi kabina, a ako se koristi cela mašina, zglob mora da bude blokirani.
- **Fiksiranje mašine** – vrši se zavisno da li je u pitanju mašina na točkovima ili gusenicama.
- **Elementi za fiksiranje** – svojim dimenzijama ne smeju izazvati pomeranje šasije.
- **Elementi za opterećivanje konstrukcije** – primenjuju se elementi za raspodelu opterećenja koji služe i kao veza sa hidro

cilindrima i kao generatori opterećenja (za bočno opterećenje); za vertikalno opterećenje može se primeniti element od I profila sa priključcima za hidrocilindre, koji su izvedeni tako da se ne sprečava okretanje kabine oko horizontalne ose.

Prvo ispitivanje koje se radi je ispitivanje bočnim (statičkim) opterećenjem gornjeg bočnog štapa sigurnosnog rama preko hidro cilindara i elemenata za raspodelu opterećenja, pri čemu je potrebno obezbediti zaustavljanje kretanja cilindara na svakih 20 mm hoda klipnjače i u tim položajima registrovati sile (preko pritisaka). Tačnost merenja ovih parametara treba da se kreće u granicama od $\pm 5\%$ od maksimalne vrednosti deformacije, odnosno sile. Vrednost sile u zavisnosti od hoda se unosi na dijagram, u kome površina ispod dobijene krive predstavlja apsorbovanu energiju. Na slici 3 prikazan je metod merenja trenutnog ugiba.



Slika 3 Metod za merenje trenutnog ugiba

Računanje apsorbovane energije treba vršiti odmah u toku samog ispitivanja za svaku mernu tačku, da bi svakog trenutka imali uvid u istu. Opterećenje se produžava sve dok se ne dostigne odgovarajuća sila, kao i propisana energija, pri čemu oba uslova moraju biti postignuta i ne sme doći do prodiranja bilo kog konstruktivnog elementa u DLV, jer u tom slučaju sigurnosni ram ne zadovoljava. Po završetku ispitivanja proveriti da nije došlo do povrede prostora DLV.

Statičko ispitivanje rama kabine se nastavlja vertikalnim opterećenjem, pri čemu isti ostaje u prethodno deformisanom stanju, bez naknadnih popravki. Takođe, DLV ne sme biti povređena.

Statički i dinamički ROPS test imaju svoje postupke sprovođenja shodno standardu, pri čemu će se analizirati statički test, kroz konkretan primer na kominovanom vibracionom ježu KVJ-13, proizvodnje IMK 14. oktobar, Kruševac. .

Zadatak ispitivanja je bio provera sigurnosnog rama protiv prevrtanja (ROPS) za KVJ-13 mase 14540 kg sa ciljem ocene kvaliteta rama., a da bi se

zadovoljio standard ISO 3471, po kojem je ispitivanje i vršeno.

Da bi ram zadovoljio, potrebno je da pruži određeni otpor u bočnom horizontalnom, vertikalnom i uzdužnom horizontalnom pravcu, kao i da apsorbuje određenu količinu energije u bočnom pravcu, pri čemu mora da bude ispunjeno da se ne povredi DLV. Veza rama sigurnosne kabine i postolja probnog stola ostvarena je amortizerima.

Maksimalno bočno opterećenje (slika 4a i 4c) koje treba ram da savlada je $F=78351,5$ N, i pri tome da izvrši deformacioni rad od $A=15168,03$ J. Merenje hoda se vršilo radi izračunavanja apsorbovane energije, a postupak se sastoji u zaustavljanju kretanja na svakih 15 mm hoda i očitavanja. Zatim je usledelo izlaganje rama vertikalnom opterećenju (slika 4b) i to silom od $F=285129,4$ N pri čemu je opterećenje smatrano statičkim, jer je deformisanje rama bilo manje od 5 mm/s odnosno ram treba da izdrži maksimalno opterećenje od 5 min. ili dok se ne završi deformisanje. Nakon ovoga, pristupilo se merenju

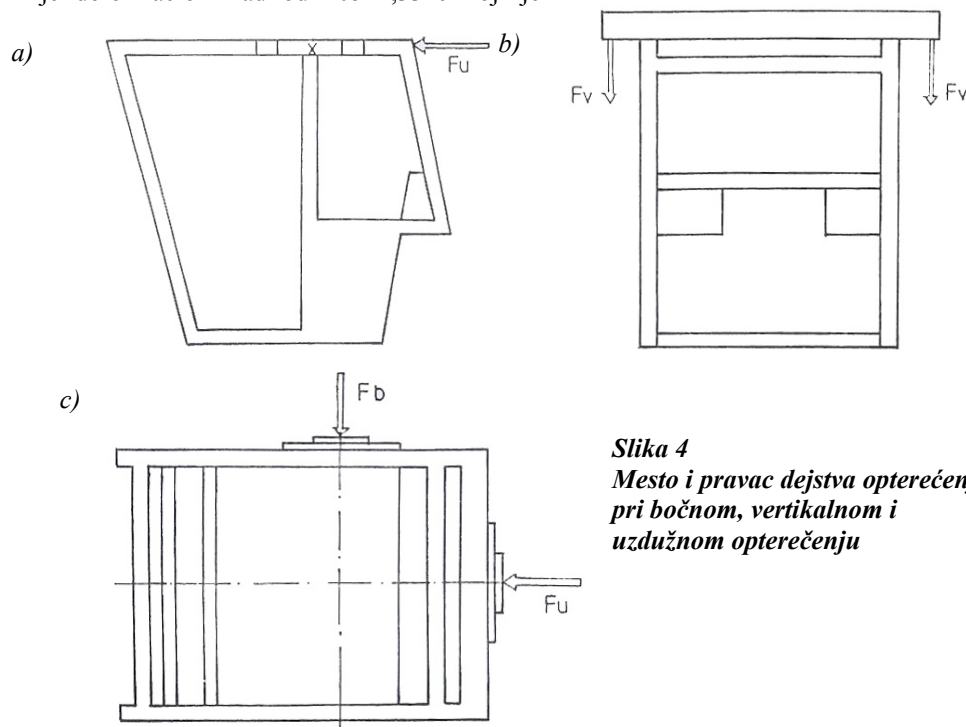
uzdužnog opterećenja (slika 4c). Sila koja se pri ovom primenjuje iznosi $F=62681,2\text{ N}$, a početni pravac dejstva ovog opterećenja treba da bude horizontalan i paralelan sa uzdužnom osom mašine. Nakon pojave deformacija, dozvoljava se promena ovog pravca, pri čemu je i ovde deformisanje rama bilo manje od 5 mm/s . Posle ovog dejstva, ram se izlaže naknadnim bočnim opterećenjem. Mesto, pravac i dejstvo opterećenja prikazano je na slici 4.

Rezultati ispitivanja dati su u tabelama 2 i 3 i na slici 5. Iz analize rezultata dolazimo do sledećeg:

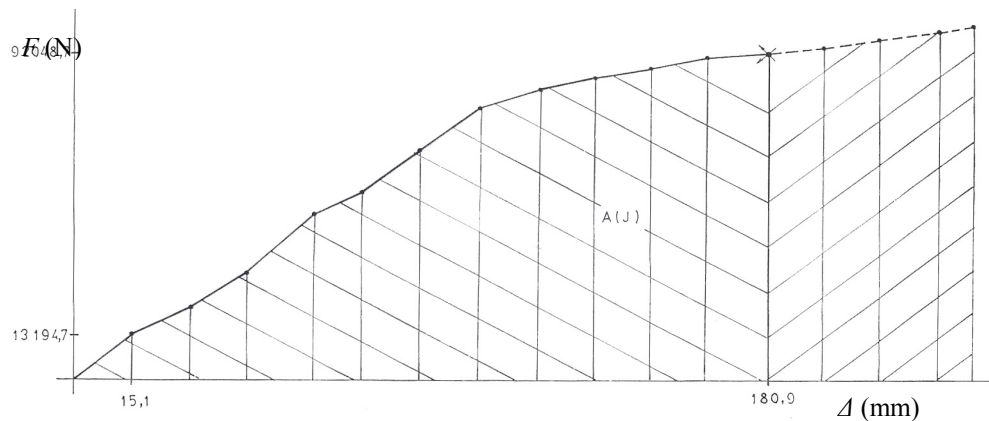
- Sila bočnog opterećenja $78351,5\text{ N}$ je dostignuta i premašena; ispitivanje je zaustavljeno pri sili od $92676,98\text{ N}$; postignut je deformacioni rad od $10541,33\text{ J}$ koji je

izvršen pri hodu od $180,9\text{ mm}$ (tabela 2 i slika 5).

- Posle rasterećivanja rama, davač hoda je pokazivao 60 mm zaostalih deformacija.
- Tokom svih ispitivanja nije došlo do povrede DLV ali je došlo do pojave lokalnih naprslina (zbog čega je ispitivanje i prekinuto).
- Naknadnim bočnim opterećivanjem, posle bočnog i uzdužnog opterećivanja, došlo se do traženog deformacionog rada i sile, čime su oba uslova postignuta (tabela 3) i nije došlo do povrede DLV, ali je došlo do delimičnog loma jednog od stubova.
- Tokom svih ispitivanja nije došlo do deformacije amortizera.



Slika 4
Mesto i pravac dejstva opterećenja pri bočnom, vertikalnom i uzdužnom opterećenju



Slika 5 Apsorbovana energija pri bočnom opterećenju

R. b.	Pomeraj (mm)	Sila (N)	Ostvareni def. rad (J)
1	15,1	13194,7	98
2	30,16	20734,5	255,5
3	45,1	30473,4	382,5
4	60,18	47338,0	587,4
5	74,8	52150,44	728
6	90,3	65030,97	908,16
7	105,5	76969,02	1079,2
8	120,7	81995,57	1208,13
9	135,5	84823,0	1234,46
10	150,4	88278,75	1299,61
11	165,1	91106,19	1318,48
12	180,9	92676,98	1451,89
13	195,9	93616,7	1397,22
14	210,7	96130,0	1449,1
15	225,5	98014,8	1436,7
16	235,4	100528,0	982,8
Ukupno ostvaren def. rad			15807,13

Tabela 2

R. b.	Pomeraj (mm)	Sila (N)	Ostvareni def. rad (J)
1	30,6	18220,7	557,5
2	60,7	35184,8	803,7
3	90,5	58746,65	1399,6
4	104,8	67228,1	900,7
5	121,7	81050,7	1252,9
6	135,0	86391,25	1113,5
7	150,2	87333,7	1320,3
8	166,9	84820,5	1437,48
9	180,8	76338,45	1120
10	195,9	76024,3	1150,3
11	210,9	75710,15	1138
12	226,2	75396,0	1156
13	240,3	75081,85	1060,9
14	255,2	74139,4	1111,7
Ukupno ostvaren def. rad			15522,6

Tabela 3

4. ZAKLJUČAK

Jedan od najvažnijih uslova da proizvod (u ovom slučaju uređaj građevinske i transportne mehanizacije) dobije CE znak, jeste da ispunjava uslove bezbednosti predviđene odgovarajućim direktivama.

Uređaji građevinske i transportne mehanizacije moraju zadovoljiti čitav niz bezbednosnih uslova, a kao najvažniji jeste bezbednost samog rukovaoca, pre svega njegova bezbednost u slučaju prevrtanja. Iz tog razloga velika pažnja se posvećuje ovom problemu, naročito metodologiji ispitivanja samih kabina (ROPS).

U našoj zemlji, neophodna je izrada metoda i postupaka ispitivanja neophodnih za sertifikaciju, a naročito razvoj potrebnih laboratorijskih kapaciteta.

Značaj primene ispitivanja bi se ogledao i u sprečavanju uvoza mašina i uređaja koji ne ispunjavaju uslove propisane postupkom sertifikacije, takođe novo proizvedene mašine i uređaji sa pratećim sertifikacionim listom bili bi prihvatljivi i konkurentni na međunarodnom tržištu.

Primenjujući ROPS metodologiju, izvršeno ispitivanje kombinovanog vibracionog ježa KVJ-13, proizvodnje IMK 14. oktobar, Kruševac, je pokazalo da su zadovoljeni propisani uslovi u pogledu zaštite kabine, odnosno rukovaoca pri eventualnom prevrtanju.

LITERATURA

- [1] Oficijelni žurnal Evropske zajednice, Direktiva.
- [2] TRL Limited, : Seatbelt performance in quarry vehicle incidents, Health and Safety Executive, 2005.
- [3] Silsoe Research Institute, : Methods for optimising the effectiveness of roll-over protective systems, Health and Safety Executive, 2002.
- [4] Gašić M., Savković M., Marković G., : Primena razvijenih metoda i postupaka ispitivanja merodavnih za sertifikaciju mašina građevinske i transportne mehanizacije, MHCL'06, Beograd 2006.