

**UNIVERZITET U NOVOM SADU  
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA**

**Dragan V. Donevski**

**ISTRAŽIVANJE PRIMENE NAORUŽANJA  
NA LAKIM TERENSKIM TOČKAŠKIM VOZILIMA**

**-doktorska disertacija-**

**NOVI SAD 2015.**

**UNIVERZITET U NOVOM SADU  
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA**

**KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA**

Redni broj: RBR	
Identifikacioni broj: IBR	
Tip dokumentacije: TD	Monografska dokumentacija
Tip zapisa: TZ	Tekstualni štampani materijal
Vrsta rada (dipl., mag., dokt.): VR	Doktorska disertacija
Ime i prezime autora: AU	Dragan Donevski
Mentor (titula, ime, prezime, zvanje): MN	Doc. dr Dragan Ružić
Naslov rada: NR	Istraživanje primene naoružanja na lakim terenskim točkaškim vozilima
Jezik publikacije: JP	Srpski
Jezik izvoda: JI	Srp. / eng.
Zemlja publikovanja: ZP	Srbija
Uže geografsko područje: UGP	Vojvodina
Godina: GO	2015
Izdavač: IZ	Autorski reprint
Mesto i adresa: MA	Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6
Fizički opis rada: FO	5 poglavlja / 141 stranica / 120 slika / 10 tabela / 93 referenci / 2 priloga)
Naučna oblast: NO	Mašinsko inženjerstvo
Naučna disciplina: ND	Motorna vozila
Predmetna odrednica, ključne reči: PO	vozilo, točkaško vozilo, borbeno vozilo, naoružanje, dinamika sistema, konstrukcija, simulacija sile trzanja, metodologija ispitivanja.
UDK	629.04

Čuva se: ČU	Biblioteka Fakulteta tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad
Važna napomena: VN	
Izvod: IZ	<p>Dat je pregled i analiza performansi lakih vojnih terenskih točkaških vozila (LVTTV), lakih komercijalnih terenskih točkaških vozila (LKTTV) u Pik-ap verziji i postojećih sistema naoružanja pogodnih za primenu na LKTTV Pik-ap verzija.</p> <p>Posebno je razmotrena problematika elastično-prigušnog oslanjanja naoružanja pri njegovom jediničnom dejstvu.</p> <p>Definisana je metodologija i projektovana je i realizovana oprema za simulaciju impulsne sile u cilju statičkih i dinamičkih ispitivanja sistema vozilo-platforma-naoružanje u laboratorijskim uslovima.</p> <p>Prikazan je postupak ispitivanja pri statičkom opterećenju sistema i dinamičkih ispitivanja sistema vozilo-platforma-naoružanje u uslovima kontinuirane impulsne sile u cilju određivanja pomeranja šasije u zonama točkova i napona u šasiji vozila i osloncima platforme za prihvat naoružanja.</p> <p>Postavljen je matematički model sistema vozilo-platforma-naoružanje i data teorijska pomeranja šasije vozila u zonama točkova pri jediničnoj impulsnoj sili odnosno impulsu.</p>
Datum prihvatanja teme od strane NN veća: DP	24.02.2016. god.
Datum odbrane: DO	
Članovi komisije: (ime i prezime / titula / zvanje / naziv organizacije / status) KO	<p>predsednik: dr Jovan Vladić, red. prof., FTN – Novi Sad</p> <p>član: dr Mladen Pantić, red. prof., DU – Novi Pazar</p> <p>član: dr Boris Stojić, docent FTN – Novi Sad</p> <p>član: dr Sebastijan Baloš, vanr. prof., FTN – Novi Sad</p> <p>član, mentor: dr Dragan Ružić, docent FTN – Novi Sad</p>

**UNIVERSITY OF NOVI SAD  
FACULTY OF TECHNICAL SCIENCES**

**KEY WORD DOCUMENTATION**

Accession number: ANO	
Identification number: INO	
Document type: DT	Monograph documentation
Type of record: TR	Textual printed material
Contents code: CC	Doctoral thesis
Author: AU	Dragan Donevski
Mentor: MN	Docent dr Dragan Ružić
Title: TI	Research of armament application on light ground wheeled vehicles
Language of text: LT	Serbian
Language of abstract: LA	Eng. / Ser.
Country of publication: CP	Serbia
Locality of publication: LP	Vojvodina
Publication year: PY	2015
Publisher: PU	Author reprint
Publication place: PP	Novi Sad, Dositej Obradović square No. 6
Physical description: PD	5 chapters / 141 pages / 120 figures / 10 tables / 93 references / 2 appendices)
Scientific field SF	Mechanical engineering
Scientific discipline SD	Motor vehicles
Subject, Key words SKW	vehicle, wheeled vehicle, combat vehicle, armament, dynamics of system, design, simulation of recoil force, test methodology

UC	629.04
Holding data: HD	Library of Faculty of technical sciences, Dositej Obradović square No. 6, Novi Sad
Note: N	
Abstract: AB	<p>The review and analysis of the performances of military ground wheeled vehicles (LVTTV), light commercial wheeled ground vehicles (LKTTV) of Pick-up version and current systems of armament convenient for the application on LKTTV Pick-up versions, were given.</p> <p>The issues of elastic-absorbtion suspension of armament during its single shooting function was analised in detail.</p> <p>The methodology was defined, the equipment for the simulation of impulse force was designed and realised with purpose of static and dynamic tests of the vehicle-platform-armament system in the laboratory conditions.</p> <p>The test procedure of static and dynamic loads of system vehicle-platform-armament in conditions of continual impulse force was presented. The aim of these tests was the determination of motion of vehicle chassis in the stress of vehicle chassis and platform supports for the armament.</p> <p>The mathematical model of vehicle-platform-armamaent system was defined and theoretical motions of vehicle chassis in the wheels zones under the single impulse force, were given.</p>
Accepted on Scientific Board on: AS	24.02.2016.
Defended: DE	
Thesis Defend Board: DB	<p>president: dr Jovan Vladić, full prof., FTS – Novi Sad</p> <p>member: dr Mladen Pantić, full prof., SU – Novi Pazar</p> <p>member: dr Boris Stojić, docent FTS – Novi Sad</p> <p>member: dr Sebastijan Baloš, assoc. prof., FTS – Novi Sad</p> <p>member, mentor: dr Dragan Ružić, docent FTS – Novi Sad</p>

---

## ISTRAŽIVANJE PRIMENE NAORUŽANJA NA LAKIM TERENSKIM TOČKAŠKIM VOZILIMA

Dat je pregled i analiza performansi lakih vojnih terenskih točkaških vozila (LVTTV), lakih komercijalnih terenskih točkaških vozila (LKTTV) u Pik-ap verziji i postojećih sistema naoružanja pogodnih za primenu na LKTTV Pik-ap verzija.

Posebno je razmotrena problematika elastično-prigušnog oslanjanja naoružanja pri njegovom jedinačnom dejstvu.

Definisana je metodologija i projektovana je i realizovana oprema za simulaciju impulsne sile u cilju statičkih i dinamičkih ispitivanja sistema vozilo-platforma-naoružanje u laboratorijskim uslovima.

Prikazan je postupak ispitivanja pri statičkom opterećenju sistema i dinamičkih ispitivanja sistema vozilo-platforma-naoružanje u uslovima kontinuirane impulsne sile u cilju određivanja pomeranja šasije u zonama točkova i napona u šasiji vozila i osloncima platforme za prihvat naoružanja.

Postavljen je matematički model sistema vozilo-platforma-naoružanje i data teorijska pomeranja šasije vozila u zonama točkova pri jediničnoj impulsnoj sili odnosno impulsu.

**Ključne reči:** vozilo, točkaško vozilo, borbeno vozilo, naoružanje, dinamika sistema, konstrukcija, simulacija sile trzanja, metodologija ispitivanja.

## RESEARCH OF ARMAMENT APPLICATION ON LIGHT GROUND WHEELED VEHICLES

The review and analysis of the performances of military ground wheeled vehicles (LVTTV), light commercial wheeled ground vehicles (LKTTV) of Pick-up version and current systems of armament convenient for the application on LKTTV Pick-up versions, were given.

The issues of elastic-absorbtion suspension of armament during its single shooting function was analised in detail.

The methodology was defined, the equipment for the simulation of impulse force was designed and realised with purpose of static and dynamic tests of the vehicle-platform-armament system in the laboratory conditions.

The test procedure of static and dynamic loads of system vehicle-platform-armament in conditions of continual impulse force was presented. The aim of these tests was the determination of motion of vehicle chassis in the stress of vehicle chassis and platform supports for the armament.

The mathematical model of vehicle-platform-armamaent system was defined and theoretical motions of vehicle chassis in the wheels zones under the single impulse force, were given.

**Keywords: vehicle, wheeled vehicle, combat vehicle, armament, dynamics of system, design, simulation of recoil force, test methodology.**

## PREDGOVOR

Savremena ratna doktrina podrazumeva maksimalnu pokretljivost, vatrenu moć i zaštitu taktičkih jedinica kao i operativnih i strategijskih sastava oružanih snaga.

Zahtev za maksimalnom pokretljivošću taktičkih jedinica podrazumeva da se ljudstvo, oprema, naoružanje, municija i minsko eksplozivna sredstva u što kraćem vremenskom roku dopreme do linije fronta i uključe u borbena dejstva uz minimalno vreme za prelazak iz marševskog u borbeni položaj.

Krajem dvadesetog veka gotovo u potpunosti je napuštena koncepcija vučnih verzija naoružanja i oklopnih transportera. Savremene armije prelaze na samohodna oruđa (točkaška i gusenična), dok se ljudstvo smešta u borbena vozila pešadije uz određeni nivo zaštite.

Za potrebe transporta i ugradnje različitih vrsta oruđa i naoružanja razvijaju se i uvode u operativnu upotrebu razne vrste namenskih vozila (točkaških i guseničnih), oklopljenih i neoklopljenih.

Poslednjih godina prisutan je trend ugradnje naoružanja i na laka komercijalna terenska točkaška vozila (LKTTV) uz visok stepen improvizacije.

Osnovni cilj istraživanja u ovom radu je definisanje metodologije i obezbeđenje polaznih podataka radi dobijanja odgovora o mogućnosti ugradnje određenih vrsta naoružanja na laka komercijalna terenska točkaška vozila (LKTTV).

Evidentno je da je analizirana problematika kompleksna, pre svega zbog ograničenja koja postavljaju i vozilo i naoružanje, kao i međusobne povezanosti, te su istraživanja prikazana u pet poglavlja, pri čemu se četvrto poglavlje "Sopstvena istraživanja" sastoji od sedam celina, a u okviru ovog poglavlja poseban naglasak je stavljen na definisanje mernih veličina, kao i na razvoj i realizaciju neophodne opreme (platforma sa obrtnim postoljem, elektro-mehanički simulator impulsne sile EMSIS, portal za prihvatanje EMSIS-a i dr.) i tehnologiju ispitivanja.

Decembar, 2015. godine

mr Dragan V. Donevski  
dipl.maš.inž.



## **IZJAVA**

### **O ORIGINALNOSTI REZULTATA**

Doktorska disertacija pod nazivom "Istraživanje primene naoružanja na lakim terenskim točkaškim vozilima" predstavlja potpuno originalan rad, a rezultati eksperimentalnih istraživanja po originalno sačinjenom Programu i planu ispitivanja modelskog rešenja vozilo-platforma-naoružanje predstavljaju originalan doprinos problematici borbenih vozila.

Poseban originalan doprinos predstavlja projektovanje, razvoj i realizacija uređaja neophodnih za laboratorijsko ispitivanje (platforma sa obrtnim ležajem za prihvat naoružanja, elektro-mehanički simulator impulsne sile, ram i "kolevka" za prihvat sila opterećenja) sistema vozilo-platforma-naoružanje.

mr Dragan V. Donevski  
dipl.maš.inž.

## **IZJAVA**

### **O ISTOVETNOSTI ŠTAMPANE I ELEKTRONSKE VERZIJE DOKTORSKE DISERTACIJE**

Štampana i elektronska verzija doktorske disertacije "Istraživanje primene naoružanja na lakim terenskim točkaškim vozilima" su ISTOVETNE.

mr Dragan V. Donevski  
dipl.maš.inž.

## **IZJAVA**

### **DOKTORANTA O KORIŠĆENJU DOKTORSKE DISERTACIJE U ELEKTRONSKOM FORMATU**

Doktorska disertacija "Istraživanje primene naoružanja na lakim terenskim točkaškim vozilima" u elektronskom obliku u celini ili pojedini delovi može se koristiti samo kao referenca odnosno radi upoznavanja sa istom. Sama disertacija kao i rezultati istraživanja su autorsko delo i ne mogu se kopirati, presnimavati i sl. bez saglasnosti autora i na nju će se primenjivati Zakon o autorskim pravima.

mr Dragan V. Donevski  
dipl.maš.inž.

## ZAHVALNOST

Zahvalnost za izradu doktorske disertacije pod nazivom "Istraživanje primene naoružanja na lakim terenskim točkaškim vozilima" dugujem: prof. dr Ferencu Časnjiću, dr Bogomiru Milinkoviću, prof. dr Zoranu Stefanoviću, prof. dr Aleksandru Pantoviću i u poslednjoj fazi rada doc. dr Draganu Ružiću.

Posebnu zahvalnost dugujem prof. dr Zoranu Bojaniću na saradnji u izradi softvera za matematičko modeliranje sistema vozilo-platforma-naoružanje i prof. dr Mladenu Pantiću na pomoći pri koncipiranju i definisanju sadržaja kompletne doktorske disertacije, kao i veoma korisnim sugestijama tokom izrade same disertacije.

mr Dragan V. Donevski  
dipl.maš.inž.

## SKRAĆENICE I SIMBOLI

### Simboli

- $A_{x1}$  : Prva amplituda,
- $b$  : Širina prednjih oslonaca,
- $B$  : Širina zadnjih oslonaca,
- $CO$  : Centar oscilovanja,
- $C_p$  : Krutost prednjeg mosta,
- $C_z$  : Krutost zadnjeg mosta,
- $D-P-ZL$  : Deformacija zadnjeg levog oslonca platforme,
- $D-S-P$  : Deformacija šasije ispod prednjeg oslonca platforme,
- $D-S-ZL$  : Deformacija šasije u zoni zadnjeg levog točka,
- $E$  : Jungov modul elastičnosti,
- $F_e$  : Elastična sila,
- $F_k$  : Prigušna sila,
- $F-K$  : Sila na "kolevci" (Sila opterećenja R),
- $f_p$  : Frekvencija prigušenih oscilacija,
- $F_x, F_y, F_z$  : Komponente sile opterećenja,
- $G_{OMV}$  : Težina oslonjene mase vozila,
- $IMP_i$  : Impuls 1, 2, 3, 4, 5 i 6,
- $I_{mx}$  : Impuls x pravac,
- $I_{my}$  : Impuls y pravac,
- $J_{xco}$  : Momenat inercije oko x ose,
- $J_{yco}$  : Moment inercije oko y ose,
- $KO_n$  : Koeficijent opterećenja napred,
- $K_p$  : Prigušenje prednjeg mosta,
- $K_{ps}$  : Koeficijent prigušenja sistema,
- $K_z$  : Prigušenje zadnjeg mosta,
- $L$  : Osovinski razmak,
- $L_{co}$  : Horizontalno rastojanje sile opterećenja od CO,
- $L_p$  : Rastojanje prednjih točkova od CO,
- $L_{so}$  : Krak sile opterećenja,
- $L_z$  : Rastojanje zadnjih točkova od CO,
- $m$  : Masa,
- $M_{pt}$  : Masa na prednjem točku,
- $M_{zt}$  : Masa na zadnjem točku,
- $n$  : Broj obrtaja EMSIS-a,
- $N$  : Broj podataka,
- $OMV$  : Oslonjena masa vozila,
- $R$  : Sila opterećenja,
- $R_s$  : Srednja vrednost sile opterećenja,
- $\check{S}_v$  : Širina vozila preko blatobrana,
- $T_1$  : Vreme početka impulsa,
- $T_2$  : Vreme kraja impulsa,
- $T_A$  : Trenutak prve amplitude,

- $T_k$  : Težište kabine,
- $T_m$  : Težište motora,
- $T_{OMV}$  : Težište oslonjene mase vozila,
- $T_p$  : Period prigušenih oscilacija,
- $T_p$  : Težište platforme,
- $T_r$  : Težite rukovaoca,
- $T_{\dot{s}}$  : Težište šasije,
- $T_{sm}$  : Vreme smiraja na 1% amplitude,
- $T_{ts}$  : Težište tovarnog sanduka,
- $U_{zl}$  : Ugib, zadnji, levi,
- $VTI$  : Vreme trajanja impulsa,
- $z_{OMV}$  : Vertikalno rastojanje OMV od CO,
- $\alpha$  : Ugao dejstva naoružanja po horizontali,
- $\beta$  : Ugao dejstva naoružanja po elevaciji,
- $\varepsilon$  : Relativno istežanje,
- $\varphi$  : Ugao zakretanja u poprečnoj ravni,
- $\Psi$  : Ugao zakretanja u uzdužnoj ravni,
- $\omega_n$  : Kružna brzina neprigušenih oscilacija,
- $\omega_p$  : Kružna brzina prigušenih oscilacija,
- $\sigma$  : Normalni napon

#### Indeksi

- **d, D** : Desno,
- **l, L** : Levo,
- **p, P** : Prednje,
- **z, Z** : Zadnje

#### Skraćenice

- **ABG** : Automatski bacač granata,
- **AS** : Artiljerijski sistem,
- **BVP** : Borbeno vozilo pešadije,
- **DUBS** : Daljinski upravljana borbena stanica,
- **EMSIS** : Elektro-mehanički simulator impulsne sile,
- **LKTTV** : Laka Komercijalna Terenska Točkaška Vozila,
- **LVTTV** : Laka Vojna Terenska Točkaška Vozila,
- **MKE** : Metoda konačnih elemenata,
- **MM<sub>i</sub>** : Merno mesto,
- **NDT** : Novi domaći tenk.
- **OK** : Otklon kolevke,
- **POM** : Pomeranje,
- **POVR** : Protiv-oklopna vođena raketa,
- **SOT** : Sanitetski oklopni transporter,
- **SUV** : Sistem za upravljanje vatrom,
- **UB** : Ubrzanje,
- **VBR** : Višecevni bacač raketa

## SADRŽAJ

<b>1 UVODNA RAZMATRANJA .....</b>	<b>1</b>
<b>2 PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA.....</b>	<b>3</b>
<b>3 PREGLED ISTRAŽIVANJA UGRADNJE NAORUŽANJA NA VOZILA.....</b>	<b>4</b>
3.1 Prikaz ugradnje postojećih sistema naoružanja na vozila.....	4
3.2 Pregled istraživanja iz oblasti interakcije naoružanja i vozila .....	11
<b>4 SOPSTVENA ISTRAŽIVANJA.....</b>	<b>13</b>
<b>4.1 Analiza performansi postojećih lakih vojnih terenskih točkaških vozila (LVTTV).....</b>	<b>13</b>
4.1.1 Opis LVTTV.....	13
4.1.2 Tehničke karakteristike LVTTV.....	23
4.1.3 Uporedni prikaz karakteristika LVTTV.....	25
4.1.4 Analiza karakteristika LVTTV.....	26
<b>4.2 Analiza performansi savremenih lakih komercijalnih terenskih točkaških vozila (LKTTV) Pik-ap.....</b>	<b>27</b>
4.2.1 Opis LKTTV Pik-ap.....	27
4.2.2 Tehničke karakteristike LKTTV Pik-ap.....	33
4.2.3 Uporedni prikaz karakteristika LKTTV Pik-ap.....	35
4.2.4 Analiza karakteristika LKTTV Pik-ap.....	36
<b>4.3 Uporedna analiza karakteristika LVTTV i LKTTV Pik-up.....</b>	<b>36</b>
<b>4.4 Postojeći sistemi naoružanja pogodni za primenu na LKTTV Pik-ap.....</b>	<b>38</b>
4.4.1 Opis naoružanja.....	38
4.4.2 Taktičko-tehničke karakteristike naoružanja.....	47
4.4.3 Uporedni prikaz nekih karakteristika naoružanja.....	48
4.4.4 Analiza parametara varijanti naoružanja i izbor najpogodnije varijante.....	49
<b>4.5 Matematičko modeliranje sistema naoružanje-platforma-vozilo.....</b>	<b>50</b>
4.5.1 Dinamički model oscilovanja vozila.....	51
4.5.2 Dinamički model vozila.....	51
4.5.3 Oscilovanje vozila u poprečnoj ravni.....	56
4.5.4 Oscilovanje vozila u uzdužnoj ravni.....	58
4.5.5 Rezultati dinamičke analize.....	60
4.5.6 Analiza teorijskih rezultata oscilovanja vozila.....	74
<b>4.6 Eksperimentalno ispitivanje mehaničkog modela sistema naoružanje-platforma-vozilo...75</b>	<b>75</b>
4.6.1 Laboratorijska statička ispitivanja.....	76
4.6.2 Laboratorijska dinamička ispitivanja.....	82

---

4.6.3. Analiza rezultata ispitivanja sile opterećenja i pomeranja.....	123
4.6.4. Analiza rezultata ispitivanja napona u konstrukciji.....	126
<b>4.7 Uporedna analiza teorijskih i eksperimentalnih rezultata.....</b>	<b>128</b>
<b>5 ZAKLJUČCI I PREDLOG PRAVACA BUDUĆIH ISTRAŽIVANJA.....</b>	<b>129</b>
5.1. Zaključci.....	129
5.2. Predlog pravaca budućih istraživanja .....	131
<b>LITERATURA.....</b>	<b>132</b>
<b>PRILOZI.....</b>	<b>136</b>
<b>BIOGRAFIJA KANDIDATA.....</b>	<b>137</b>
<b>SPISAK RADOVA.....</b>	<b>138</b>



## 1 UVODNA RAZMATRANJA

Razvoj i opremanje savremenih armija borbenim vozilima intenziviran je od osamdesetih godina prošlog veka. Od taktičkih jedinica, kao i operativnih sastava kopnene vojske zahteva se maksimalna pokretljivost i što veća vatrena moć.

Maksimalna pokretljivost omogućena je opremanjem taktičkih jedinica kopnene vojske guseničnim i točkaškim vozilima visokih manevarskih karakteristika (velika brzina pri kretanju na putevima i van puteva, velika autonomija kretanja, visoka prohodnost, savlađivanje vodenih prepreka sopstvenim gazom, plovljenjem ili podvodnom vožnjom) kao i transportnih mogućnosti.

Zahtev za što većom vatrenom moći taktičkih jedinica postiže se opremanjem guseničnih i točkaških vozila sistemima naoružanja zavisno od njihove taktičke namene (tenkovi, borbena vozila pešadije, oklopni transporteri, vozila za protivoklopnu borbu, vozila za protivvazduhoplovnu odbranu, vozila sa raketnim sistemima, izviđačka vozila, patrolna vozila, vozila za protivpešadijsku borbu itd.), pri čemu se najčešće zahteva da vozilo bude autonomna borbena jedinica koja može izvršavati i složenije taktičke zadatke.

Osnovni elementi koji karakterišu laka vojna terenska točkaška vozila (LVTTV) su: velika brzina, velika autonomija kretanja, mala potrošnja goriva, mali troškovi eksploatacije i konačno ključni činilac, povoljan odnos cena-efikasnost. I pored određenih nedostataka (relativno mala nosivost, minimalni ili nikakav nivo oklopne zaštite, niži nivo prihvata sila opaljenja bez dopunske opreme - stopa) navedeni elementi su doprineli da točkaši dobiju prednost u odnosu na gusenična vozila.

Poslednjih godina vrlo je izražen trend ugradnje različitih vrsta naoružanja na laka komercijalna terenska točkaška vozila (LKTTV, terenska ili Pik-ap vozila) upravo zbog veoma povoljnog odnosa cena-efikasnost.

Pri tome, javljaju se određeni problemi usled interakcije osnovne vozila i ugrađenog naoružanja. Najčešće su to problemi vezani za nedovoljnu krutost šasije vozila, problemi vezani za preciznost ugrađenog naoružanja, razne vrste nepovoljnih oscilacija pri dejstvu naoružanja koje umanjuju efikasnost istog, kao i problemi ukupne koncepcije sredstva, smeštaja posade, borbenog kompleta i pripadajuće opreme.

U radu je posebna pažnja posvećena teorijsko-eksperimentalnoj analizi ponašanja šasije vozila sa uređajem za oslanjanje i platforme za prihvatanje naoružanja u uslovima impulsnog opterećenja.

S obzirom da su informacije o ponašanju ovakvih sredstava veoma ograničene, a da bi se doneli neki ključni zaključci o koncepciji sredstva, urađena su eksperimentalna ispitivanja standardnog LKTTV Pik-ap vozila sa platformom za prihvatanje naoružanja koja je posebno projektovana za tu vrstu vozila.

Impulsno opterećenje u laboratorijskim uslovima je omogućeno preko posebno projektovanog i realizovanog elektro-mehaničkog simulatora impulsne sile (EMSIS).

Nizom eksperimenata u podužnoj i poprečnoj ravni vozila verifikovan je postavljeni dinamički model oscilovanja vozila i dobijeni podaci o naponima u šasiji vozila i konstrukciji platforme za prihvatanje naoružanja i oscilatornim karakteristikama vozila pri jediničnim i permanentnim opterećenjima.

Struktura disertacije je koncipirana kroz pet poglavlja, sa spiskom literature i prilozima.

Prvo i drugo poglavlje obuhvataju uvodna razmatranja i predstavljanje predmeta i cilja istraživanja. U trećem poglavlju „Pregled istraživanja ugradnje naoružanja na vozila“ dat je pregled različitih vrsta naoružanja ugrađenih na razna (neoklopljena i oklopljena) LVTTV i pregled istraživanja iz oblasti interakcije naoružanja i vozila.

Četvrto poglavlje „Sopstvena istraživanja“ se sastoji od sedam celina.

Prva celina obuhvata analizu performansi postojećih lakih vojnih terenskih točkaških vozila (LVTTV), druga celina obuhvata analizu performansi savremenih lakih komercijalnih terenskih točkaških vozila (LKTTV) u Pik-ap verziji. U trećoj celini data je uporedna analiza karakteristika LVTTV i LKTTV Pik-ap. Postojeći sistemi naoružanja pogodni za primenu na LVTTV Pik-ap verzija prikazani su kao četvrta celina, dok je matematičko modeliranje sistema naoružanje-platforma-vozilo dato u okviru pete celine. Šesta celina obuhvata eksperimentalno ispitivanje mehaničkog modela sistema naoružanje-platforma-vozilo kroz laboratorijska statička i dinamička ispitivanja, kao i posebno projektovanu i realizovanu opremu (ram, platforma sa obrtnim postoljem, EMSIS i dr.) koja je bila neophodna za sprovođenje laboratorijskih ispitivanja. Laboratorijska ispitivanja obuhvataju snimanje vrednosti ubrzanja, pomeranja, sile opterećenja i napona u šasiji vozila i platformi za prihvatanje naoružanja na definisanim mernim mestima na vozilu. U sedmoj celini data je uporedna analiza teorijskih i eksperimentalnih rezultata.

U okviru petog poglavlja u kojem su zaključci izvedeni na osnovu prikazanih istraživanja dati su pravci budućih istraživanja.

## 2 PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA

Osnovna hipoteza u ovom istraživanju je da se na lakom komercijalnom terenskom točkaškom vozilu (LKTTV) može ugraditi naoružanje imajući u vidu najpogodniji aspekt njegove efikasnosti.

Izbor najpogodnijeg naoružanja i njegova veza sa vozilom može se realizovati sagledavanjem performansi naoružanja, platforme vozila, matematičkim modeliranjem takvog sistema, sagledavanjem izlaznih performansi i njihovim upoređenjem sa eksperimentalnim rezultatima.

Laka komercijalna terenska točkaška vozila po svojim karakteristikama veoma su pogodna za ugradnju različitih vrsta naoružanja. Na ovaj način realizuju se uspešni borbeni sistemi koji se mogu upotrebiti za izvođenje raznih borbenih zadataka.

Da bi se ostvario efikasan borbeni sistem vozilo-ugrađeno naoružanje, potrebno je što detaljnije istražiti problematiku primene naoružanja na ovakvoj vrsti vozila. Predmet tih istraživanja je primena naoružanja na lakim komercijalnim terenskim točkaškim vozilima. Da bi se ovo realizovalo, postavljen je osnovni cilj koji se odnosi na definisanje i utvrđivanje određenih parametara koji će omogućiti izbor najpogodnijeg naoružanja. Ta pogodnost odnosi se na vozilo kao platformu (minimalna dinamička opterećenja i naponi u konstrukciji) i na naoružanje kao nadogradnju (visoka preciznost gađanja i visoki efekat na cilju).

Istraživanje interakcije sistema naoružanje-platforma-vozilo zasnovano je na teorijskim analizama i eksperimentalnim rezultatima što je trebalo detaljnije sagledati.

U svrhu realizacije eksperimentalnih istraživanja postavljen je dopunski cilj istraživanja u smislu definisanja metodologije, projektovanja i realizacije opreme za ispitivanja u laboratorijskim uslovima realnog vozila sa modelom platforme za prihvatanje naoružanja.

Najsloženija borbena vozila-tenkovi imaju mogućnost stabilizacije nišanske linije osnovnog naoružanja-topa nezavisno od položaja vozila pri kretanju preko sistema za upravljanje vatrom (SUV). SUV je veoma složen i skup podsistem borbenih vozila tako da rešenja koja se primenjuju za tenkove nisu pogodna za primenu na LVTTV i LKTTV.

Zbog sve prisutnijeg trenda ugradnje daljinski upravljanih borbenih stanica (DUBS) na laka vojna terenska točkaška vozila (LVTTV) kao dodatni cilj istraživanja postavljeno je definisanje polaznih oscilatornih parametara lakih komercijalnih terenskih točkaških vozila (LKTTV) u Pik-ap verziji radi ugradnje DUBS-a na ovu vrstu vozila, odnosno iznalaženje korelacije između oscilatornih parametara vozila i parametara naoružanja.

### 3 PREGLED ISTRAŽIVANJA UGRADNJE NAORUŽANJA NA VOZILA

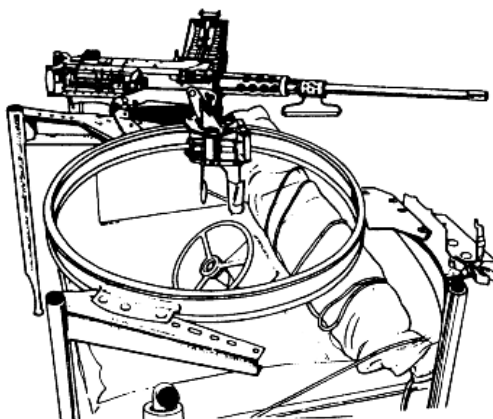
#### 3.1 Prikaz ugradnje postojećih sistema naoružanja na vozila

Istorijski gledano, primena naoružanja na vozilima datira od pojave prvih automobila, pa čak i ranije kada su u raznim delovima sveta mitraljezi montirani na konjske zaprege.

Tokom Drugog svetskog rata, poznato je da su specijalne jedinice Velike Britanije u pustinjama Egipta, Libije i Čada koristile neoklopljena vozila opremljena mitraljezima i topovima različitih vrsta.

Jedno od prvih namenski konstruisanih lakih vojnih terenskih točkaških vozila je američki Jeep. Za vreme II svetskog rata ovo vozilo je proizvedeno u vrlo velikom broju primeraka.

Godine 1960. u američkoj vojsci nasledio ga je model M-151, koji je po koncepciji i spoljnom izgledu bio veoma sličan svom prethodniku. Ovo vozilo je bilo u operativnoj upotrebi u američkoj vojsci tokom 60-ih i 70-ih godina prošlog veka.



Sl.-3.1 Prvobitna ugradnja mitraljeza na vozilo [ 65 ]

Ugradnja mitraljeza je vršena preko kolevke na nosač sa kružnom šinom koja je omogućavala dejstvo iz naoružanja po pravcu od 360°, a konstrukciono preko kolevke i nosača je omogućeno dejstvo iz naoružanja pri određenim uglovima elevacije.

Tokom 80-ih godina vozila M-151 su u američkoj vojsci zamenjena vozilima Hummer, ali su i dalje ostala u sastavu oružanih snaga nekih zemalja, pre svega u Latinskoj Americi.

Vozila Hummer [ 35 ] mogu biti opremljena teškim mitraljezima Browning na namenski projektovanom nosaču, pri čemu je obezbeđen određeni nivo zaštite rukovaoca, kao i oklopna zaštita samog vozila.

Savremeno rešenje ugradnje mitraljeza na vozilo prikazano je na Sl.- 3.2.



Sl.-3.2 Savremeno rešenje ugradnje mitraljeza na vozilo [ 31 ]

Osnovne karakteristike vojnih terenskih točkaških vozila jesu: robusna konstrukcija koja omogućava visok nivo pokretljivosti van puteva, velika specifična snaga, opremljenost raznim specijalnim uređajima, mogućnost savladivanja vodenih prepreka značajnog nivoa sopstvenim gazom, velika nosivost, visoka pouzdanost, itd.

S obzirom na osnovnu namenu (prevoz ljudstva, tereta, oružja i opreme), ova vozila u prvobitnoj koncepciju nisu imala nikakvu oklopnu zaštitu. Određeni nivo oklopne zaštite (od gelera granata i lakog pešadijskog oružja) jedino su imale varijante vozila za prevoz municije i saniteti.

U lokalnim ratnim sukobima (Irak, Avganistan) u kojima ne postoji klasična linija fronta, a samim tim ni pozadina, već se borbena dejstva protivnika izvode po celoj dubini vojišta, registrovani su veliki gubici neoklopljenih terenskih točkaških vozila. Ovo dovodi do izmene koncepcije vozila i odluke da se u ratnim sukobima srednjeg i visokog intenziteta mogu koristiti samo oklopljena vozila (novoprojektovana ili sa dopunski postavljenim oklopom).

Iako postavljanje dopunskog oklopa smanjuje gubitke u ljudstvu i vozilima, nivo oklopne zaštite dopunski oklopljenih vozila niži je od nivoa oklopne zaštite namenski projektovanih oklopnih vozila. Osim navedenog, masa oklopa bitno smanjuje nosivost vozila (i do 50%), povećava potrošnju goriva (smanjuje autonomiju kretanja), ograničava pokretljivost van puteva i smanjuje vek trajanja uz više troškove eksploatacije.

Poseban problem je kako efikasno zaštititi rukovaoca koji ručno upravlja ugrađenim naoružanjem smeštenim na krovu vozila. Ovo je moguće rešiti postavljanjem dodatnog oklopa oko rukovaoca i naoružanja ili postavljanjem neke vrste kupole, čime se povećava dodatna masa.

Najnovije rešenje je da se rukovaoc postavi u vozilo, a da se na vozilo ugradi daljinski upravljana borbena stanica (DUBS) sa odgovarajućim naoružanjem čime bi rukovaoc bio zaštićen kao i ostali članovi posade.

Smanjenje mase dopunskog oklopa na vozilima moguće je obezbediti primenom najnovijih kompozitnih materijala koji obezbeđuju isti nivo oklopne zaštite kao i čelične pancirne ploče, ali uz znatno nižu masu.

Rešenje ugradnje naoružanja u sklopu DUBS-a ne povećava ukupnu masu vozila, ali podrazumeva ugradnju optoelektronskih uređaja za osmatranje i nišanje koji znatno povećavaju cenu vozila.

Primena kompozitnih materijala za oklopnu zaštitu ne omogućava apsolutnu zaštitu vozila, pogotovo ne od minsko-eksplozivnih sredstava koja se postavljaju na putu ili pored puta, a višestruko povećavaju cenu vozila.

Primer ugradnje oruđa na lako terensko točkaško vozilo japanske vojske Typ 73 Kogata je dat na Sl.-3.3.



Sl.-3.3 Ugradnja bestrajnih topova na vozilo Type 73 Kogata [ 65 ]

Na Sl.- 3.4 do Sl.-3.16 prikazani su primeri ugradnje različitih vrsta naoružanja na različita laka vojna terenska točkaška vozila.



Sl.-3.4 Vozilo Hummer opremljeno protivtenkovskim lanserom MILAN [ 35 ]



SI.-3.5 Vozilo M-ATV sa mitraljezom Browning [ 84 ]



SI.-3.6 Lako oklopno vozilo LOV-RAK 24/128 mm  
(dva modula sa po 12 lansirnih cevi) [ 85 ]



SI.-3.7 Vozilo IVECO LMV opremljeno mitraljezom 12,7mm [ 86 ]



Sl.-3.8 Lanser protivtenkovskih raketa 152mm „Crvena strela“ RJ-9 postavljen na vozilo [ 87 ]



Sl.-3.9 Vozilo BOV-1 opremljeno sa 2 lansera protivoklopnih raketa „Maljutka“ [ 88 ]



Sl.-3.10 Vozilo DOZOR opremljeno sa PA mitraljezom 12,7mm [ 89 ]





Sl.-3.11 Vozilo GAZ 2330 Tigr opremljeno automatskim bacačem granata 30mm „Plamja“ [ 90 ]



Sl.-3.12 Vozilo GAZ 2330 Tigr opremljeno protivtenkovskim raketnim sistemom Kornet - EM [ 91 ]



Sl.-3.13 LVTTV Skorpion-3 sa lanserom bespilotne letilice Orbiter [ 66 ]



Sl.-3.14 Vozilo Sherpa 3A sa protivvazduhoplovnim raketama Mistral [ 92 ]



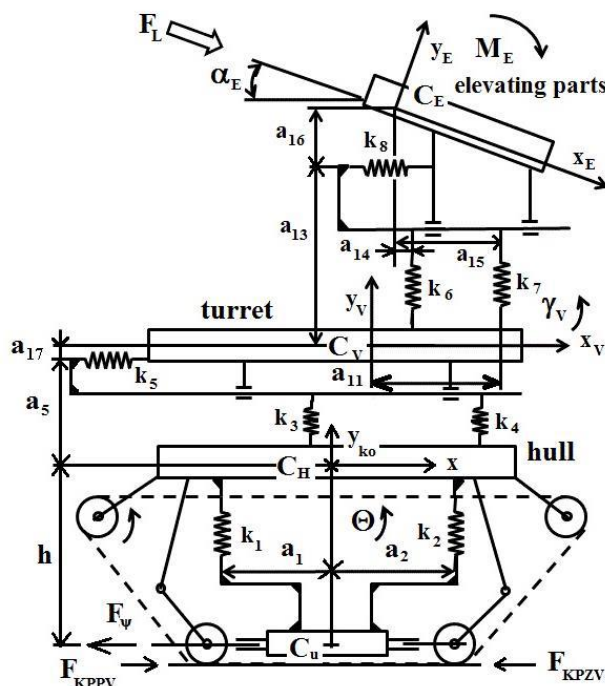
Sl.-3.15 Vozilo AIL Storm III LAV opremljeno daljinski upravljanom borbenom stanicom [ 93 ]



Sl.-3.16 Vozilo Lazar 3 opremljeno daljinski upravljanom borbenom stanicom (DUBS) [ 41 ]

### 3.2 Pregled istraživanja iz oblasti interakcije naoružanja i vozila

Interakciju automatskog dvocevnog 30-mm topa ugrađenog na oklopno gusenično vozilo istraživali su Balla i dr. [ 8 ], [ 9 ], Sl.-3.17. Pored prikaza direktno izmerenih vrednosti sila i ubrzanja na cevi naoružanja i nosećoj strukturi, podaci su analizirani FFT metodom (Fast Fourier Transformation) i korelacionom funkcijom. Cilj je bio dobiti dinamički model ponašanja vozila pri rafalnoj paljbi, primenjiv i na druga slična vozila opremljena naoružanjem. Model je namenjen analizama dinamičkih karakteristika sistema od uticaja na preciznost gađanja iz automatskog oružja postavljenog na oklopna gusenična vozila. Balla [ 10 ] izmerenu silu trzanja naoružanja u analizama zamenjuje jednostavnom analitičkom formulom. Istraživanja objavljena u raspoloživoj literaturi odnose se na analize trzanja i pobudne sile od strane naoružanja postavljenog na svoje postolje ili na oklopna vozila sa gusenicama.



Sl.-3.17 Jedan dinamički model oklopnog guseničnog vozila opremljenog naoružanjem [ 8 ]

Lin i dr. [ 43 ] koriste softver MatLab za formiranje modela sile trzanja haubice. Polazni parametri su preuzeti sa postojećeg naoružanja (M178 mehanizam na samohodnoj haubici M109).

Autori Ni i dr. [ 58 ] su uradili virtuelne eksperimente sa ciljem istraživanja interakcije naoružanja i čovekovog tela primenom softvera ADAMS. Model je zasnovan na teorijskom razmatranju efekata unutrašnje balistike radi dobijanja podataka o unutrašnjim silama koje prouzrokuju trzanje naoružanja.

U okviru naučno-istraživačkog projekta „Lovac tenkova“ realizovana je „Studija krutosti oklopnih tela lakih guseničnih vozila“ [ 46 ]. Projektovano je i realizovano modelsko rešenje novog

borbenog guseničnog vozila „Lovac tenkova“ koje bi u odnosu na tenk M-84 imalo istu vatrenu moć, povećanu pokretljivost i smanjenu oklopnu zaštitu. Povećana pokretljivost (uz istu pogonsku grupu kao na tenku M-84) dobijena je smanjenjem ukupne mase vozila odnosno smanjenjem mase oklopnog tela (manja debljina ploča) i kupole (zavarena konstrukcija umesto livene). Osnovna dilema, da li će oklopno telo sa pločama manjih debljina moći da prihvati sile opterećenja osnovnog naoružanja (top kalibra 125 mm) razrešena je poligonskim ispitivanjem modelskog rešenja vozila. Simulacija sile opterećenja usled osnovnog naoružanja izvršena je ugradnjom kupole i topa tenka M-84 na novoprojektovano oklopno telo za „Lovac tenkova“ sa hodnim uređajem tenka M-84. Merne trake su postavljene na krovnu ploču, bočne ploče i pregradnu ploču oklopnog tela. Za generisanje sile opterećenja korišćen je tzv. „hidro metak“ koji je moguće primeniti kod artiljerijskih oruđa velikih kalibara kada je metak dvodelni (zasebno punjenje i projektil). Za „hidro metak“ koristi se originalno punjenje, a projektil zamenjuje određena količina vode, čime se znatno smanjuje zona bezbednosti samih ispitivanja. Ispitivanja su obavljena pri maksimalnoj elevaciji cevi topa. Rezultati ispitivanja su potvrdili vrednosti napona dobijenih proračunom primenom metode konačnih elemenata (MKE).

Autor [ 69 ] u okviru svoje doktorske disertacije istražuje uticaj impulsnog opterećenja od strane oruđa velikog kalibra ugrađenog na točkaško terensko vozilo. Rezultati su dali optimalan položaj oslonih stopa za uslove jediničnog opaljenja iz artiljerijskog oruđa sa aspekta nivoa napona u osnovnom ramu i ugiba elemenata sistema za oslanjanje vozila.

Konkretnih podataka o istraživanjima o interakciji naoružanja sa, za tu svrhu nenamenskim, lakim terenskim točkaškim vozilom (serijsko vozilo povišene prohodnosti, tzv. Pik-ap) nema u literaturi koja je bila na raspolaganju autoru ove disertacije. Izbor zvanično objavljenih empirijskih ili teorijskih podataka o silama trzanja naoružanja i unutrašnjoj balistici je veoma skroman (iz razumljivih razloga), što sve vodi ka zaključku da postoji širok prostor za razvoj istraživanja uticaja primene naoružanja na dinamičko ponašanje drumskog vozila, po više aspekata.

Dok je na namenski razvijenim vojnim vozilima osnovni problem vibriranje i oscilovanje elemenata vozila koje utiče na preciznost gađanja, postavljanje naoružanja na komercijalno vozilo sa sobom donosi i problem dodatnih dinamičkih opterećenja noseće konstrukcije i uređaja za oslanjanje vozila, koje, kako je rečeno, u osnovi nisu projektovana za tu vrstu dinamičkih spoljašnjih opterećenja. Analiza opterećenja konstrukcije vozila je urađena u okviru doktorske disertacije autora [ 69 ], ali je i tu reč o oruđu velikog kalibra i točkaškom vozilu velike mase, te se ta analogija ne može primeniti na standardna točkaška vozila manjih masa, kakva su predmet istraživanja ove doktorske disertacije.

## 4 SOPSTVENA ISTRAŽIVANJA

Sopstvena istraživanja u ovom radu obuhvataju:

- analizu performansi postojećih lakih vojnih terenskih točkaških vozila (LVTTV),
- analizu performansi postojećih lakih komercijalnih terenskih točkaških vozila (LKTTV) u Pik-ap verziji,
- postojeće sisteme naoružanja pogodne za primenu na LKTTV Pik-ap,
- analizu parametara varijanti naoružanja i izbor najpogodnijih varijanti,
- matematičko modeliranje sistema naoružanje-platforma-vozilo,
- analizu teorijskih rezultata,
- eksperimentalno ispitivanje mehaničkog modela sistema naoružanje-platforma-vozilo i
- uporednu analizu teorijskih i eksperimentalnih rezultata.

### 4.1 Analiza performansi postojećih lakih vojnih terenskih točkaških vozila (LVTTV)

Laka vojna terenska točkaška vozila imaju veoma važnu ulogu u svakoj savremenoj armiji. To su vozila koja su namenski razvijena i dizajnirana prvenstveno za vojne potrebe, a njihov osnovni nedostatak je relativno dug period razvoja i visoka cena.

Iako su evidentne prednosti namenski razvijenih vojnih vozila u odnosu na terenska komercijalna vozila, nema celokupna vojska potrebu da koristi visokomobilna, robusna, veoma pouzdana i skupa namenski konstruisana vozila.

Za taktičke zadatke koji ne podrazumevaju savlađivanje teško prohodnih terena, delovanje u ekstremnim meteorološkim uslovima i u ratnom području, prilagođena laka komercijalna vozila mogu biti opravdan izbor.

Evidentno je da se u oružanim snagama gotovo svih zemalja u operativnoj upotrebi nalaze i laka vojna terenska točkaška vozila i prilagođena laka komercijalna terenska točkaška vozila.

U okviru ove tačke dat je opis lakih vojnih i prilagođenih komercijalnih terenskih točkaških vozila, a u Tabeli 4.1 su date dostupne tehničke karakteristike ovih vozila.

#### 4.1.1 Opis LVTTV

##### Jeep Wrangler TJ-L

Iako je izvorni Jeep u američkoj vojsci zamenjen modelom M-151 ime Jeep je zadržano, a američki proizvođač automobila Chrysler je 1996. godine proizveo komercijalno vozilo Jeep Wrangler. Vojna varijanta ima oznaku TJ-L [ 38 ] (Sl.-4.1). Vozilo je opremljeno 2.4, 2.5 i 4.0 litarskim motorima sa trostepenim i četvorostepenim automatskim menjačima ili petostepenim i šestostepenim manuelnim menjačima, kompaktne je konstrukcije i bez bilo kakve oklopne zaštite.



Sl.-4.1 Jeep Wrangler TJ-L [ 38 ]



Sl.-4.2 Jeep J8 [ 39 ]

### Jeep J8

Firma Chrysler je 2007. godine predstavila novu verziju Jeep Wrangler koja je razvijena za vojnu namenu pod nazivom Jeep J8 [ 39 ] (Sl.-4.2).

Neoklopljena varijanta Jeep J8 je opremljena snažnijim kočnicama, modifikovanim uređajem za oslanjanje, povećanim međuosovinskim razmakom, produženim zadnjim delom vozila, dok je nosivost povećana na 1339 kg.

Jeep J8 je opremljen 2.8 litarskim turbo dizel motorom, snage 118kW (158KS) sa obrtnim momentom od 400 Nm. Menjači su petostepeni automatski i šestostepeni manualni.

Ovo vozilo karakteriše sistem usisa vazduha sa specijalnom filtracijom i visoko izdignutim usisnikom vazduha koji omogućava savlađivanje vodene prepreke sopstvenim gazom dubine do 762mm i vožnju u trajanju do 5 časova u uslovima peščane oluje.

Dostupan je u varijantama sa dvoje ili četvero vrata, sa različitim tipovima karoserije i konfiguracijom sedišta. Može se koristiti kao komandno, transportno, sanitetsko, izviđačko ili vozilo veze. Može se transportovati avionom ili helikopterom. Proizvodi se u Egiptu, a sklapa se i u Izraelu pod nazivom "Storm 3".

### Vozilo Hummer (HMMWV)

Američka vojska je 80-tih godina prošlog veka vozila M-151 zamenila vozilima HMMWV (High Mobility Multipurpose Wheeled Vehicle), poznatijim kao "Hamer" [ 35 ]. Ovo robusno i strogo namenski projektovano vojno točkaško vozilo pokreće 6.5 litarski benzinski motor ili 6.2 litarski V8 dizel motor. Nosivost vozila je 1500kg, a isporučuje se sa i bez oklopne zaštite. Danas je ovo vozilo najviše zastupljeno u američkoj vojsci (Sl.-4.3), ali ga koriste i armije drugih zemalja.

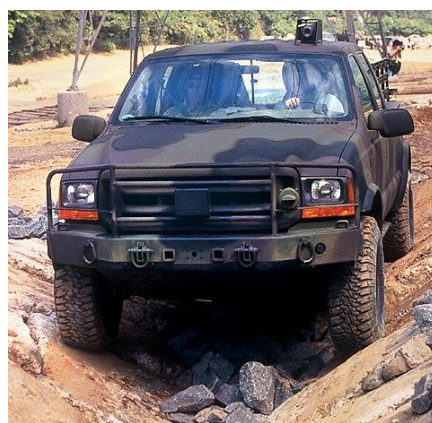
Posebna karakteristika ovog vozila je velika širina (2100mm) i mogućnost smanjenja visine sa 1800mm na 1400mm.

Može biti opremljeno mitraljezom Browning 12.7mm ili automatskim bacačima granata kalibra 30mm ili 40mm.

Osnovni nedostatak ovog vozila je visoka cena.



Sl.-4.3 Vozilo Hummer (HMMWV) [ 35 ]



Sl.-4.4 Vozilo COMBATT Ford F-350 [ 29 ]

### **Vozilo COMBATT Ford F-350**

Za manje zahtevne taktičke zadatke američka vojska je uočila da je neracionalno koristiti vozila Hummer pa je doneta odluka da se za takve zadatke koriste modifikovana laka komercijalna terenska točkaška vozila Pik-ap sa pogonom 4x4.

Ovaj program je dobio naziv COMBATT (COMercially BAsed Tactical Truck) i obuhvatio je tri Pik-ap vozila američkih proizvođača Dodge Ram, Ford F-350 i Chevrolet Silverado.

Vozilo koje bi se uvelo u operativnu upotrebu trebalo je biti 40% jeftinije, imati 80% operativnih sposobnosti i trošiti 40% manje goriva od vozila Hummer.

Evidentno je da je reč o jednostavnijim i slabijim vozilima u odnosu na vozila Hummer, ali niža cena i znatno niži troškovi eksploatacije su argumenti za uvođenje modifikovanih Pik-ap vozila u operativnu upotrebu.

Vozilo Ford F-350 [ 29 ] (Sl.-4.4) nudi se sa 5.4 litarskim V8 benzinskim motorom, snage 220kW (300KS) i obrtnim momentom od 365Nm ili 6.8 litarskim V10 benzinskim motorom snage 266kW (362KS) i obrtnim momentom od 457Nm.

U ponudi je i 6.4 litarski V8 turbodizel motor, snage 257kW (350KS) i obrtnim momentom od 650Nm.

Menjači su petostepeni automatski i šestostepeni manuelni.

Nosivost je 1408kg.

### **Vozilo Mercedes G270 CDI**

Mercedes-Benz-ovo terensko vozilo G-klase predstavlja veoma kvalitetno vozilo. Uporedo sa razvojem komercijalnog vozila, razvijen je i model za vojne potrebe.

Sva tehnička unapređenja primenjena na komercijalnim vozilima bila su dostupna i na vojnim modelima.

Model G270 CDI [ 53 ] (Sl.-4.5) se nudi u dve verzije, sa kraćim međuosovinskim razmakom (2.85) i sa troja vrata i sa dužim međuosovinskim razmakom (3.42m) i petoro vrata.

Maksimalna nosivost mu je 2000kg.

Uz vozilo se može dobiti i modularni oklop APS (Armour Protection System) koji se može montirati ili demontirati sa vozila za 8 sati sa svega 2 čoveka.

Osnovni nedostatak APS oklopa je masa koja iznosi 1000kg, a samo vozilo je osetljivo na dejstvo minskih sredstava.

Nemačke oružane snage, ovo vozilo, koriste pod nazivom "Wolf" u 50 različitih varijanti, a pre svega kao komadno, sanitetsko, vozilo veze i oklopljeno namenjeno specijalnim snagama.

Američki marinci ga koriste pod nazivom "IFAV" (Interim Fast Attack Vehicle) sa minimalnom oklopnom zaštitom i ugrađenim automatskim bacačem granata kalibra 40mm.

Vozilo pokreće 2.7 litarski dizel motor OM 612 DE 27 LA snage 115kW (156KS) i obrtnog momenta 370Nm. Menjač je petostepeni automatski, a pogon je permanentni (4x4). Nosivost vozila sa APS oklopmom je 750kg, autonomija 700km, klirens 265mm, a dubina gaza 660mm.



Sl.-4.5 Vozilo Mercedes G270 CDI [ 53 ]



Sl.-4.6 Vozilo Silverado Pik-ap [ 12 ]

### Vozilo Silverado Pik-ap

Od ukupnog broja lakih terenskih točkaških vozila u OS Kanade polovinu čine militarizovana laka komercijalna terenska točkaška vozila Silverado Pik-ap [ 12 ] (Sl.-4.6).

Ova vozila su opremljena 6.0 litarskim V8 benzinskim motorom, snage 265 kW (360KS) i obrtnim momentom od 660Nm.

Menjač je šestostepeni automatski.

Nosivost je 1880kg.



### Vozilo Pinzgauer 716 4x4

Vozilo Pinzgauer [ 60 ] predstavlja jedno od najuspešnijih rešenja namenski konstruisanih LVTTV, sposobnih za savlađivanje i najtežih terena.

Isporučuju se pod oznakom 716 (pogonska konfiguracija 4x4) i 718 sa pogonskom konfiguracijom 6x6, koja je dostupna i u oklopnoj verziji.

Verzija 716 4x4 (Sl.-4.7) ima 2.5 litarski dizel motor sa obrtnim momentom 280Nm. Nosivost je 1400kg, autonomija kretanja iznosi 800km, dubina gaza je 700mm, a odlikuje se i visokim klirensom od 360mm. Osnovni nedostatak ovog vozila, kao i svih namenski konstruisanih LVTTV je visoka cena.



Sl.-4.7 Vozilo Pinzgauer 716 4x4 [ 60 ]



Sl.-4.8 Vozilo Land Rover Defender 110 [ 42 ]

### Vozilo LAND ROVER Defender 110

Prvi model Land Rovera [ 42 ] izrađen je na šasiji Jeep-a 1948. godine sa pogonom na sva četiri točka (4x4).

Prve serije su imale aluminijumsku karoseriju i bile su opremljene četvorocilindričnim 2.5 litarskim višegorivim dizel motorom (dizel i palmino ulje). Otpornost aluminijuma na koroziju je bio jedan od faktora koji je izgradio reputaciju dugovečnosti Land Rovera i u najtežim uslovima eksploatacije.

Zbog svoje robusnosti i visokog nivoa terenskih sposobnosti vozila Land Rover Defender (Sl.-4.8) pored vojske i policije danas koriste i spasilačke službe, istraživači i svi oni kojima treba pouzdano i visoko prohodno terensko vozilo sa niskim troškovima eksploatacije.

Osnovne modifikacije vojnih modela Defendera u odnosu na civilne uključuju pojačan uređaj za oslanjanje, snažnije kočnice, 24 Voltnu elektroniku, konvojska svetla, automatski uređaj za gašenje požara, zatamnjena stakla i elemente za specijalnu opremu i prihvat naoružanja manjih kalibara i raketa.

Modifikacije zavise i od konkretne namene vozila koja mogu biti višenamenska, vozila veze, sanitetska, logistička, kao i platforme za mitraljeze i protivoklopne rakete.

Vozilo Land Rover Defender 110 može biti opremljeno 2.5 litarskim dizel motorom snage 91kW (122KS), 2.4 litarskim turbodizel motorom Td5, snage 91kW (122KS) sa obrtnim momentom 359Nm ili 3.9 litarskim benzinskim V8 motorom snage 136kW (182KS). Nosivost mu je 1500kg, a autonomija kretanja 700km.

### Vozilo IVECO LMV

IVECO je firma sa velikim iskustvom u razvoju i proizvodnji terenskih i teretnih vozila i to svoje iskustvo je primenila u razvoju novog lakog višenamenskog vozila IVECO LMV [ 36 ] (Light Multirole Vehicle) Sl.-4.9.

Vozilo se isporučuje kao standardno (bez oklopa) ili lako oklopljeno vozilo namenjeno određenim borbenim zadacima.

Može se koristiti za različite zadatke, patrolne, izviđačke, sanitetske, logističke, kao komandno vozilo, vozilo veze ili kao platforma na koju je moguće ugraditi lako i teško streljačko naoružanje kao i protivoklopne i protivvazduhoplovne raketne sisteme.

Ploče oklopne zaštite se postavljaju sa unutrašnje strane vozila i obezbeđuju 4 nivoa zaštite posade. Nivo 1 podrazumeva zaštitu od lakog streljačkog naoružanja kalibra 5.56 i 7.62mm, dok nivo 4 štiti posadu od naoružanja kalibra 14.5mm.

Vozilo sa osovinskim razmakom od 3.2m ima nosivost 2.3t, a sa osovinskim razmakom 3.5m, 2.5t. Svakako da se nosivost smanjuje srazmerno masi postavljenog oklopa.

Ugrađeni motor je IVECO F1D Common Rail dizel snage 136kW (185KS), a menjač je šestostepeni automatski. Autonomija kretanja je 500km, dubina gaza 850mm.

Protivminska zaštita je postignuta optimalnim koncepcijskim rešenjima kao što su: šasija u V obliku, veliki klirens od 473mm, smeštaj rezervoara za gorivo u zadnji deo vozila, izbegavanje postavljanja komponenti velike mase ispod kabine vozila, koje bi mogle ugroziti posadu u slučaju eksplozije, maksimalno udaljavanje točkova (posebno prednjih) od kabine kako bi se udarna snaga eksplozije prenela na prednji, odnosno zadnji deo vozila, sedišta posade koja imaju sigurnosne pojaseve, a pričvršćena su na bočne ploče vozila.

Kao dodatna zaštita u slučaju prevrtanja vozila, unutrašnjost kabine je ojačana cevastom konstrukcijom.



Sl.-4.9 Vozilo IVECO LMV [ 36 ]



Sl.-4.10 Vozilo Auerland A3L [ 2 ]

### Vozilo Auverland A3L

Auverland A3 [ 2 ] je lako vojno terensko točkaško vozilo i može se opisati kao francuska varijanta američkog Jeep-a. U operativnoj upotrebi u francuskim oružanim snagama je od 1988. godine.

Proizvodi se sa tri osovinska razmaka. Najmanji je 2.25m, a vozilo ima samo dva sedišta i veći teretni prostor. Uslovno rečeno standardni osovinski razmak je 2.65m, dok se za posebne verzije vozila koristi osovinski razmak od 3m.

Osnovna verzija je A3L (Sl.-4.10) sa dvoja vrata maksimalne mase 2250kg, dok vozilo sa četvero vrata ima maksimalnu masu 2500kg. Sve verzije vozila mogu imati meki ili tvrdi krov.

Motor ima 66kW (90KS). Pogon je na sva četiri točka (4x4), nosivost 1055kg, klirens 250mm, a dubina gaza 600mm.

### Vozilo Auverland A4

Auverland A4 [ 3 ] (Sl.-4.11) je lako oklopljeno vojno terensko točkaško vozilo, a produžena varijanta ima oznaku A4 FAST.

Vozilo se može transportovati avionima, zbog čega su mu ograničene dimenzije (visina 2.1 m, i širina 2m).

Nosivost mu je 1130kg, a maksimalna masa 5000kg. Motor ima 107kW (145KS), pogon je na sva četiri točka (4x4), klirens 272mm, a dubina gaza 535mm i autonomija kretanja 800km.

Kabina i motor su oklopljeni aluminijumskim i čeličnim pločama, koje ih štite od lakog streljačkog naoružanja.

Vozilo može da preveze do 7 vojnika i može biti opremljeno širokim spektrom naoružanja.



Sl.-4.11 Vozilo Auverland A4 [ 3 ]



Sl.-4.12 Vozilo Gavial [ 33 ]

### Vozilo Gavial

Auverland A4 je poslužio kao osnova za razvoj novog lako oklopljenog terenskog točkaškog vozila Panhard A4 AVL, a ovo vozilo je za potrebe nemačke vojske firma Rheinmetall modifikovala radi ugradnje posebne dodatne opreme i naoružanja i dobilo je naziv Gavial [ 33 ].

Vozilo Gavial (Sl.-4.12) ima dobru terensku pokretljivost, odgovarajuću zaštitu posade i mogućnost prevoza helikopterom.

Pokreće ga dizel motor OM612 DE 27 LA snage 115kW (156KS). Menjač je šestostepeni automatski, maksimalna masa je 4500kg, nosivost 850kg, autonomija kretanja je oko 650km.

Opremanje vozila i oklopna zaštita su modularnog karaktera u skladu sa zahtevima naručioca.

### **Vozilo Dingo II APV**

Vozilo Dingo II APV [ 20 ] (All Protected Vehicle) (Sl.-4.13) je lako oklopljeno višenamensko vozilo pešadije konstruisano na šasiji vozila Unimog 5000.

Opremljeno je oklopnim kavezom koji štiti rezervoar za gorivo, odeljenje za smeštaj ljudstva, motorno i prtljažno odeljenje. Modularni oklop obezbeđuje zaštitu od svih vrsta ručnog streljačkog naoružanja kao i fragmenata granata kalibra do 155mm. Izvedba šasije u V obliku omogućava određeni nivo zaštite od protivtenkovskih i nagaznih mina.



Sl.-4.13 Vozilo Dingo II APV [ 20 ]

Dostupno je u dve varijante. Kraća varijanta ima međuosovinsko rastojanje 3250 mm i 5 članova posade, a duža varijanta ima međuosovinski razmak 3850mm i 8 članova posade.

Korisna nosivost mu je 1200kg, autonomija kretanja 1000km, a zbog transporta određenim tipovima aviona i helikoptera maksimalna dozvoljena masa vozila je 11900kg.

Pogonski motor je turbo-dizel snage 160kW (218KS), a opremljen je i integrisanim NBH (Nuklearno Biološko Hemijski) uređajem sa filtriranjem vazduha, GPS navigacijom, kamerama sa prednje i zadnje strane vozila kao i radio-komunikacijskom opremom.

Na krov vozila mogu se postaviti određene vrste naoružanja.

Izvedbe vozila mogu biti kao izviđačko, komandno, sanitetsko, vozilo veze itd.

### Vozilo UAZ HUNTER

Uralski automobilski zavod (UAZ) proizvodi više modela lakih vojnih terenskih točkaških vozila koje pored dobrih terenskih mogućnosti odlikuje veoma pristupačna cena.

Jedan od tih modela je i vozilo UAZ HUNTER [ 1 ] (Sl.-4.14) sa 2.7 litarskim benzinskim motorom snage 94kW (128KS) sa direktnim ubrizgavanjem, servo volanom, petostepenim manuelnim menjačem, pogonom na zadnje točkove ili na sva četiri točka (4x4).

Nosivost mu je 750kg, a klirens 210mm.



Sl.-4.14 Vozilo UAZ HUNTER [ 77 ]



Sl.-4.15 Vozilo GAZ 2975 Tigr [ 34 ]

### Vozilo GAZ 2975 Tigr

Vozilo GAZ 2975 Tigr, [ 34 ] (Sl.-4.15) je vojna modifikacija komercijalnog vozila GAZ 2330, koje nazivaju "ruski hamer".

Opremljeno je Cummins-ovim dizel motorom B-180 sa turbo punjačem i vazдушnim hlađenjem, a menjač je petostepeni manuelni.

Nezavisno vešanje svih točkova preko torzionih štapova, teleskopski amortizeri i centralna regulacija pritiska u pneumaticima omogućavaju veoma visoke terenske karakteristike i maksimalnu brzinu van puteva od 80km/h, a na putevima 140km/h.

Nosivost mu je 1500kg, a vozilo može savladati vodenu prepreku dubine do 1,5m. Mehanička osnova vozila je unificirana sa vozilom BTR-80 (imaju identično oslanjanje).

### Vozilo MOWAG Eagle IV 4x4

Vozilo Eagle je razvijano kroz četiri serije. Eagle I i Eagle II se koriste u švajcarskoj vojsci kao laka oklopna izviđačka vozila, a Eagle III je osmatračko vozilo artiljerije sa znatno savremenijom komunikacijskom opremom i opremom za osmatranje i nadzor.

Vozilo MOWAG Eagle IV, 4x4 [ 56 ] (Sl.-4.16) je poslednja serija, koja je dostupna na tržištu od 2003. godine kao izviđačko vozilo, osmatračko vozilo artiljerije, komandno vozilo i vozilo vojne policije.

Nosivost mu je povećana na 2400kg, a smanjenjem širine za 120mm omogućen je istovremeni transport dva vozila Eagle IV avionima Hercules C-130.

Povećana mu je balistička i protivminska zaštita, a vozilo je dostupno i u neoklopljenoj verziji.

Za potrebe nemačkih oružanih snaga predviđeno je da vozila budu opremljena DUBS-om (Daljinski upravljana borbena stanica).

U vozilo je ugrađen 6.5 litarski V8 turbodizel motor snage 139kW (190KS) i obrtnog momenta 515Nm sa automatskim menjačem.

Autonomija kretanja van puteva je 450km, a dubina gaza 760mm.



Sl.-4.16 Vozilo MOWAG Eagle IV 4x4 [ 56 ]



Sl.-4.17 Vozilo Type 73 KOGATA [ 76 ]

### Vozilo Type 73 KOGATA

Japansko lako vojno terensko točkaško vozilo poslednje generacije Type 73 KOGATA [ 76 ] (Sl.-4.17) je razvijeno na šasiji komercijalnog džipa Mitsubishi PAJERO. Ima korisnu nosivost 440kg, a posadu čini 6 članova.

Na vozilo mogu biti ugrađene različite vrste naoružanja uključujući mitraljeze i protivtenkovske rakete, a može biti i dodatno oklopljeno.

Pokreće ga četvorocilindrični dizel motor snage 90kW (123KS) sa manuelnim ili automatskim menjačem.



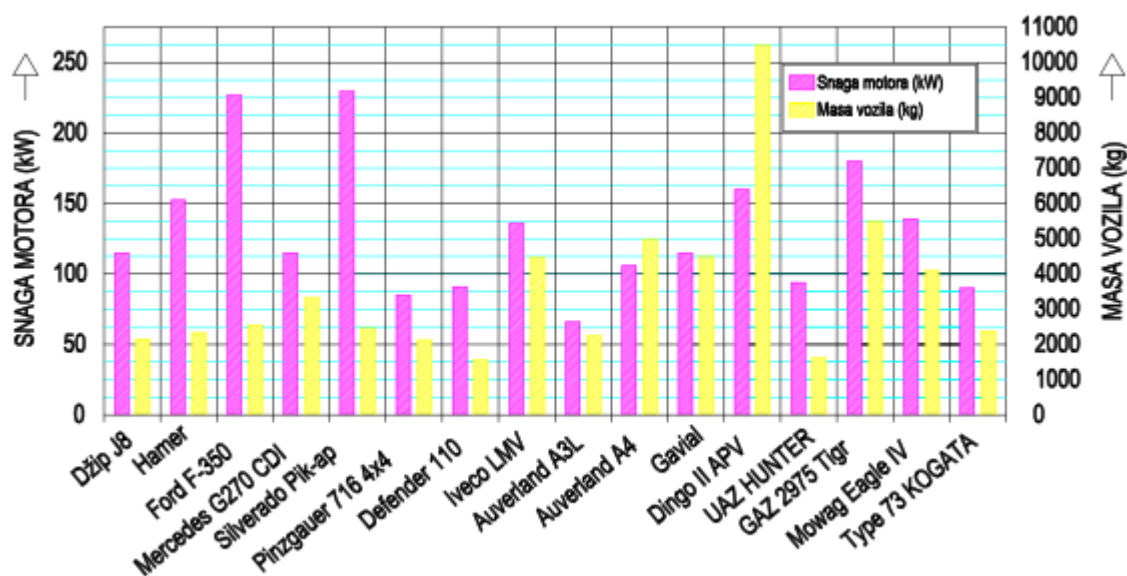




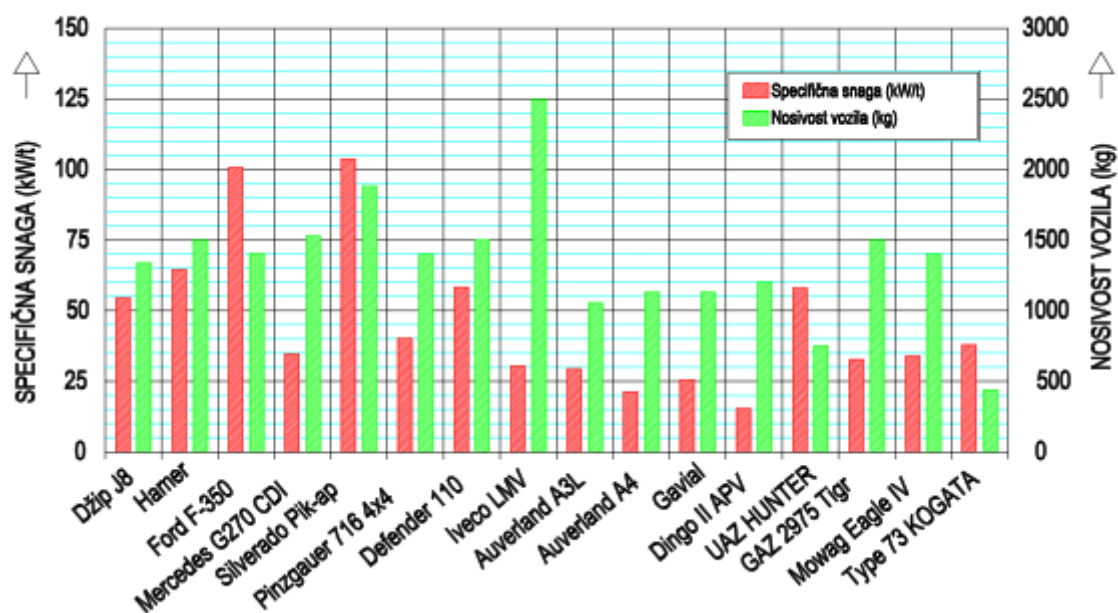
### 4.1.3 Usporedni prikaz karakteristika LVTTV

Masa vozila, snaga motora i specifična snaga su parametri koji definišu pokretljivost vozila kao jedan od tri osnovna parametra, uz vatrenu moć i oklopnu zaštitu za ocenu borbenih vozila.

Usporedni prikaz snage motora i mase vozila opisanih u prethodnoj tački dat je dijagramski na Sl.-4.18, a specifične snage i nosivosti vozila na Sl.-4.19.



Sl.-4.18 Usporedni prikaz snage motora i mase LVTTV



Sl.-4.19 Usporedni prikaz specifične snage i nosivosti LVTTV

#### 4.1.4 Analiza karakteristika LVTTV

Kada se analiziraju borbena vozila, osnovni parametri koji definišu uspešnost rešenja su vatrena moć, pokretljivost i oklopna zaštita [ 25 ], [ 26 ].

Prvenstvena namena LVTTV je transport ljudstva i snadbevanje jedinica, tako da su ona u većini slučajeva opremljena lakim pešadijskim naoružanjem ugrađenim na vozila.

Stoga se može zaključiti da vatrena moć takvih vozila nije u prvom planu.

Osnovni zadatak ovih vozila (transport ljudstva i logistika) obezbeđuje se velikom pokretljivošću i prohodnošću na putevima i van puteva, u svim meteorološkim uslovima i uslovima okoline.

Za ostvarenje ovog zadatka LVTTV su projektovana tako da imaju što manju masu i što veću snagu motora, tako da specifična snaga vozila bude što veća, kao i što veću nosivost.

Analizirana LVTTV imaju prosečnu snagu motora 136.25kW (bez Dinga APV 134.67kW), masu praznog vozila 3.467kg (2.905kg), nosivost 1354kg (1.364kg) i specifičnu snagu od 39.30kW/t (41.02kW/t).

U pogledu snage motora od proseka znatno odstupanju američka vozila Ford F-350 i Silverado Pik-ap sa veoma snažnim pogonskim agregatima (266kW, 268kW) pri čemu je očigledno da je parametar ekonomičnosti (potrošnja goriva) stavljen u drugi plan.

Manja masa praznog vozila omogućava povećanje nosivosti, a time i dostizanje određenog nivoa oklopne zaštite pri čemu masa oklopne zaštite direktno smanjuje raspoloživu nosivost vozila i specifičnu snagu.

Primer ovoga je vozilo Dingo II APV (potpuno oklopljeno vozilo), čija masa dostiže 11.900kg sa nosivošću od 1.200kg i specifičnom snagom 13,45kW/t.

Primenom aluminijuma za izradu šasija LVTTV vozila (Defender 110) smanjuje se masa praznog vozila, ali ovaj koncept i pored povećanja veka trajanja vozila nije prihvaćen već se u konstrukciji čeličnih šasija primenjuje maksimalna optimizacija u cilju smanjenja mase i postizanja što veće krutosti i nosivosti.

Specifična snaga, kao osnovni parametar pokretljivosti najveća je kod vozila sa najsnažnijim pogonskim agregatima (vozila Ford F-350 i Silverado Pik-ap), ali i pored toga ova vozila nisu široko rasprostranjena, verovatno zbog visokih troškova eksploatacije. Najmanju specifičnu snagu ima potpuno oklopljeno vozilo Dingo II APV (13.45kW/t).

Od prosečne nosivosti vozila najviše odstupaju vozila Iveco LMV sa nosivošću od 2.500kg i vozilo Type 73 KOGATA sa svega 440kg.

Osnovni nedostatak namenski konstruisanih i razvijenih LVTTV je **visoka cena**.

## 4.2 Analiza performansi savremenih lakih komercijalnih terenskih točkaških vozila (LKTTV) Pik-ap

Savremena laka komercijalna terenska točkaška vozila (LKTTV) u Pik-ap verziji danas su u proizvodnom programu gotovo svih ozbiljnih svjetskih proizvođača automobila.

Ova vozila imaju respektivne maksimalne brzine kretanja na putevima, kao i van puteva, robusnu konstrukciju, visoku pouzdanost, snažne pogonske agregate koji uz relativno malu masu omogućavaju visoku pokretljivost, niske troškove eksploatacije i nisku cenu koštanja zbog gotovo masovne proizvodnje.

U ovom poglavlju su dati opis i osnovne tehničke karakteristike LKTTV u Pik-ap verziji (bez karakteristika koje definišu bezbednost, komfor i udobnost) nekih svjetskih proizvođača automobila.

### 4.2.1 Opis LKTTV Pik-ap

#### Pik-ap Toyota HILUX

Proizvodnja vozila Toyota Pik-ap HILUX je započeta 1968. godine. Najnovija generacija ovog vozila je dostupna u više verzija karoserija: mono (Single Cab), produžena (Extra Cab) i dupla (Double Cab) kabina, sa pogonom na zadnje (2WD) i sva četiri točka (4WD), sa dva motora različitih zapremina i dva menjača.

Savremeni Pik-ap Toyota HILUX sa duplom kabinom (Sl.-4.20) [ 73 ] ima ugrađen 3.0 litarski dizel motor, snage 126kW (171KS) i obrtnog momenta 360Nm, petostepeni manuelni ili automatski menjač, klirens 212mm, nosivost 865kg, a ukupna masa vozila je 2730kg.



Sl.-4.20 Pik-ap Toyota HILUX  
Double Cab [ 73 ]



Sl.-4.21 Pik-ap Nissan NAVARA  
Double Cab [ 81 ]

#### Pik-ap Nissan NAVARA

Kompanija Nissan svoj Pik-ap NAVARA isporučuje tržištu u dve verzije karoserije: sa produženom kabinom (King Cab) i duplom kabinom (Double Cab).

Nissan NAVARA Pik-ap sa duplom kabinom (Sl.-4.21) [ 81 ] pokreće novi 3.0 litarski dizel motor V6 sa 144kW (231KS) i obrtnim momentom od 550Nm i petostepenim automatskim menjačem. Pogon je na sva četiri točka (4WD) ili samo na zadnje točkove (2WD). Masa vozila je 3010kg, a nosivost 845kg.

### **Pik-ap Toyota TACOMA TX Pro**

Toyota TACOMA TX Pro (Sl.-4.22) [ 74 ] sa mono kabinom (Regular Cab) ima 4.0 litarski motor V6, snage 174kW (236KS) i obrtnog momenta od 317Nm i petostepeni automatski menjač, dok je pogon na sva četiri točka (4x4).

Ovaj Pik-ap je dostupan i u verzijama karoserije Access Cab, Double Cab Short Bed i Double Cab Long Bed. Pored navedenog motora ugrađuje se i 2.7 litarski motor snage 116kW i obrtnog momenta od 215Nm.

Opcije menjača su četvorostepeni automatski i šestostepeni manuelni i automatski, pored petostepenog automatskog menjača.

Masa praznog vozila je 2420kg, klirens 236mm, a nosivost 1360kg.



Sl.-4.22 Pik-ap Toyota TACOMA TX Pro  
Single Cab [ 74 ]



Sl.-4.23 Pik-ap Suzuki EQUATOR  
Crew Cab [ 67 ]

### **Pik-ap Suzuki EQUATOR**

Pik-ap Suzuki EQUATOR Crew Cab (Sl.-4.23) [ 67 ] je kompanija Suzuki razvila za američko tržište u saradnji sa kompanijom Nissan.

Opremljen je 2.5 litarskim motorom L4 koji razvija 112kW (152KS) ili 4.0 litarskim motorom V6 sa 192kW (261KS) i obrtnim momentima od 232Nm i 381Nm respektivno.

Model sa L4 motorom ima petostepeni manuelni ili automatski menjač, dok model sa V6 motorom ima ugrađen petostepeni automatski menjač.

Masa praznog vozila iznosi 1669kg, klirens je 221 mm, a nosivost 1256kg.

### Pik-ap Isuzu D-MAX

Kompanija Isuzu je prvi svoj Pik-ap ponudila tržištu 1963.godine pod nazivom "Wasp". Poslednja generacija Isuzu Pik-ap vozila ima oznaku D-MAX (SI.-4.24) [ 37 ] i opremljena je 2.5 litarskim dizel motorom 4JK1, snage 120kW (163KS) i obrtnog momenta 400Nm.

Menjač je šestostepeni manuelni ili automatski.

Masa praznog vozila u verziji sa duplom kabinom (4 vrata) i pogonom na sva četiri točka (4x4) iznosi 1992kg, ukupna masa 3050kg, a nosivost 1058kg. Klirens ovog vozila je 235mm, a dubina gaza 600mm pri brzini kretanja kroz vodu od 9km/h, odnosno 360mm u statičkim uslovima.



SI.-4.24 Pik-ap Isuzu D-MAX [ 37 ]



SI.-4.25 Pik-ap Mitsubishi GLX-R  
Double Cab 4x4 [ 52 ]

### Pik-ap Mitsubishi GLX-R Double Cab 4x4

Kompanija Mitsubishi u svojoj ponudi ima Pik-ap vozila sa mono kabinom (Single Cab) i pogonom na zadnje točkove (4x2) i benzinskim i dizel motorima.

Nudi i Pik-ap sa duplom kabinom (Double Cab), pogonom 4x2 i dizel motorom. Vozila sa pogonom na sva četiri točka (4x4) i dizel motorima nude se u varijantama karoserije: mono kabina (Single Cab), produžena kabina (Club Cab) i dupla kabina (Double Cab).

Pik-ap Mitsubishi GLX-R, Double Cab, 4x4 (SI.-4.25) [ 52 ] ima 2.5 litarski "high power" dizel motor snage 131 kW (178KS) sa obrtnim momentom 400Nm i četvorostepenim automatskim ili petostepenim automatskim, odnosno manuelnim menjačem.

Masa praznog vozila je 1975kg, klirens 205mm, a nosivost 955kg.

### Pik-ap Mazda BT-50 Double Cab 4x4

Kompanija Mazda je započela proizvodnju Pik-apa BT-50 2006.godine.

Pik-ap Mazda BT-50 Double Cab 4x4 (SI.-4.26) [ 45 ] ima 2.5 litarski, turboprihranjivani OHC dizel motor snage 105kW (143KS) sa obrtnim momentom 330Nm. Menjač je petostepeni manuelni.

Masa praznog vozila je 1940kg, a nosivost 1040kg.

### Pik-ap Mahindra BOLERO Double Cab 4x4

Mahindrin Pik-ap BOLERO sa duplom kabinom i pogonom na sva četiri točka (Sl.-4.27) [ 44 ] ima 2.6 litarski dizel motor snage 46kW (63KS) i petostepeni manuelni menjač.

Masa praznog vozila je 1710kg, a nosivost 1250kg.



Sl.-4.26 Pik-ap Mazda BT-50  
Double Cab 4x4 [ 45 ]



Sl.-4.27 Pik-ap Mahindra BOLERO  
Double Cab 4x4 [ 44 ]

### Pik-ap Land Rover DEFENDER 110

Britanski Rover je modifikacijom džipa Defender 110 realizovao Pik-ap Land Rover DEFENDER 110 (Sl.-4.28) [ 42 ].

Zahvaljujući svojoj osnovi dobijen je Pik-ap koji pored visoke prohodnosti, pouzdanosti, ekonomičnosti i dugog veka eksploatacije ima i mogućnost transporta različitih tereta u tovarnom sanduku.

Pogoni ga 2.5 litarski TDI dizel motor, snage 83kW (113KS) i obrtnog momenta 265Nm, sa petostepenim manuelnim menjačem.

Masa praznog vozila je 1885kg, a nosivost 1075kg.



Sl.-4.28 Pik-ap Land Rover  
DEFENDER 110 [ 42 ]



Sl.-4.29 Pik-ap VW AMAROK [ 80 ]

### **Pik-ap VW AMAROK**

Nemački koncern Volkswagen je proizveo novi Pik-ap pod nazivom AMAROK (Sl.-4.29) [ 80 ] koristeći iskustva iz proizvodnje i eksploatacije teretnih vozila i džipova.

Rezultat je snažno, robusno, ekonomično lako terensko točkaško vozilo visoke pokretljivosti i prohodnosti.

Vozilo ima mogućnost izbora pogona na dva ili četiri točka, duplu kabinu i opremljeno je 2.0 litarskim TDI, BiTDI i BiTDI Autommatic dizel motorima snage 103kW (140KS) i 132kW (180KS) sa obrtnim momentima 340Nm, 400Nm i 420Nm respektivno.

Menjač je šestostepeni manuelni.

Masa praznog vozila zavisi od ugrađenog motora i iznosi od 2058kg do 2108kg, a nosivost od 1062kg do 1112kg, tako da je ukupna masa 3170kg. Klirens je 265mm.

### **Pik-ap Ford RANGER Wildtrak 4x4**

Američki Ford nudi tržištu novi Pik-ap RANGER u tri verzije karoserije: Regular Cab sa pogonom 4x2 ili 4x4, Duratorq dizel TDCi motorima od 2.2 litre snage 88kW (120KS), 92kW (125KS) i 110kW (150KS) opciono i šestostepenim manuelnim menjačem, Super Cab 4x2 ili 4x4 i Double Cab 4x4.

Pik-ap Ford RANGER Wildtrak 4x4 (Sl.-4.30) [ 30 ] je dostupan u verzijama karoserije Super Cab i Double Cab sa Duratorq dizel TDCi motorima od 2.2 litre, snage 110kW (150KS) i 3.2 litre, snage 147kW (200KS), obrtnih momenata 375Nm i 470Nm i šestostepenim manuelnim ili automatskim menjačem.

Masa praznog vozila iznosi 2048kg, nosivost je 1077kg, klirens je 229mm, a dubina gaza 800mm.



Sl.-4.30 Pik-ap Ford RANGER [ 30 ]



Sl.-4.31 Pik-ap Dodge DAKOTA  
Wildtrak 4x4 [ 21 ]



Sl.-4.32 Pik-ap Chevrolet COLORADO [ 13 ]

### **Pik-ap Dodge DAKOTA**

Pik-ap Dodge DAKOTA (Sl.-4.31) [ 21 ] je po gabaritima i nosivosti jedno od najvećih vozila u svojoj klasi.

Pogonski agregati su benzinski motori od 3.7l SOHC V-6, snage 157kW (210KS) sa obrtnim momentom od 319Nm i 4.7l SOHC V-8, snage 170kW (230HP) i obrtnog momenta od 400Nm.

Menjači su šestostepeni manualni i četvorostepeni i petostepeni automatski.

Masa praznog vozila je 2751 kg, klirens 204mm, a nosivost 1650kg.

### **Pik-ap Chevrolet COLORADO**

Ovo američko Pik-ap vozilo dostupno je u tri verzije karoserije: Extended Cab sa tovarnim sandukom dužine 2.05m i Crew Cab sa dužinama tovarnog sanduka 1.70m i 2.05m.

Pik-ap Chevrolet COLORADO Crew Cab (Sl.-4.32) [ 13 ] sa pogonom na sva četiri točka i dužinom tovarnog sanduka 2.05m, može biti opremljen sa 2.5 ili 3.6 litarskim dizel motorima snage 149kW i 227kW i obrtnih momenata 259Nm i 365Nm respektivno.

Može imati šestostepeni manualni ili automatski menjač sa pogonom na dva (2WD) ili sva četiri točka (4WD).

Masa praznog vozila je 2019kg, klirens 206mm, a nosivost 689kg.



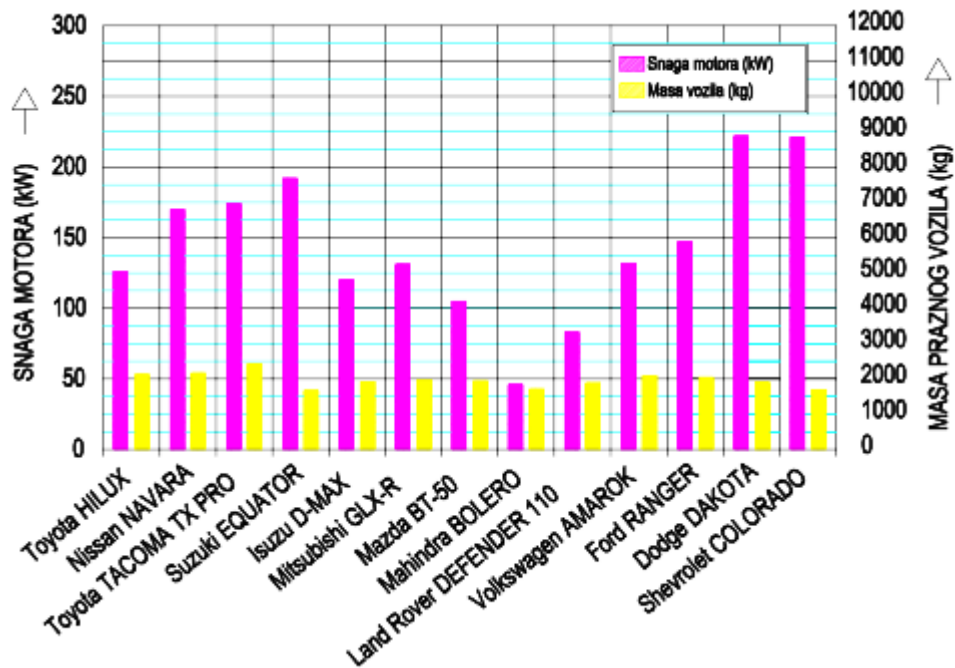




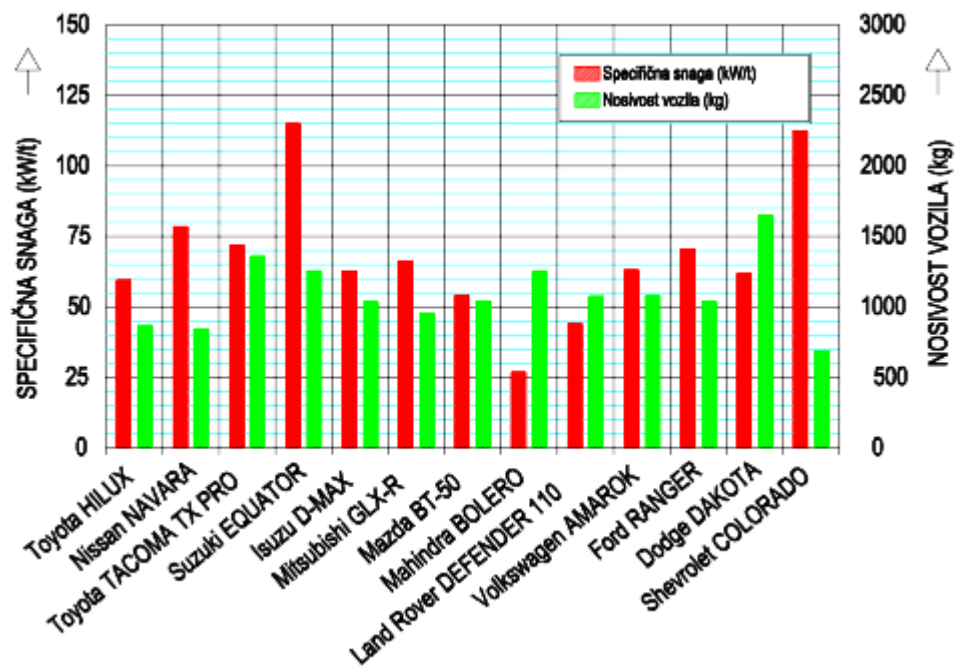
### 4.2.3 Uporedni prikaz karakteristika LKTTV Pik-ap

Masa vozila, snaga motora i specifična snaga su parametri koji definišu pokretljivost vozila, a nosivost Pik-ap vozila definiše maksimalnu dopunsku masu kojom je moguće opteretiti vozilo.

Uporedni prikaz snage motora i mase Pik-ap vozila opisanih u prethodnoj tački dat je dijagramski na Sl.-4.33, a specifične snage i nosivosti na Sl.-4.34.



Sl.-4.33 Uporedni prikaz snage motora i mase LKTTV Pik-ap



Sl.-4.34 Uporedni prikaz specifične snage i nosivosti LKTTV Pik-ap

#### 4.2.4 Analiza karakteristika LKTTV Pik-ap

LKTTV Pik-ap vozila po svojim karakteristikama (snaga motora, mase praznog vozila, specifična snaga i nosivost) su do određene mere slična LVTTV.

Kao i LVTTV poseduju visoku pokretljivost i prohodnost, velike brzine kretanja na putevima i van puteva, mogućnost savlađivanja vodenih prepreka određene dubine i što je veoma bitno imaju daleko nižu nabavnu cenu uz znatno niže trošove eksploatacije.

Iz Tabele 4.2 se može izračunati da analizirana LKTTV Pik-ap imaju prosečnu snagu motora 140.23kW, masu praznog vozila 2.057kg, specifičnu snagu 68.23kW/t i nosivost 1.088kg.

U pogledu snage motora LKTTV Pik-ap vozila za američko tržište (Nissan Navara, Toyota TACOMA TX PRO, Suzuki EQUATOR, Dodge Dakota i Chervolet COLORADO) imaju snagu motora znatno iznad proseka, dok Pik-ap Mahindra BOLERO ima snagu motora znatno ispod proseka (46kW prema 140.23kW).

Masa praznih analiziranih LKTTV Pik-ap vozila se kreće veoma blizu proseka od 2.057kg.

U pogledu specifične snage motora znatno od proseka (68.23kW/t) odstupaju naviše Suzuki EQUATOR (115.04kW/t) i Chevrolet COLORADO (112.43kW/t), a naniže Pik-ap Mahindra BOLERO sa svega 26.90kW/t i Land Rover DEFENDER 110 sa 44.03kW/t.

Prosečna masa analiziranih praznih Pik-ap vozila iznosi 2.057kg i sva vozila imaju masu približnu prosečnoj osim vozila Dodge DAKOTA (2.751kg) i Toyota TACOMA TX PRO (2.420kg).

Nosivost analiziranih LKTTV Pik-ap vozila je u proseku 1.088kg pri čemu su odstupanja od ovog proseka najizraženija kod vozila Dodge DAKOTA (1.650kg) i Chevrolet COLORADO (689kg).

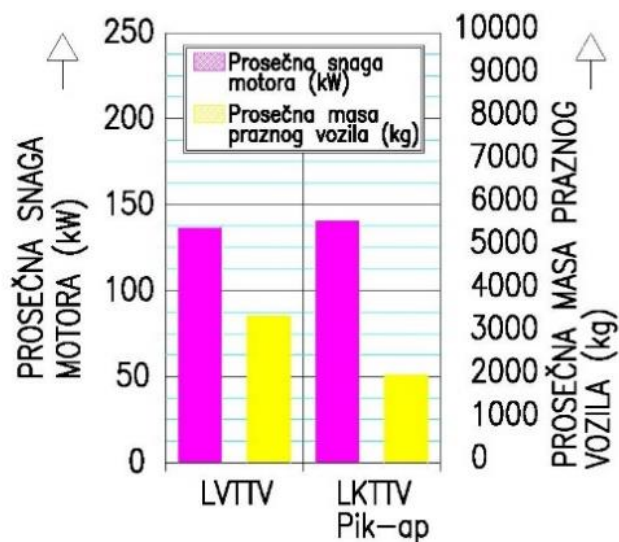
Osnovna prednost LKTTV Pik-ap vozila je masovna proizvodnja, niska nabavna cena i niži troškovi eksploatacije.

#### 4.3 Uporedna analiza karakteristika LVTTV i LKTTV Pik-ap

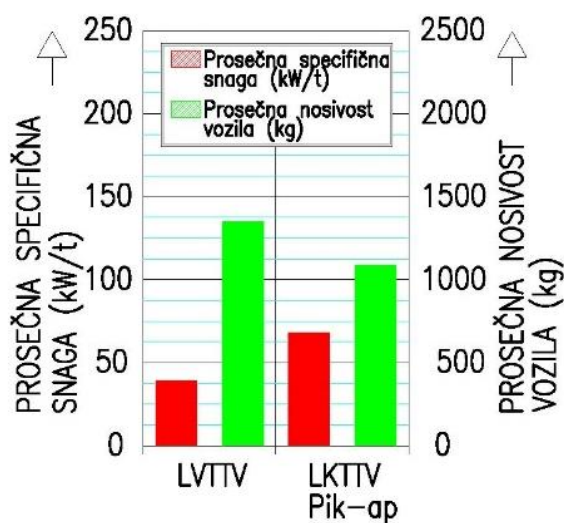
Na osnovu karakteristika LVTTV i LKTTV Pik-ap datih u Tabelama 4.1 i 4.2 i na dijagramima Sl.-4.18, Sl.-4.19, Sl.-4.33 i Sl.-4.34 izračunate su prosečne vrednosti snage motora, mase praznog vozila, specifične snage i nosivosti vozila za analizirana LVTTV i LKTTV Pik-ap i prikazane na dijagramima Sl.-4.35 i Sl.-4.36.

Sa Sl.-4.35 vidi se da je prosečna snaga motora (kW) gotovo indentična za LVTTV i LKTTV Pik-ap vozila, što upućuje na zaključak da se pri razvijanju vojnih i komercijalnih Pik-ap vozila polazi od istih agregata dostupnih na tržištu. Svakako da su motorski uređaji prilagođeni specifičnim uslovima eksploatacije i namene ove dve vrste vozila.

U pogledu prosečne mase praznih LVTTV i LKTTV Pik-ap vozila evidentno je da je prosečna masa praznih vojnih vozila i do 70% veća od komercijalnih Pik-ap vozila. Razlog tome je svakako robusnija konstrukcija vojnih vozila kao i određeni nivo oklopne zaštite.



Sl.-4.35 Uporedni prikaz prosečne snage motora i mase praznih vozila



Sl.-4.36 Uporedni prikaz prosečne specifične snage i nosivosti vozila

Prosečna specifična snaga (kW/t) LVTTV je znatno manja od prosečne snage LKTTV Pik-ap vozila (Sl.-4.36), što je rezultat veće prosečne mase praznih vojnih vozila pri gotovo identičnoj prosečnoj snazi motora koji se ugrađuju u ova vozila.

Prosečna nosivost LVTTV (Sl.-4.36) je za približno 25% veća u odnosu na LKTTV Pik-ap vozila čime se ostavlja mogućnost da vojna vozila mogu biti do određenog nivoa oklopljena bez degradacije ostalih karakteristika vozila.

## 4.4 Postojeći sistemi naoružanja pogodni za primenu na LKTTV Pik-ap

Evidentno je da se na laka vojna terenska točkaška vozila (LVTTV) ugrađuju određene vrste naoružanja pre svega mitraljez Browning 12.7mm i bestrzajni topovi.

U lokalnim oružanim sukobima, posebno u Africi koriste se u poslednje vreme laka komercijalna terenska točkaška vozila (LKTTV) Pik-ap na koja se, uz visok stepen improvizacije postavljaju različiti sistemi naoružanja, a čime se najčešće degradiraju karakteristike i vozila i naoružanja.

Od postojećih sistema naoružanja pogodnih za ugradnju na LKTTV (Pik-ap) izdvajamo: mitraljeze, topove, višecevne bacače raketa (VBR), automatske bacače granata (ABG) i rakete.

U tački 4.4.1 dat je opis naoružanja, a u Tabeli 3 taktičko-tehničke karakteristike naoružanja.

### 4.4.1 Opis naoružanja

#### MITRALJEZI

##### Mitraljez 7,62mm PKT

Mitraljez 7,62mm PKT [ 47 ] (SI.-4.37) namenjen je za neutralisanje nezaklonjenih vatrenih sredstava i uništavanje žive sile, kao i za montažu na tenkove i borbena vozila pešadije kao spregnuti mitraljez. Jednostavno se montira na različita borbena vozila. Posедуje elektrookidač, a ima i mogućnost mehaničkog okidanja. Municija kalibra 7,62mm x 54R je smeštena u dve vrste municijskih kutija sa 100 odnosno 250 metaka.

Masa oružja je 10.5kg, a dužina 1100mm.

Oružje radi na principu pozajmice barutnih gasova, automatski sa brzinom paljbe 700-800 met/min, a maksimalni efektivni domet je 1000m.



SI.-4.37 Mitraljez 7,62mm PKT [ 47 ]

##### Mitraljez 12,7mm M87 (NSV)

Mitraljez 12.7mm, M87 [ 49 ] (SI.-4.38) namenjen je za gađanje ciljeva u vazduhu do 1500m i ciljeva na zemlji do 2000m, za dejstvo protiv žive sile, neoklopljenih i lako oklopljenih vozila, vatrenih tačaka i niskoletećih ciljeva u vazdušnom prostoru.

Kada se ugrađuje na tenkove i oklopna vozila postavlja se na rotirajuće postolje i njegova primarna uloga je da pruži protivvazduhoplovnu zaštitu.

Koristi municiju kalibra 12.7x107mm. Masa oružja je 25kg, municijske kutije 3.5kg, a jednog ređenika (60 metaka) 12.5kg. Dužina oružja je 1560mm. Radi na principu pozajmice barutnih gasova, a brzina paljbe je minimalno 700 metaka/minuti.



Sl.-4.38 Mitralski puškalet 12.7mm M87 (NSV) [ 49 ]

### Mitralski puškalet 7.62mm M84

Mitralski puškalet 7.62mm M84 [ 48 ] (Sl.-4.39) namenjen je za uništavanje neprijateljske žive sile, vatrenih tačaka, neoklopljenih i lako oklopljenih vozila, a može se koristiti i protiv niskoletećih ciljeva u vazdušnom prostoru.

Nišanska daljina gađanja je do 1500m, a efikasan domet je 1000m.

Najbolji rezultati se postižu na daljinama do 600m. Dejstvuje se kratkim rafalima (do 10 metaka), dugim rafalima (do 25 metaka) i neprekidnom paljbom. Teoretska brzina gađanja je 700 metaka/minut, a praktična oko 250 metaka/ minut.

Kada se nalazi u ulozi mitraljeza, M84 se postavlja na postolje (tronožac), koje obezbeđuje bolju stabilnost pri gađanju, znatno povećava preciznost vatre i omogućava dejstvo protiv ciljeva u vazduhu.

U ulozi puškomitraljeza, M84 dejstvuje sa sklapajućih nožica.

Masa oružja je 10kg, a dužina 1175mm.



Sl.-4.39 Mitralski puškalet 7.62mm M84 [ 48 ]

### Teški mitraljez 12.7mm BROWNING M2HB

Teški mitraljez 12.7mm BROWNING M2HB [ 50 ] (SI.-4.40) razvijen je 1932. godine u kompaniji Colt (SAD) i još uvek predstavlja najrasprostranjeniji teški mitraljez na svetu.

Namenjen je za uništavanje žive sile, neoklopljenih i lako oklopljenih vozila vatrenih tačaka, niskoletućih aviona i helikoptera i manjih plovniha objekata na daljinama do 2000m.

Koristi ga pešadija, a ugrađuje se na borbena vozila, avione, helikoptere i brodove. Koristi metak 2.7x99mm (.50BMG) automatskom paljbom, a radi na principu usporenog trzanja zatvarača.

Brzina gađanja je do 500 metaka/minut, masa oružja 38.22kg, a dužina 1653 mm.

Efektivni domet je 1850m, a maksimalni domet 6830m.

U pešadijskoj varijanti postavlja se na tronožac MZ ili na protivvazduhoplovno (PV) postolje M63. Na borbena vozila se postavlja kao PV mitraljez otvorene ugradnje ili u okviru DUBS-a.



SI.-4.40 Teški mitraljez 12.7mm BROWNING M2HB [ 50 ]

### Teški mitraljez 14.5mm KPVT

Konstruisan je 1941. godine kao protivtenkovski automatski top. Koristi municiju 14.5x115mm, koja na 500m ima probojnost 30mm.

Teški mitraljez 14.5mm KPVT [ 51 ] (SI.-4.41) se od 60-tih godina prošlog veka ugrađuje na borbena vozila BTR-70 i BTR-80 kao i na BRDM-2.

Masa oružja je 52.2kg, dužina 1980mm, radi automatski na principu kratkog trzanja cevi, a brzina paljbe je 50 do 100 metaka/minut, dok maksimalni efektivni domet iznosi 2000m.





Sl.-4.41 Teški mitraljez 14.5mm KPVT [ 51 ]

## TOPOVI

### Protivavionski top 20mm M-71

Protivavionski top 20mm M-71 [ 62 ] (Sl.-4.42) je namenjen za dejstvo protiv niskoletjećih ciljeva u vazdušnom prostoru i neoklopljenih i lako oklopljenih ciljeva na zemlji i vodi.

Masa topa je 49kg, a municijskih kutija sa 60 metaka 28kg, a sa 200 metaka 66kg. Može dejstvovati jedinačno i rafalno, a brzina gađanja je 650 do 730 metaka/minut. Efikasan domet za ciljeve u vazduhu je 1500m.



Sl.-4.42 Protivavionski top 20mm M-71 [ 62 ]

### Automatski top 30mm M89

Automatski top 30mm M89 [ 7 ] (Sl.-4.43) namenjen je takođe za dejstvo protiv niskoletjećih ciljeva u vazdušnom prostoru i protiv neoklopljenih i lako oklopljenih ciljeva na zemlji i vodi. Uvođenje municije je dvostruko. Ugrađuje se na laka gusenična i točkaška oklopna vozila.

Masa oružja je 215kg, dužina 3065mm, radi automatski na gasnom principu, a brzina paljbe je 550 do 650 metaka/minut.



SI.-4.43 Automatski top 30mm M89 [ 7 ]

### Bestrzajni top 82mm M60

Bestrzajni topovi su oruđa koja koriste količinu kretanja barutnih gasova koji ističu kroz mlaznicu na zadnjem delu cevi.

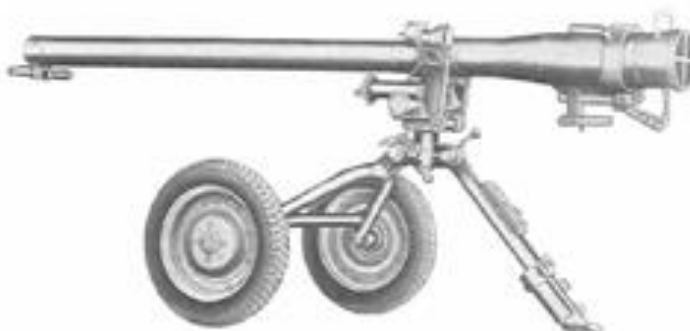
Zahvaljujući tom principu dejstva bestrzajni topovi imaju malu masu i veoma su pogodni za izvršavanje zadataka protivoklopne borbe na malim (do 800m) i izuzetno srednjim (800m do 1500m) daljinama, kao i za neposrednu podršku pešadije.

Osnovni nedostatak bestrzajnog topa je gasni mlaz iza oruđa u obliku konusa visine 15 do 30m i prečnika osnovice 12 do 25m, koji može izazvati povređivanje posade ili ljudstva iza oruđa. O ovom nedostatku se mora strogo voditi računa pri ugradnji ovog oruđa na vozila.

Bestrzajni top 82mm M60 [ 11 ] (SI.-4.44) je namenjen za uništavanje neoklopljenih i oklopljenih vozila, tenkova i drugih borbenih sredstava.

Uspešno se može upotrebiti za onesposobljavanje žive sile i vatrenih sredstava neprijatelja, kao i za uništavanje bunkera i utvrđenih vatrenih tačaka.

Kalibar mu je 82mm, masa 122kg, dužina 2250mm, princip rada bestrzajni, način paljbe pojedinačni, a brzina paljbe 4 granate/minut.



SI.-4.44 Bestrzajni top 62mm M60 [ 11 ]

## AUTOMATSKI BACAČI GRANATA (ABG)

### Automatski bacač granata 30mm AGS-17 Plamja

Automatski bacač granata AGS-17 Plamja [ 5 ] (Sl.-4.45) je namenjen za vatrenu podršku pešadije i uništavanje otvorenih ili utvrđenih ciljeva.

U pešadijskoj varijanti deluje sa postolja, a može se ugraditi i na vozila i helikoptere

Koristi granate 30mm kalibra 30x29mm, smeštene u čelične kutije (okvire). Masa je 31kg, brzina gađanja 50-120 do 350-400 granata/minut.

Varijanta AGS-17A, ugrađena na helikopter Mil Mi-8 ima daljinski upravljani okidač sa posebnim mehanizmom.



Sl.-4.45 Automatski bacač granata  
30mm AGS-17 Plamja [ 5 ]



Sl.-4.46 Automatski bacač granata  
Zastava BGA 30mm [ 4 ]

### Automatski bacač granata Zastava BGA 30mm

Automatski bacač granata Zastava BGA 30mm [ 4 ] (Sl.-4.46) je namenjen za onesposobljavanje otkrivenih i maskiranih ciljeva na udaljenostima do 1700m i neutralisanje neoklopljenih i lako oklopljenih vozila na daljini do 1000m. Pored pešadijske varijante, može se ugrađivati na vozila i helikoptere.

Nišanski uređaj NSBG-1 omogućava direktno, poludirektno i indirektno gađanje.

Masa bacača je 45kg, a nišanskog uređaja 1kg. Maksimalna borbena brzina ispaljivanja granata je 65 do 70 granata/minut, a minimalna rafalna paljba iznosi do 30 granata/minut. Granate su kalibra 30mm, a kutija sadrži 29 granata.

Poslugu čine tri vojnika: strelac, pomoćnik strelca i punilac.

### Automatski bacač granata Mk 19 40mm

Automatski bacač granata Mk 19 40mm [ 6 ] (Sl.-4.47) ima relativno mali trzaj i malu masu pa se, osim u pešadiji, može montirati na džipove i borbena vozila (Sl.-4.48) [ 35 ], kao i na jurišne brodove.

Praktična brzina paljbe iznosi 40 do 60 granata/minut, maksimalni domet je 2023m, a efektivni 1400m.

Standardni nišan je mehanički, a može se na bacač montirati i dnevno-noćna nišanska sprava AN/TVS-5.

Kao osnovnu municiju Mk 19 koristi eksplozivne M430 granate kalibra 40x53mm, koje pri direktnom pogotku mogu probiti homogeni oklop debljine 51mm, odnosno neutralisati veliku većinu oklopnih transportera i borbenih vozila pešadije.

Granate su smeštene u metalne kutije kapaciteta 32 ili 48 granata.



Sl.-4.47 Automatski bacač granata  
Mk19 40mm [ 6 ]



Sl.-4.48 Automatski bacač granata  
Mk 19 40mm na vozilu [ 35 ]

### VIŠECEVNI BACAČI RAKETA (VBR)

#### Višecevni bacač raketa 128mm M63

Višecevni bacač raketa 128mm M63 [ 78 ] (Sl.-4.49) je namenjen za vatrenu podršku jedinica na bojištu, izvođenjem snažnih i iznenadnih vatrenih udara po neprijateljskoj živoj sili i neoklopljenim borbenim sredstvima u područjima prikupljanja ili vazdušnog desanta.

Može se koristiti i protiv drugih ciljeva kao što su pozadinske baze, aerodromi, industrijska postrojenja, komandna mesta, sedišta veze, skladišta itd.

Oruđe ima 32 cevi kalibra 128mm, domet 8545m, a pun rafal od 32 projektila se može ispaliti za 6.4 ili 12.8 ili 19.2 sekunde. Postoje i varijante sa 12 i 24 cevi pod oznakama RAK12 i RAK 24, kao i samohodna varijanta M63/94 Plamen-S.



SI.-4.49 Višecevni bacač raketa  
128mm M63 Plamen [ 78 ]



SI.-4.50 Višecevni bacač raketa  
107mm Type 63 [ 79 ]

### Višecevni bacač raketa 107mm Type 63

Višecevni bacač raketa Type 63 kalibra 107mm [ 79 ] (SI.-4.50) sa 12 lansiranih cevi ima domet 8500m i koristi se za uništavanje neprijateljske žive sile, neoklopljenih borbenih sredstava i neutvrđenih i lako utvrđenih fortifikacijskih objekata.

Masa rakete je 18,8kg, brzina leta 372m/s, interval lansiranja 0,6 do 0,8s, a svih 12 raketa se može ispaliti za 7,2 do 9,6s.

### PROTIVOKLOPNE VOĐENE RAKETE (POVR)

#### Protivoklopna vođena raketa 9M14 Maljutka

Protivoklopna vođena raketa 9M14 Maljutka [ 61 ] (SI.-4.51) je namenjena za protivoklopna dejstva. Sa tandem kumulativnom bojevom glavom ima probojnost preko 800mm.

Može da se lansira i vodi preko prenosnog protivoklopnog lansirnog kompleta (POLK) 9K11 sa udaljenosti od 15m. Ugrađuje se na gusenična i točkaška borbena vozila kao i na helikoptere.

Kalibar je 125mm, masa rakete 12kg, a POLK-a 30.5kg. Maksimalna daljina gađanja je 3000m, srednja brzina leta 120m/s, a vreme leta do maksimalnog dometa iznosi 25s.

Vođenje može biti ručno (varijanta 9M14M) i poluautomatsko (varijanta 9M14P1).



SI.-4.51 Protivoklopna vođena raketa 9M14 Maljutka [ 61 ]

### Protivoklopna vođena raketa ALAS

Protivoklopna vođena raketa ALAS (Advanced Light Attack System) [ 63 ] (SI.-4.52) je namenjena za dejstvo po širokom spektru neprijateljskih ciljeva kao što su tenkovi, borbena vozila pešadije, niskoleteći helikopteri, krstareće rakete, brodovi, komandna mesta, infrastrukturni i industrijski objekti i sl. pri čemu se postiže visok nivo preciznosti koja je ostvarena ugradnjom TV ili IC glave za samonavođenje.

ALAS može kao platformu za lansiranje da koristi gusenična i točkaška vozila, brodove, stacionarne lansere pa čak i helikoptere.

Navođenje rakete u zoni cilja je preko optičkog kabla, a slika se prenosi do monitora rukovaoca.

Optički kabl služi i za prenos naredbi raketi.

Raketom se može dejstvovati i bez vizuelnog kontakta sa ciljem, odnosno po tzv. prikrivenim ciljevima.

Kalibar rakete je 175mm, dužina 2040mm, masa 50kg, brzina 180m/s, a domet 5 do 25km (sa nadogradnjom 60km).



SI.-4.52 Protivoklopna vođena raketa ALAS [ 63 ]

#### 4.4.2 Taktičko-tehničke karakteristike naoružanja

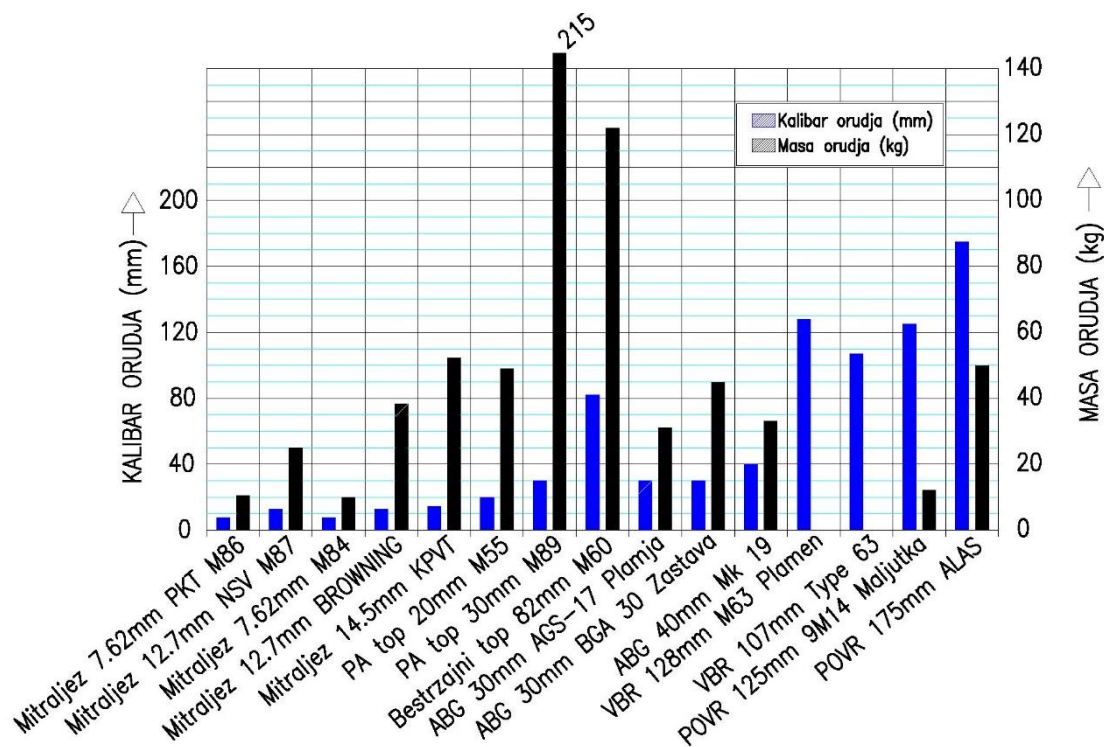
Taktičko-tehničke karakteristike naoružanja su prikazane u Tabeli 4.3.

Tabela 4.3–Taktičko–tehničke karakteristike naoružanja

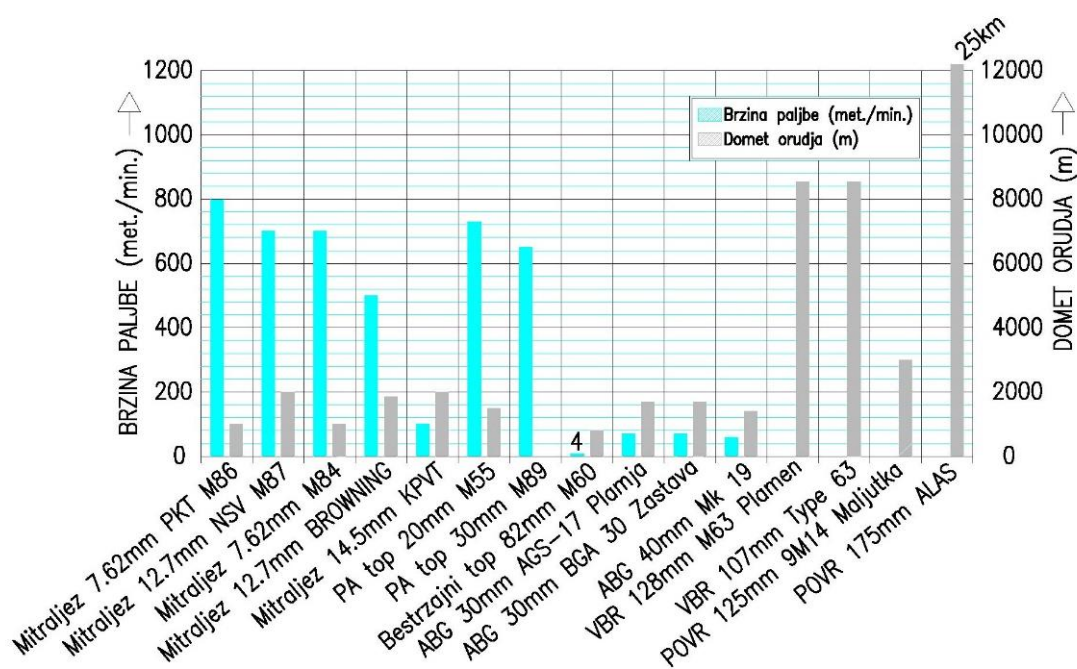
Redni broj	VRSTA ORUDJA	Oznaka	Kalibar (mm)	M A S A		D U Ž I N A		MEHANIČKE KARAKTERISTIKE				
				Orudja (kg)	Cevi (kg)	Orudja (mm)	Cevi (mm)	Princip rada	Način paljbe	Brzina paljbe (met/min)	Početna brzina (m/s)	Maks. ef. domet (m)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>M I T R A L J E Z I</b>												
1	Mitraljez 7.62mm PKT	M86	7.62 x54R	10.5	3.23	1100	793	Pozajmica barutnih gasova	Automat.	700 do 800	825	1000
2	Mitraljez 12.7mm NSV	M87	12.7 x107	25.0	9.0	1560	1100	Pozajmica barutnih gasova	Automat.	min.700	845	1500 (vazd. mete) 2000 (zemlj. mete)
3	Mitraljez 7.62mm	M84	7.62	10.0	2.60	1175	600	Pozajmica barutnih gasova	Automat.	700	825	1000
4	Mitraljez 12.7mm NSV BROWNING	M2HB	12.7 x99	38.2		1653	1143	Usporeno trzanje zatvarača		min.500	884 do 930	1850
5	Mitraljez 14.5mm KPVT	KPVT	14.5	52.2	14.4	1980	1350	Kratko trzanje cevi	Automat.	50 do 100		2000
<b>T O P O V I</b>												
6	Protivavionski top 20mm	M55	20	49				Gasni	Automat.	650 do 730	850	1500
7	Protivavionski top 30mm	M89	30 x192	215		3065	2100	Gasni	Automat.	550 do 650	1050 do 1120	
8	Bestrajajni top 82mm	M60	82	122	84	2250	2200	Bestrajajni	Pojedinač.	4	388	800
<b>AUTOMATSKI BACAČI GRANATA (ABG)</b>												
9	Automatski bacač granata 30mm	AGS-17 Plamja	30x29	31					Automat.	65 do 70	185	1700
10	Automatski bacač granata 30mm	BGA 30 Zastava	30x29	45			380		Automat.	65 do 70	186	1700
11	Automatski bacač granata 40mm	Mk 19	40x53	32.9		1090	413		Automat.	40 do 60		1400
<b>VIŠECEVNI BACAČI RAKETA (VBR)</b>												
12	Višecevni bacač raketa 128mm	M63 Plamen	128									8545
13	Višecevni bacač raketa 107mm	Type63	107									8500
<b>PROTIVOKLOPNE VODJENE RAKETE (POVR)</b>												
14	Protivoklopna vodjena raketa 125mm	9M14 Maljutka	125	12							120	3000
15	Protivoklopna vodjena raketa 175mm	ALAS	175	50		2040			Pojedinač.		180	5 do 25 km 65 km (pob. motor)

#### 4.4.3 Uporedni prikaz nekih karakteristika naoružanja

Uporedni prikaz kalibra i mase naoružanja dat je na Sl.-4.53, a brzine paljbe i dometa na Sl.-4.54.



Sl-4.53 Uporedni prikaz kalibra i mase naoružanja



Sl.-4.54 Uporedni prikaz brzine paljbe i dometa naoružanja



#### 4.4.4 Analiza parametara varijanti naoružanja i izbor najpogodnije varijante

Osnovni cilj izbora naoružanja za ugradnju na vozilo je da se postigne optimalan sistem vozilo-naoružanje. Optimizacijom se teži postići što veća vatrena moć sistema (parametri su kalibar, domet, broj projektila i brzina paljbe) vodeći računa o karakteristikama vozila kao što su dimenzije, nosivost i krutost šasije.

Određene vrste oruđa, kao minobacači naprimer, imaju veliku vatrenu moć i domet, dimenziono su kompaktni, male mase, ali stvaraju veliko dinamičko opterećenje šasije vozila pri opaljenju i stoga nisu obuhvaćeni ovim radom.

Osim minobacača, ovim radom nije obuhvaćeno ni pešadijsko naoružanje poput ručnih bacača "Osa", "Zolja" i "Bumbar", ručnih raketnih lansera "Strela 2M", "Igla", i "FIM-92 Stinger" koji bi se mogli ugraditi na LKTTV Pik-ap, ali bi se sa taktičkog aspekta moglo postaviti pitanje opravdanosti te ugradnje.

Posmatrajući mase naoružanja iz Tabele 4.3 može se zaključiti da se sva navedena naoružanja, osim VBR 128mm M63 Plamen, mogu postaviti na LKTTV Pik-ap vozila imajući u vidu da je njihova nosivost oko 1000kg.

Modifikacijom VBR 128mm M63 Plamen, odnosno redukcijom broja lansera sa 32 na 12 odnosno 16, takođe je moguće ugraditi tako modifikovano oruđe na LKTTV Pik-ap vozila.

Određena oruđa (POVR "Maljutka" i "ALAS"), s obzirom na njihovu masu, moguće je ugraditi u većem broju na LKTTV Pik-ap.

Da ne bi došlo do degradacije karakteristika naoružanja (dejstvo po pravcu i elevaciji) na LKTTV Pik-ap vozila potrebno je ugraditi dopunsku platformu sa obrtnim ležajem, dovoljne krutosti konstrukcije da može da prihvati sile pri dejstvu iz naoružanja.

Na taj način se dobija integrisani sistem NAORUŽANJE-PLATFORMA-VOZILO.

## 4.5 Matematičko modeliranje sistema naoružanje-platforma-vozilo

Pri projektovanju lakih komercijalnih terenskih točkaških vozila (LKTTV), kao primarni zadatak postavlja se analiza pobude vozila koja se javlja kao posledica uticaja podloge po kojoj se vozilo kreće [ 18 ].

Pri kretanju vozila po bespuću, noseći ram vozila (šasija) je izložen opterećenjima ne samo od tereta koji prenosi već i od podužnog i poprečnog profila podloge po kojoj se vozilo kreće.

Impulsna opterećenja nosećeg rama vozila se javljaju kada vozilo pri većim brzinama naiđe na prepreku na putu. Uređaj za oslanjanje (opruge, amortizeri) je tako projektovan da impulsni karakter udara (visok intenzitet sile, kratak vremenski period) ublaži i svede na niži intenzitet sile u dužem vremenskom periodu.

Sa aspekta udobnosti putnika i stabilnosti vozila na putu, cilj je da se kinetička energija udara u prepreku transformiše u potencijalnu energiju opruga, a dejstvom amortizera smanji vreme oscilovanja vozila.

Uređaj za oslanjanje menja opterećenje koje se prenosi na ram vozila, tako da ono gubi udarni karakter.

Ugradnja artiljerijskog naoružanja na vozilo suštinski menja položaj dejstva opterećenja [ 8 ], [ 9 ], [ 69 ] koje ima karakter permanentnog impulsnog dejstva pri rafalnoj paljbi, odnosno jediničnog impulsnog dejstva pri pojedinačnoj paljbi iz naoružanja.

U oba slučaja, impulsna sila, koja je posledica reakcije na silu trzanja naoružanja pri opaljenju, deluje direktno na noseću konstrukciju vozila.

Uređaj za oslanjanje može samo delimično da ublaži dejstvo impulsne sile i pri tome postavlja i određena ograničenja u pogledu raspoloživog hoda gibnjeva u odnosu na graničnike hoda.

Matematička analiza sistema naoružanje-platforma-vozilo može se usmeriti u dva osnovna pravca:

- dinamička analiza oscilovanja nadgradnje i naoružanja na elastičnim osloncima i
- naponska analiza konstrukcije nosećeg rama vozila i platforme.

Dinamička analiza oscilovanja nadgradnje i naoružanja na elastičnim osloncima treba da, sa aspekta preciznosti naoružanja, odnosno grupisanja pogodaka na cilju, da odgovor da li su potrebne izmene na uređaju za oslanjanje vozila, odnosno da li je potrebna elastično-prigušna veza između dopunske platforme za prihvatanje naoružanja i šasije vozila.

Ova analiza dobija posebno na značaju pri ugradnji daljinski upravljanih borbenih stanica (DUBS) na vozila.

Naponska analiza konstrukcije nosećeg rama vozila treba da da odgovor koje impulsne sile (odnosno kalibar naoružanja) može da prihvati LKTTV bez značajnijih zahvata na konstrukciji vozila (ojačavanje uređaja za oslanjanje, dopunske stope za oslanjanje vozila i sl.).

#### 4.5.1 Dinamički model oscilovanja vozila

Kada se definiše dinamički model oscilovanja vozila sa platformom za prihvat naoružanja, koji je veoma kompleksnog karaktera, može se poći od sledećih usvojenih parametara:

- koncepcija vozila je standardna (motor napred, kabina u sredini i tovarni sanduk pozadi),
- impulsna sila, koja je posledica sile trzanja ugrađenog naoružanja pri opaljenju, prenosi se preko gornjeg lafeta i platforme za prihvat naoružanja, ugrađene u tovarni sanduk, na vozilo,
- veza između šasije vozila i platforme za prihvat naoružanja je kruta,
- uređaj za oslanjanje vozila je standardan bez bilo kakvih konstrukcionih izmena i
- vozilo se ne kreće već se dejstvo iz naoružanja vrši iz zastanka ili iz mesta.

U cilju aproksimacije realnog vozila teorijskom modelu [ 69 ], koji će se koristiti u analizi dinamičke stabilnosti, uzima se u obzir sledeće:

- elastičnost pneumatika se sabira sa elastičnosti opruga iznad odgovarajućeg pogonskog mosta i
- elastične i prigušne karakteristike prednjih i zadnjih točkova i prednjeg i zadnjeg pogonskog mosta, se grupišu u jedinstvene elastično-prigušne karakteristike prednjeg, odnosno zadnjeg pogonskog mosta.

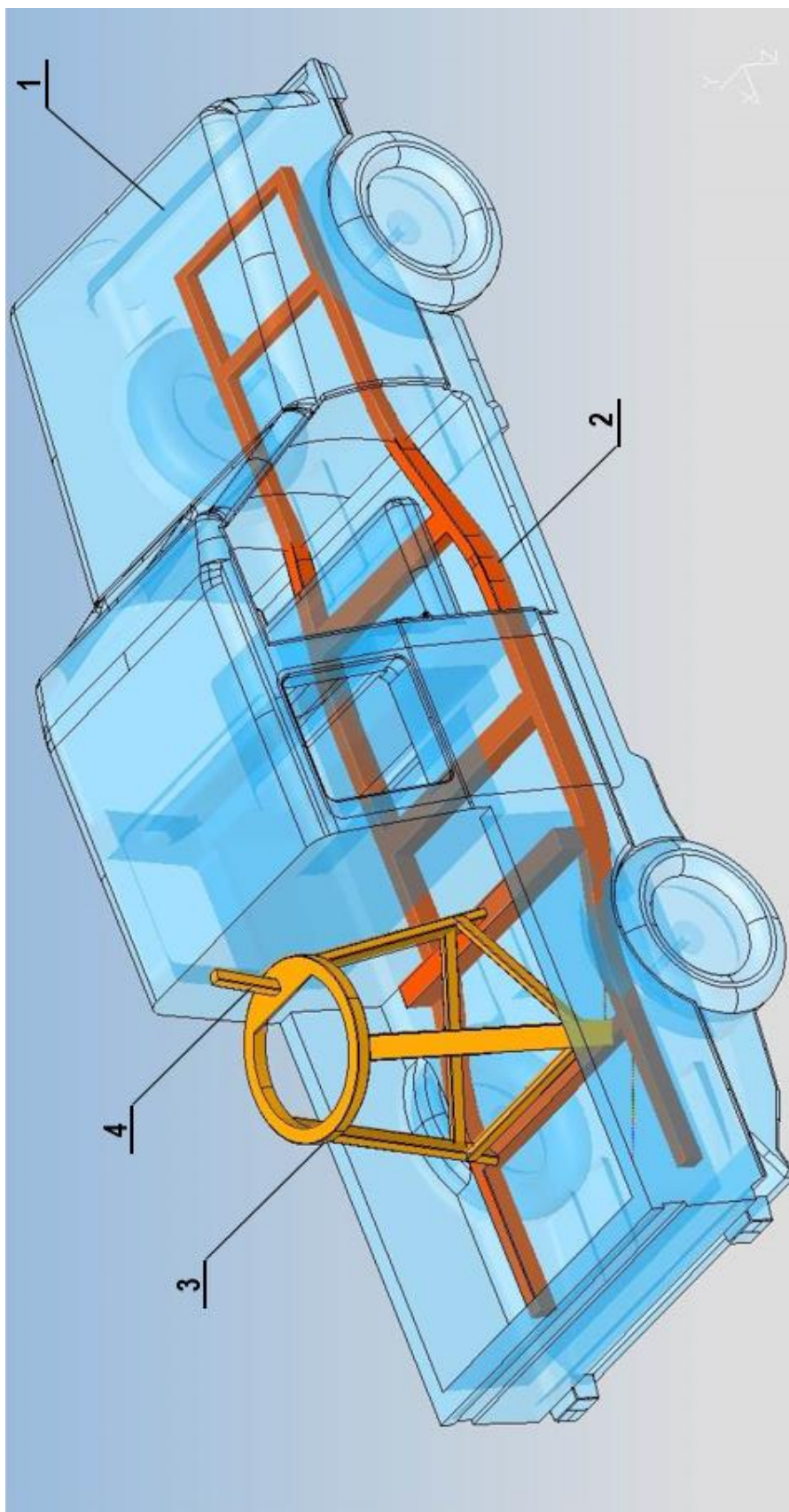
Teorijski model se, u skladu sa napred iznetim, svodi na dinamički model oscilovanja krutog tela, oslonjenog na elastične oslonce, sa odgovarajućim elementima za prigušenje oscilovanja.

Ukoliko su vrednosti impulsnih sila takve da pri oscilovanju ne dolazi do udara opruga (gibnjeva) u graničnike na vozilu, može se smatrati da oslonjena masa vozila i platforma za prihvat naoružanja osciluju kao kruto telo pod dejstvom impulsnog opterećenja u uzdužnoj i poprečnoj ravni simetrije vozila oko centra oscilovanja.

Na Sl.-4.55 je prikazan model vozila sa platformom i gornjim lafetom za prihvat naoružanja.

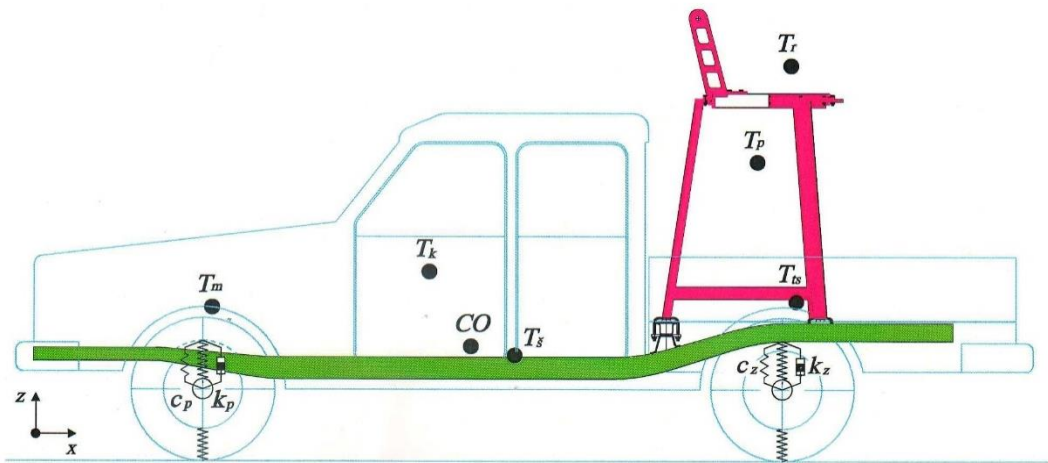
#### 4.5.2 Dinamički model vozila

Na Sl.-4.56 dat je raspored masa i elastično-prigušnih elemenata vozila sa platformom i gornjim lafetom za prihvat naoružanja, a na Sl.-4.57 aproksimirani model vozila, pri čemu se aproksimacija sastoji u redukovanju elastičnosti prednjih pneumatika, prednjeg mosta i prednjih opruga, kao i zadnjih pneumatika, zadnjeg mosta vozila i zadnjih opruga, odnosno njihovih prigušenja u ekvivalentne elastično-prigušne oslonce [ 69 ], [ 70 ].



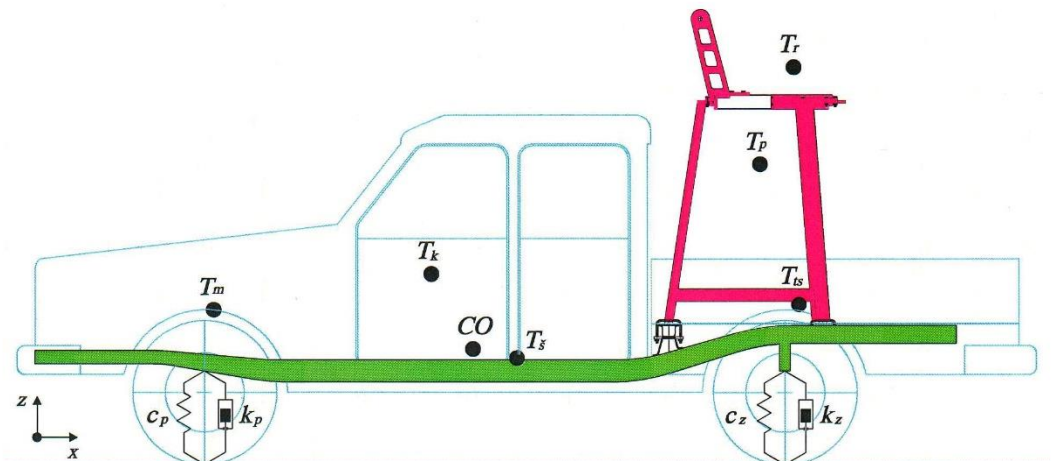
Sl. 4.55 Model vozila sa platformom i gornjim lafetom i „kolevkom“ za prihvat naoružanja

1- Vozilo, 2- Šasija vozila, 3- Platforma, 4- Gornji lafet sa „kolevkom“



Sl.-4.56 Raspored masa i elastično-prigušnih elemenata vozila

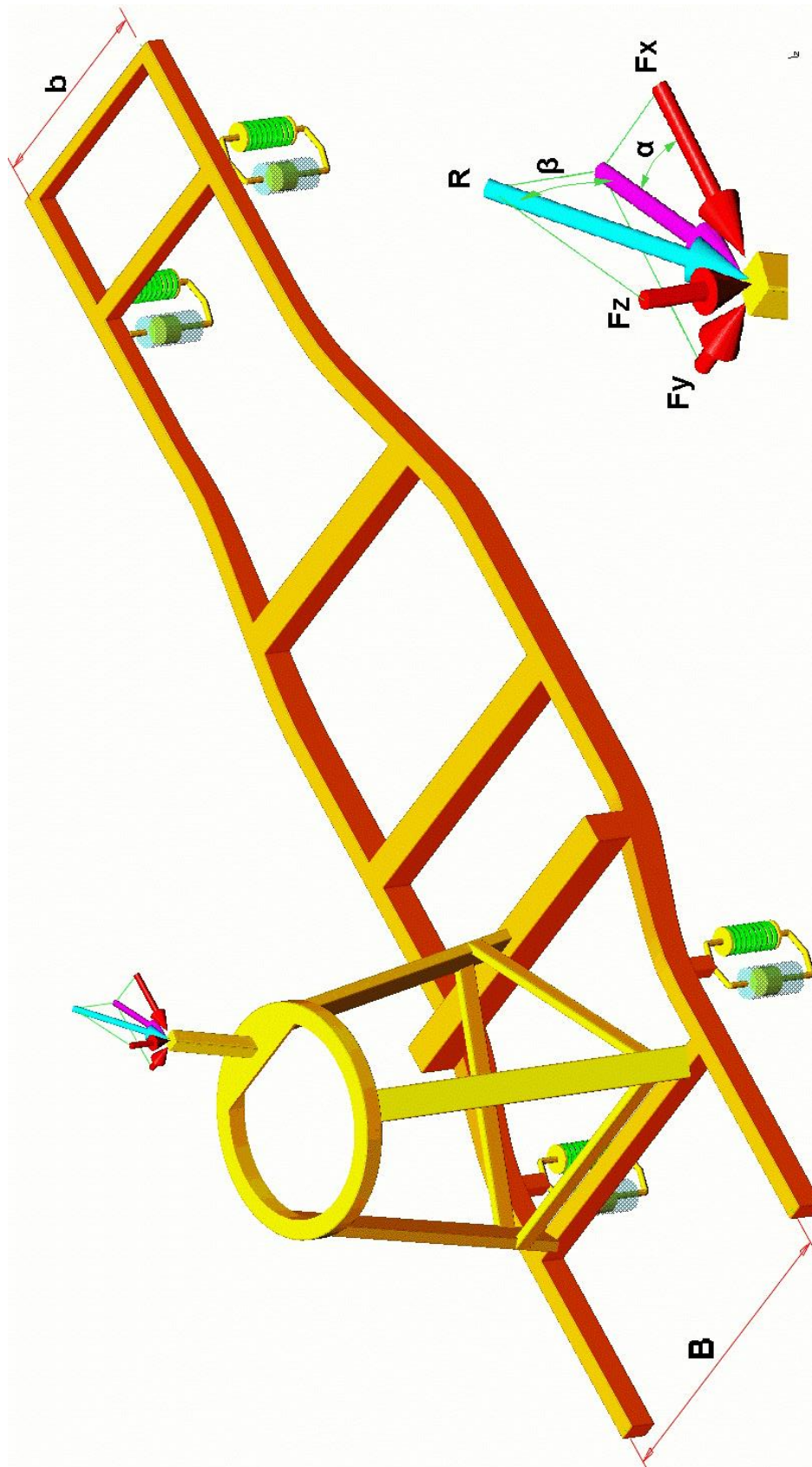
$T_r$	Težište rukovaoca	$CO$	Centar oscilovanja
$T_p$	Težište postolja	$C_p$	Krutost prednjeg mosta
$T_{ts}$	Težište tovarnog sanduka	$k_p$	Prigušenje prednjeg mosta
$T_{\dot{s}}$	Težište šasije	$c_z$	Krutost zadnjeg mosta
$T_k$	Težište kabine	$k_z$	Prigušenje zadnjeg mosta
$T_m$	Težište motora		



Sl.-4.57 Raspored masa i aproksimiranih elastično-prigušnih elemenata vozila

- b Širina prednjih oslonaca  
 B Širina zadnjih oslonaca  
 $\alpha$  Ugao dejstva oruđa po horizontali

- $\beta$  Ugao dejstva oruđa po elevaciji  
 R Sila opterećenja  
 $F_x, F_y, F_z$  Komponente sile opterećenja



Sl. 4.58 Prostorni model šasije vozila sa platformom i gornjim lafetom za prihvat naoružanja

Na Sl.-4.58 je dat prostorni model šasije vozila sa platformom i gornjim lafetom za prihvatanje naoružanja, kao krutog tela postavljenog na elastično-prigušne oslonce na koje deluje sila opterećenja impulsnog karaktera.

Pri dejstvu naoružanja polazi se od zahteva da je gubljenje kontakta točkova vozila sa tlom nedozvoljeno [ 69 ], pa u tom smislu neogibljene mase vozila (točkovi i neogibljeni deo transmisije vozila) predstavljaju rezervu inercije sistema.

Posmatrajući model šasije vozila na Sl.-4.58 može se uočiti simetrija konstrukcije u uzdužnoj ravni vozila, kao i pretpostaviti linearnost sistema s obzirom da nijedan od elemenata uređaja za oslanjanje nema izraženu nelinearnu karakteristiku.

Navedene aproksimacije omogućavaju da se ponašanje sistema u trodimenzionalnom prostoru može posmatrati kao zbir tri međusobno nezavisna ponašanja sistema: ugaono zakretanje u uzdužnoj i poprečnoj ravni i vertikalno pomeranje centra mase sistema.

Kritična opterećenja vozila, sa stanovišta gubljenja kontakta točkova vozila sa tlom, javljaju se pri dejstvu sile opterećenja kada je ugao dejstva naoružanja po elevaciji  $0^\circ$  i kada je ugao dejstva naoružanja po horizontali  $0^\circ$  (u pravcu vožnje) i  $90^\circ$  (bočno u odnosu na pravac vožnje vozila), jer su tada kraci sile opterećenja u odnosu na CO maksimalni.

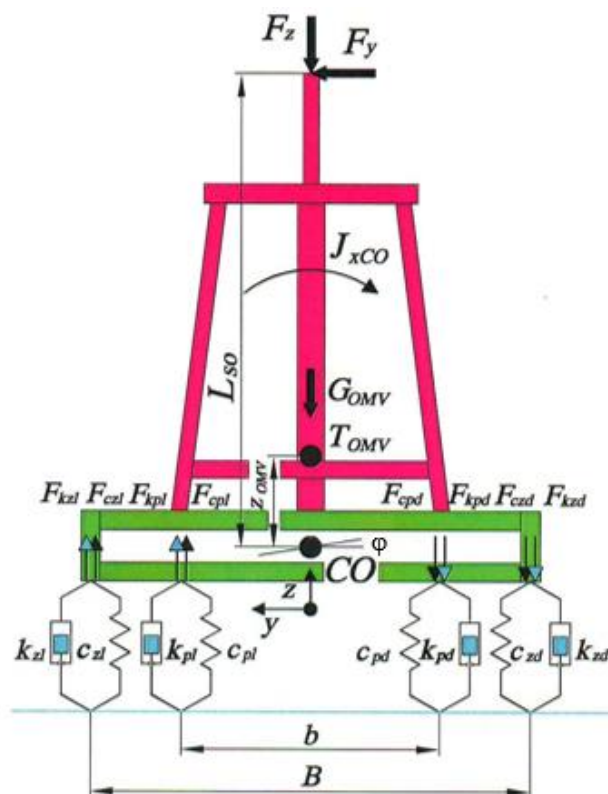
Vertikalno pomeranje centra mase sistema nema potrebe da se razmatra jer se za navedene slučajeve ne javlja vertikalna komponenta sile opterećenja, a pri horizontalnoj sili opterećenja vertikalno pomeranje centra mase sistema je zanemarljivo.

### 4.5.3 Oscilovanje vozila u poprečnoj ravni

Na osnovu modela prikazanog na Sl.-4.59 analizira se oscilovanje oslonjene mase vozila u poprečnoj ravni vozila [ 69 ] i ponašanje vozila u najnepovoljnijim uslovima dejstva iz naoružanja sa aspekta bočne stabilnosti vozila, odnosno pri uglu naoružanja po pravcu od  $90^\circ$  i uglu elevacije  $0^\circ$ .

U skladu sa pretpostavkom o apsolutnoj krutosti nadgradnje vozila sa platformom i gornjim lafetom za prihvatanje naoružanja, sve mase, sile i oslonci su redukovani u jednu zajedničku ravan, koja prolazi kroz centar oscilovanja u poprečnoj ravni.

R	Sila opterećenja	l	Levo
$F_e$	Elastična sila	d	Desno
$F_k$	Prikušna sila	p	Prednje
$T_{OMV}$	Težište oslonjene mase vozila	z	Zadnje
$z_{OMV}$	Vertikalno rastojanje OMV od centra oscilovanja CO	$J_{xCO}$	Moment inercije oko x ose
CO	Centar oscilovanja	$\alpha$	Ugao oruđa po horizontali
		$\beta$	Ugao oruđa po elevaciji
		$\varphi$	Ugao zakretanja



Sl.-4.59 Dinamički model oscilovanja vozila u poprečnoj ravni

Položaj centra oscilovanja CO ( $x_{CO}$  i  $z_{OMV}$ ) određen je na osnovu karakteristika krutosti, geometrijskih i inercijalnih karakteristika (LKTTV Pik ap I, Tabele 4.4 i 4.5) kao i ugiba i sila snimljenih pri statičkim ispitivanjima LKTTV TOYOTA Pik ap (Tabela 4.7).



Jednačina zakretanja sistema za ugao  $\varphi$  oko centra oscilovanja vozila u poprečnoj ravni CO, je prikazana sledećim izrazom [ 69 ]:

$$J_x \cdot \ddot{\varphi} + k_p \cdot \dot{\varphi} + c_p \cdot \varphi = L_{so} \cdot R_y(t) \quad (4.1)$$

$$\ddot{\varphi} + \frac{k_p}{J_x} \cdot \dot{\varphi} + \frac{c_p}{J_x} \cdot \varphi = \frac{1}{J_x} \cdot L_{so} \cdot R_y(t) \quad (4.2)$$

$$2\delta_p = \frac{k_p}{J_x}, \quad \omega_p^2 = \frac{c_p}{J_x}, \quad p_p^2 = \omega_p^2 - \delta_p^2 \quad (4.3)$$

pri čemu indeks  $p$  označava da se koeficijenti odnose na poprečnu ravan.

$$\varphi(t) = e^{-\delta_p t} \left[ k_1 \cdot \cos(p_p t) + k_2 \cdot \sin(p_p t) \right] \quad (4.4)$$

$$k_1 = \varphi_0; \quad k_2 = \frac{\dot{\varphi}_0 + \delta_p \cdot \varphi_0}{p_p}, \quad (4.5)$$

$$\varphi(t) = e^{-\delta_p t} \left[ \varphi_0 \cdot \cos(p_p t) + \frac{\dot{\varphi}_0 + \delta_p \cdot \varphi_0}{p_p} \cdot \sin(p_p t) \right] \quad (4.6)$$

Dejstvo sile  $R(t)$  na sistem od trenutka  $t = \tau$  tokom veoma kratkog vremenskog intervala  $\Delta\tau$ , pod uslovom da je veličina  $I_{imp}(\tau)$  konačna, definiše idealni (matematički) impuls sile u datom trenutku.

$$\lim_{\Delta\tau \rightarrow 0} \int_0^{\Delta\tau} R(t) \cdot dt = I_{imp}(\tau) \quad (4.7)$$

Usled dejstva impulsa u početnom trenutku  $t = 0$  sistem ne stiže da se pomeri iz početnog položaja, već samo dobije početnu brzinu.

Za slučaj oscilovanja vozila u poprečnoj ravni prema prethodno navedenim jednačinama imaćemo kao početne uslove:

$$\varphi(0) = 0$$

$$\lim_{\Delta\tau \rightarrow 0} \int_0^{\Delta\tau} \ddot{\varphi} d\tau = \dot{\varphi}(0^+) - \dot{\varphi}(0) = \dot{\varphi}(0^+) \quad \dot{\varphi}(0^+) \approx \dot{\varphi}(0) = \frac{L_{so} \cdot I_{y imp}(0)}{J_x} \quad (4.8)$$

pa je odgovor sistema na idealni (matematički) impuls sile  $R_y(t)$  u početnom trenutku:

$$\varphi(t) = \frac{L_{so} \cdot I_{y imp}(0)}{J_x \cdot p_p} \cdot e^{-\delta_p t} \cdot \sin(p_p \cdot t) \quad (4.9)$$

Vrednosti  $u_{zl}$  (Sl.-4.65 do Sl.-4.70) dobijene su iz izraza:

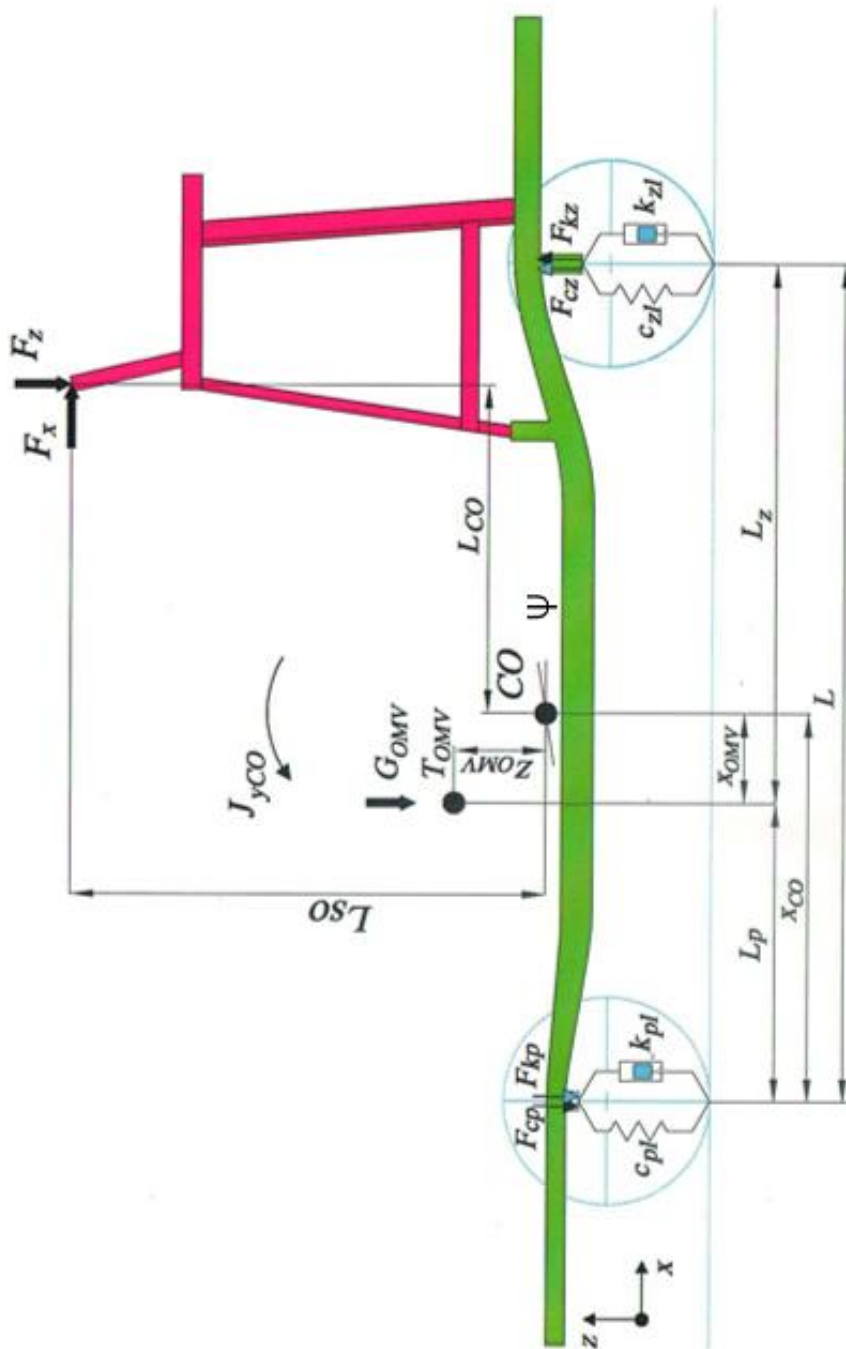
$$u_{zl} = \frac{B}{2} \varphi \text{ (rad)} \quad (4.10)$$

S obzirom da su vrednosti ugiba male, razlika između lučne i linearne vrednosti pomeranja se može zanemariti.

#### 4.5.4 Oscilovanje vozila u uzdužnoj ravni

Oscilovanje vozila u uzdužnoj ravni simetrije je posmatrano kao oscilovanje krutog tela, postavljenog u uzdužnu ravan simetrije vozila [ 69 ] Sl.-4.60. Mase, sile i oslonci levih i desnih strana vozila su redukovani u uzdužnu ravan simetrije vozila.

Razmatra se slučaj opterećenja kada je ugao po pravcu naoružanja  $0^\circ$  i ugao elevacije naoružanja  $0^\circ$ .



Sl.-4.60 Dinamički model osilovanja u uzdužnoj ravni

Na SL.-4.60 korišćene su sledeće oznake:

R	Sila opterećenja	p	Prednje
Fe	Elastična sila	z	Zadnje
Fk	Prigušna sila	Jy	Moment inercije oko y ose
CO	Centar oscilovanja	Ψ	Ugao zakretanja
x <sub>co</sub>	Horizontalno rastojanje CO od ose prednjih točkova		

Jednačina zakretanja sistema za ugao Ψ oko centra oscilovanja vozila u uzdužnoj ravni CO je dobijena na isti način [ 69 ] kao i u poprečnoj ravni.

Uvodeći oznake  $2\delta_u = \frac{k_u}{J_y}$ ,  $\omega_u^2 = \frac{c_u}{J_y}$ ,  $p_u^2 = \omega_u^2 - \delta_u^2$ , pri čemu indeks *u* označava da se

koeficijenti odnose na uzdužnu ravan vozila, dobija se odgovor sistema na idealni (matematički) impuls sile  $R_x(t)$  u početnom trenutku

$$\psi(t) = \frac{L_{so} \cdot I_{x imp}(0)}{J_y \cdot p_u} \cdot e^{-\delta_u \cdot t} \cdot \sin(p_u \cdot t) \quad (4.11)$$

Veza između ugla zakretanja ψ i ugiba, prednjeg i ugiba, zadnjeg u uzdužnoj ravni oscilovanja oko CO je data izrazima:

$$u_z = - (L - x_{co}) \psi(rad) \quad (4.12)$$

$$u_p = x_{co} \psi(rad) \quad (4.13)$$

#### 4.5.5 Rezultati dinamičke analize

S obzirom da su predmet analize LKTTV u verziji Pik ap, proizvođači ovih vozila publikuju podatke o masi, dimenzijama, nosivosti, pneumaticima, dok su podaci o karakteristikama elemenata uređaja za oslanjanje (krutosti, prigušenja), masama pojedinih podsistema i njihovim težištima, težištu vozila i inercijalnim karakteristikama određeni eksperimentalno u laboratorijskim uslovima ili izračunati za određeno vozilo, kao predstavnika familije Pik-ap vozila.

##### Karakteristike vozila

U Tabeli 4.4 su date mase i inercijalne karakteristike za tri predstavnika LKTTV u Pik ap verziji sa platformom za prihvat naoružanja i rukovaocem-nišandžijom.

Predstavnici LKTTV Pik ap su određeni na osnovu kriterijuma „osovinski razmak L“ koji iznosi 2,850 m; 3,205 m i 3,475 (Tabela 4.5).

Tabela 4.4- Mase i inercijane karakteristike predstavnika LKTTV Pik ap sa dopunskom platformom

Vozilo br.:	Podsistem vozila	Masa m (kg)	Koordinate			Sopstveni momenti inercije			Momenti inercije u odnosu na CO				
			x	y	z	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	m*x	m*z	I <sub>xco</sub>	I <sub>yco</sub>	I <sub>zco</sub>
			(m)	(m)	(m)	(kgm <sup>2</sup> )	(kgm <sup>2</sup> )	(kgm <sup>2</sup> )	(kgm)	(kgm)	(kgm <sup>2</sup> )	(kgm <sup>2</sup> )	(kgm <sup>2</sup> )
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Pik ap I	Oslonjena masa vozila	1.850	-0,285	0	0,265	1.570	325	1.540	-527	490	1.670	340	1.554
	Platforma	100	1,415	0	0,915	5,95	7,96	4,16	142	92	192	133	118
	Rukovalac-nišandžija	85	1,585	0	1,385	4,75	6,85	3,15	135	118	176	144	122
Pik ap II	Oslonjena masa vozila	2.050	-0,305	0	0,315	1.785	355	1.725	-625	646	1.896	385	1.766
	Platforma	125	1,415	0	0,915	6,85	8,95	4,65	177	114	216	154	136
	Rukovalac-nišandžija	85	1,585	0	1,385	4,75	6,85	3,15	135	118	176	144	122
Pik ap III	Oslonjena masa vozila	2.400	-0,335	0	0,325	2.085	405	2.025	-804	780	2.105	465	2.085
	Platforma	150	1,415	0	0,915	8,15	10,45	5,55	212	114	256	178	148
	Rukovalac-nišandžija	85	1,585	0	1,385	4,75	6,85	3,15	135	118	176	144	122

Podaci o elastičnim karakteristikama oslonih opruga (gibnjeva), kao i o prigušnim karakteristikama amortizera tri predstavnika LKTTV Pik ap, kao i geometrijske karakteristike tih vozila su prikazani u Tabeli 4.5.

Pretpostavka je da sva tri predstavnika vozila imaju identična prigušenja i krutosti prednje, odnosno zadnje osovine kao vozilo Pik-ap kome su ove karakteristike određene u laboratorijskim uslovima.

Tabela 4.5-Vrednosti prigušno-elastičnih elemenata i geometrijske karakteristike predstavnika LKTTV Pik ap

Redni broj	Karakteristike vozila	Oznaka	Jedinica mere	VREDNOST		
				LKTTV I	LKTTV II	LKTTV III
1.	Prigušenje prednje osovine	$k_p$	Ns/m	4000	4000	4000
2.	Prigušenje prednje levo	$k_{pl}$	Ns/m	2000	2000	2000
3.	Prigušenje prednje desno	$k_{pd}$	Ns/m	2000	2000	2000
4.	Krutost prednje osovine	$C_p$	N/m	270000	270000	270000
5.	Krutost prednja leva	$C_{pl}$	N/m	135000	135000	135000
6.	Krutost prednja desna	$C_{pd}$	N/m	135000	135000	135000
7.	Prigušenje zadnje osovine	$k_z$	Ns/m	4000	4000	4000
8.	Prigušenje zadnje levo	$k_{zl}$	Ns/m	2000	2000	2000
9.	Prigušenje zadnje desno	$k_{zd}$	Ns/m	2000	2000	2000
10.	Krutost zadnje osovine	$C_z$	N/m	330000	330000	330000
11.	Krutost zadnja leva	$C_{zl}$	N/m	165000	165000	165000
12.	Krutost zadnja desna	$C_{zd}$	N/m	165000	165000	165000
13.	Krak sile opterećenja	$L_{SO}$	m	1,405	1,515	1,625
14.	Širina prednjih oslonaca	$b$	m	0,835	0,925	1,045
15.	Širina zadnjih oslonaca	$B$	m	1,005	1,195	1,365
16.	Horizontalno rastojanje sile opterećenja od CO	$L_{CO}$	m	1,085	1,275	1,395
17.	Rastojanje prednjih točkova od CO	$L_p$	m	1,470	1,660	1,800
18.	Rastojanje zadnjih točkova od CO	$L_z$	m	1,380	1,545	1,675
19.	Osovinski razmak	$L$	m	2,850	3,205	3,475
20.	Širina vozila preko blatobrana	$\check{S}_v$	m	1,720	1,790	1,880

## Sila opterećenja

U cilju verifikacije razvijenog matematičkog modela potrebno je poznavati sile opterećenja (trzanja) određenog tipa naoružanja.

S obzirom na činjenicu da se ovi podaci veoma retko javno publikuju bilo je neophodno da se vrednosti sile opterećenja preuzmu iz obavljenih eksperimentalnih ispitivanja.

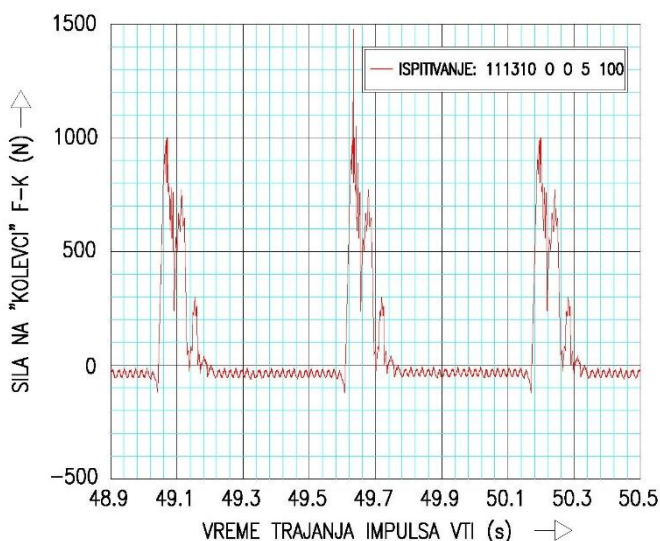
Te vrednosti se odnose na sile opterećenja (trzanja), impulse tih sila i momente impulsa.

U izrazu (4.16) figuriše parametar  $I_{imp}$ , odnosno impuls sile opterećenja u uzdužnoj ravni. U cilju poređenja pomeranja šasije u zonama točkova vozila dobijenih na osnovu postavljenog dinamičkog modela vozila u uzdužnoj ravni i eksperimentalno, a radi izračunavanja teorijskih pomeranja, impuls sile opterećenja ( $I_{imp}$ ) je izračunat na osnovu eksperimentalnih rezultata.

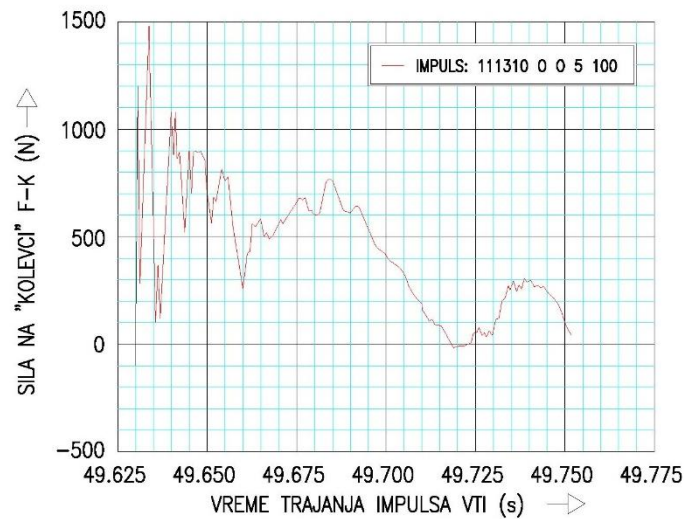
Iz kompletnih eksperimentalnih rezultata ispitivanja Z 111310-100. izdvojen je jedan deo zapisa promene sile na „kolevci“ (F-K) u funkciji vremena (s) pri broju obrtaja  $100 \text{ min}^{-1}$ , uglu pravca  $0^\circ$ , uglu elevacije  $0^\circ$  i početnom statičkom otklonu „kolevke“ na koju deluje klip EMSIS-a od 5mm.

Detaljnije objašnjenje eksperimentalnog postrojenja, ulaznih parametara i načina registrovanja rezultata je dato u tački 4.6 „Eksperimentno ispitivanje mehaničkog modela sistema naoružanje-platforma-vozilo“.

Na Sl.-4.61 prikazana su tri uzastopna impulsa eksperimentalnog zapisa broj 111310 0 0 5 100. Srednji od prikazanih impulsa izabran je za sračunavanje veličine impulsa i prikazan na Sl. -4.62.



Sl. -4.61 Uzastopni impulsi zapisa 111310 0 0 5 100  
(Ugao pravca  $0^\circ$ , ugao elevacije  $0^\circ$ , otklon „kolevke“ 5 mm,  $n=100 \text{ min}^{-1}$ )



Sl. -4.62 Jedinični impuls zapisa 111310 0 0 5 100  
(Ugao pravca 0°, ugao elevacije 0°, otklon „kolevke“ 5 mm, n=100min<sup>-1</sup>)

Sa Sl. -4.62 se vidi da je:

$$\begin{aligned} T_1 &= 49.63000 && \text{Vreme početka impulsa,} \\ T_2 &= 49.75167 && \text{Vreme kraja impulsa,} \\ VTI &= 0.12167 && \text{Vreme trajanja impulsa,} \end{aligned}$$

dok broj podataka iznosi N = 146.

Veličina impulsa se dobija integraljenjem

$$IMP_1 = \int_{T_1}^{T_2} R(t) \cdot dt \quad (4.14)$$

i iznosi  $IMP_1 = 51.8061 \text{ Ns}$ .

Srednja vrednost sile opterećenja iznosi:

$$R_s = \frac{IMP_1}{VTI} = \frac{51.8061}{0.12167} = 425.169 \text{ N} \quad (4.15)$$

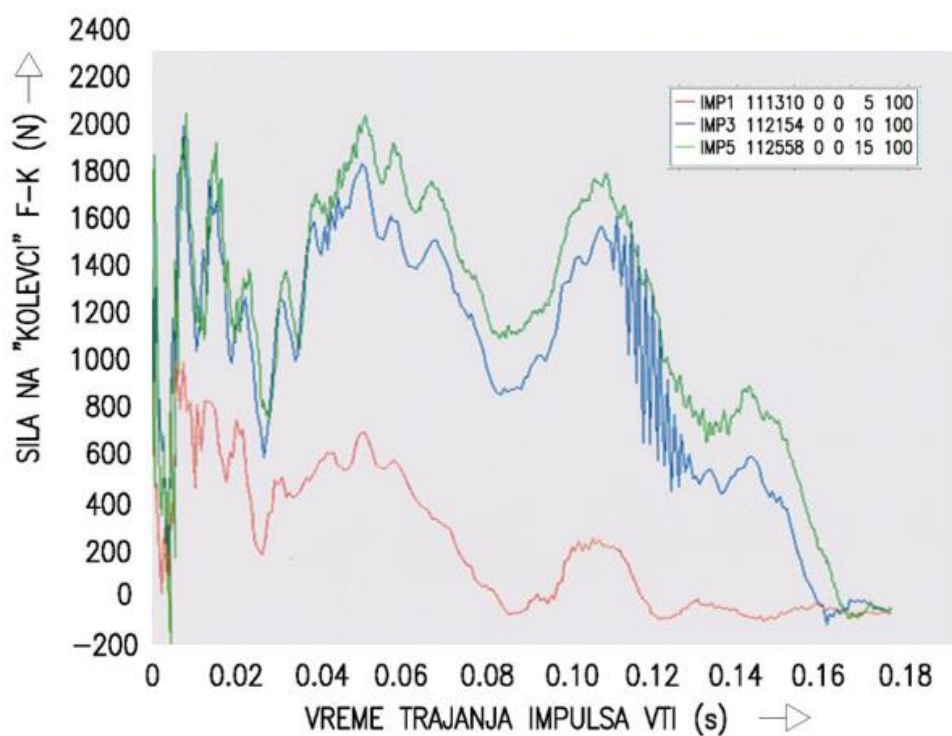
Na isti način izračunati su i impulsi  $IMP_2$ ,  $IMP_3$ ,  $IMP_4$ ,  $IMP_5$  i  $IMP_6$  i srednje vrednosti sile opterećenja  $R_s$  i prikazani u Tabeli 4.6.

Tabela 4.6 – Vrednosti impulsa i srednje vrednosti sile opterećenja

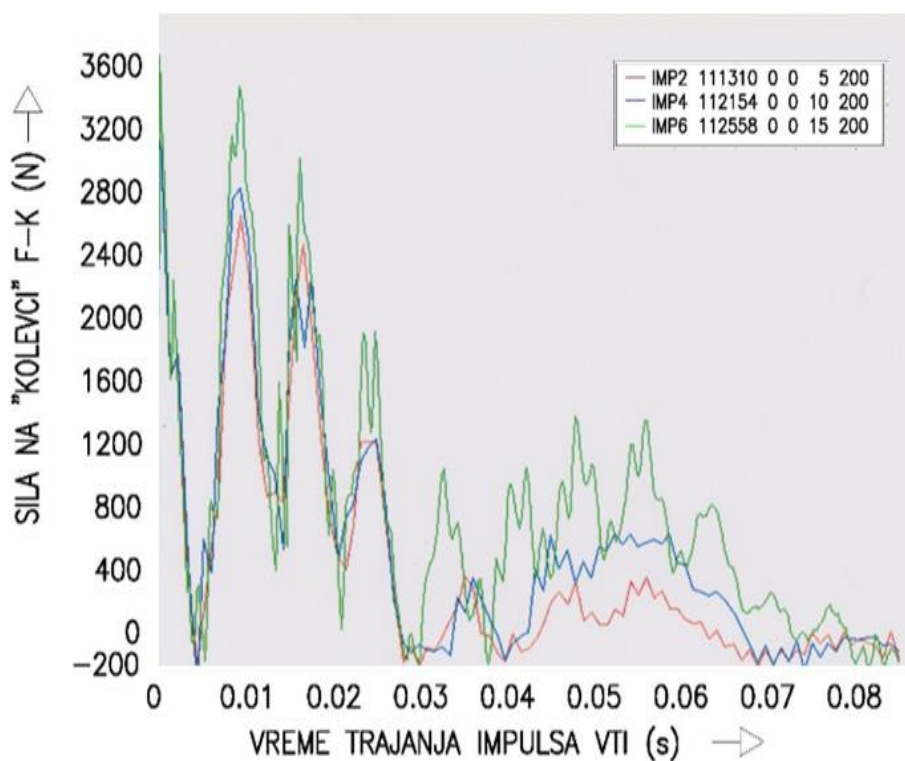
Redni broj	BROJ IMPULSA BROJ ZAPISA	Otklon "kolevke" (mm)	Vreme početka impulsa T <sub>1</sub> (s)	Vreme kraja impulsa T <sub>2</sub> (s)	Vreme trajanja impulsa VTI (s)	Broj podataka N (-)	Vrednost impulsa IMP (Ns)	Srednja vrednost sile opterećenja R <sub>s</sub> (N)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	IMP 1 111310 0 0 5 100	5	49,63000	49,75167	0,12167	146	51,80610	425,18
2	IMP 2 111310 0 0 5 200	5	105,99667	106,02417	0,02750	34	33,17490	1.206,36
3	IMP 3 112154 0 0 10 100	10	40,59000	40,75416	0,16417	197	181,75790	1.107,13
4	IMP 4 112154 0 0 10 200	10	79,51084	79,57584	0,06499	78	49,03620	754,10
5	IMP 5 112558 0 0 15 100	15	36,20000	36,36730	0,16729	803	210,22240	1.256,59
6	IMP 6 112558 0 0 15 200	15	83,56167	83,63104	0,06937	333	66,68290	961,19

Na Sl.-4.63 data je korelacija sile na „kolevci“ (F-K) i vremena trajanja impulsa (VTI) pri broju obrtaja 100min<sup>-1</sup> i otklonima „kolevke“ 5,10 i 15mm, a na Sl.-4.64 korelacija istih veličina pri broju obrtaja 200min<sup>-1</sup>.





Sl.-4.63 Korelacije sile na „kolevci” (F-K) i vremena trajanja impulsa (VTI) pri  $100\text{min}^{-1}$  i otklonima „kolevke“ 5,10 i 15mm



Sl.-4.64 Korelacije sile na „kolevci” (F-K) i vremena trajanja impulsa (VTI) pri  $200\text{min}^{-1}$  i otklonima „kolevke“ 5,10 i 15mm

Na osnovu karakteristika predstavnika vozila datih u tabelama 4.4 i 4.5 i jednačina (4.9) i (4.11) napisan je program za izračunavanje ugiba vozila u poprečnoj i uzdužnoj ravni vozila.

Kompletan program sa objašnjenjima je dat na CD u Prilogu I ovog rada.

Za eksperimentalna ispitivanja korišćena je merna oprema firme HBM (Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH).

Akvizicija mernih podataka, obrada signala (filtriranje, integraljenje, diferenciranje...) kao i grafičke prikaze vrši HBM software Catman Professional 5.0, inkorporiran u merni uređaj.

Priložene datoteke 2013-01-16\_Donevski su u binanom formatu i kao takve su direktno nečitljive.

Prebacivanje iz binarnog u tekstualni format vršeno je programima firme National Instruments: NI DIAdem 2011 v.11.3 i NI LabView 2013.

Akvizicija signala (samplovanje) vršena je frekvencijama 1200 i 4800 podataka u sekundi (svakih 0.000833 odnosno 0.000208 sekundi) tako da su zapisi veoma veliki.

Navedenim programima ceo signal od interesa za analize je prebacivan u tekstualni format, a samo odgovarajući deo je zapisivan u tekstualnom obliku.

Kao primer u direktorijumu Impulsi, odnosno pod-direktorijima ZZ1 (faza I) i ZZ2 (faza II) prikazani su izdvojeni delovi merene sile na "KOLEVCI" na osnovu kojih su numeričkim integraljenjem (Simpson-ova metoda) sračunate odgovarajuće vrednosti realnih impulsa.

Iste datoteke su korišćene kao ulazne veličine za sračunavanje odgovora sistema preko Duhamel-ovog integrala na realne impulse prikazane u direktorijumu REAL.

Programi RESPONSE X i RESPONSE Y služe za sračunavanje odgovora sistema u x odnosno y pravcu na pojedinačne idealne (matematičke) impulse.

Direktorijum RES sadrži program i primere odgovora sistema na niz sukcesivnih idealnih (matematičkih) impulsa radi razmatranja uticaja kadenca impulsa.

Program ESPlot v1.3c

(Freeware <http://www.neng.usu.edu/mae/faculty/stevef/prg/ESPlot/index.html>) korišćen je za grafičke prikaze razmatranih signala.

Programi za odgovor sistema na impulsnu pobudu pisani su korišćenjem: Program Force 2.0 ver. 2.09p (FORTRAN Compiler and Editor) free distribution  
[Http://force.lepsch.com](http://force.lepsch.com).

## Parametri vozila za izračunavanje ugiba vozila u poprečnoj i uzdužnoj ravni vozila

### LKTTV Pik-ap I

Oslonjena masa vozila – OMV .....	(kg)	=	2035,000
Koeficijent opterećenja napred – KOn.....	(-)	=	0,600
Osovinski razmak – L .....	(m)	=	2,850
Položaj težišta – Lp.....	(m)	=	1,140
Masa na prednjem točku – Mpt.....	(kg)	=	610,500
Masa na zadnjem točku – Mzt.....	(kg)	=	407,000
Impuls X pravac – Imx.....	(Ns)	=	50,000
Impuls Y pravac – Imy.....	(Ns)	=	50,000
Krak impulsa – Lso.....	(m)	=	1,405
Krak centra mase – z <sub>OMV</sub> .....	(m)	=	0,275
Širina traga točkova napred – b.....	(m)	=	0,835
Širina traga točkova nazad – B.....	(m)	=	1,005
Koeficijent krutosti napred – c <sub>p</sub> .....	(N/m)	=	135000,000
Koeficijent krutosti nazad – c <sub>z</sub> .....	(N/m)	=	165000,000
Položaj centra rotacije – x <sub>co</sub> .....	(m)	=	1,568
Rastojanje OMV – CO – x <sub>OMV</sub> .....	(m)	=	-0,148
Koeficijent prigušenja napred – k <sub>p</sub> .....	(Ns/m)	=	2000,000
Koeficijent prigušenja nazad – k <sub>z</sub> .....	(Ns/m)	=	2000,000

### Za X pravac (Poprečna ravan)

Moment impulsa oko x pravca.....	(Nsm)	=	70,250
Moment inercije – I <sub>x</sub> .....	(kg·m <sup>2</sup> )	=	572,265
Koeficijent prigušenja sistema – KPs.....	(-)	=	1,492
Kružna brzina neprigušenih oscilacija – ω <sub>n</sub> .....	(rad/s)	=	14,774
Kružna brzina prigušenih oscilacija – ω <sub>p</sub> .....	(rad/s)	=	14,698
Frekvencija prigušenih oscilacija – f <sub>p</sub> .....	(1/s)	=	2,339
Period prigušenih oscilacija – T <sub>p</sub> .....	(s)	=	0,427
Trenutak prve amplitude – T <sub>A</sub> .....	(s)	=	0,099
Prva amplituda (Imp = 50 Ns) – A <sub>x1</sub> .....	(rad)	=	0,007
Vreme smiraja na 1% amplitude – T <sub>sm</sub> .....	(s)	=	3,087
Ugib zadnji levi – U <sub>zl</sub> .....	(m)	=	0,0034

### Za Y pravac (Uzdužna ravan)

Moment impulsa oko y pravca.....	(Nsm)	=	70,250
Moment inercije – I <sub>y</sub> .....	(kg·m <sup>2</sup> )	=	4.864,744
Koeficijent prigušenja sistema – KPs.....	(-)	=	1,686
Kružna brzina neprigušenih oscilacija – ω <sub>n</sub> .....	(rad/s)	=	15,710
Kružna brzina prigušenih oscilacija – ω <sub>p</sub> .....	(rad/s)	=	15,620
Frekvencija prigušenih oscilacija – f <sub>p</sub> .....	(1/s)	=	2,486
Period prigušenih oscilacija – T <sub>p</sub> .....	(s)	=	0,402
Trenutak prve amplitude – T <sub>A</sub> .....	(s)	=	0,094
Prva amplituda (Imp = 50 Ns) – A <sub>y1</sub> .....	(rad)	=	0,000785
Vreme smiraja na 1% amplitude – T <sub>sm</sub> .....	(s)	=	2,731
Ugib zadnji levi – U <sub>zl</sub> .....	(m)	=	0,0010

**LKTTV Pik-ap II**

Oslonjena masa vozila – OMV .....	(kg)	=	2.260,000
Koeficijent opterećenja napred – KOn.....	(-)	=	0,600
Osovinski razmak – L .....	(m)	=	3,205
Položaj težišta – L <sub>p</sub> .....	(m)	=	1,923
Masa na prednjem točku – M <sub>pt</sub> .....	(kg)	=	678,000
Masa na zadnjem točku – M <sub>zt</sub> .....	(kg)	=	452,000
Impuls X pravac – I <sub>mx</sub> .....	(Ns)	=	50,000
Impuls Y pravac – I <sub>my</sub> .....	(Ns)	=	50,000
Krak impulsa – L <sub>so</sub> .....	(m)	=	1,515
Krak centra mase – z <sub>OMV</sub> .....	(m)	=	0,315
Širina traga točkova napred – b.....	(m)	=	0,925
Širina traga točkova nazad – B.....	(m)	=	1,195
Koeficijent krutosti napred – c <sub>p</sub> .....	(N/m)	=	135.000,000
Koeficijent krutosti nazad – c <sub>z</sub> .....	(N/m)	=	165.000,000
Položaj centra rotacije – x <sub>co</sub> .....	(m)	=	1,765
Rastojanje OMV – CO – x <sub>OMV</sub> .....	(m)	=	-0,160
Koeficijent prigušenja napred – k <sub>p</sub> .....	(Ns/m)	=	2.000,000
Koeficijent prigušenja nazad – k <sub>z</sub> .....	(Ns/m)	=	2.000,000

**Za X pravac (Poprečna ravan)**

Moment impulsa oko x pravca.....	(Nsm)	=	75,750
Moment inercije – I <sub>x</sub> .....	(kg·m <sup>2</sup> )	=	796,630
Koeficijent prigušenja sistema – KPs.....	(-)	=	1,141
Kružna brzina neprigušenih oscilacija – ω <sub>n</sub> .....	(rad/s)	=	13,123
Kružna brzina prigušenih oscilacija – ω <sub>p</sub> .....	(rad/s)	=	13,074
Frekvencija prigušenih oscilacija – f <sub>p</sub> .....	(1/s)	=	2,081
Period prigušnih oscilacija – T <sub>p</sub> .....	(s)	=	0,481
Trenutak prve amplitude – T <sub>A</sub> .....	(s)	=	0,113
Prva amplituda (Imp = 50 Ns) – A <sub>x1</sub> .....	(rad)	=	0,006
Vreme smiraja na 1% amplitude – T <sub>sm</sub> .....	(s)	=	4,034
Ugib zadnji levi – U <sub>zl</sub> .....	(m)	=	0,0038

**Za Y pravac (Uzdužna ravan)**

Moment impulsa oko y pravca.....	(Nsm)	=	75,750
Moment inercije – I <sub>y</sub> .....	(kg·m <sup>2</sup> )	=	5.911,869
Koeficijent prigušenja sistema – KPs.....	(-)	=	1,755
Kružna brzina neprigušenih oscilacija – ω <sub>n</sub> .....	(rad/s)	=	16,026
Kružna brzina prigušenih oscilacija – ω <sub>p</sub> .....	(rad/s)	=	15,930
Frekvencija prigušenih oscilacija – f <sub>p</sub> .....	(1/s)	=	2,535
Period prigušnih oscilacija – T <sub>p</sub> .....	(s)	=	0,394
Trenutak prve amplitude – T <sub>A</sub> .....	(s)	=	0,092
Prva amplituda (Imp = 50 Ns) – A <sub>y1</sub> .....	(rad)	=	0,000681
Vreme smiraja na 1% amplitude – T <sub>sm</sub> .....	(s)	=	2,624
Ugib zadnji levi – U <sub>zl</sub> .....	(m)	=	0,00098

**LKTTV Pik-ap III**

Oslonjena masa vozila – OMV .....	(kg)	=	2.635,000
Koeficijent opterećenja napred – KOn.....	(-)	=	0,600
Osovinski razmak – L.....	(m)	=	3,475
Položaj težišta – Lp.....	(m)	=	2,085
Masa na prednjem točku – Mpt.....	(kg)	=	790,000
Masa na zadnjem točku – Mzt.....	(kg)	=	527,500
Impuls X pravac – Imx.....	(Ns)	=	50,000
Impuls Y pravac – Imy.....	(Ns)	=	50,000
Krak impulsa – Lso.....	(m)	=	1,625
Krak centra mase – Z <sub>OMV</sub> .....	(m)	=	0,395
Širina traga točkova napred – b.....	(m)	=	1,045
Širina traga točkova nazad – B.....	(m)	=	1,365
Koeficijent krutosti napred – c <sub>p</sub> .....	(N/m)	=	135.000,000
Koeficijent krutosti nazad – c <sub>z</sub> .....	(N/m)	=	165.000,000
Položaj centra rotacije – x <sub>co</sub> .....	(m)	=	1,910
Rastojanje OMV – CO – x <sub>OMV</sub> .....	(m)	=	-0,174
Koeficijent prigušenja napred – k <sub>p</sub> .....	(Ns/m)	=	2.000,000
Koeficijent prigušenja nazad – k <sub>z</sub> .....	(Ns/m)	=	2.000,000

**Za X pravac (Poprečna ravan)**

Moment impulsa oko x pravca.....	(Nsm)	=	81,250
Moment inercije – I <sub>x</sub> .....	(kg·m <sup>2</sup> )	=	1.435,314
Koeficijent prigušenja sistema – KPs.....	(-)	=	1,029
Kružna brzina neprigušenih oscilacija – ω <sub>n</sub> .....	(rad/s)	=	12,302
Kružna brzina prigušenih oscilacija – ω <sub>p</sub> .....	(rad/s)	=	12,259
Frekvencija prigušenih oscilacija – f <sub>p</sub> .....	(1/s)	=	1,951
Period prigušnih oscilacija – T <sub>p</sub> .....	(s)	=	0,513
Trenutak prve amplitude – T <sub>A</sub> .....	(s)	=	0,121
Prva amplituda (Imp = 50 Ns) – A <sub>x1</sub> .....	(rad)	=	0,004061
Vreme smiraja na 1% amplitude – T <sub>sm</sub> .....	(s)	=	4,473
Ugib zadnji levi – U <sub>zl</sub> .....	(m)	=	0,0028

**Za Y pravac (Uzdužna ravan)**

Moment impulsa oko y pravca.....	(Nsm)	=	81,250
Moment inercije – I <sub>y</sub> .....	(kg·m <sup>2</sup> )	=	10.619,256
Koeficijent prigušenja sistema – KPs.....	(-)	=	1,486
Kružna brzina neprigušenih oscilacija – ω <sub>n</sub> .....	(rad/s)	=	14,734
Kružna brzina prigušenih oscilacija – ω <sub>p</sub> .....	(rad/s)	=	14,665
Frekvencija prigušenih oscilacija – f <sub>p</sub> .....	(1/s)	=	2,334
Period prigušnih oscilacija – T <sub>p</sub> .....	(s)	=	0,428
Trenutak prve amplitude – T <sub>A</sub> .....	(s)	=	0,101
Prva amplituda (Imp = 50 Ns) – A <sub>y1</sub> .....	(rad)	=	0,000579
Vreme smiraja na 1% amplitude – T <sub>sm</sub> .....	(s)	=	3,099
Ugib zadnji levi – U <sub>zl</sub> .....	(m)	=	0,00091

Na osnovu razmatranih i prikazanih eksperimentalnih vrednosti opterećenja bilo je moguće njihovom primenom analizirati definisani matematički model. Jedna od značajnijih analiza odnosi se na simulaciju odgovora na vrednosti opterećenja.

### **Simulacija odgovora na silu opterećenja**

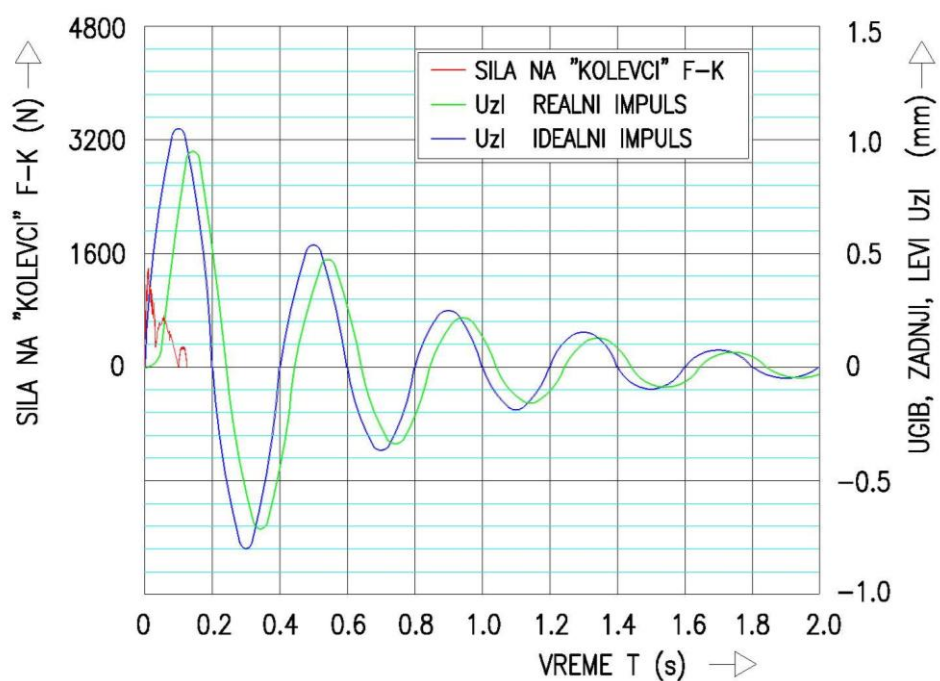
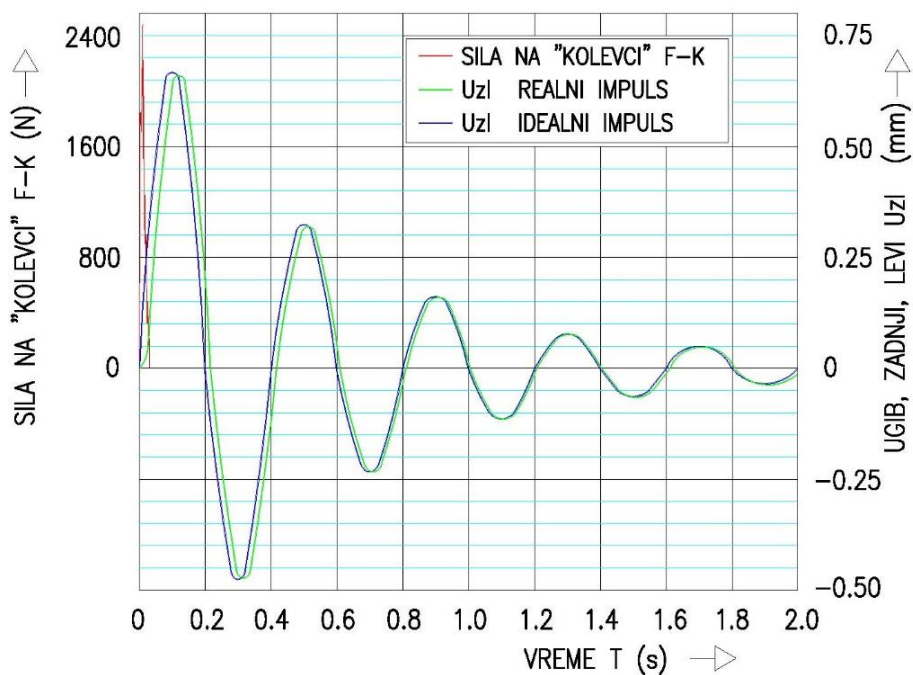
U prvoj fazi dinamičkih laboratorijskih ispitivanja izmerene su sile u pravcu x ose koje izazivaju oscilovanje vozila u podužnoj ravni oko y ose koja prolazi kroz centar oscilovanja.

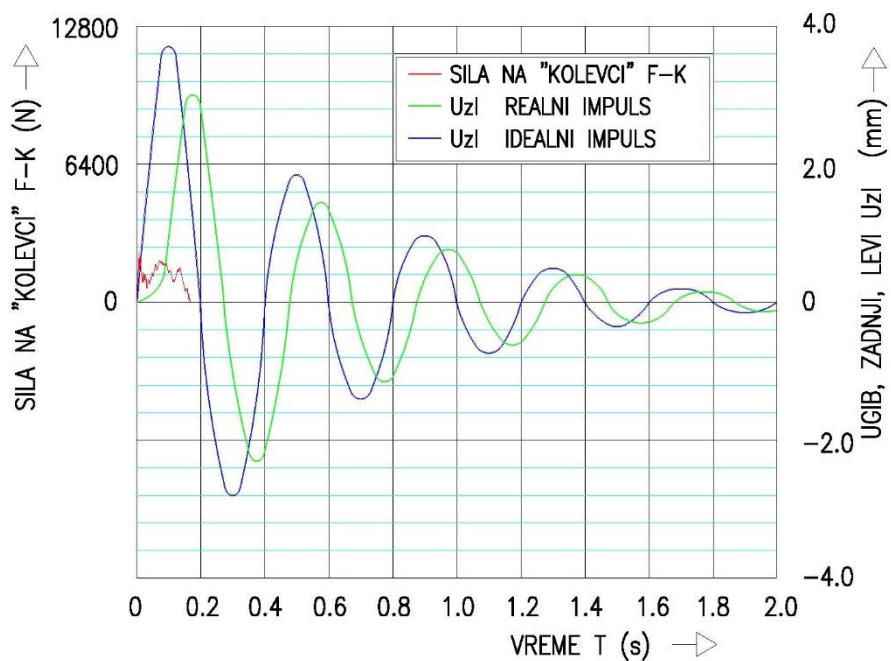
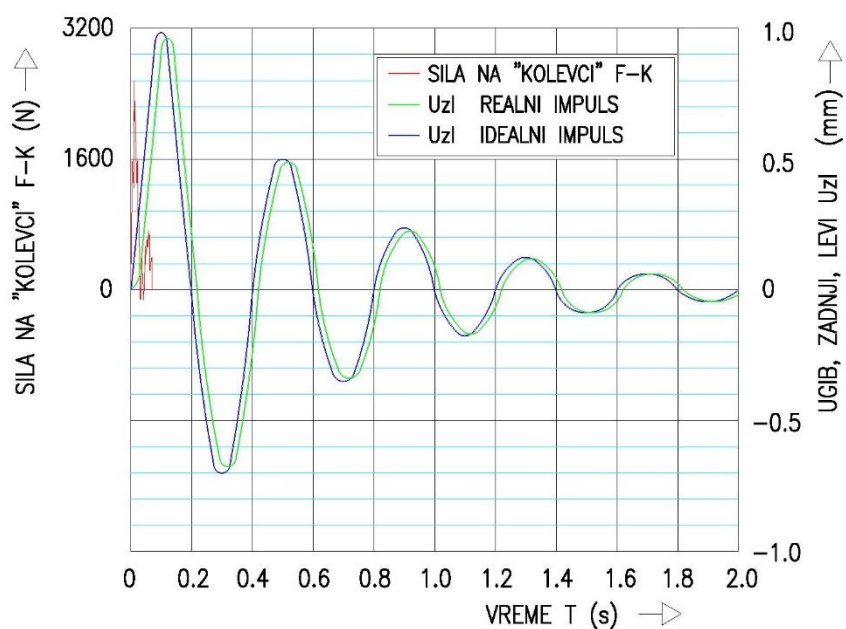
Mehaničke karakteristike tri predstavnika vozila su određene ranije i za poređenje sa eksperimentalno dobijenim rezultatima izabrane su karakteristike LKTTV Pik ap I, kao najbliže vozilu TOYOTA Pik ap na kome su eksperimentalni podaci dobijeni.

Rezultati simulacija su prikazani za slučaj impulsnog odziva na matematički idealan impuls koji u trenutku  $t = 0$  s deluje punim intenzitetom, kao i za eksperimentalno dobijene realne impulse, istog intenziteta, ali koji deluju tokom vremena trajanja impulsa (VTI-T).

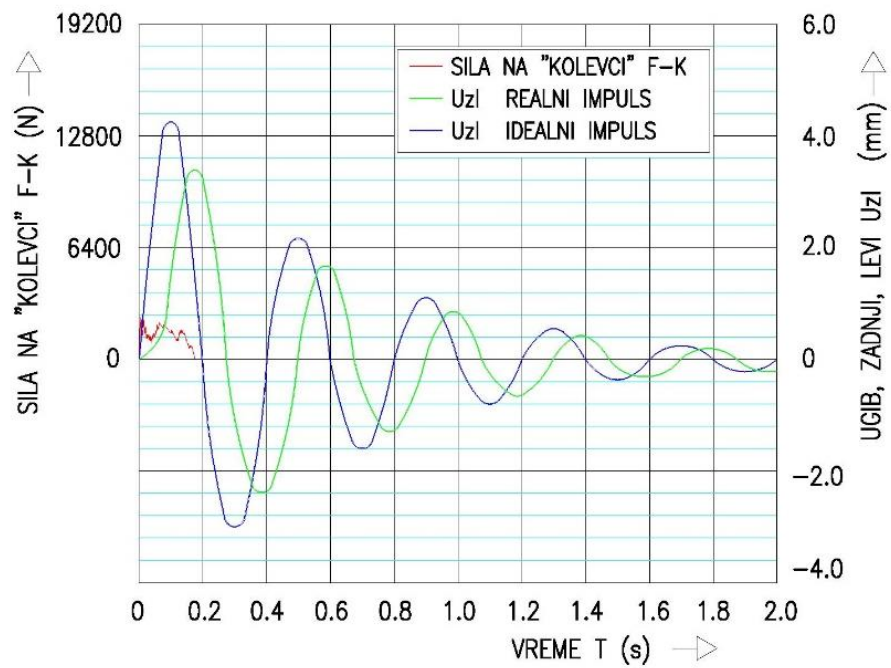
Odgovor sistema na idealan matematički impuls u početnom trenutku definisan je jednačinom (4.11).

Na Sl.-4.65 do Sl.-4.70 data je zavisnost sile opterećenja R (F-K) i ugiba zadnjeg levog ( $U_{zl}$ ) od idealnog, odnosno realnog impulsa različitih vrednosti.

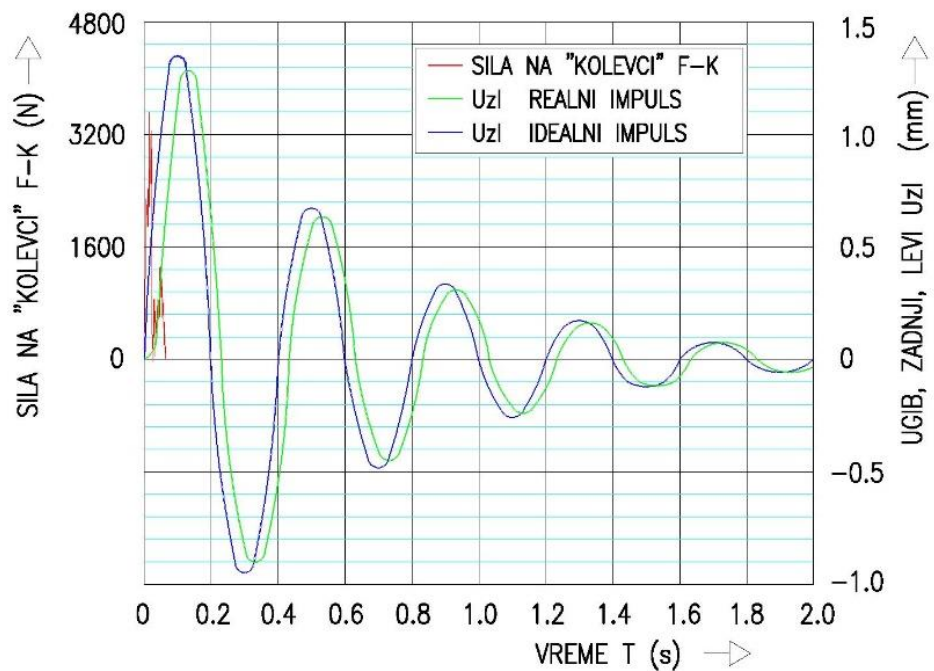
Sl.-4.65 Ugib, zadnji, levi pri impulsu  $IMP1=51.8Ns$  i  $n=100min^{-1}$ Sl.-4.66 Ugib, zadnji, levi pri impulsu  $IMP2=33.175Ns$  i  $n=200min^{-1}$

Sl.-4.67 Ugib, zadnji, levi pri impulsu  $IMP3=181.758Ns$  i  $n=100min^{-1}$ Sl.-4.68 Ugib, zadnji, levi pri impulsu  $IMP4=49.03Ns$  i  $n=200min^{-1}$





Sl.-4.69 Ugib, zadnji, levi pri impulsu  $IMP5=210.22Ns$  i  $n=100min^{-1}$



Sl.-4.70 Ugib, zadnji, levi pri impulsu  $IMP6=66.68Ns$  i  $n=200min^{-1}$

#### 4.5.6 Analiza teorijskih rezultata oscilovanja vozila

Rezultati simulacije pri realnom i idealnom impulsu daju rezultate bliske odgovarajućim veličinama dobijenim pri eksperimentalnim ispitivanjima.

Idealni matematički impuls (koji realno ne može biti ostvaren jer uvek mora postojati neko vreme dejstva) i čiji je intenzitet definisan matematički izrazom:

$$I_m = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \int_0^{\Delta t} F(t) dt \quad (4.16)$$

daje nešto veće vrednosti pomeranja u odnosu na vrednosti pomeranja dobijene za realne impulse. Maksimalne veličine pomeranja su takođe nešto pre ostvarene nego za slučajeve realnih impulsa.

Razlog ovome je što pri idealnom impulsu sistem dobija trenutno celokupnu inicijalnu brzinu koja odgovara veličini impulsa, dok kod realnog impulsa iste veličine sistem dobija postepeno inicijalnu brzinu, pa se jedan njen deo prigušuje tokom samog konačno malog vremena dejstva takvog impulsa.

Iz prikazanih rezultata se vidi da realni impulsi dobijeni pri broju obrtaja  $n = 200 \text{ min}^{-1}$  daju pomeranja bliža odgovarajućim veličinama dobijenim na osnovu matematičkih idealnih impulsa, što je i logično jer je vreme trajanja impulsa (VTI) skoro 2.5 puta kraće (Sl.-4.63 i Sl.-4.64) nego pri broju obrtaja  $n = 100 \text{ min}^{-1}$ .

Na Sl.-4.69 vidi se da je najveći ugib  $U_{z1} = 3.35 \text{ mm}$  u podužnoj ravni oscilovanja (oko y ose) ostvaren pri impulsu  $IMP_5 = 210.22 \text{ Ns}$  (srednja vrednost sile opterećenja  $R_s = 1256.59 \text{ N}$  i vreme trajanja impulsa  $VTI = 0.16729 \text{ s}$ ) koji odgovara otklonu "kolevke" od  $15 \text{ mm}$  i broju obrtaja  $n = 100 \text{ min}^{-1}$ .

#### 4.6 Eksperimentalno ispitivanje mehaničkog modela sistema naoružanje-platforma-vozilo

Prvi korak u razvoju novih borbenih sistema uopšte je izrada Taktičko-tehničkih zahteva (TTZ) koje borbeni sistem mora da ispuni. Na osnovu Taktičko-tehničkih zahteva koncipira se borbeni sistem kao celina, a zatim se koncipiraju podsistemi i uređaji i pristupa realizaciji idejnog rešenja borbenog sistema [ 24 ], [ 25 ].

Ukoliko je strateško opredeljenje naručioca da se sve mora proizvoditi u domicilnoj državi, tada se TTZ-i i koncepcija borbenog sistema moraju uskladiti sa tehničko-tehnološkim mogućnostima domicilne države [ 26 ].

Osim navedenog pristupa razvoju borbenih sistema, moguć je i takozvani "modularni" pristup razvoju ukoliko su na svetskom tržištu i u domicilnoj zemlji dostupne odgovarajuće komponente borbenog sistema.

Eksperimentalna istraživanja ugradnje naoružanja na vozila se mogu naći u literaturi [ 8 ], [ 9 ], [ 10 ], [ 43 ], [ 58 ], ali je evidentno da se ova istraživanja javno veoma ograničeno publikuju.

U cilju realizacije eksperimentalnih istraživanja u ovom radu, po "modularnom" principu je koncipirano i realizovano modelsko rešenje borbenog vozila, pri čemu se LKTTV može posmatrati kao prvi (osnovni) modul, platforma za prihvat naoružanja (oruđa) kao drugi modul, gornji lafet sa kolevkom kao treći modul i samo naoružanje (oruđe) kao četvrti modul.

LKTTV su vozila koja danas u Pik-ap verziji nudi na tržištu gotovo svaki poznatiji proizvođač automobila. U mnogim zemljama sveta, posebno u Africi i na Bliskom istoku nalazi se u eksploataciji na desetine hiljada LKTTV u Pik-ap verziji, koja su se pokazala veoma pouzdanim i u najtežim uslovima eksploatacije (visoke spoljne temperature okoline, veoma visok sadržaj čestica peska u vazduhu, izrazito teški vanputni uslovi kretanja itd.).

Platforma sa obrtnim ležajem za prihvat naoružanja (oruđa) ima ulogu adaptera između LKTTV i naoružanja i omogućava da se iz naoružanja može dejstvovati pri svim uglovima po pravcu ( $0^\circ$  do  $360^\circ$ ) i elevaciji u rasponu od  $-10^\circ$  do  $+60^\circ$  [ 40 ], zavisno od zahteva koje diktira naoružanje. Jednostavne je konstrukcije i izrade i treba da bude što univerzalnija kako bi prihvatila što je moguće veći broj vrsta naoružanja sa svojim lafetima. Uglovi po pravcu se mogu zauzimati ručno (preko ručica naoružanja) od strane nišandžije ili preko mehanizma za ručno pokretanje naoružanja po pravcu.

Gornji lafet sa kolevkom vezuje se za platformu i omogućava dejstvo naoružanja po elevaciji. Zauzimanje uglova po elevaciji omogućava mehanizam koji je sastavni deo lafeta naoružanja. Svako naoružanje poseduje svoj lafet, tako da je izborom naoružanja definisan i sam lafet. Naoružanje (oruđe) sa pripadajućim nišanskim spravama je stvar izbora naručioca koji ga može izabrati na dostupnom tržištu ili iz arsenala naoružanja domicilne zemlje.

Usklađivanjem parametara ova četiri modula, od kojih je samo platforma za prihvat naoružanja (oruđa) novoizvedeno konstrukciono rešenje, moguće je realizovati borbeno vozilo, a da se pri tome u velikoj meri dobije najbolji odnos CENA-EFIKASNOST.

Eksperimentalna ispitivanja borbenih vozila mogu se sprovesti kroz:

- Laboratorijska ispitivanja komponenti i vozila u celini;
- Poligonska ispitivanja i
- Terenska ispitivanja.

Pogonske grupe borbenih vozila (motor, motorski uređaji i transmisija u mono bloku) ispituju se na probnim stolovima sa kočnicama koje su vezane za vratila pogonskih točkova i preko kojih se mogu simulirati realni uslovi eksploatacije vozila. Savremene laboratorije za ispitivanje borbenih vozila opremljene su da mogu na probnom stolu da prihvate kompletno vozilo i da obezbede simulaciju realnih uslova eksploatacije.

Poligonska ispitivanja borbenih vozila obuhvataju ispitivanja ugrađenog naoružanja i vozila pri opaljenju, ali u statičkim uslovima.

Zbog ograničenih uslova poligona, za artiljerijska oruđa velikih kalibara koja imaju dvodelne projektele pri ispitivanju se koristi tzv. "hidro metal" koji simulira sile trzanja pri ispaljivanju realnog projektila, dok se za obuku koristi tzv. „umetnuta cev“.

Uslovi ispitivanja na poligonima su takvi da se mogu registrovati zapisi svih mernih veličina (ubrzanja, pomeranja, naponi, brzine projektila itd.) u potpuno bezbednim uslovima za predmet ispitivanja, mernu opremu i ispitne ekipe.

Terenska ispitivanja imaju za cilj ispitivanje pouzdanosti komponenti vozila i vozila u celini i sprovode se na poligonima čija konfiguracija zemljišta (uređena ili prirodna) omogućava simulaciju realnih uslova eksploatacije, kao i dejstvo iz ugrađenog naoružanja u pokretu.

Laboratorijska ispitivanja LKTTV Pik-ap vozila su vršena u statičkim i dinamičkim uslovima na kompletnom vozilu [ 72 ]. Da bi se što približnije simulirali realni uslovi dejstva iz naoružanja, autor ovog rada je projektovao i realizovao neophodnu opremu za laboratorijska ispitivanja.

### **Predmet ispitivanja**

Predmet laboratorijskih ispitivanja je LKTTV TOYOTA Pik-ap, kao predstavnik familije Pik-ap vozila različitih proizvođača. Izgled vozila je dat na Sl.-4.71, a tehničke karakteristike su slične predstavniku vozila I izTabela 4.4 i 4.5.



Sl.-4.71 LKTTV TOYOTA Pik-ap

Na vozilo (Sl.-4.72) je postavljeno funkcionalno modelsko rešenje platforme za prihvatanje naoružanja sa obrtnim postoljem (1), koje omogućava zauzimanje ugla naoružanja po pravcu od  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $60^\circ$  i  $90^\circ$  [ 64 ].

Visina modelskog rešenja platforme za prihvat naoružanja sa obrtnim postoljem je određena tako da zajedno sa modelskim rešenjem gornjeg lafeta omogućava zauzimanje uglova depresije i elevacija naoružanja u uobičajenim rasponima od  $-10^\circ$  do  $+45^\circ$  ( $+60^\circ$ ) [ 40 ].

Uglove po pravcu ( $0^\circ$  do  $360^\circ$ ) naoružanja omogućava obrtno postolje. Kao obrtno postolje korišćena je turela komandira BVP M80, koja omogućava zauzimanje traženih uglova po pravcu.

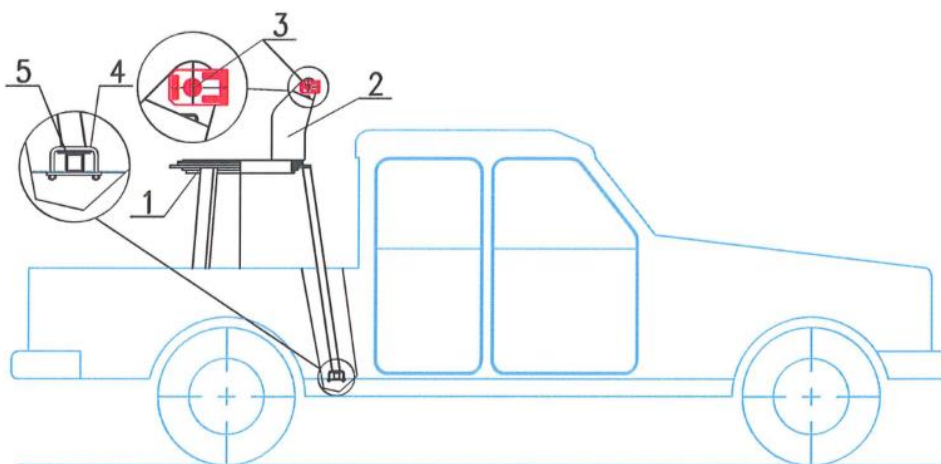
Oslonci platforme su izrađeni od čeličnog hladno oblikovanog U profila (HOP) U120, debljine 6mm i svesno su predimenzionisani zbog delimičnog poznavanja očekujućih sila opterećenja na „kolevci“.

Položaj platforme po visini i u uzdužnoj ravni nije variran zbog konstruktivnih ograničenja vozila.

Variranje položaja platforme u uzdužnoj ravni bilo bi moguće kod LKTTV Pik-ap sa singl kabinom, a po visini ugradnjom složenije platforme koja bi omogućavala dva položaja naoružanja po visini (marševski i borbeni) [ 82 ].

Za obrtno postolje je kruto vezana konstrukcija (2), koja predstavlja modelsko rešenje "gornjeg lafeta" i po masi i položaju "kolevke" približno je realnom rešenju.

U ušice "gornjeg lafeta" postavljeno je funkcionalno modelsko rešenje "kolevke" (3), koje omogućava zauzimanje uglova elevacije naoružanja od  $0^\circ$ ,  $15^\circ$  i  $30^\circ$ .



Sl.-4.72 LKTTV Pik-ap vozilo sa platformom  
1-Platforma sa obrtnim postoljem, 2-"Gornji lafet", 3-"Kolevka"  
4-Elementi veze, 5-Šasija vozila

Platforma sa obrtnim postoljem je preko elemenata za vezu (4), kruto vezana za šasiju vozila (5).

## Cilj ispitivanja

Kod borbenih vozila se kao primarni zadatak postavlja dejstvo iz ugrađenog naoružanja pri različitim uglovima dejstva po pravcu i elevaciji, iz zastanka ili u pokretu [ 82 ].

S obzirom na to da se ova ispitivanja vrše u laboratorijskim uslovima bez mogućnosti simulacije kretanja vozila po terenu, a uz simulaciju sile trzanja naoružanja spoljnom silom opterećenja, cilj ispitivanja je da se utvrdi opseg spoljnih sila opterećenja na "kolevci" koji vozilo može da prhvati, a da pri tome ne dođe do udara šasije vozila u graničnike uređaja za oslanjanje vozila ili gubljenja kontakta točkova vozila sa tlom, odnosno deformacija platforme za prihvat naoružanja i šasije vozila.

Laboratorijska ispitivanja su sprovedena u statičkim i dinamičkim uslovima sa aspekta spoljne sile opterećenja.

Statičkim ispitivanjima se želi utvrditi korelacija između statičke spoljne sile opterećenja na "kolevci" i ugiba oslonjene mase vozila u tačkama veze šasije vozila i elemenata uređaja za oslanjanje, a iznad pogonskih mostova, kao i proveriti konstrukcija platforme vozila i portala.

Dinamička ispitivanja takođe treba da pokažu korelaciju između dinamičke spoljne sile opterećenja na "kolevci" i ugiba oslonjene mase vozila na mestima kao kod statičkih ispitivanja.

Osim toga, dinamička ispitivanja treba da pokažu da je karakter i tok spoljne sile opterećenja sličan karakteru i toku sile trzanja pri opaljenju iz realnog naoružanja. Takođe snimljenim zapisima pri dinamičkim ispitivanjima treba da se verifikuje postavljeni dinamički model oscilovanja u poprečnoj i uzdužnoj ravni vozila.

Vrednost snimljenih napona u elementima konstrukcije platforme za prihvat naoružanja i šasije vozila, pri definisanim spoljnim silama opterećenja, treba da daju polazne osnove za optimizaciju konstrukcije platforme i eventualnu ugradnju dopunskih oslonih stopa na vozilo.

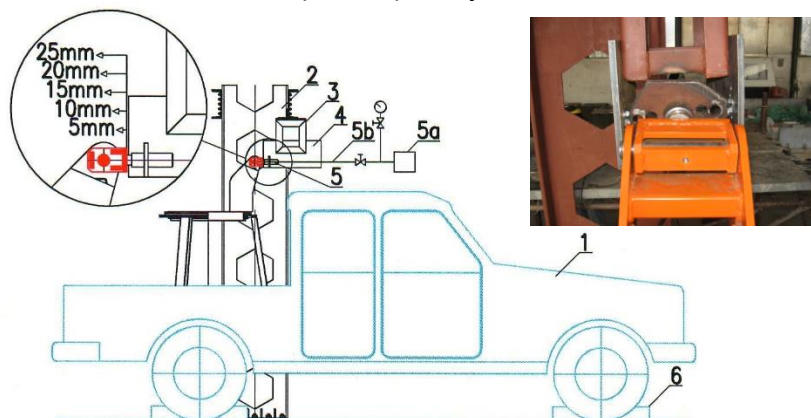
### 4.6.1 Laboratorijska statička ispitivanja

Statička ispitivanja LKTTV TOYOTA Pik-ap su izvedena u hali AD NAPREDAK Plandište, u periodu od 10.01. do 12.01.2014. godine pri temperaturi u hali od 12°C. Za potrebe statičkih i dinamičkih ispitivanja projektovan je i izrađen portal SI.-4.73, poz.2, koji se sastoji od dva vertikalna čelična stuba od IP 550 i dve horizontalne čelične grede od UP 240. Vertikalni stubovi su, preko stopa SI.-4.74, poz.8, vezani za pod hale anker vijcima. Za horizontalne grede sa donje strane je vijcima vezan kružni prstenasti segment SI.-4.74, poz.7, koji omogućava zauzimanje uglova naoružanja po pravcu [ 64 ].

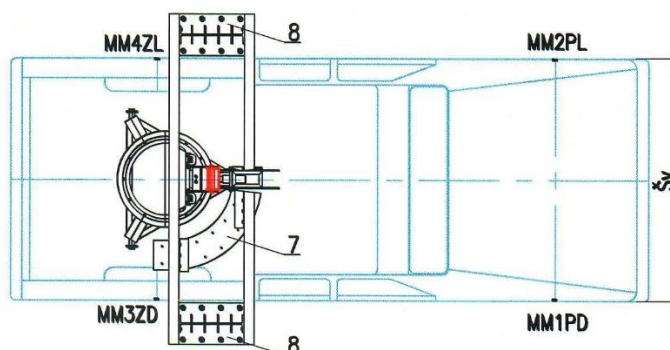
Spoljna sila opterećenja na "kolevci" se dobija preko hidrauličnog cilindra SI.-4.73, poz.5, a pritisak u hidrauličnom cilindru se obezbeđuje preko hidrauličke instalacije, poz.5b i ručne hidrauličke pumpe, poz.5a, a očitavan je na manometru u sklopu hidraulične instalacije. Uglovi naoružanja po elevaciji su dobijeni postavljanjem ose hidrauličkog cilindra pod uglovima 0°, 15° i 30° u odnosu na horizontalu.

Merna mesta (MM1 do MM4) su postavljena iznad točkova, na bočnim stranama karoserije vozila (Šv), a ugib oslonjene mase vozila je meren pomičnim merilom na svakom mernom mestu.

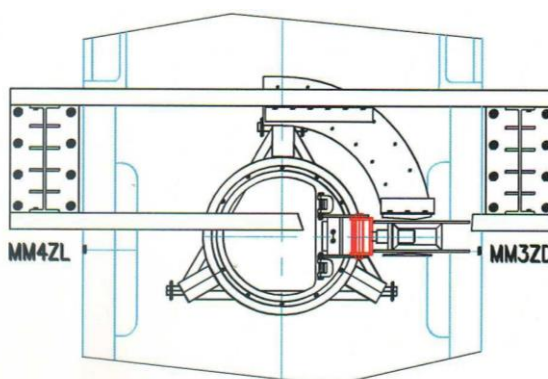
Sila opterećenja na "kolevci" je dobijena kao proizvod pritiska očitnog na manometru i površine klipa hidrauličkog cilindra za hodove klipa od 5,10,15,20 i 25mm, što su istovremeno i otkloni "kolevke" u odnosu na početni položaj.



Sl.-4.73 Šema statičkih ispitivanja LKTTV TOYOTA Pik-ap  
1-Vozilo sa platformom, "gornjim lafetom" i "kolevkom", 2-Portal, 3-Vezni element, 4-Nosač hydr.cilindra, 5-Hidraulični cilindar sa ručnom hydr. pumpom 5a i hidroinstalacijom 5b, 6-Fiksatori točkova



Sl.-4.74 Šema statičkih ispitivanja LKTTV TOYOTA Pik-ap  
pri uglu pravca "oruđa" 0° i uglu elevacije 0°  
7-Kružni prstenasti segment, 8-Stope portala



Sl.-4.75 Šema statičkih ispitivanja LKTTV TOYOTA Pik-ap  
pri uglu pravca "oruđa" 90° i uglu elevacije 0°

## Rezultati statičkih ispitivanja

Rezultati statičkih ispitivanja LKTTV TOYOTA Pik-ap u uzdužnoj i poprečnoj ravni vozila su prikazani u Tabeli 4.6 i na dijagramima SI.-4.76 a) i b) uz primenu metode najmanjih kvadrata.

S obzirom da su merenja ugiba vršena na karoseriji po širini vozila ( $\dot{S}_v$ ) iznad točkova u odnosu na osu točkova ( $u_k$ ), u Tabeli 4.7 su dati ugibi u poprečnoj ravni oscilovanja na mestima ugradnje elemenata uređaja za oslanjanje ( $b, B, u$ ) dobijeni iz odnosa:

$$U_{pd} = U_{pdk} \cdot \frac{b}{\dot{S}_v} \quad (4.17)$$

$$U_{zd} = U_{zdk} \cdot \frac{B}{\dot{S}_v} \quad (4.18)$$

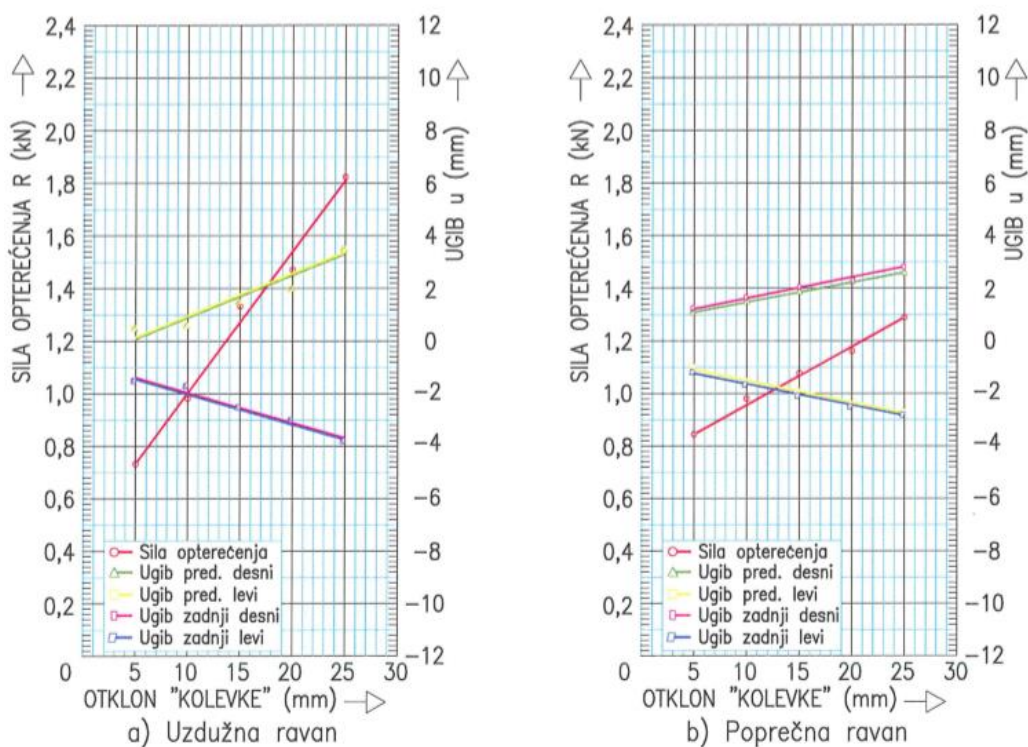
dok su u uzdužnoj ravni vrednosti ugiba realne i prikazane u Tabeli 4.7.

Tabela 4.7 – Rezultati statičkih ispitivanja LKTTV TOYOTA Pik-ap u poprečnoj i uzdužnoj ravni vozila

Redni broj merenja	Uslovi ispitivanja			IZMERENE I IZRAČUNATE VREDNOSTI							Napomena
	Ugao po pravcu (°)	Ugao po elevaciji (°)	Otklon "kolevke" (mm)	p Pritisak na manom. (bar)	A Površina čela klipa (cm <sup>2</sup> )	R Sila opterećenja (N)	U <sub>pd</sub> MM1PD Ugib prednji,desni (mm)	U <sub>pl</sub> MM2PL Ugib prednji,levi (mm)	U <sub>zd</sub> MM3ZD Ugib zadnji,desni (mm)	U <sub>zl</sub> MM4ZL Ugib zadnji,levi (mm)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	90	0	5	4,30	19,625	844	+1,0	-1,0	+1,2	-1,2	Poprečna ravan vozila
2.	90	0	10	5,00		981	+1,5	-1,5	+1,6	-1,6	
3.	90	0	15	5,50		1.079	+1,9	-1,9	+2,0	-2,0	
4.	90	0	20	5,90		1.158	+2,3	-2,4	+2,3	-2,3	
5.	90	0	25	6,60		1.295	+2,6	-2,7	+2,8	-2,8	
6.	0	0	5	3,80		746	+0,5	+0,5	-1,5	-1,5	Uzdužna ravan vozila
7.	0	0	10	5,00		981	+0,6	+0,6	-2,2	-2,2	
8.	0	0	15	6,80		1.335	+1,5	+1,5	-3,1	-3,1	
9.	0	0	20	7,50		1.472	+2,0	+2,0	-3,4	-3,4	
10.	0	0	25	9,30		1.825	+3,5	+3,5	-3,8	-3,8	

Na osnovu rezultata statičkih ispitivanja (snimljenih ugiba i sila opterećenja) dobijeni su neophodni parametri za izračunavanje položaja centra oscilovanja (CO) u odnosu na težište oslonjene mase vozila ( $T_{OMV}$ ), odnosno  $x_{OMV}$  i  $z_{OMV}$ .





Sl.-4.76 Rezultati statičkih ispitivanja LKTTV TOYOTA Pik-ap

### Analiza rezultata statičkih ispitivanja

Statička laboratorijska ispitivanja pokazuju (Sl.-4.76) da se ispitivano vozilo LKTTV TOYOTA Pik-ap, odnosno njegov uređaj za oslanjanje u pogledu krutosti elemenata oslanjanja ponaša približno linearno u odnosu na silu opterećenja, odnosno otklon „kolevke”.

Sila opterećenja  $R_u$  (N) u uzdužnoj ravni vozila, pri uslovima ispitivanja 0,0,15 (Redni broj merenja 8 u Tabeli 4.7) iznosi  $R_u = 1335$  N i veća od sile opterećenja u poprečnoj ravni pri uslovima ispitivanja 90,0,15 (Redni broj merenja 3 u Tabeli 4.7) kada joj je vrednost  $R_p = 1079$  N.

Razlog ovome su svakako duži kraci sila u oprugama u uzdužnoj ravni u odnosu na krake sila u poprečnoj ravni, jer su sile u oprugama iste vrednosti bez obzira na posmatranu ravan vozila.

Ugib, zadnji, levi pri statičkom opterećenju silom opterećenja  $R_u = 1335$  N i uslovima ispitivanja 0,0,15 u uzdužnoj ravni vozila iznosi  $U_{zl} = 3.1$  mm (Tabela 4.7).

Rezultati statičkih ispitivanja analiziranih su za otklon „kolevke“ 15mm u poprečnoj i uzdužnoj ravni pri datim uglovima pravca i elevacije, radi upoređenja sa rezultatima dobijenim putem dinamičkog modela oscilovanja vozila.

## 4.6.2 Laboratorijska dinamička ispitivanja

Dinamička ispitivanja LKTTV TOYOTA Pik-ap su takođe izvedena u hali AD NAPREDAK Plandište u periodu od 15.01. do 16.01.2014. godine pri temperaturi u hali od 15°C, u saradnji sa firmom TRCpro Novi Sad, koja je obezbedila mernu opremu kao i softver za zapis i obradu rezultata ispitivanja.

Za potrebe dinamičkih ispitivanja vozila korišćen je isti portal kao za statička ispitivanja Sl.-4.73 poz.2, a vozilo opremljeno platformom sa obrtnim postoljem, "gornjim lafetom" i "kolevkom" je identično kao pri statičkim ispitivanjima.

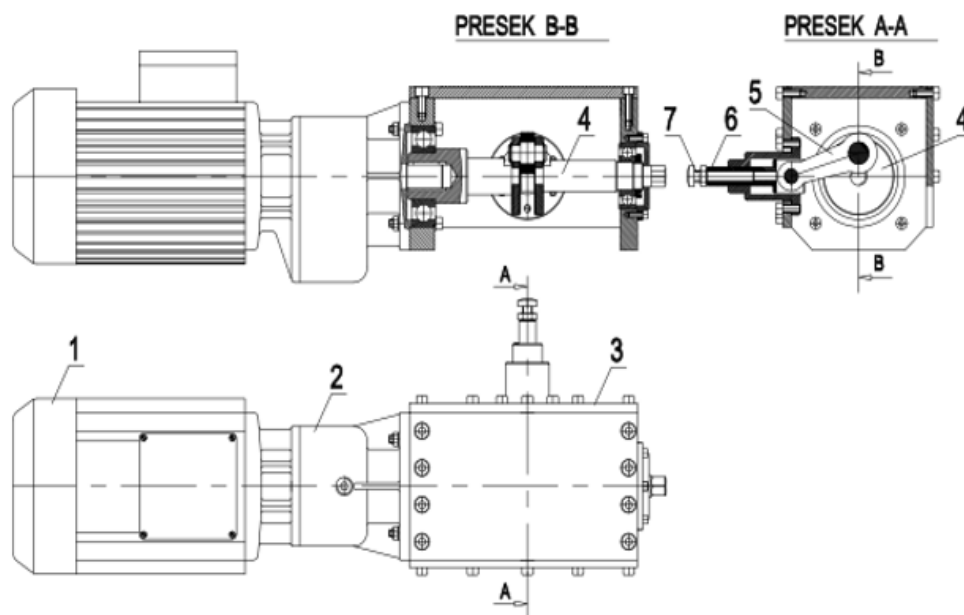
### Oprema za dinamička ispitivanja

Pri dinamičkim ispitivanjima vozila korišćena je sledeća oprema:

- Elektro-mehanički simulator impulsne sile (EMSIS);
- Frekventni regulator broja obrtaja elektromotora EMSIS-a;
- Elektronski merač broja obrtaja-tahometar;
- Dinamometar;
- Davač pomeranja;
- Davači ubrzanja;
- Merne trake;
- Merni most (8 kanala) i
- Računar LAP-TOP.

### Elektro-mehanički simulator impulsne sile (EMSIS)

Impulsna sila koja se generiše pri opaljenju iz oruđa ugrađenog na vozilo je unutrašnja sila, ali koja se u odnosu na vozilo ponaša kao spoljašnja sila.



Sl.-4.77a Elektro-mehanički simulator impulsne sile (EMSIS)  
 1-Elektromotor, 2-Reduktor, 3-Kučište klipnog mehanizma, 4-Kolenasto vratilo,  
 5-Klipnjača, 6-Klip, 7-Vijak za podešavanje otklona "kolevke"



Sl.-4.77b Elektro-mehanički simulator impulsne sile (EMSIS)

S obzirom na ograničavajuće mogućnosti ugradnje realnog naoružanja na vozilo, kao i obezbeđenje potrebnih bezbednosnih uslova za ispitivanje vozila sa realnim naoružanjem, za dinamička ispitivanja vozila autor ovog rada je projektovao i realizovao uređaj za simulaciju impulsne sile (EMSIS) prikazan na Sl.-4.77a i b [ 75 ].

Uređaj se sastoji od elektromotora (1), reduktora (2), kućišta klipnog mehanizma (3), sa kolenastim vratilom (4), klipnjačom (5), klipom (6) i vijkom za podešavanje otklona "kolevke" (7).

Elektromotor EMSIS-a je preko frekventnog regulatora broja obrtaja povezan za elektro mrežu, a broj obrtaja kolenastog vratila može se zadavati preko frekvencije na displeju frekventnog regulatora i kontrolisati ručno putem tahometra.

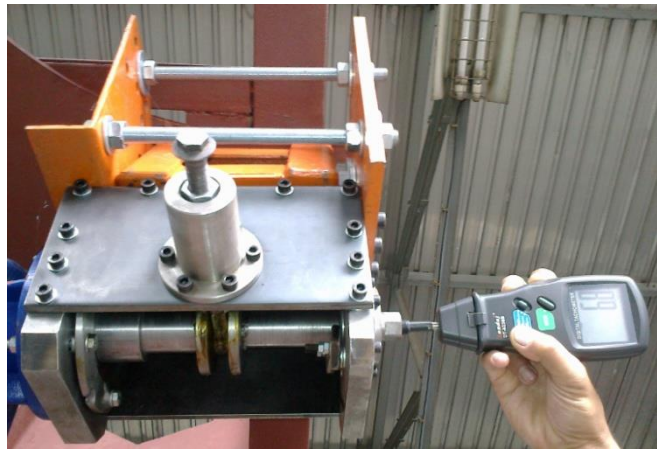
EMSIS je baždaren bez opterećenja priključenjem na elektro mrežu, pri čemu je displej na frekventnom regulatoru pokazivao 50 Hz, a broj obrtaja kolenastog vratila, izmeren tahometrom (Sl.-4.79), je iznosio  $420 \text{ min}^{-1}$ .

### Frekventni regulator broja obrtaja elektromotora EMSIS-a

Frekventni regulator broja obrtaja elektromotora EMSIS-a [ 32 ] je prikazan na SI.-4.78. Frekventni regulator omogućava regulaciju broja obrtaja elektromotora u rasponu od  $30\text{min}^{-1}$  do  $1000\text{min}^{-1}$ , pri čemu se na displeju regulatora očitavaju frekvence od 3,57 Hz do 119,05 Hz.



SI.-4.78 Frekventni regulator broja obrtaja elektromotora EMSIS-a [ 32 ]



SI.-4.79 Elektronski merač broja obrtaja tahometar

### Dinamometar

Za merenje sile opterećenja "kolevke" korišćen je dinamometar firme Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH (HBM) Nemačka, oznake RTN 0,05, sa mernim opsegom 0 do 22.000 N (0 do 2,2t) i brzinom uzorkovanja 1.200Hz prikazan na SI.-4.80 [ 19 ]. Dinamometar je preko ploče-adaptera kruto vezan za "kolevku".



SI.-4.80 Dinamometar HBM RTN 0,05 [ 19 ]



SI.-4.81 Davač pomeranja HBM WA 50 [ 15 ]

### Davač pomeranja

Vertikalno pomeranje šasije u zoni zadnjeg levog točka vozila mereno je davačem pomeranja HBM WA 50 (SI.-4.81) [ 15 ], sa mernim opsegom 0 do 50mm, koji je postavljen na šasiju vozila.

## Davači ubrzanja

Davači ubrzanja za merenje vertikalnih ubrzanja šasije vozila su preko pločica-adaptora postavljeni na šasiju vozila u zoni točkova. Korišćeni su HBM B12/200 (Sl.-4.82) [ 16 ] davači ubrzanja, sa mernim opsegom +/- 200 m/s<sup>2</sup>.



Sl.-4.82 Davač ubrzanja HBM B12/20 [ 16 ]



Sl.-4.83 Merna traka HBM K-LY41-6/120 [ 54 ]

## Merne trake

Za određivanje dilatacija korišćene su merne trake HBM K-LY41-6/120 [ 54 ], otpornosti 120Ω sa jednim mernim vlaknom (Sl.-4.83), koje su postavljene na sredini zadnjeg levog oslonca platforme, na šasiju vozila ispod prednjeg oslonca platforme i u zoni zadnjeg levog točka.

Broj mesta za merenje dilatacije bio je uslovljen ograničenim brojem ulaza na mernom mostu, a sama merna mesta su definisana imajući u vidu silu opterećenja na platformi koja deluje u pravcu uzdužne ose vozila i bočno (pod 90°) u odnosu na pravac vožnje.

## Merni most QuantumX MX840B

MX840B je osmokanalni univerzalni merni most (Sl.-4.84) [ 55 ], kompaktne konstrukcije sa širokim spektrom prihvata raznih mernih veličina.

Može se koristiti u temperaturnom opsegu od -20°C do +60°C i pri vlažnosti od 5 do 95% bez kondenzacije vlage. Davači mernih veličina mogu biti udaljeni do 100m.



Sl.-4.84 Merni most QuantumX MX840B [ 55 ]



Sl. -4.85 Računar LAP-TOP Asus

## Računar LAP-TOP Asus

Za snimanje zapisa korišćen je LAP-TOP Asus računar (Sl.-4.85), pentium 2020M, 2,4GHz, RAM: 4GB sa operativnim sistemom Windows 7.

## Postupak dinamičkih ispitivanja

S obzirom da je za dinamička ispitivanja korišćen 8-kanalni merni most, a broj mernih mesta je 9, dinamička ispitivanja su podeljena u 2 faze.

U Tabeli 4.8 su prikazane merne veličine koje se registruju tokom ispitivanja u I i II fazi.

Tabela 4.8 Merne veličine pri dinamičkim ispitivanjima vozila

Red. broj	Merno mesto	FAZA	N A Z I V merne veličine	Jed. mere	Označa na zapisu
1	2	3	4	5	6
1.	MM1	I FAZA	Sila na "kolevci"	N	F-K
2.	MM9		Pomeranje šasije u zoni zadnjeg levog točka	mm	POM-ZL
3.	MM2		Ubrzanje šasije u zoni zadnjeg levog točka	m/s <sup>2</sup>	UB-ZL
4.	MM3	II FAZA	Ubrzanje šasije u zoni zadnjeg desnog točka	m/s <sup>2</sup>	UB-ZD
5.	MM4		Ubrzanje šasije u zoni prednjeg levog točka	m/s <sup>2</sup>	UB-PL
6.	MM5		Ubrzanje šasije u zoni prednjeg desnog točka	m/s <sup>2</sup>	UB-PD
7.	MM6		Deformacija šasije u zoni zadnjeg levog točka	m/m	D-S-ZL
8.	MM7		Deformacija zadnjeg levog oslonca platforme	m/m	D-P-ZL
9.	MM8		Deformacija šasije ispod prednjeg oslonca platforme	m/m	D-S-P

Iz Tabele 4.8 se vidi da se u I fazi dinamičkih ispitivanja vozila registruju tri merne veličine: sila na "kolevci"-MM1, pomeranje šasije u zoni zadnjeg levog točka-MM9 i ubrzanje šasije u zoni zadnjeg levog točka-MM2.

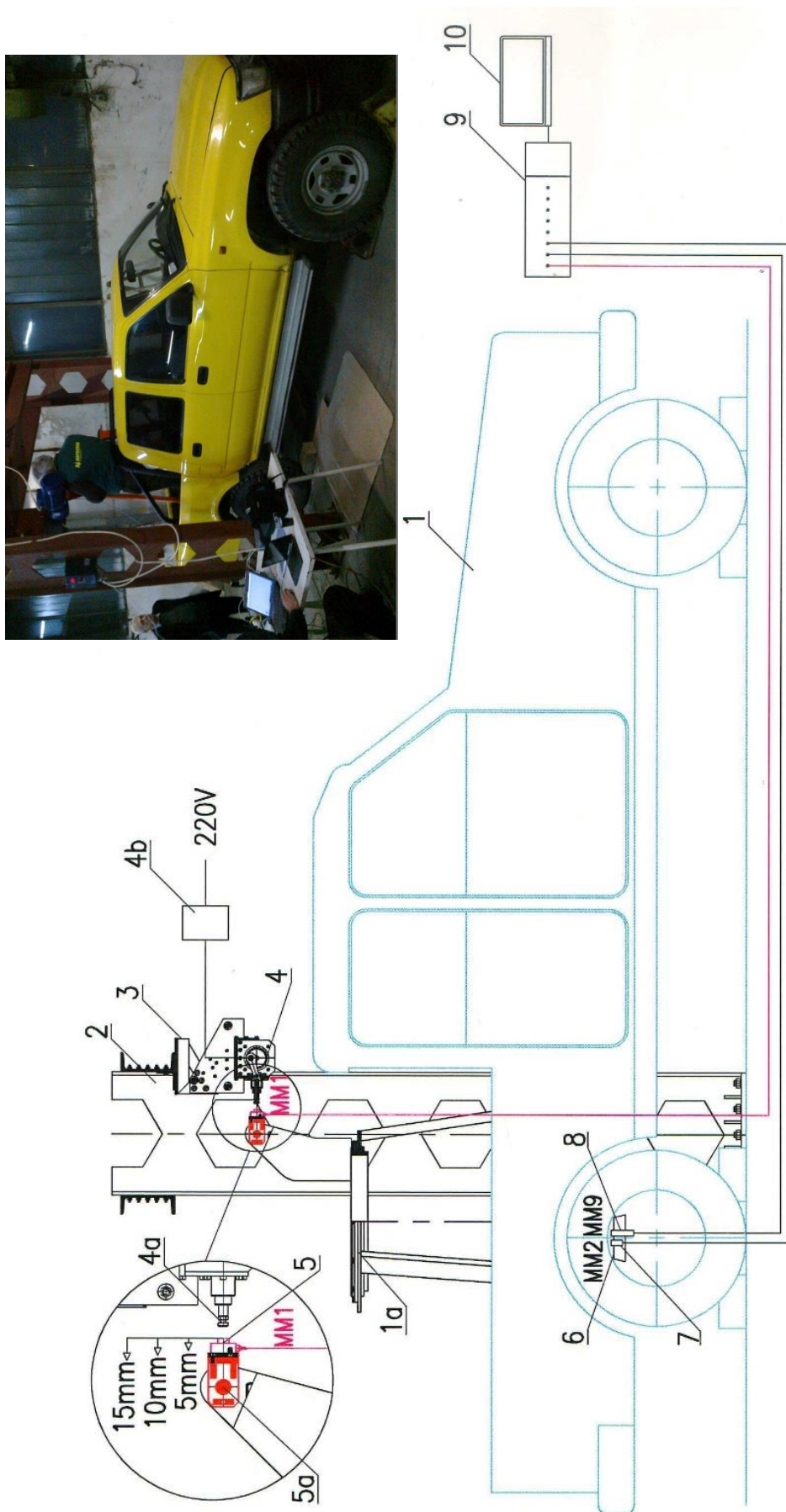
U II fazi dinamičkih ispitivanja vozila registruje se osam mernih veličina: opet sila na "kolevci"-MM1 i ubrzanje šasije u zoni zadnjeg levog točka-MM2, kao i ubrzanje šasije u zoni zadnjeg desnog točka-MM3, ubrzanje šasije u zoni prednjeg levog točka-MM4, ubrzanje šasije u zoni prednjeg desnog točka-MM5, deformacija šasije u zoni zadnjeg levog točka-MM6, deformacija zadnjeg levog oslonca platforme-MM7 i deformacija šasije ispod prednjeg oslonca platforme-MM8.

### Dinamička ispitivanja I FAZA

Šema dinamičkih ispitivanja LKTTV TOYOTA Pik-ap I FAZA je data na SI-4.86. Dinamometar-MM1 (5), davač pomeranja-MM9 (8) i davač ubrzanja-MM2 (7) su preko mernog mosta (9) povezani sa računarnom LAP-TOP (10).

Elektro mehanički simulator impulsne sile-EMSIS (4) je preko svog veznog elementa i nosača (3) kruto vezan za konstrukciju portala (2), a preko frekventnog regulatora broja obrtaja (4b) elektromotor EMSIS-a je povezan na elektro mrežu.

S obzirom da dinamička ispitivanja u ovoj fazi imaju karakter probnih, odnosno verifikacionih ispitivanja, obim ispitivanja je redukovan na ispitivanja pri uglu pravca 0°, uglu elevacije 0° i odklonima "kolevke" 5mm, 10mm i 15mm.



Sl.-4.86 Šema dinamičkih ispitivanja LKTTV TOYOTA Pik-ap I FAZA

1-Vozilo sa platformom, „gornjim lafetom“ i „kolevkom“, 1a-Ležaj platforme, 2-Portal, 3-Vezni element sa nosačem EMSIS-a, 4-Elektro-mehanički simulator (EMSIS), 4a-Vijak EMSIS-a za podešavanje otklona „kolevke“, 4b-Frekventni regulator, 5-Dinamometar, 5a-„Kolevka“, 6-Šasija vozila, 7-Davač ubrzanja (MM2), 8-Davač pomeranja (MM9), 9-Merni most, 10-Računar LAP-TOP

Otklon "kolevke" od 5mm, 10mm i 15mm dobijen je preko vijka za podešavanje EMSIS-a (4a) kada je klip u prednjem krajnjem položaju, podešavanjem zazora između čela vijka i čela dinamometra.

Dinamometar je preko pločice kruto vezan za "kolevku" (Sl.-4.87), dok su davač ubrzanja (Sl.-4.88) i davač pomeranja preko svojih pločica vezani za šasiju vozila u zoni zadnjeg levog točka.



Sl.-4.87 Ugradnja dinamometra na "kolevku" (MM1)



Sl.-4.88 Ugradnja davača ubrzanja na šasiju vozila (MM2)

Broj obrtaja kolenastog vratila EMSIS-a ( $\text{min}^{-1}$ ) analogan je brzini gađanja realnog naoružanja (projektila/min.).

Početa zamisao da se dinamička ispitivanja vozila obave pri brojevima obrtaja kolenastog vratila EMSIS-a od  $50\text{min}^{-1}$  do  $700\text{min}^{-1}$ , morala je biti korigovana jer se pokazalo pri probnim ispitivanjima da se već pri broju obrtaja kolenastog vratila iznad  $300\text{min}^{-1}$  i otklonu "kolevke" od 20mm javljaju velike oscilacije portala što bi bitno uticalo na rezultate merenja, a procenjeno je da može doći čak i do havarije portala kao i samog EMSIS-a.

Zbog navedenih razloga doneta je odluka da se dinamička ispitivanja vozila obave pri brojevima obrtaja kolenastog vratila EMSIS-a od  $100\text{min}^{-1}$  i  $200\text{min}^{-1}$ , što odgovara brzinama gađanja nekog hipotetičkog oruđa od 100, odnosno 200 projektila u minuti.

U Tabeli 4.9 su dati uslovi dinamičkih ispitivanja vozila u I fazi. S obzirom da je I faza uvedena radi provere opreme za ispitivanje, konstrukcije platforme vozila i portala, snimanja realnog pomeranja i poređenja sa vrednošću pomeranja dobijenog dvostrukim integraljenjem ubrzanja, dinamička ispitivanja vozila u I fazi su vršena samo pri uglu pravca  $0^\circ$ , uglu elevacije  $0^\circ$ , otklonima "kolevke" od 5mm, 10mm i 15mm i brojevima obrtaja kolenastog vratila EMSIS-a od  $100\text{min}^{-1}$  i  $200\text{min}^{-1}$ .



Tabela 4.9 Uslovi i merne veličine pri dinamičkim ispitivanjima I FAZA

Red.broj merenja	USLOVI ISPITIVANJA				MERNE VELIČINE		
	Ugao po pravcu (°)	Ugao po elevaciji (°)	Otklon "kolevke" OK (mm)	Broj obrtaja (min <sup>-1</sup> )	MM1 (N)	MM2 (m/s <sup>2</sup> )	MM9 (mm)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0	5	100	Sila na "kolevci" Oznaka na zapisu F-K Ubrzanje šasije u zoni z.l. točka Oznaka na zapisu UB-ZL Pomeranje šasije u zoni z.l. točka Oznaka na zapisu POM-ZL		
2	0	0	5	200			
3	0	0	10	100			
4	0	0	10	200			
5	0	0	15	100			
6	0	0	15	200			

Instalisani softver firme TRCpro omogućava filtriranje zapisa. S obzirom da su pobuda, prinudne i slobodne prigušene oscilacije sistema niskofrekventnog karaktera smatrano se da na rezultate ispitivanja neće biti značajnog uticaja ako se iz zapisa odstrane svi šumovi sa frekvencama preko 1200 Hz, odnosno 4800Hz.

Nakon podešavanja otklona "kolevke" (5mm, 10mm i 15mm) startovan je EMSIS, i uključena merna oprema, a preko potenciometra frekventnog regulatora dostignuta je frekvencija od 11,9Hz, koja odgovara broju obrtaja kolenastog vratila EMSIS-a od 100min<sup>-1</sup>, a broj obrtaja je proveravan preko tahometra.

Posle približno 50s povećavan je broj obrtaja kolenastog vratila EMSIS-a do 200min<sup>-1</sup>, odnosno 23,8Hz na displeju frekventnog regulatora uz proveru broja obrtaja tahometrom. Vreme trajanja zapisa i pri ovom režimu ispitivanja je bilo približno 50s.

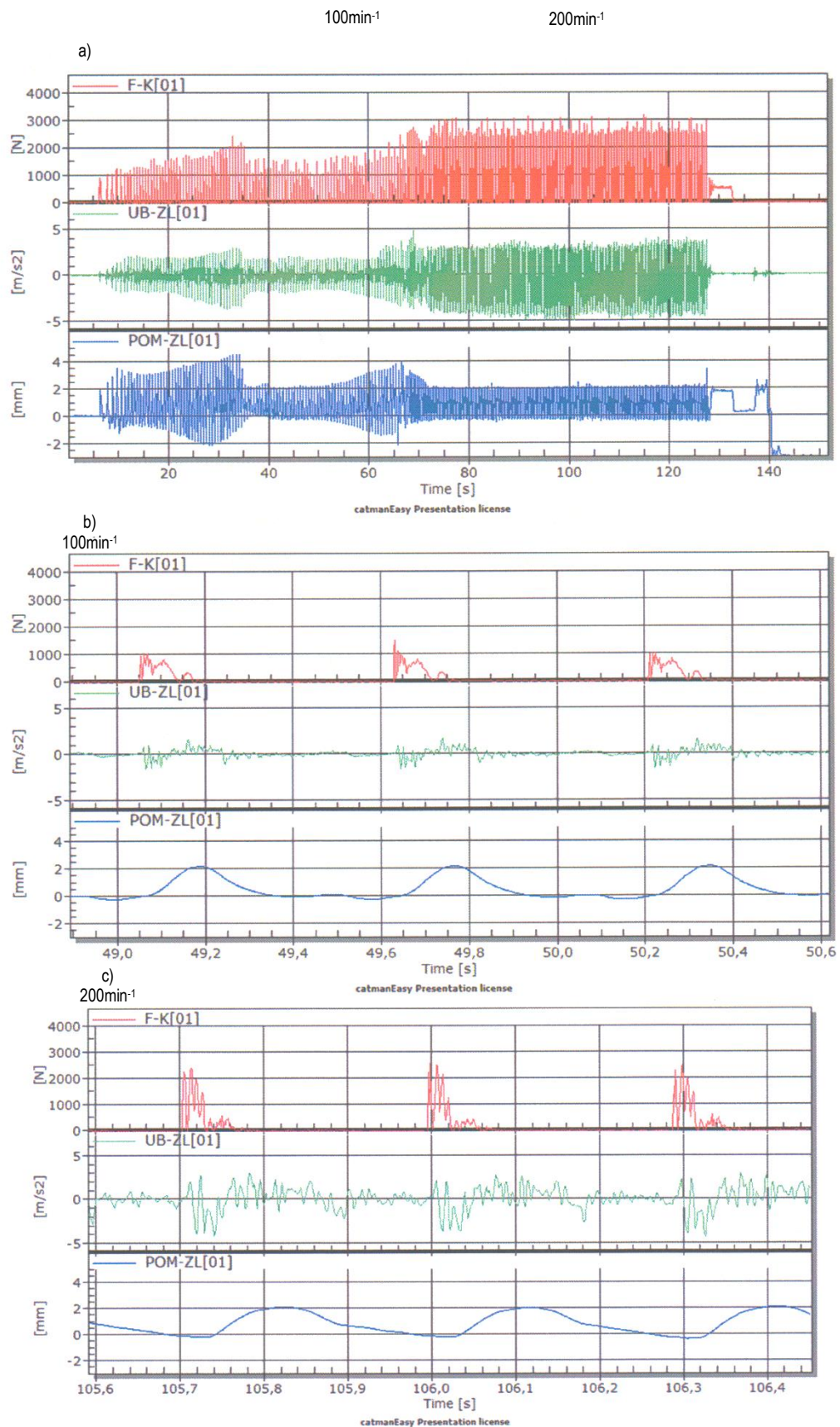
### Rezultati i diskusija rezultata dinamičkih ispitivanja I FAZA

Na Sl.-4.89, Sl.-4.90 i Sl.-4.91 dati su dijagramski zapisi: sile na "kolevci" (F-K), ubrzanja šasije u zoni zadnjeg levog točka (UB-ZL) i pomeranja šasije u zoni zadnjeg levog točka (POM-ZL). Snimanje zapisa je vršeno u realnom vremenu (s). Na Sl.-4.89, Sl.-4.90 i Sl.-4.91 pod a) je dat zbirni dijagram promene sile na "kolevci", ubrzanja šasije u zoni zadnjeg levog točka i pomeranja šasije u zoni zadnjeg levog točka u zavisnosti od vremena pri broju obrtaja kolenastog vratila EMSIS-a od 100min<sup>-1</sup> i 200min<sup>-1</sup>.

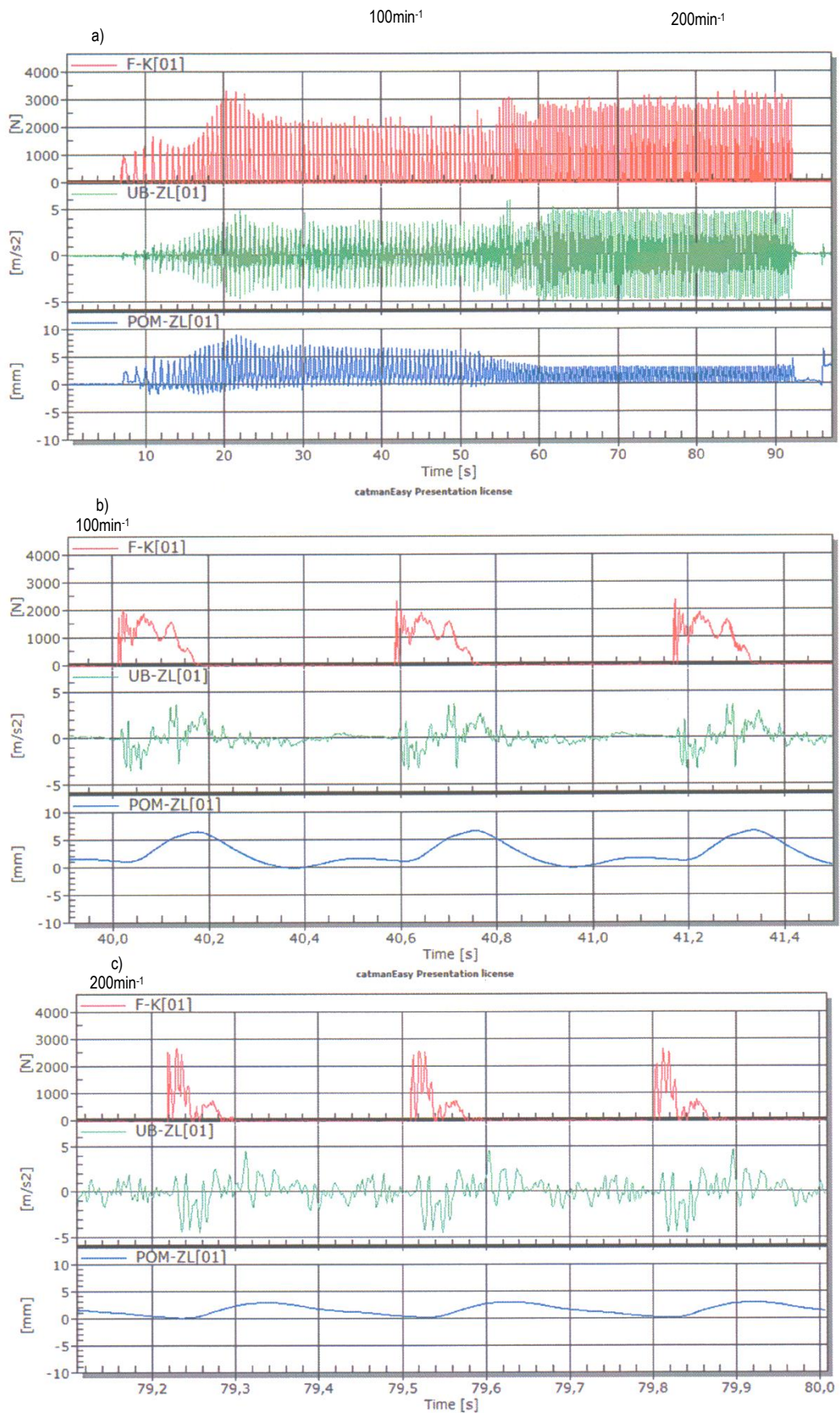
Na istim slikama je pod b) dat uvećani zapis zavisnosti mernih veličina od vremena pri broju obrtaja 100min<sup>-1</sup>, a pod c) uvećani zapis pri broju obrtaja kolenastog vratila EMSIS-a 200min<sup>-1</sup>.

Dinamičkim ispitivanjima I faza verifikovana je metoda dobijanja pomeranja dvostrukim integraljenjem ubrzanja na posmatranom mernom mestu.

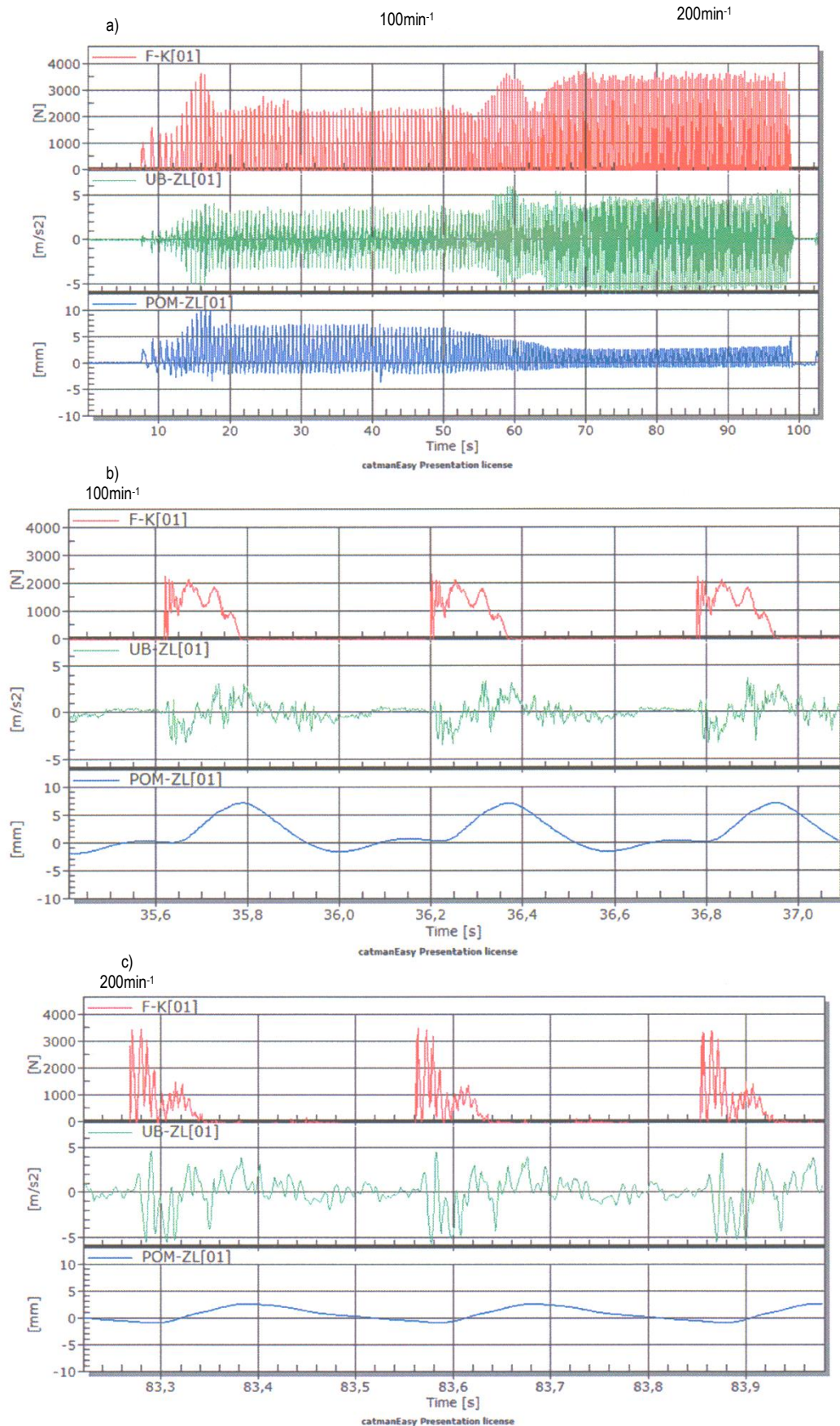
Naime, upoređenjem pomeranja dobijenog preko davača pomeranja (POM-ZL, Sl.-4.90b) čija je maksimalna vrednost približno 6,5mm sa pomeranjem dobijenim dvostrukim integraljenjem snimljenog ubrzanja (POM-ZL, Sl.-4.97b) čija je maksimalna vrednost približno 5,5mm, vidi se da je razlika vrednosti pomeranja manja od 20%.



Sl.-4.89 Dijagrami promene sile na "kolevci" (F-K), ubrzanja šasije u zadnjeg levog točka (UB-ZL) i pomeranja šasije u zoni zadnjeg levog točka (POM-ZL) pri uglu pravca 0°, uglu elevacije 0° i otklonu "kolevke" od 5mm.



Sl.-4.90 Dijagrami promene sile na "kolevci" (F-K), ubrzanja šasije u zadnjeg levog točka (UB-ZL) i pomeranja šasije u zoni zadnjeg levog točka (POM-ZL) pri uglu pravca 0°, uglu elevacije 0° i otklonu "kolevke" od 10mm.



Sl.-4.91 Dijagrami promene sile na "kolevci" (F-K), ubrzanja šasije u zadnjeg levog točka (UB-ZL) i pomeranja šasije u zoni zadnjeg levog točka (POM-ZL) pri uglu pravca 0°, uglu elevacije 0° i otklonu "kolevke" od 15mm.

## Dinamička ispitivanja II FAZA

Na Sl.-4.92, Sl.-4.93 i Sl.-4.94 su date šeme dinamičkih ispitivanja LKTTV TOYOTA Pik-ap II FAZA.

Dinamometar-MM1 (5), davač ubrzanja šasije u zoni zadnjeg levog točka-MM2, davač ubrzanja šasije u zoni zadnjeg desnog točka-MM3, davač ubrzanja šasije u zoni prednjeg levog točka-MM4, davač ubrzanja šasije u zoni prednjeg desnog točka-MM5, merna traka na šasiji u zoni zadnjeg levog točka-MM6, merna traka na zadnjem levom osloncu platforme-MM7 i merna traka na šasiji ispod prednjeg oslonca platforme su preko mernog mosta (8) povezani za računar LAP-TOP (9).

Elektro mehanički simulator impulsne sile-EMSIS (4) je preko svog veznog elementa i nosača (3) kruto vezan za konstrukciju portala (2), a preko frekventnog regulatora broja obrtaja (10), elektromotor EMSIS-a je povezan na elektro mrežu.

Konstrukcija portala, preko svog kružnog prstenastog isečka omogućava zauzimanje uglova po pravcu EMSIS-a, odnosno  $0^\circ$  (u pravcu vožnje),  $30^\circ$ ,  $60^\circ$  i  $90^\circ$  (bočno).

Vezni element EMSIS-a omogućava zauzimanje uglova po elevaciji od  $0^\circ$ ,  $15^\circ$  i  $30^\circ$ .

Dinamometar (5) je kruto vezan za "kolevku" (5a) čijim se zakretanjem oko svoje ose omogućava koaksijalnost osa "kolevke" i EMSIS-a pri zauzimanju uglova elevacije. Zakretanje "kolevke" i "gornjeg lafeta" po pravcu vrši se preko ležaja platforme (1a) fiksiranjem u određenom položaju ( $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $60^\circ$  i  $90^\circ$ ).

Otklon "kolevke" od 5mm, 10mm, 15mm i 20mm takođe je dobijen preko vijka za podešavanje EMSIS-a (4a) kada je klip u prednjem krajnjem položaju, podešavanjem zazora između čela vijka i čela dinamometra.

Na Sl.-4.87 je prikazana ugradnja dinamometra na "kolevku", dok je ugradnja davača ubrzanja na šasiju vozila prikazana na Sl.-4.88

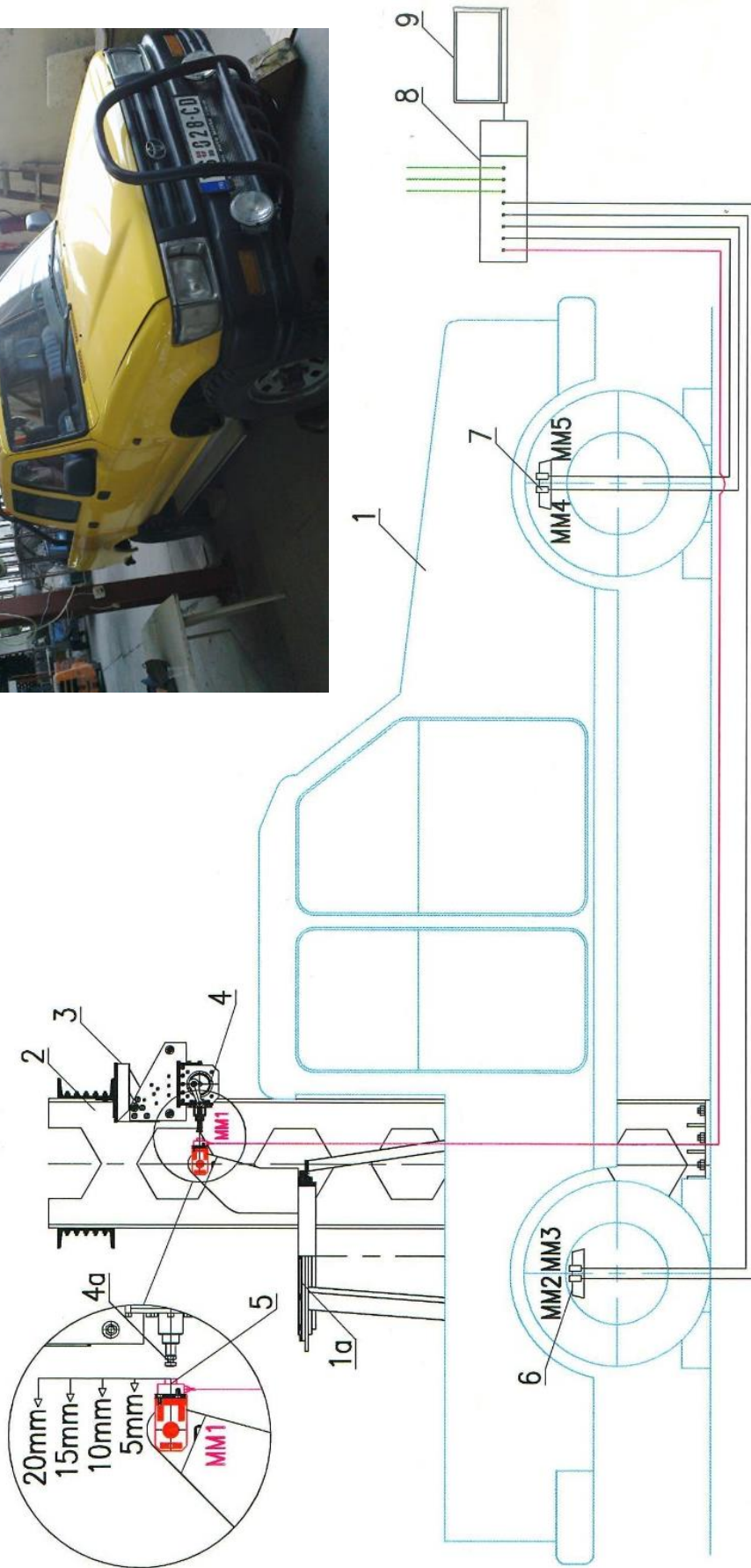
Ugradnja merne trake na zadnji levi oslonac platforme je prikazana na Sl.-4.95.

Dinamička ispitivanja II FAZA su takođe obavljena pri istim brojevima obrtaja kolenastog vratila EMSIS-a kao u I FAZI, odnosno  $100\text{min}^{-1}$  i  $200\text{min}^{-1}$ .

Postupak startovanja i ispitivanja u II FAZI dinamičkih ispitivanja je identičan kao u I FAZI, s tim što je u ovoj fazi ispitivanja otklon "kolevke" bio 5mm, 10mm, 15mm i 20mm.

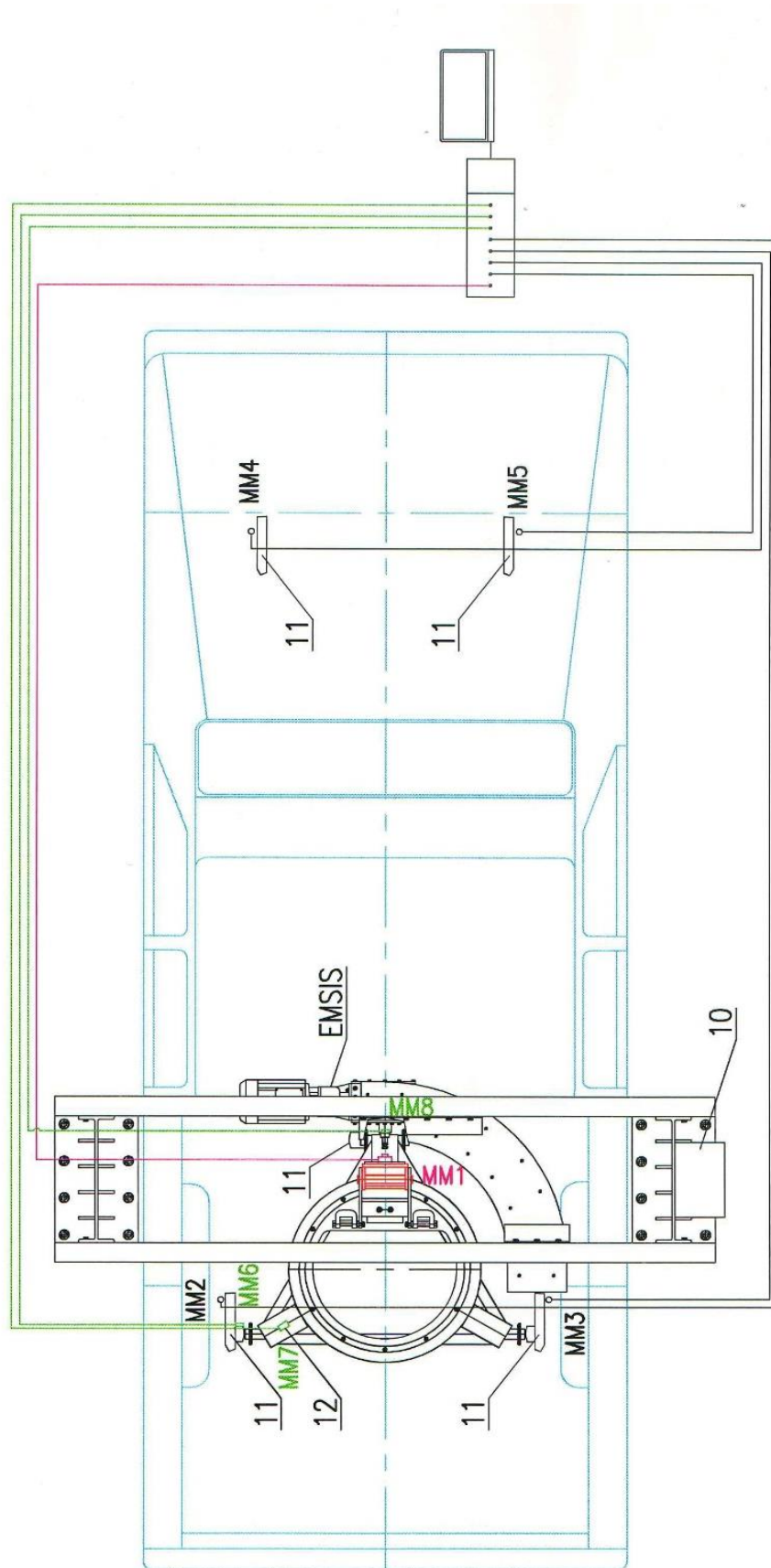
Nakon završenih snimanja u prvoj etapi (ugao pravca  $0^\circ$ ), EMSIS (4) je sa svojim veznim elementom i nosačem (3) postavljen na kružni segment portala (2) tako da klip EMSIS-a zauzima ugao od  $30^\circ$  u odnosu na pravac vožnje (ugao pravca  $30^\circ$ ). "Kolevka" sa dinamometrom (5) je preko ležaja platforme (1a) zakrenuta za  $30^\circ$  i podužna osa dinamometra dovedena u podužnu osu klipa EMSIS-a, čime su obezbeđeni uslovi za snimanja u drugoj etapi (ugao pravca  $30^\circ$ ).

Postupak je ponovljen za snimanja u trećoj etapi (ugao pravca  $60^\circ$ ) i četvrtoj etapi (ugao pravca  $90^\circ$ ).

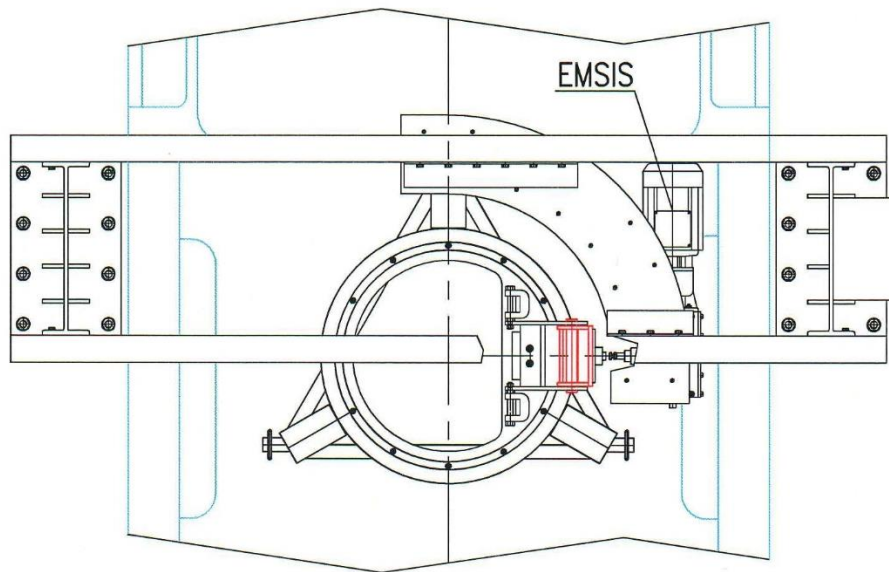


Sl. 4.92 Šema dinamičkih ispitivanja LKTTV TOYOTA Pik-ap II FAZA

1-Vozilo sa platformom, „gornjim lafetom“ i „kolevkom“, 1a-Ležaj platforme, 2-Portal, 3-Vezni element sa nosačem EMSIS-a, 4-Elektro-mehanički simulator impulsne sile (EMSIS), 4a-Vijak EMSIS-a za podešavanje otklona „kolevke“, 5-Dinamometar (MM1), 6-Šasija vozila, 7-Davač ubrzanja (MM2 do 5), 8-Merni most, 9-Računar



Sl.-93 Šema dinamičkih ispitivanja LKTTV TOYOTA Pik-ap II FAZA,  
pri uglu pravca „naoružanja“ 0° i uglu elevacije 0°,  
10-Frekventni regulator broja obrtaja EMESIS-a, 11-Šasija vozila, 12-Merna traka



Sl.-4.94 Položaj EMSIS-a pri uglu pravca "naoružanja" 90° i uglu elevacije 0°



Sl.-4.95 Ugradnja merne trake na zadnji levi oslonac platforme vozila (MM7)

U Tabeli 4.9 su dati uslovi ispitivanja i merne veličine pri dinamičkim ispitivanjima vozila II FAZA.

Ispitivanja su vršena pri uglovima pravca 0° (merenja 1 do 24), 30° (merenja 25 do 48), 60° (merenja 49 do 72) i 90° (merenja 73 do 96), uglovima elevacije 0°, 15° i 30°, kao i pri otklonima "kolevke" 5,10,15 i 20mm.

Pri svakom uglu pravca i uglu elevacije zapisi su sačinjeni za brojeve obrtaja kolenastog vratila EMSIS-a 100min<sup>-1</sup> i 200min<sup>-1</sup>.







Tabela 4.9 – Uslovi i merne veličine pri dinamičkim ispitivanjima II FAZA–nastavak

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
49	60	0	5	100								
50	60	0	5	200								
51	60	0	10	100								
52	60	0	10	200	Sila na "kolevci" Oznaka na zapisu F-K							
53	60	0	15	100	Ubrzanje šasije u zoni zadnjeg levog točka Oznaka na zapisu UB-ZL							
54	60	0	15	200	Ubrzanje šasije u zoni zadnjeg desnog točka Oznaka na zapisu UB-ZD							
55	60	0	20	100	Ubrzanje šasije u zoni prednjeg levog točka Oznaka na zapisu UB-PL							
56	60	0	20	200	Ubrzanje šasije u zoni prednjeg desnog točka Oznaka na zapisu UB-PD							
57	60	15	5	100	Deformacija šasije u zoni zadnjeg levog točka Oznaka na zapisu D-S-ZL							
58	60	15	5	200	Deformacija šasije u zoni zadnjeg desnog točka Oznaka na zapisu D-S-ZD							
59	60	15	10	100	Deformacija šasije ispod prednjeg oslonca platforme Oznaka na zapisu D-P-ZL							
60	60	15	10	200	Deformacija šasije ispod prednjeg oslonca platforme Oznaka na zapisu D-P-ZD							
61	60	15	15	100	Deformacija šasije ispod prednjeg oslonca platforme Oznaka na zapisu D-S-P							
62	60	15	15	200	Deformacija šasije ispod prednjeg oslonca platforme Oznaka na zapisu D-S-P							
63	60	15	20	100	Deformacija šasije ispod prednjeg oslonca platforme Oznaka na zapisu D-S-P							
64	60	15	20	200	Deformacija šasije ispod prednjeg oslonca platforme Oznaka na zapisu D-S-P							
65	60	30	5	100	Deformacija šasije ispod prednjeg oslonca platforme Oznaka na zapisu D-S-P							
66	60	30	5	200	Deformacija šasije ispod prednjeg oslonca platforme Oznaka na zapisu D-S-P							
67	60	30	10	100	Deformacija šasije ispod prednjeg oslonca platforme Oznaka na zapisu D-S-P							
68	60	30	10	200	Deformacija šasije ispod prednjeg oslonca platforme Oznaka na zapisu D-S-P							
69	60	30	15	100	Deformacija šasije ispod prednjeg oslonca platforme Oznaka na zapisu D-S-P							
70	60	30	15	200	Deformacija šasije ispod prednjeg oslonca platforme Oznaka na zapisu D-S-P							
71	60	30	20	100	Deformacija šasije ispod prednjeg oslonca platforme Oznaka na zapisu D-S-P							
72	60	30	20	200	Deformacija šasije ispod prednjeg oslonca platforme Oznaka na zapisu D-S-P							

Tabela 4.9 – Uslovi i merne veličine pri dinamičkim ispitivanjima II FAZA–nastavak

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
73	90	0	5	100								
74	90	0	5	200								
75	90	0	10	100								
76	90	0	10	200	Sila na "kolevci" Oznaka na zapisu F-K							
77	90	0	15	100	Ubrzanje šasije u zoni zadnjeg levog točka Oznaka na zapisu UB-ZL							
78	90	0	15	200	Ubrzanje šasije u zoni zadnjeg levog točka Oznaka na zapisu UB-ZL							
79	90	0	20	100	Ubrzanje šasije u zoni zadnjeg desnog točka Oznaka na zapisu UB-ZD							
80	90	0	20	200	Ubrzanje šasije u zoni prednjeg levog točka Oznaka na zapisu UB-PL							
81	90	15	5	100	Ubrzanje šasije u zoni prednjeg levog točka Oznaka na zapisu UB-PL							
82	90	15	5	200	Ubrzanje šasije u zoni prednjeg desnog točka Oznaka na zapisu UB-PD							
83	90	15	10	100	Ubrzanje šasije u zoni prednjeg desnog točka Oznaka na zapisu UB-PD							
84	90	15	10	200	Ubrzanje šasije u zoni prednjeg desnog točka Oznaka na zapisu UB-PD							
85	90	15	15	100	Deformacija šasije u zoni zadnjeg levog točka Oznaka na zapisu D-S-ZL							
86	90	15	15	200	Deformacija šasije u zoni zadnjeg levog točka Oznaka na zapisu D-S-ZL							
87	90	15	20	100	Deformacija šasije u zoni zadnjeg levog točka Oznaka na zapisu D-S-ZL							
88	90	15	20	200	Deformacija šasije u zoni zadnjeg levog točka Oznaka na zapisu D-S-ZL							
89	90	30	5	100	Deformacija zadnjeg levog oslonca platforme Oznaka na zapisu D-P-ZL							
90	90	30	5	200	Deformacija zadnjeg levog oslonca platforme Oznaka na zapisu D-P-ZL							
91	90	30	10	100	Deformacija šasije ispod prednjeg oslonca platforme Oznaka na zapisu D-S-P							
92	90	30	10	200	Deformacija šasije ispod prednjeg oslonca platforme Oznaka na zapisu D-S-P							
93	90	30	15	100	Deformacija šasije ispod prednjeg oslonca platforme Oznaka na zapisu D-S-P							
94	90	30	15	200	Deformacija šasije ispod prednjeg oslonca platforme Oznaka na zapisu D-S-P							
95	90	30	20	100	Deformacija šasije ispod prednjeg oslonca platforme Oznaka na zapisu D-S-P							
96	90	30	20	200	Deformacija šasije ispod prednjeg oslonca platforme Oznaka na zapisu D-S-P							

## Rezultati dinamičkih ispitivanja II FAZA

S obzirom na veliki obim izvršenih dinamičkih ispitivanja vozila u II fazi (ukupno 96 merenja-Tabela 4.9), a u skladu sa uslovom da pri opterećenju na "kolevci" ne sme doći do gubljenja kontakta točkova vozila sa tlom, na Sl.-4.96 do Sl.-4.101 prikazani su dijagrami promene:

- sila na "kolevci" (F-K),
- ubrzanja šasije u zoni:
  - zadnjeg levog točka (UB-ZL),
  - zadnjeg desnog točka (UB-ZD),
  - prednjeg levog točka (UB-PL) i
  - prednjeg desnog točka (UB-PD),
- deformacija šasije u zoni zadnjeg levog točka (D-S-ZL),
- deformacija šasije ispod prednjeg oslonca platforme (D-S-P),
- deformacija zadnjeg levog oslonca platforme (D-P-ZL),
- pomeranja šasije u zoni:
  - zadnjeg levog točka (POM-ZL),
  - zadnjeg desnog točka (POM-ZD),
  - prednjeg levog točka (POM-PL) i
  - prednjeg desnog točka (POM-PD),

za određeni ugao naoružanja po pravcu i elevaciji i određeni otklon "kolevke".

Pomeranja šasije u navedenim zonama su dobijena dvostrukim integraljenjem ubrzanja šasije u tim zonama. Snimanje zapisa je vršeno u realnom vremenu (s).

Na Sl.-4.96a dati su dijagrami promene mernih veličina pri uglu pravca naoružanja  $0^\circ$ , uglu elevacije  $0^\circ$ , brojevima obrtaja kolenastog vratila EMSIS-a  $100\text{min}^{-1}$  i  $200\text{min}^{-1}$  i otklonu "kolevke" 5mm, dok su na istoj slici pod b) i c) dati uvećani dijagrami promene istih mernih veličina pri  $100\text{min}^{-1}$ , odnosno  $200\text{min}^{-1}$ .

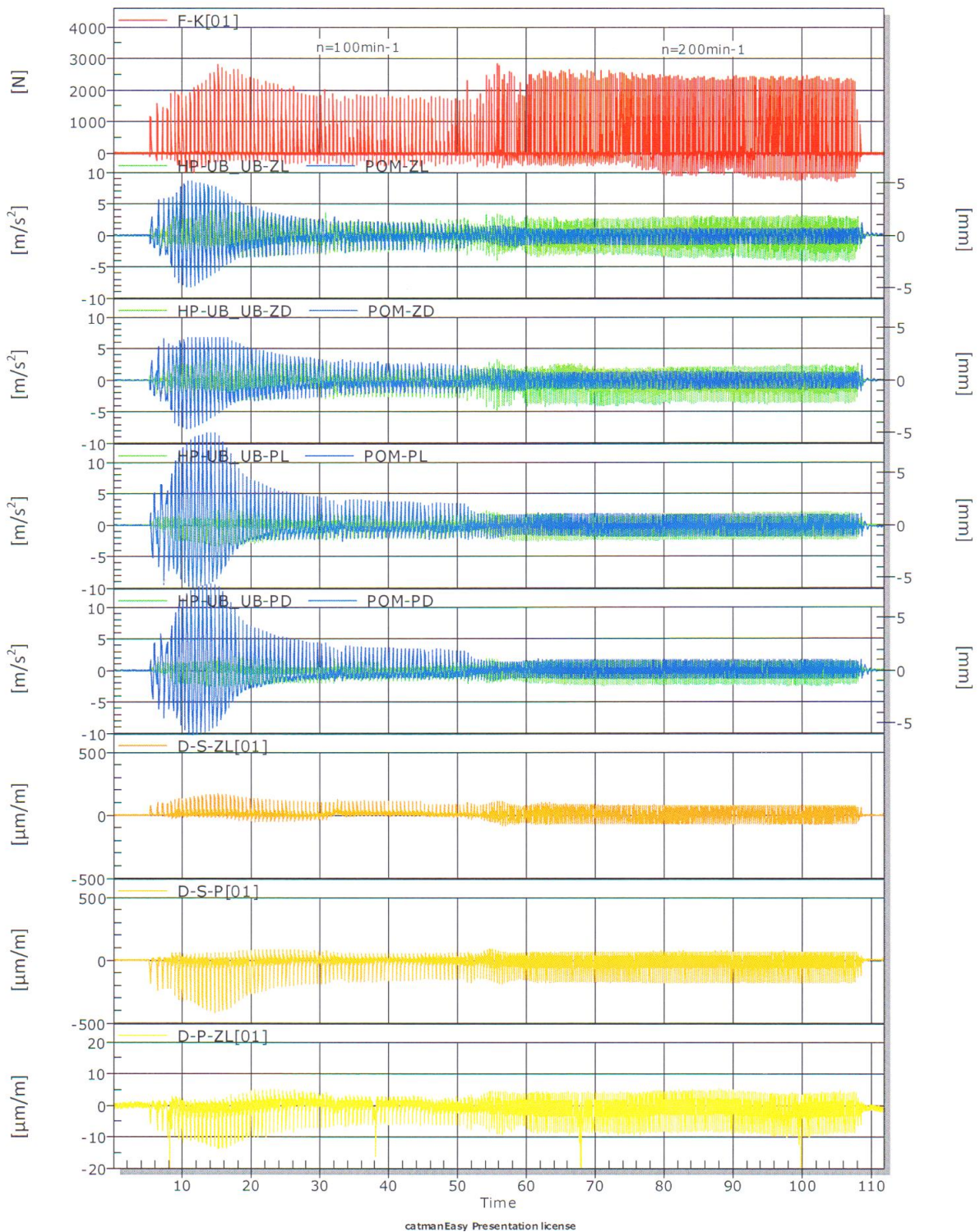
Sl.-4.97 pod a), b) i c) prikazuje dijagrami promene mernih veličina pri istim uslovima ispitivanja kao na Sl.-4.96, osim što otklon "kolevke" iznosi 15mm, a za otklon „kolevke“ od 20mm dijagrami promene mernih veličina su prikazani na Sl.-4.98a, b i c.

Dijagrami promene mernih veličina za ugao pravca  $30^\circ$ , ugao elevacije  $0^\circ$  i otklon "kolevke" 20mm dati su na Sl.-4.99 pod a), b) i c).

Pri uglu pravca  $90^\circ$  (bočno u odnosu na pravac vožnje), uglu elevacije  $0^\circ$  i otklonima "kolevke" 5mm, 15mm i 20mm, dijagrami promene mernih veličina su dati na Sl.-4.100 a), b) i c), Sl.-4.101 a), b) i c) i Sl.-102 a), b) i c) respektivno.

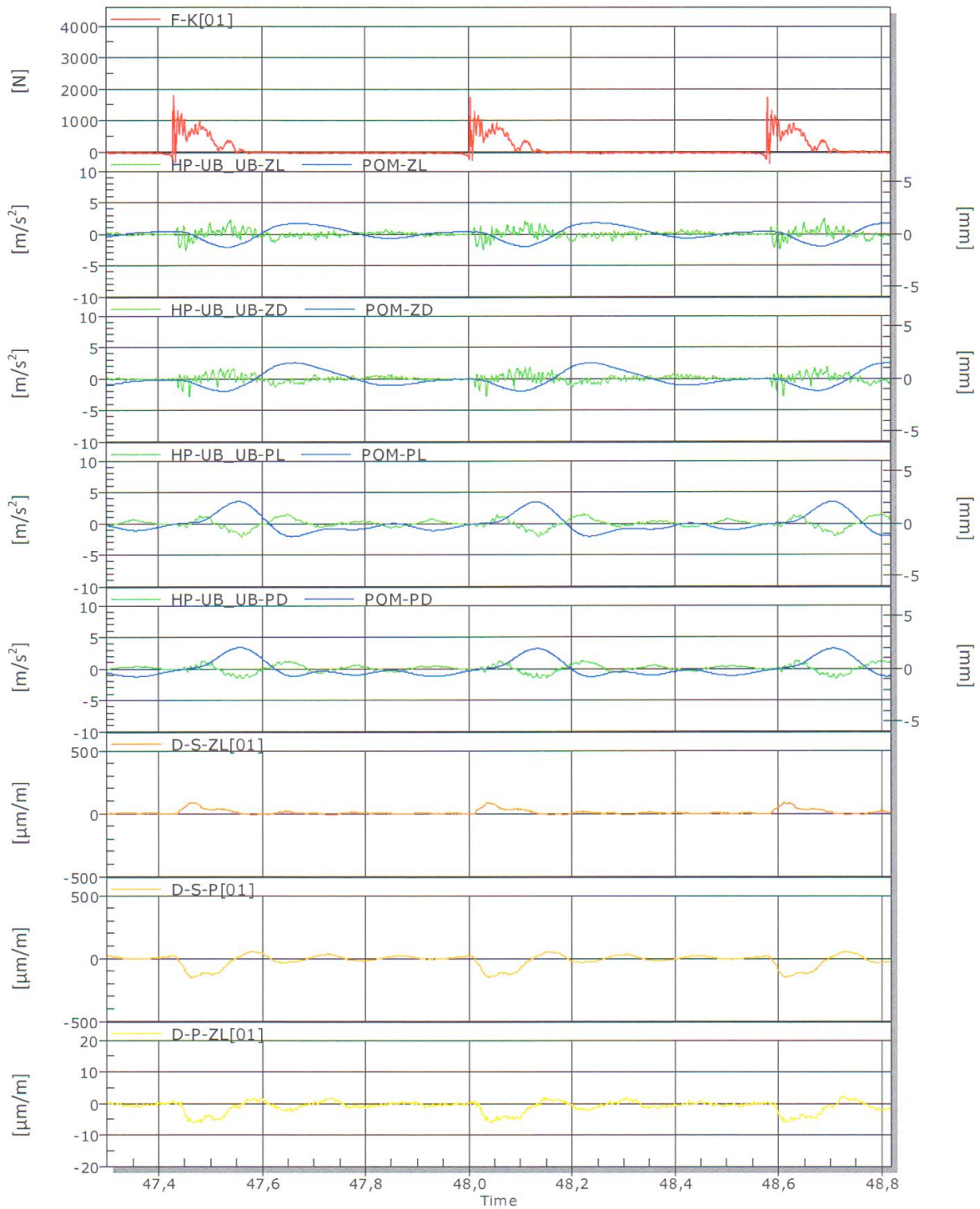
Na Sl.-4.96 do Sl.-4.102 navedeni su i redni brojevi merenja iz Tabele 4.9. Preostali dijagrami promene mernih veličina su dati na CD-u u Prilogu II ovog rada.

Evidentno je da gubljenje kontakta točkova vozila sa tlom može doći pri uglu pravca "naoružanja"  $0^\circ$  i uglu elevacije  $0^\circ$ , kao i pri uglu pravca naoružanja  $90^\circ$  (u odnosu na pravac vožnje) i uglu elevacije  $0^\circ$ . Pri navedenim uslovima sile opterećenja na "kolevci" su maksimalne, kao i rastojanja u odnosu na centar oscilovanja.



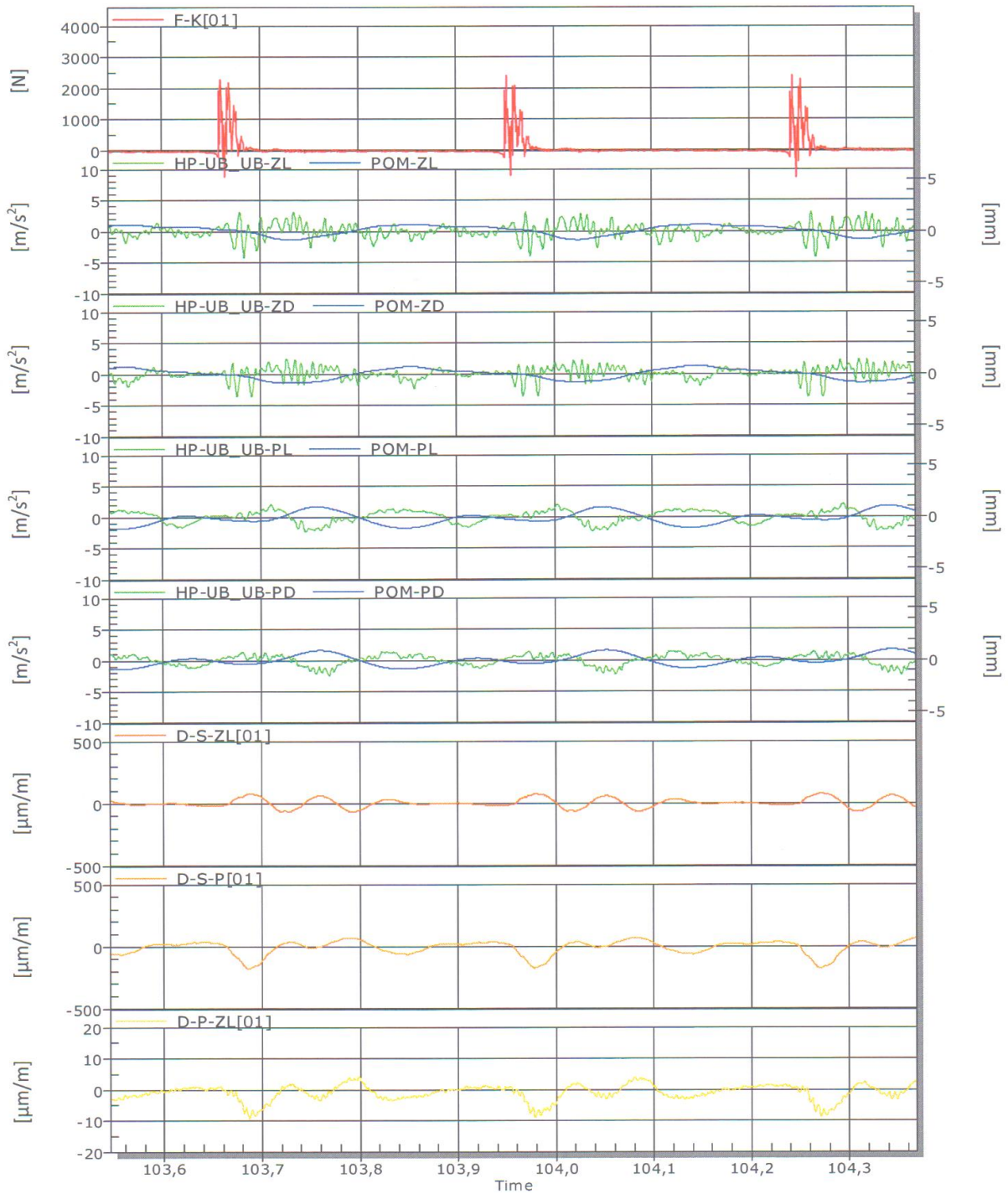
Sl.-4.96a Zbini dijagrami promene mernih veličina za uslove ispitivanja:

Ugao po pravcu (°)	Ugao elevacije (°)	Otklon "kolevke" (mm)
0	0	5
n=100min <sup>-1</sup> n=200min <sup>-1</sup>		



Sl.-4.96b Uvećani zbirni dijagrami promene mernih  
veličina za uslove ispitivanja:

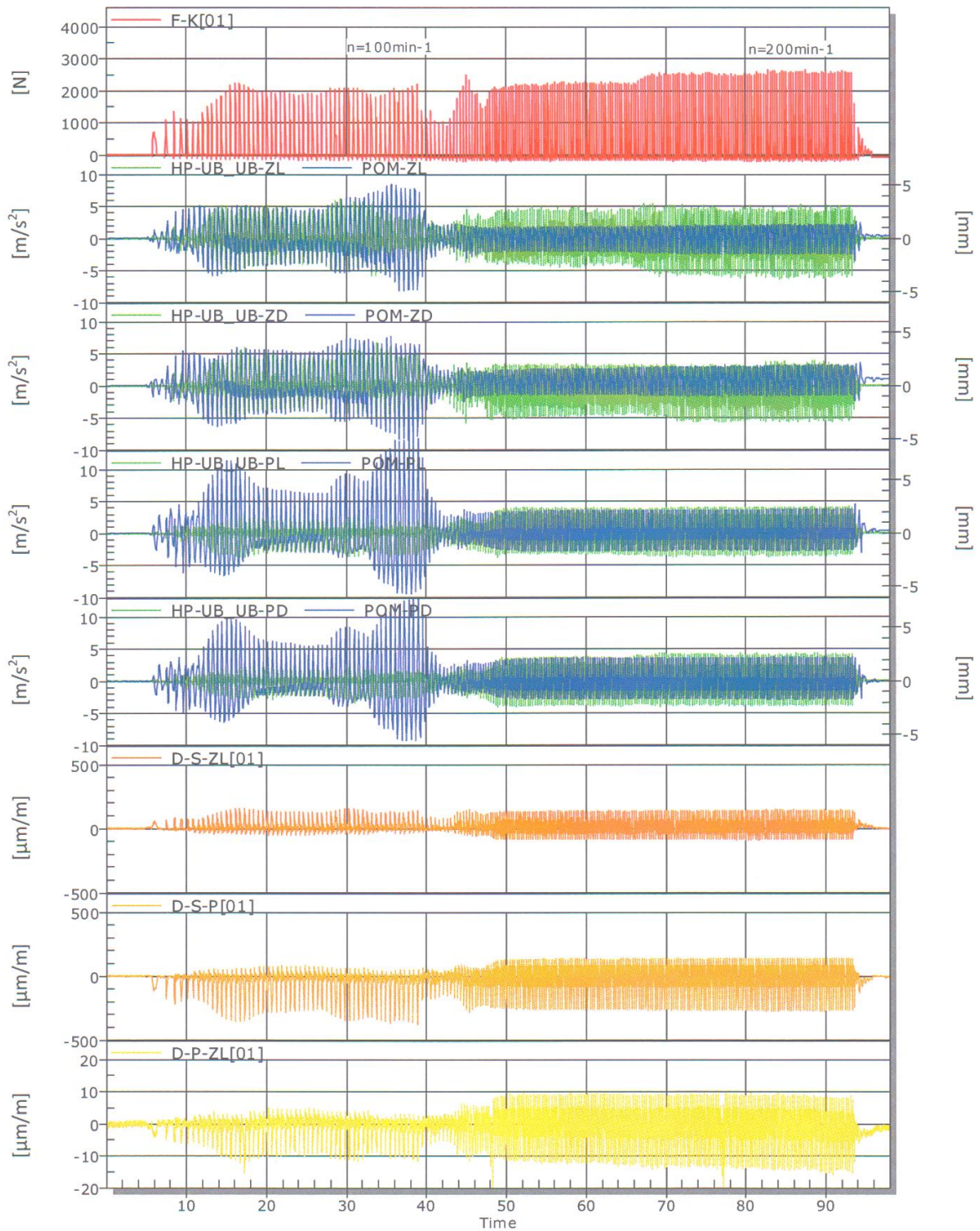
Ugao po pravcu (°)	Ugao elevacije (°)	Otklon "kolevke" (mm)
0	0	5
n=100min <sup>-1</sup>		
Tabela 4.9, Red .broj merenja: 1		



Sl.-4.96c Uvećani zbirni dijagrami promene mernih veličina za uslove ispitivanja:

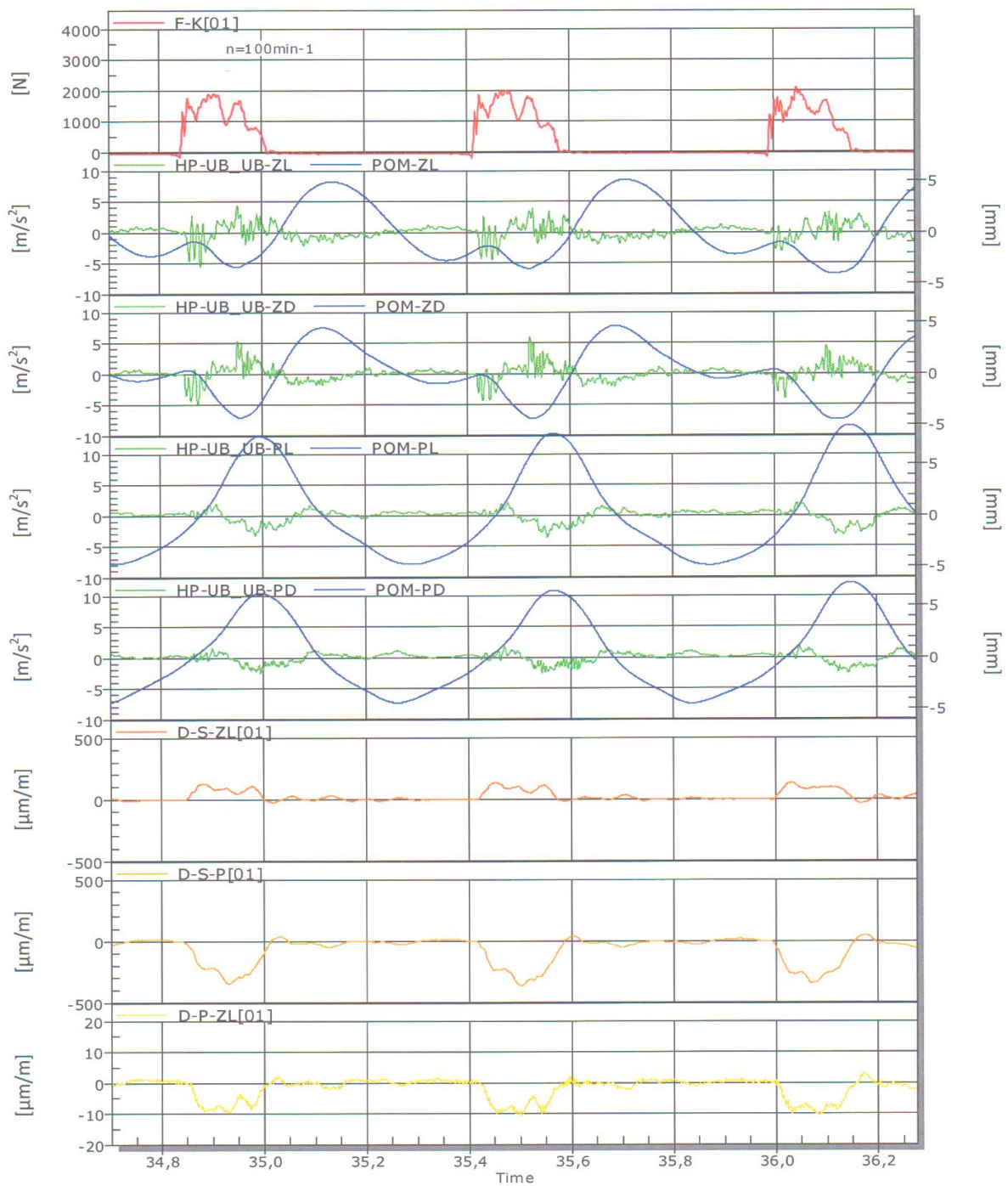
Ugao po pravcu (°)	Ugao elevacije (°)	Otklon "kolevke" (mm)
0	0	5
$n=200\text{min}^{-1}$		
Tabela 4.9, Red. broj merenja: 2		





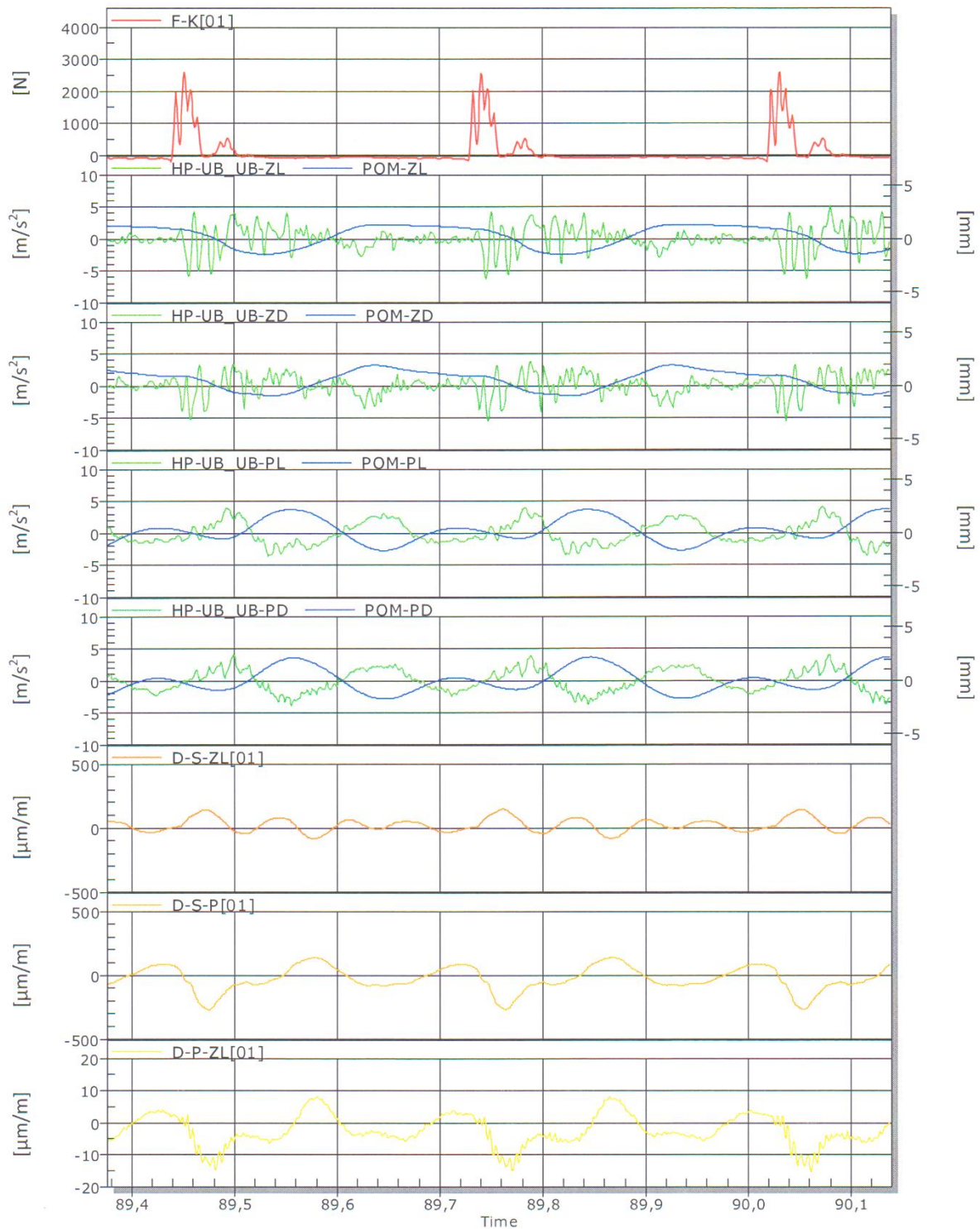
Sl.-4.97a Zbirni dijagrami promene mernih veličina za uslove ispitivanja:

Ugao po pravcu (°)	Ugao elevacije (°)	Otklon "kolevke" (mm)
0	0	15
n=100min <sup>-1</sup> n=200min <sup>-1</sup>		



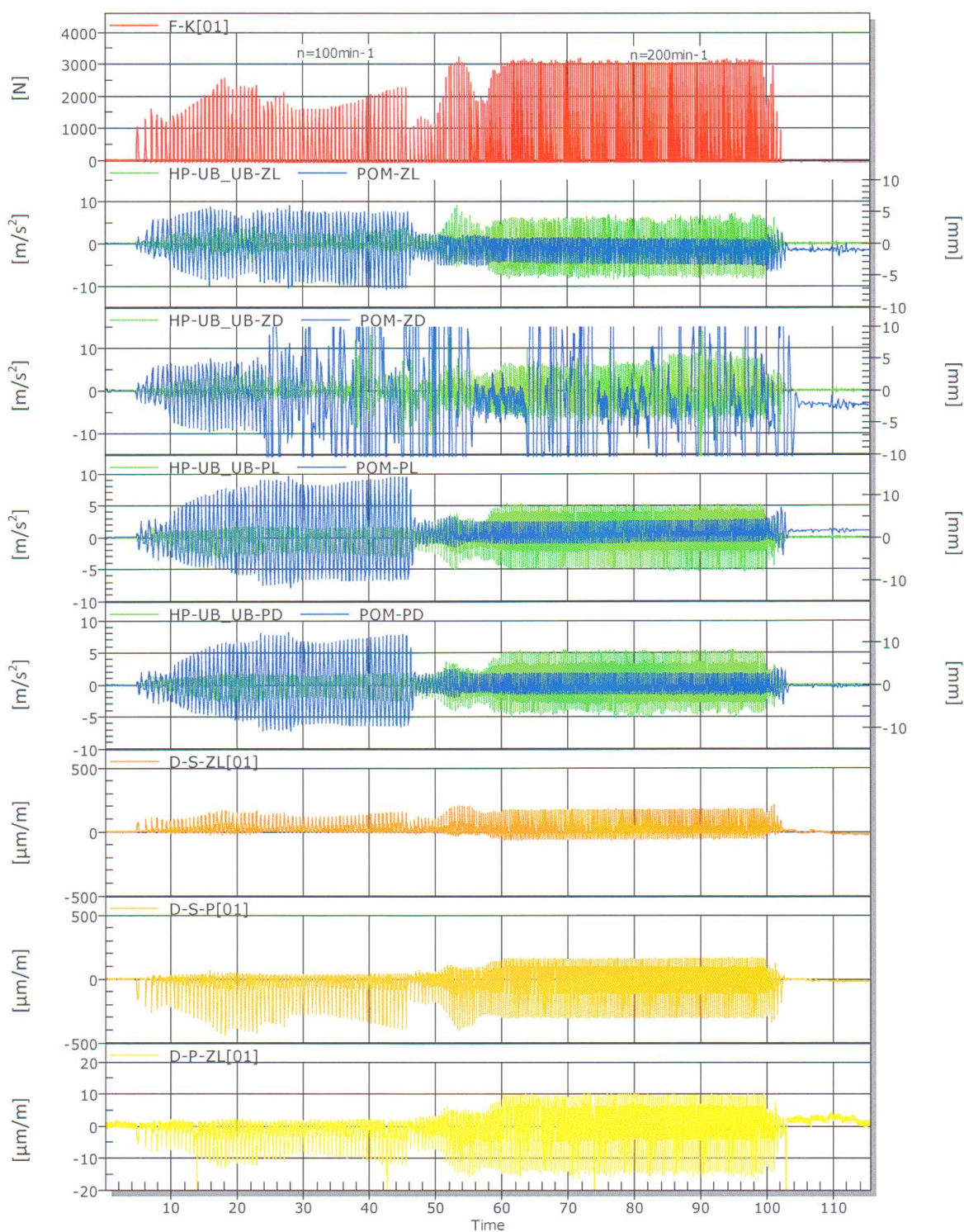
Sl.-4.97b Uvećani zbirni dijagrami promene mernih veličina za uslove ispitivanja:

Ugao po pravcu (°)	Ugao elevacije (°)	Otklon "kolevke" (mm)
0	0	15
$n=100\text{min}^{-1}$		
Tabela 4.9, Red .broj merenja: 5		



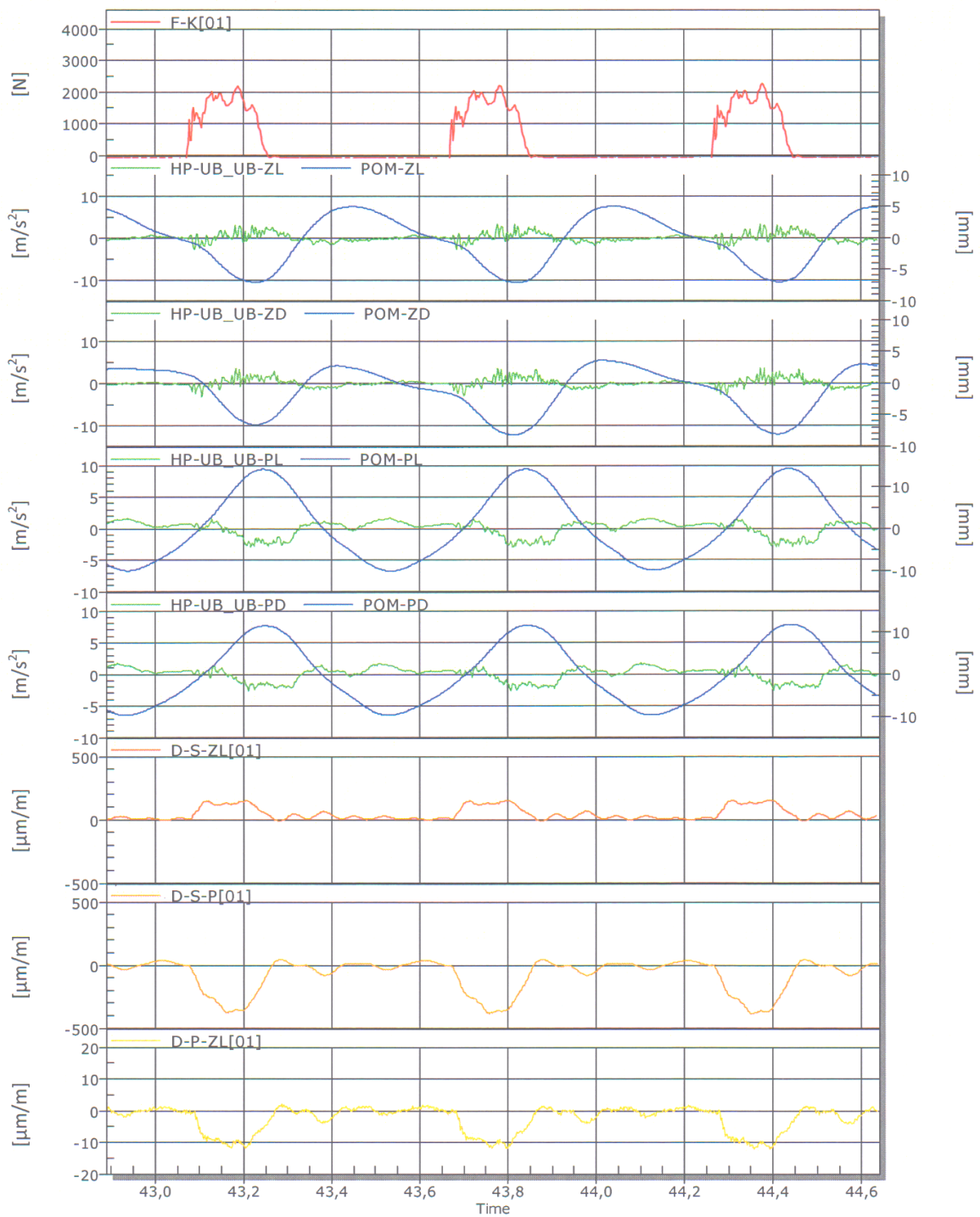
Sl.-4.97c Uvećani zbirni dijagrami promene mernih veličina za uslove ispitivanja:

Ugao po pravcu (°)	Ugao elevacije (°)	Otklon "kolevke" (mm)
0	0	15
n=200min <sup>-1</sup>		
Tabela 4.9, Red. broj merenja: 6		



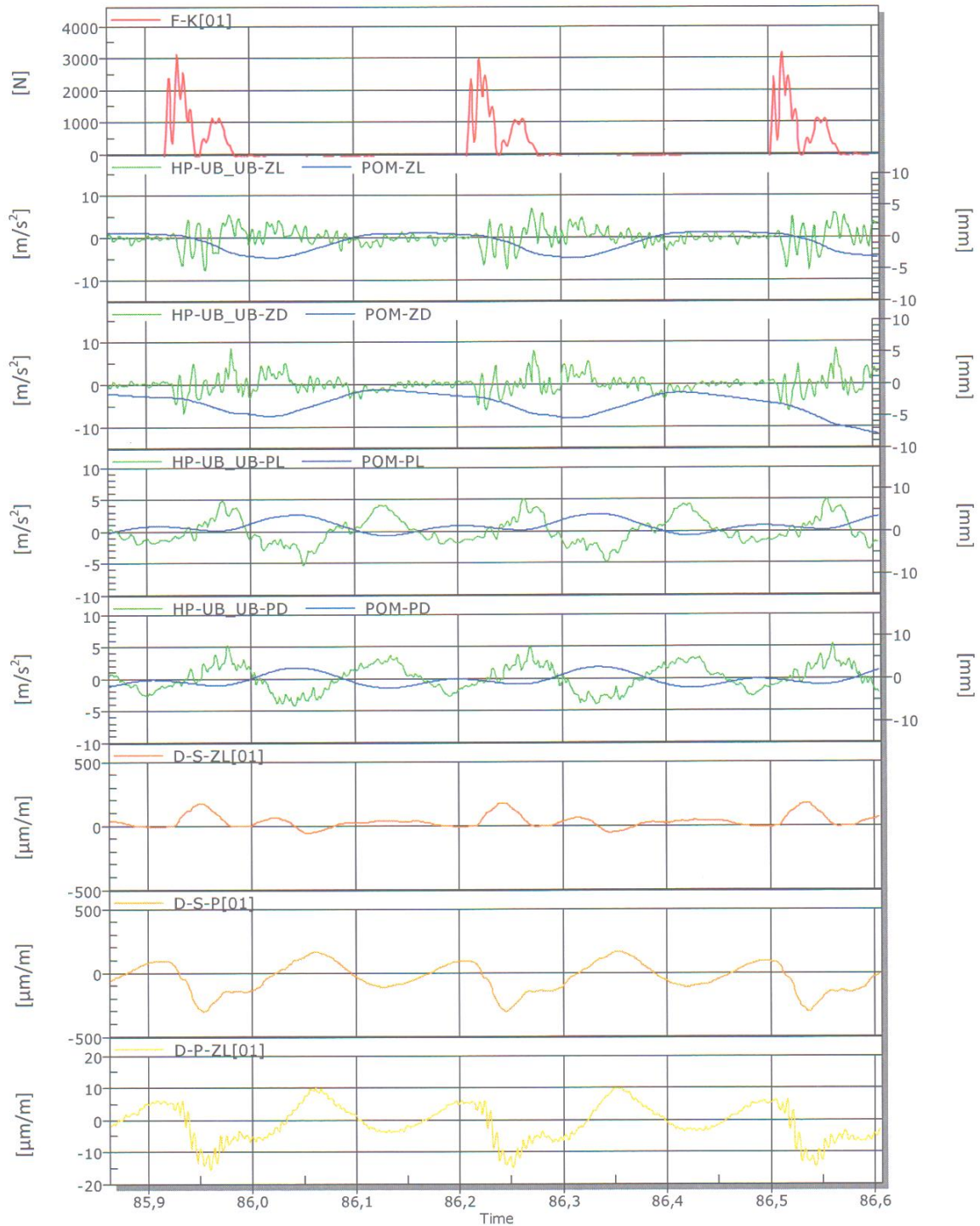
Sl.-4.98a Zbirni dijagrami promene mernih veličina za uslove ispitivanja:

Ugao po pravcu (°)	Ugao elevacije (°)	Otklon "kolevke" (mm)
0	0	20
n=100min <sup>-1</sup> n=200min <sup>-1</sup>		



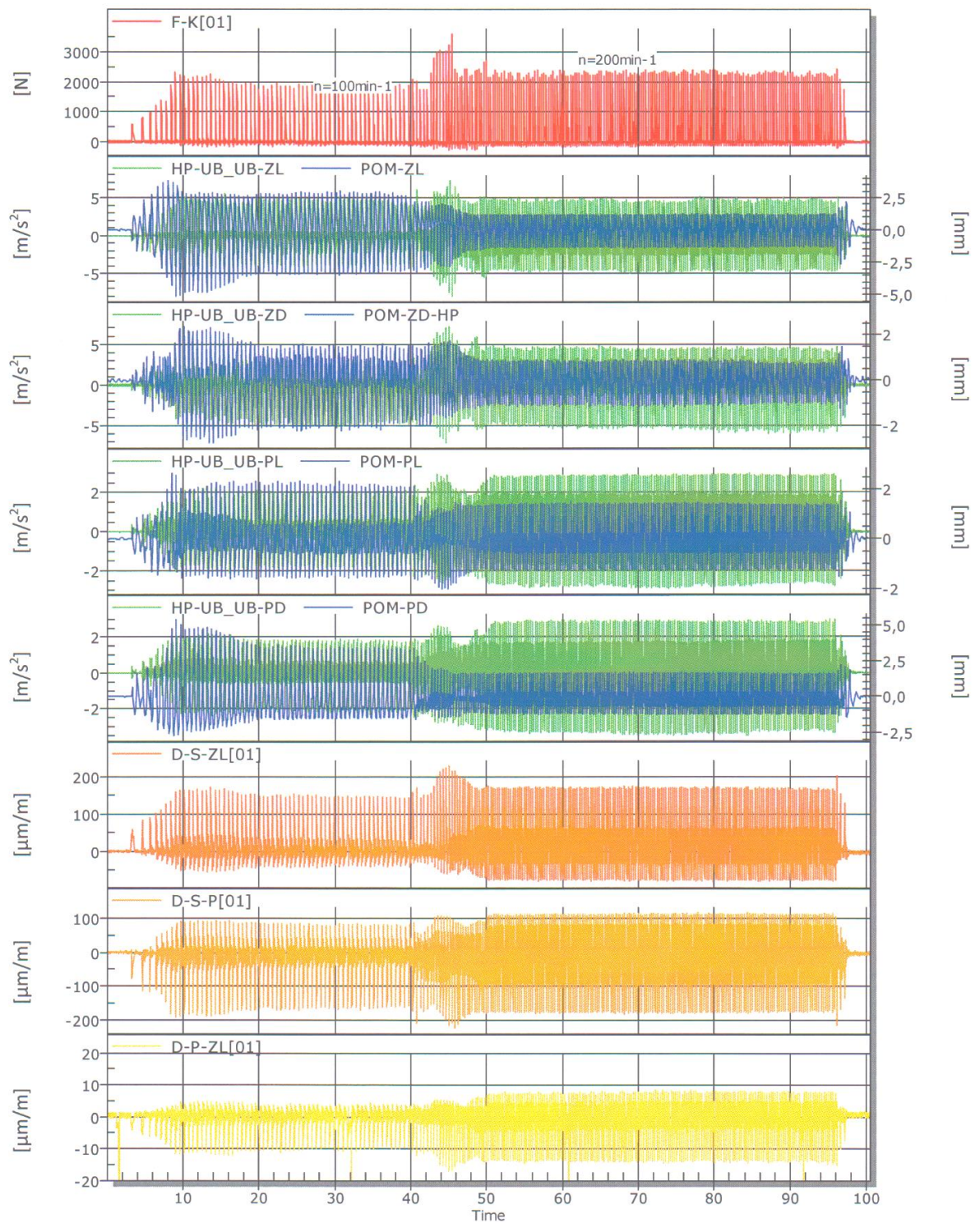
Sl.-4.98b Uvećani zbirni dijagrami promene  
mernih veličina za uslove isplivanja:

Ugao po pravcu (°)	Ugao elevacije (°)	Otklon "kolevke" (mm)
0	0	20
$n=100\text{min}^{-1}$		
Tabela 4.9, Red .broj merenja: 7		



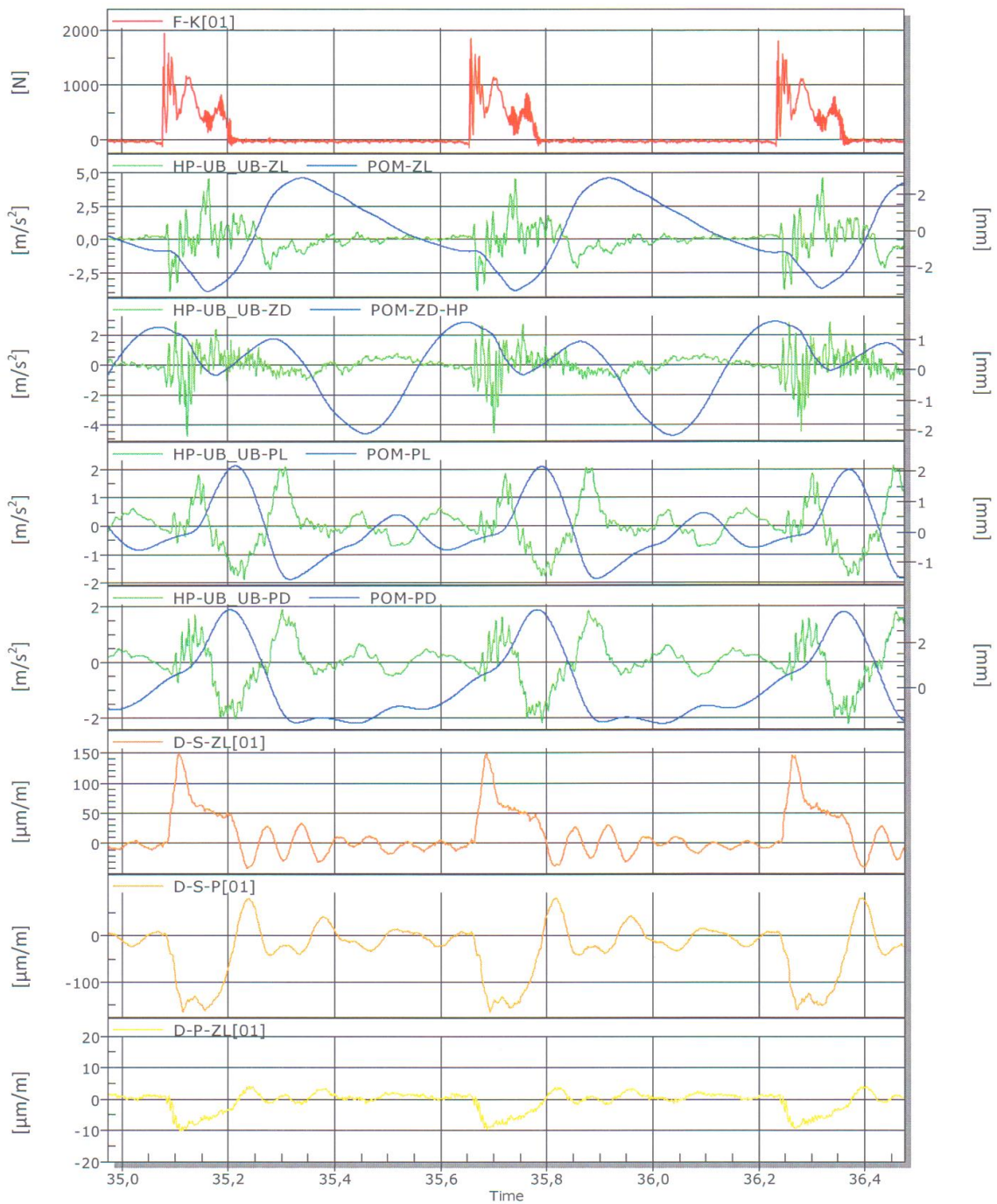
Sl.-4.98c Uvećani zbirni dijagrami promene mernih veličina za uslove ispitivanja:

Ugao po pravcu (°)	Ugao elevacije (°)	Otklon "kolevke" (mm)
0	0	20
$n=200\text{min}^{-1}$		
Tabela 4.9, Red. broj merenja: 8		



Sl.-4.99a Zbirni dijagrami promene mernih veličina za uslove ispitivanja:

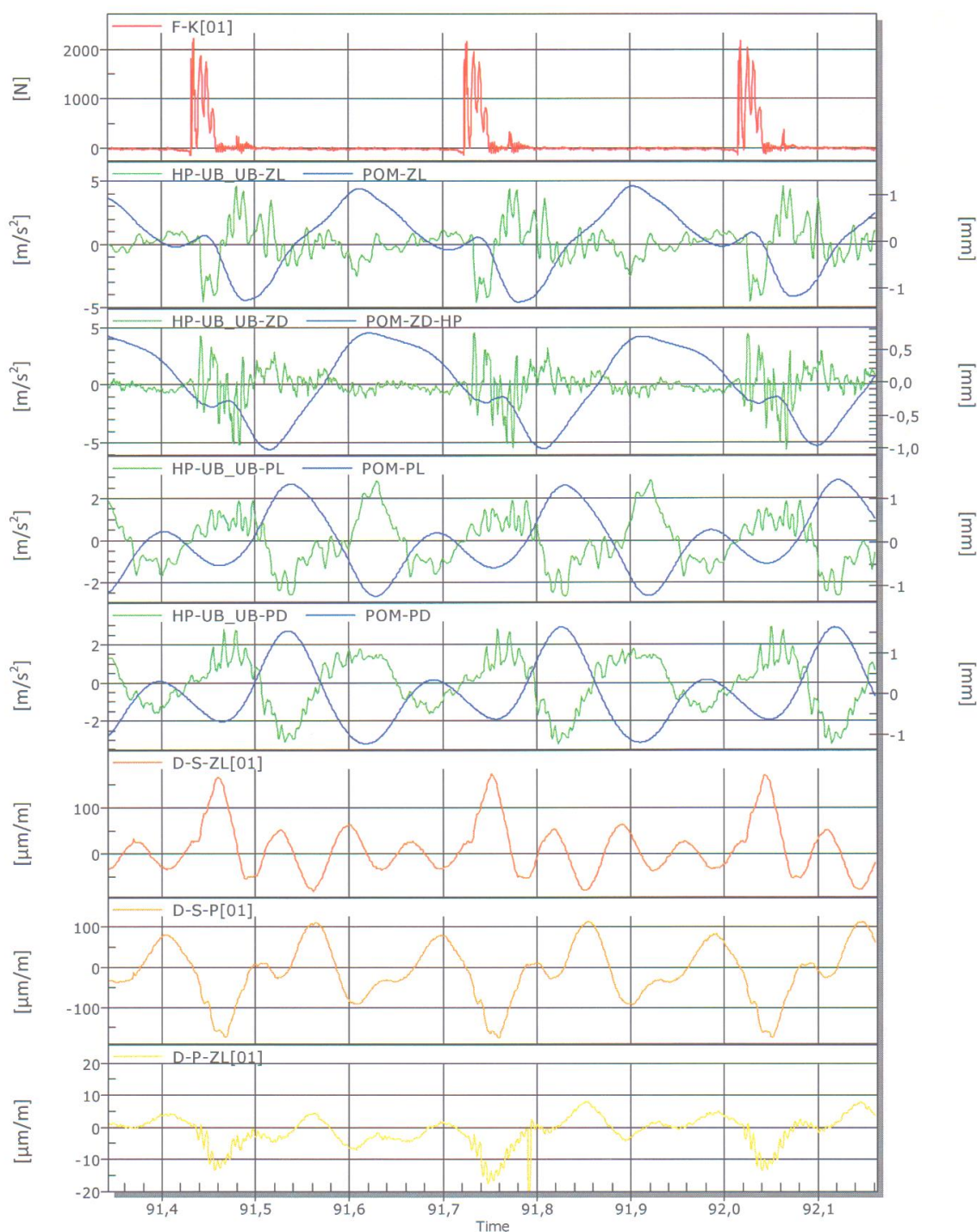
Ugao po pravcu (°)	Ugao elevacije (°)	Otklon "kolevke" (mm)
30	0	20
$n=100\text{min}^{-1}$ $n=200\text{min}^{-1}$		



Sl.-4.99b Uvećani zbirni dijagrami promene mernih veličina za uslove ispitivanja:

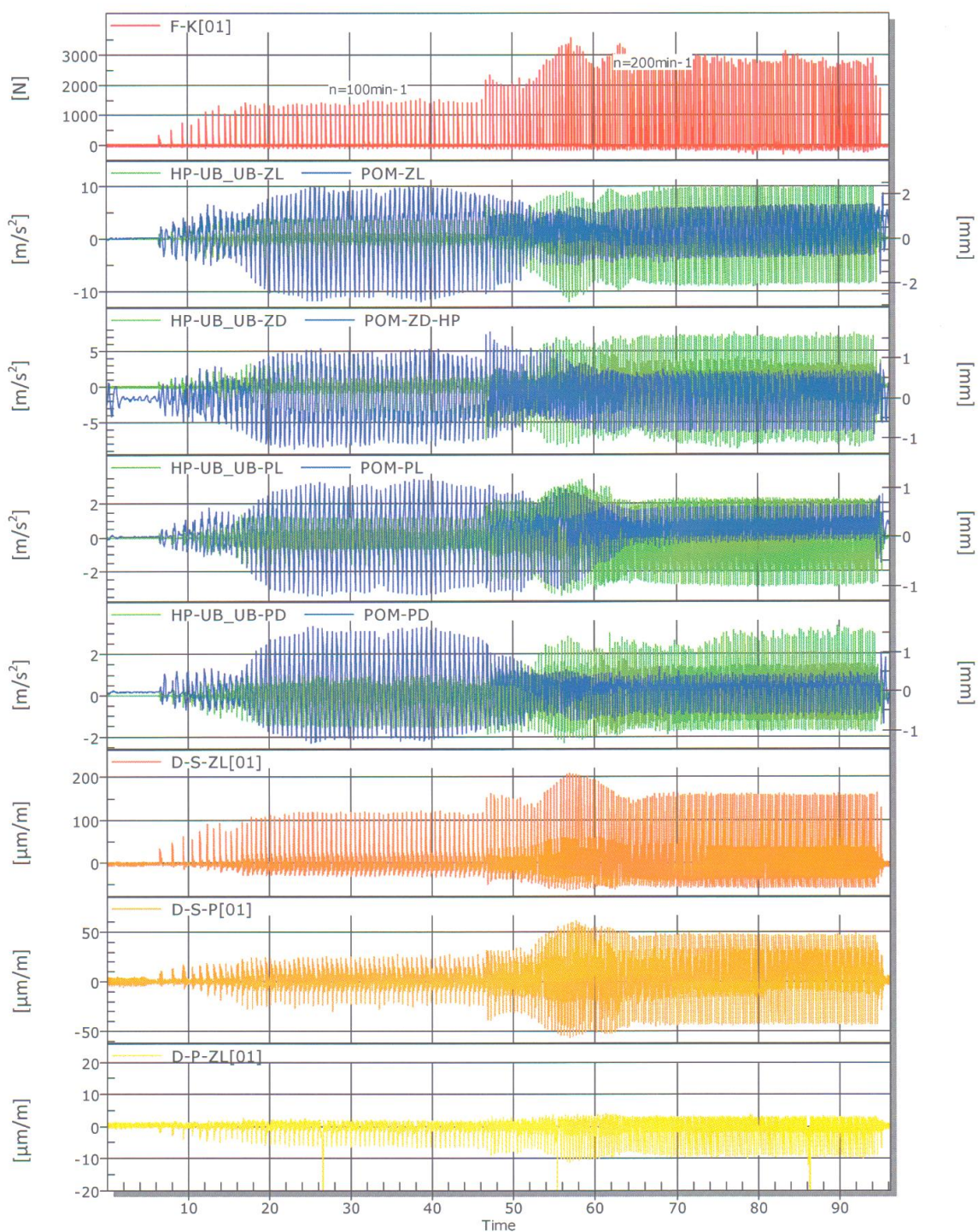
Ugao po pravcu (°)	Ugao elevacije (°)	Otklon "kolevke" (mm)
30	0	20
$n=100\text{min}^{-1}$		
Tabela 4.9, Red. broj merenja: 31		





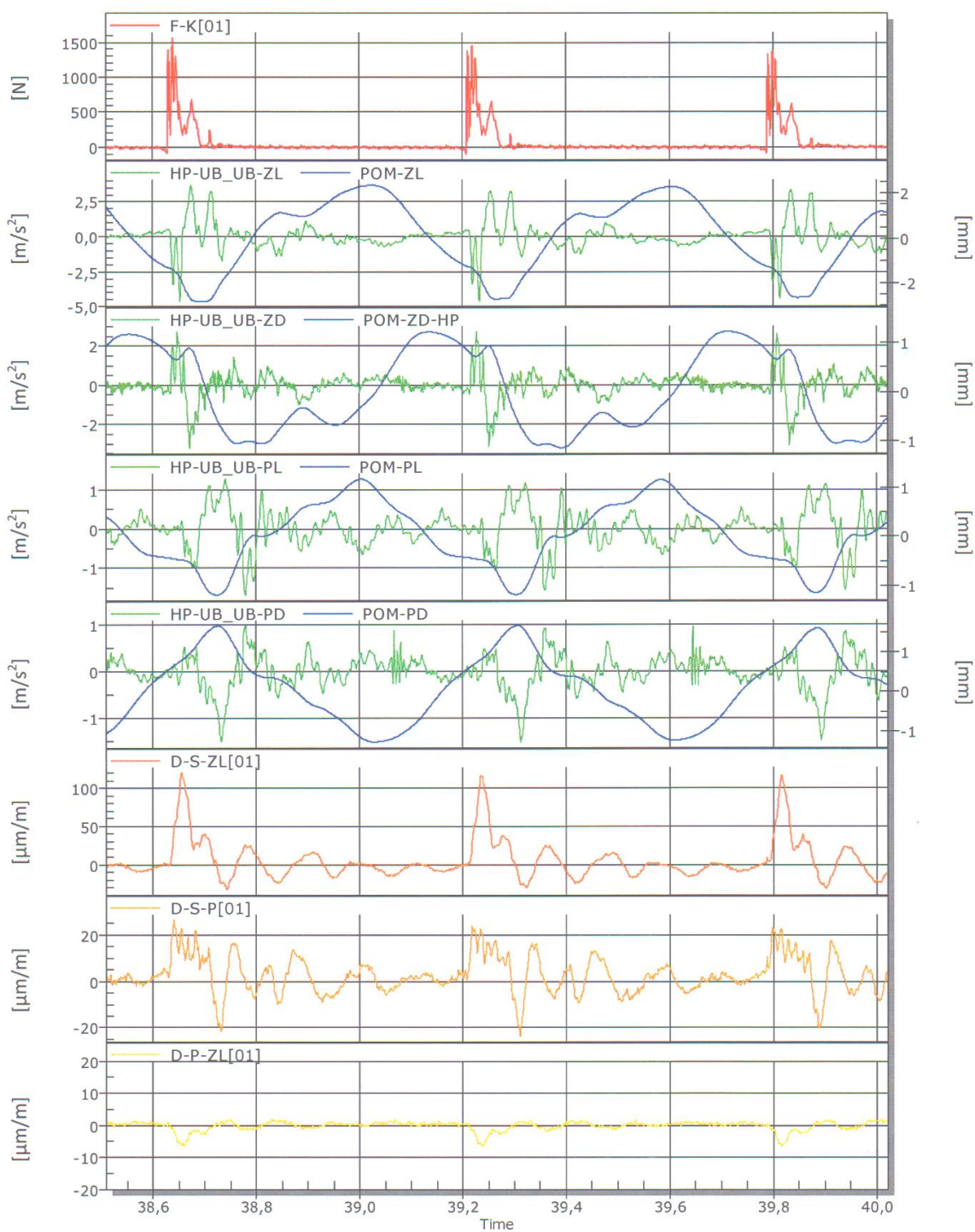
Sl.-4.99c Uvećani zbirni dijagrami promene mernih veličina za uslove ispitivanja:

Ugao po pravcu (°)	Ugao elevacije (°)	Otklon "kolevke" (mm)
30	0	20
n=200min <sup>-1</sup>		
Tabela 4.9, Red. broj merenja: 32		



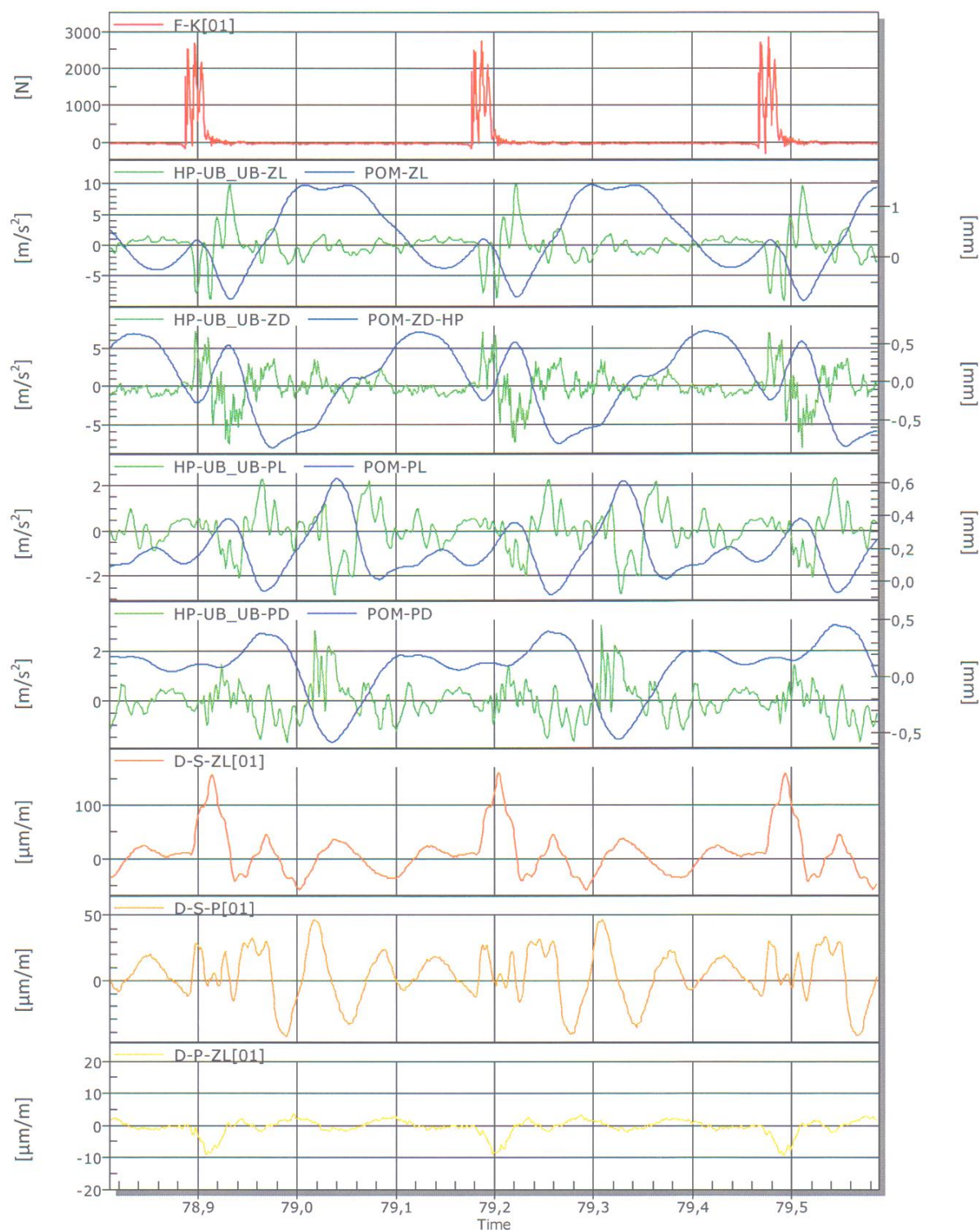
Sl.-4.100a Zbirni dijagrami promene mernih veličina za uslove ispitivanja:

Ugao po pravcu (°)	Ugao elevacije (°)	Otklon "kolevke" (mm)
90	0	5
$n=100\text{min}^{-1}$ $n=200\text{min}^{-1}$		



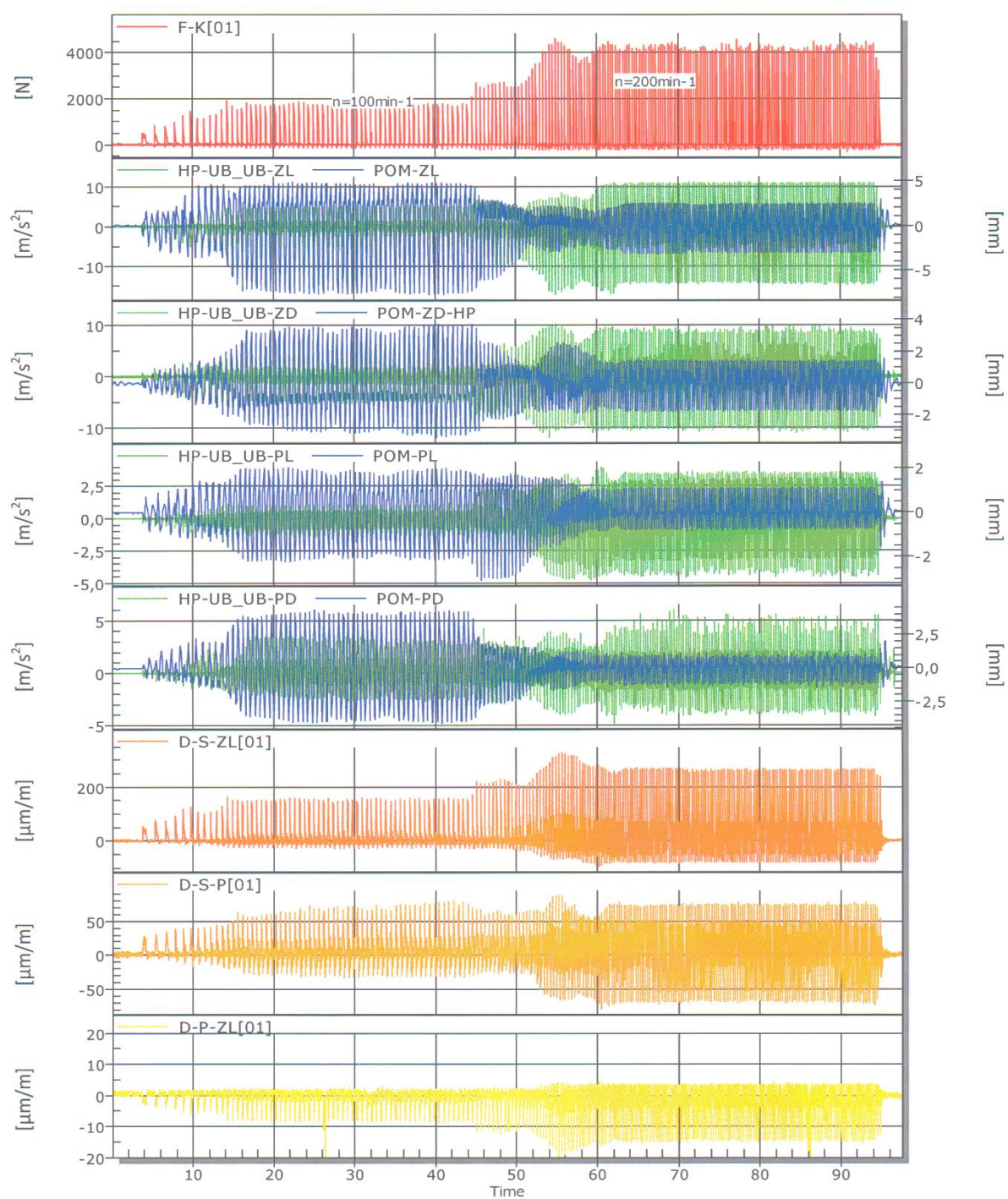
Sl.-4.100b Uvećani zbirni dijagrami promene mernih veličina za uslove ispitivanja:

Ugao po pravcu (°)	Ugao elevacije (°)	Otklon "kolevke" (mm)
90	0	5
$n=100\text{min}^{-1}$		
Tabela 4.9, Red. broj merenja: 73		



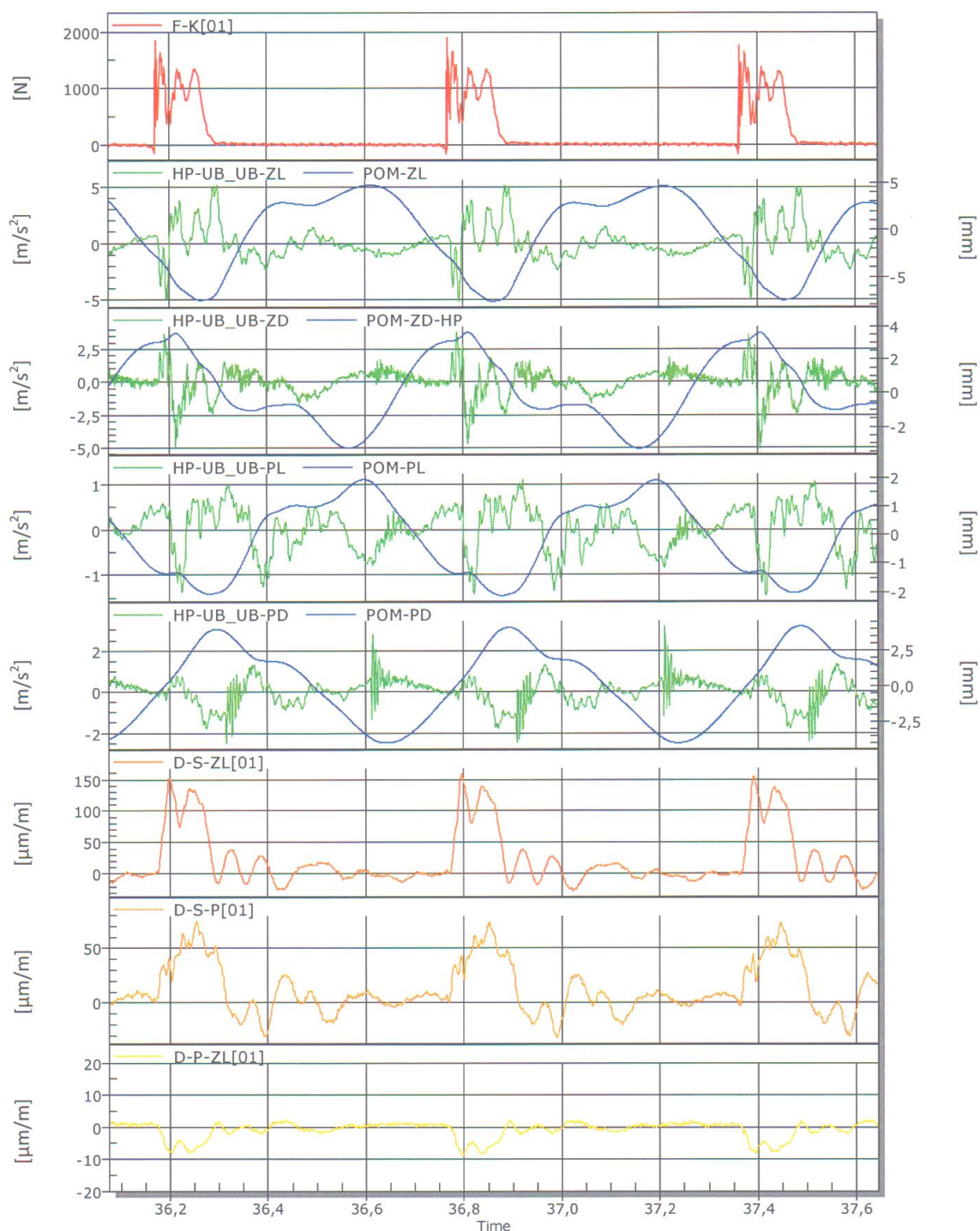
Sl.-4.100c Uvećani zbirni dijagrami promene mernih  
veličina za uslove ispitivanja:

Ugao po pravcu (°)	Ugao elevacije (°)	Otklon "kolevke" (mm)
90	0	5
n=200min <sup>-1</sup>		
Tabela 4.9, Red. broj merenja: 74		



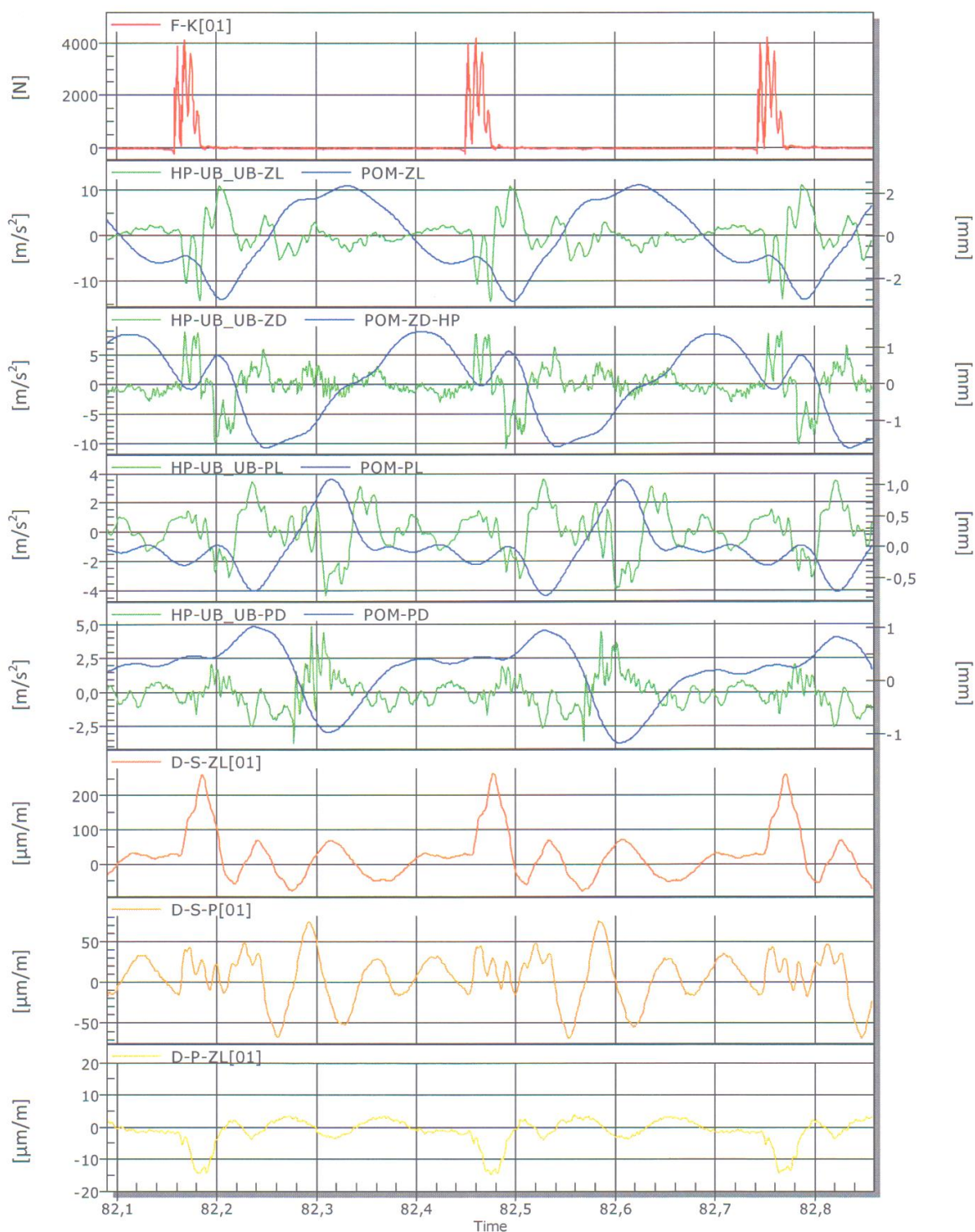
Sl.-4.101a Zbirni dijagrami promene mernih  
veličina za uslove ispitivanja:

Ugao po pravcu (°)	Ugao elevacije (°)	Otklon "kolevke" (mm)
90	0	15
n=100min <sup>-1</sup> n=200min <sup>-1</sup>		



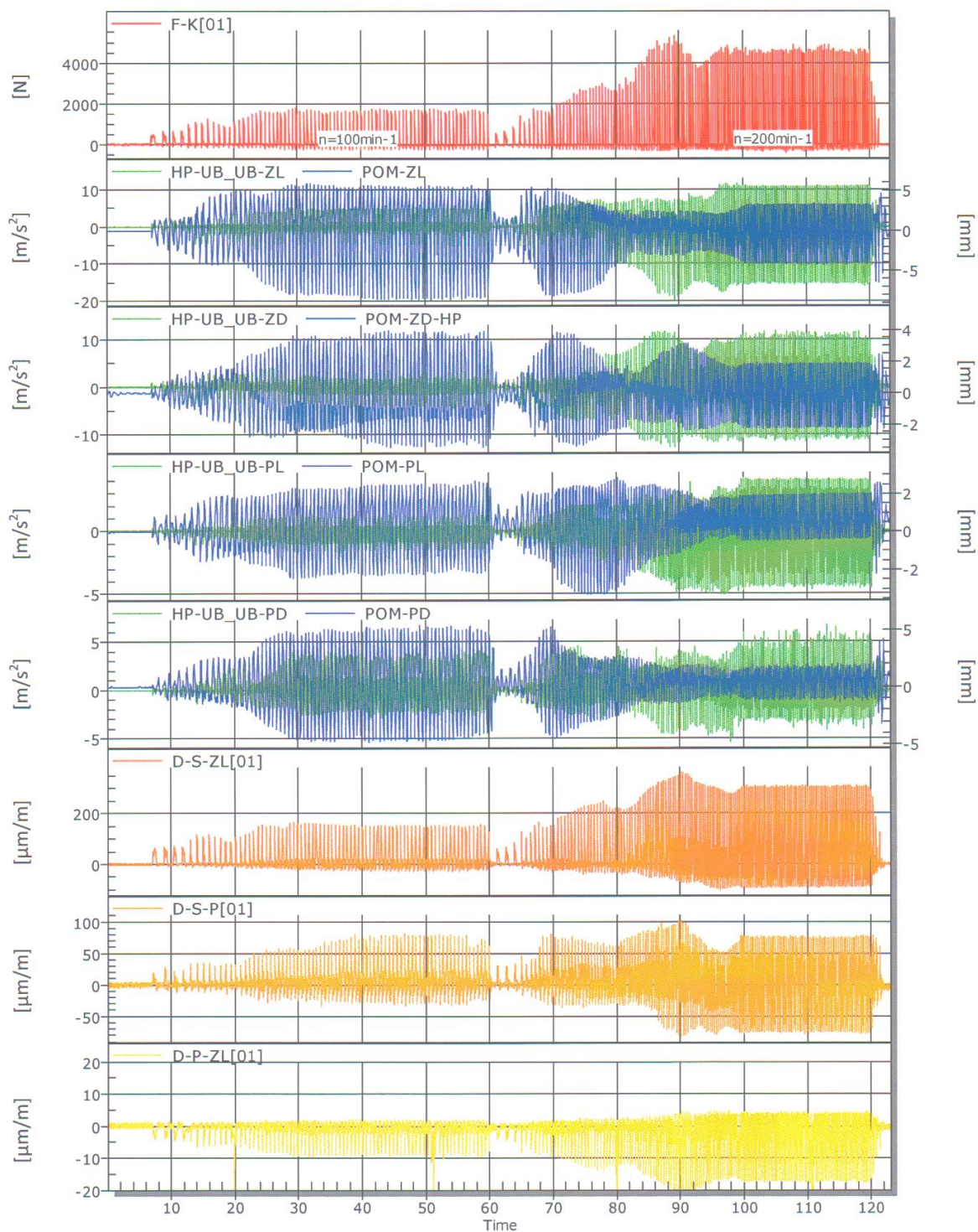
Sl.-4.101b Uvećani zbirni dijagrami promene mernih veličina za uslove ispitivanja:

Ugao po pravcu (°)	Ugao elevacije (°)	Otklon "kolevke" (mm)
90	0	15
n=100min <sup>-1</sup>		
Tabela 4.9, Red. broj merenja: 77		



Sl.-4.101c Uvećani zbirni dijagrami promene mernih veličina za uslove ispitivanja:

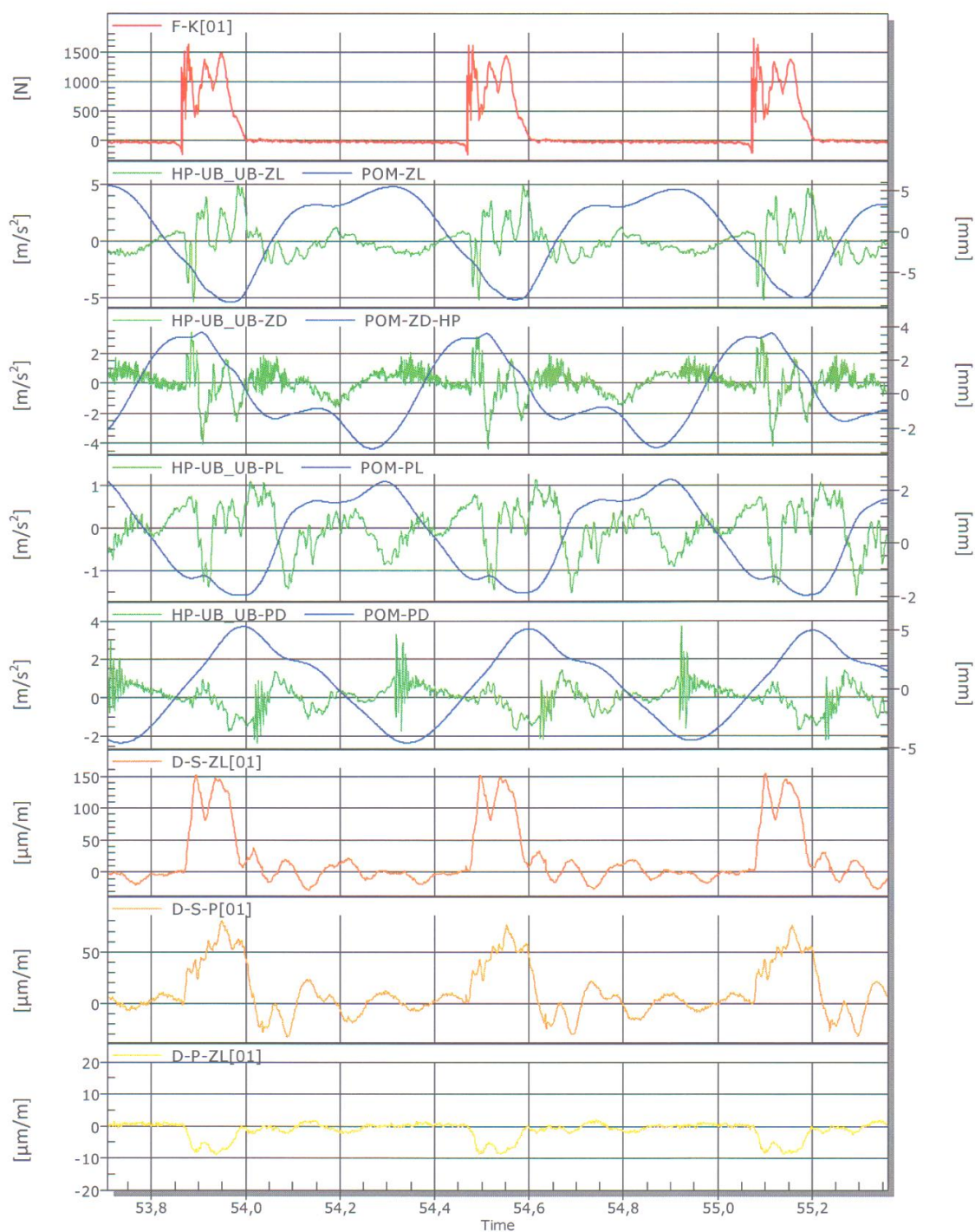
Ugao po pravcu (°)	Ugao elevacije (°)	Otklon "kolevke" (mm)
90	0	15
n=200min <sup>-1</sup>		
Tabela 4.9, Red. broj merenja: 78		



SI.-4.102a Zbini dijagrami promene mernih veličina za uslove ispitivanja:

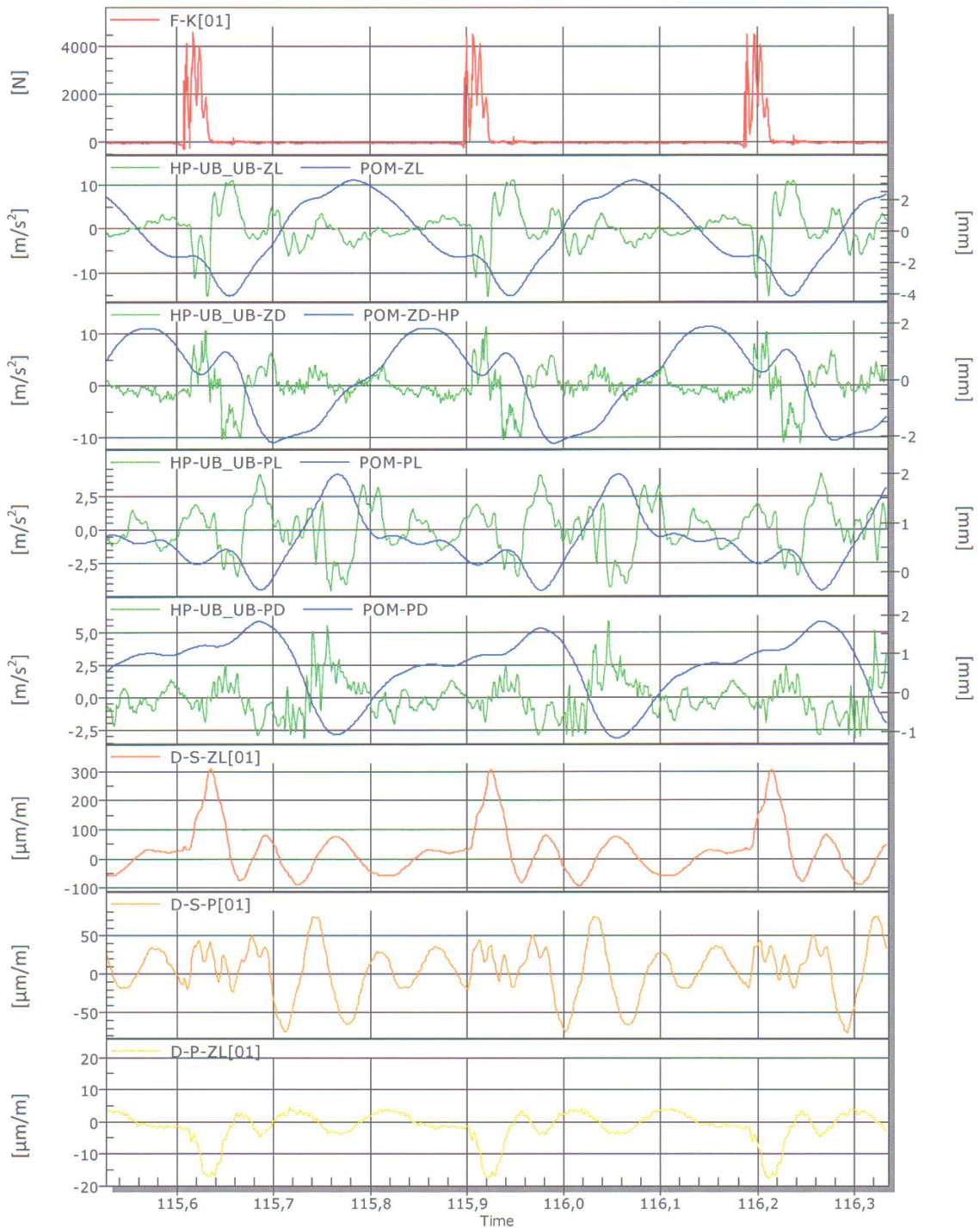
Ugao po pravcu (°)	Ugao elevacije (°)	Otklon "kolevke" (mm)
90	0	20
n=100min <sup>-1</sup> n=200min <sup>-1</sup>		





SI.-4.102b Uvećani zbirni dijagrami promene mernih veličina za uslove ispitivanja:

Ugao po pravcu (°)	Ugao elevacije (°)	Otklon "kolevke" (mm)
90	0	20
n=100min <sup>-1</sup>		
Tabela 4.9, Red. broj merenja: 79		



Sl.-4.102c Uvećani zbirni dijagrami promene mernih veličina za uslove ispitivanja:

Ugao po pravcu (°)	Ugao elevacije (°)	Otklon "kolevke" (mm)
90	0	20
n=200min <sup>-1</sup>		
Tabela 4.9, Red. broj merenja: 80		

### 4.6.3 Analiza eksperimentalnih rezultata i diskusija

U Tabeli 4.10 dati su teorijski rezultati i rezultati eksperimentalnih ispitivanja LKTTV Pik-ap TOYOTA pri otklonima „kolevke“ 5, 10, 15, 20 i 25mm u uzdužnoj ravni (ugao pravca „oruđja“  $0^\circ$  i ugao elevacije  $0^\circ$ ), međuravni (ugao pravca  $30^\circ$  i ugao elevacije  $0^\circ$ ) kao i u poprečnoj ravni (ugao pravca  $90^\circ$  i ugao elevacije  $0^\circ$ ) pri broju obrtaja EMSIS-a („brzina paljbe“)  $100 \text{ min}^{-1}$  („met./min.“) i  $200 \text{ min}^{-1}$  („met./min.“).

Teorijski rezultati pokazuju da se srednja vrednost sile opterećenja  $R_s$  kreće u rasponu od 425,00 N do 1.256,00 N pri čemu u uzdužnoj ravni navedena maksimalna vrednost se javlja pri otklonu „kolevke“ 15mm i broju obrtaja EMSIS-a  $100 \text{ min}^{-1}$

Razlika ugiba, zadnjeg, levog pri realnom i idealnom impulsu je minimalna, dok ugib, zadnji, levi pri realnom impulsu dostiže maksimalnu vrednost od 3,4mm takođe pri otklonu „kolevke“ 15mm i broju obrtaja EMSIS-a  $100 \text{ min}^{-1}$ .

Statička ispitivanja pokazuju da je sila opterećenja  $R$  najveća u uzdužnoj ravni pri otklonu „kolevke“ 25mm i iznosi 1.825,00 N, dok je ugib, zadnji, levi 4,5mm.

Pri otklonu „kolevke“ 15mm, sila opterećenja iznosi 1335,00 N, a ugib, zadnji, levi iznosi 3,1mm.

Pri dinamičkim ispitivanjima I faza maksimalna vrednost sile na „kolevci“ (F-K) iznosi 3.457,00 N pri otklonu „kolevke“ 15mm i broju obrtaja EMSIS-a  $200 \text{ min}^{-1}$ , a pri broju obrtaja EMSIS-a  $100 \text{ min}^{-1}$  sila na „kolevci“ (F-K) iznosi 2.150,00 N, dok je ugib, zadnji, levi (3,5mm i 1,5mm respektivno) snimljen preko davača pomeranja.

Dinamička ispitivanja II faza obuhvatila su merenja osam mernih veličina:

1. Sila na „kolevci“ (F-K),
2. Ubrzanje, zadnje, levo UB-ZL,
3. Ubrzanje, zadnje, desno UB-ZD,
4. Ubrzanje, prednje, levo UB-PL,
5. Ubrzanje, prednje, desno UB-PD,
6. Deformacija šasije, zadnje, levo D-S-ZL,
7. Deformacija šasije, prednje D-S-P i
8. Deformacija postolja, zadnje, levo D-P-ZL.

Ugibi (pomeranja POM-ZL, ZD, PL i PD) u zonama točkova dobijeni su dvostrukim integraljenjem ubrzanja u tim zonama (UB-ZL, ZD, PL i PD) i prikazani su na SI.-4.96 do SI.-4.102.

U Tabeli 4.10 date su maksimalne vrednosti sile na „kolevci“ i amplitude pomeranja i deformacija.

Iz Tabele 4.10 se vidi da se maksimalna vrednost sile na „kolevci“ u uzdužnoj ravni kreće od 1.825,00 N do 3.120,00 N, dok je u poprečnoj ravni raspon od 1.565,00 N do 4.515,00 N.

Amplituda ugiba, zadnjeg, levog u uzdužnoj ravni (ugao pravca  $0^\circ$ , ugao elevacije  $0^\circ$ ) pri otklonu „kolevke“ 15mm i brojevima obrtaja EMSIS-a  $100 \text{ min}^{-1}$  i  $200 \text{ min}^{-1}$  iznosi 4,1mm i 1,5mm respektivno.



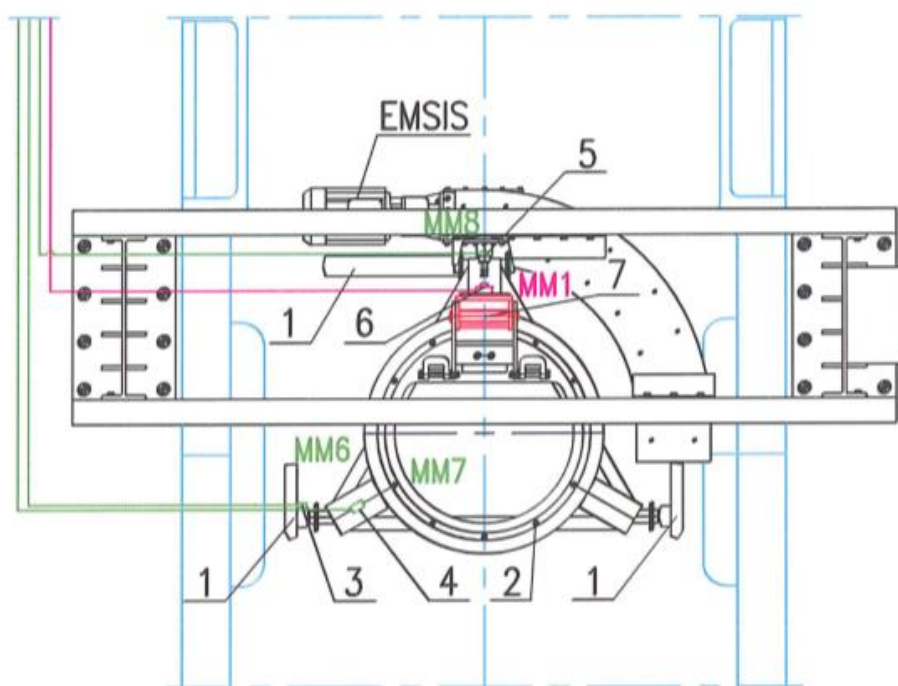
Tabela 4.10—Teorijski rezultati i rezultati eksperimentalnih ispitivanja—nastavak

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
REZULTATI DINAMIČKIH ISPITIVANJA—II Faza																				
8	Maks. vrednost sile na "kolevci"	F-K (N)	1.825,00	2.425,00			2.075,00	2.575,00	2.185,00	3.120,00			2.985,00	2.225,00	1.565,00	2.525,00	1.915,00	4.105,00	1.735,00	4.515,00
9	Pomeranje (ugib) zadnje, levo	POM-ZL (mm)	1,050	0,950			4,105	1,445	5,495	1,985			2,375	1,205	2,575	1,185	5,255	2,625	6,545	3,815
10	Pomeranje (ugib) zadnje, desno	POM-ZD (mm)	1,445	0,885			3,955	2,050	4,505	4,235			1,875	0,825	1,875	0,765	3,650	1,615	3,355	2,075
11	Pomeranje (ugib) prednje, levo	POM-PL (mm)	2,015	1,050			6,605	2,250	12,125	2,135			1,775	1,185	1,175	0,385	2,155	1,475	2,055	1,255
12	Pomeranje (ugib) prednje, desno	POM-PD (mm)	2,020	1,025			5,205	2,150	9,175	2,245			2,545	1,355	1,345	0,485	4,150	1,085	4,715	1,565
13	Deformacija šasije zadnje, levo	D-S-ZL (μm/m)	85,00	92,00			122,00	145,00	177,00	188,00			149,00	165,00	126,00	163,00	161,00	258,00	153,00	315,00
14	Deformacija šasije prednje	D-S-P (μm/m)	-175,00	-195,00			-385,00	-285,00	-395,00	-305,00			-165,00	-175,00	20,50	49,50	75,50	71,50	85,50	75,50
15	Deformacija postolja zadnje, levo	D-P-ZL (μm/m)	-6,55	-9,85			-10,05	-14,05	-12,25	-15,55			-10,05	-16,55	-6,35	-9,35	-9,15	-14,35	-9,35	-17,35

#### 4.6.4 Analiza rezultata ispitivanja napona u konstrukciji i diskusija

U cilju određivanja napona u konstrukciji šasije vozila i platforme za prihvat naoružanja, merne trake su postavljene na šasiju vozila u zoni zadnjeg levog točka (D-S-ZL), ispod prednjeg oslonca platforme (D-S-P), kao i na zadnji levi oslonac platforme (D-P-ZL), (SI.-4.103), snimljena su elastična istežanja šasije i platforme na navedenim mernim mestima i data u Tabeli 4.10.

Ugradnja merne trake na zadnji levi oslonac platforme prikazana je na SI.- 4.95.



SI.-4.103 Šema ispitivanja napona u konstrukciji šasije vozila i platforme za prihvat naoružanja

1- Šasija vozila, 2- Platforma za prihvat naoružanja, 3- Merna traka na šasiji vozila u zoni zadnjeg levog točka (MM6), 4- Merna traka na zadnjem levom osloncu platforme (MM7), 5- Merna traka na šasiji vozila ispod prednjeg oslonca platforme (MM8), 6- Dinamometar na „kolevci“ lafeta (MM1), 7- „Kolevka“ lafeta

Navedena merna mesta za snimanje napona u konstrukciji šasije vozila i platformi za prihvat naoružanja određena su iskustveno na osnovu eksperimentalnih istraživanja prikazanih u [ 46 ].

Na osnovu Hukovog zakona:

$$\sigma = \varepsilon E \quad (4.19)$$

gde je: -  $\sigma$  - normalni napon,  
 -  $\varepsilon = \Delta l / l$  - relativno istežanje  
 - E - Jungov modul elastičnosti

izračunate su vrednosti napona.

Na osnovu izraza 4.19, snimljenih relativnih istezanja  $\varepsilon$  (Sl.- 4.98 b i c) i vrednosti Jungovog modula elastičnosti za čelik, dobijaju se vrednosti napona u šasiji zadnje, levo (MM6) i prednje (MM8) i u platformi na osloncu zadnjem, levom (MM7)  $376 \cdot 10^5$  Pa,  $-790 \cdot 10^5$  Pa i  $31,10 \cdot 10^5$  Pa respektivno u uzdužnoj ravni pri otklonu „kolevke“ 20mm i brojevima obrtaja EMSIS-a  $100\text{min}^{-1}$  i  $200\text{min}^{-1}$ .

U poprečnoj ravni (ugao po pravcu  $90^\circ$ ) maksimalni naponi se javljaju na navedenim mestima šasije i platforme takođe pri otklonu „kolevke“ 20mm, brojevima obrtaja EMSIS-a  $100\text{min}^{-1}$  i  $200\text{min}^{-1}$  i iznose  $630 \cdot 10^5$  Pa,  $171 \cdot 10^5$  Pa i  $-34,70 \cdot 10^5$  Pa respektivno.

## 4.7 Usporedna analiza teorijskih i eksperimentalnih rezultata

U Tabeli 4.10 prikazani su kompletni teorijski rezultati, rezultati statičkih ispitivanja kao i dinamičkih ispitivanja I i II faza za otklone „kolevke“ 5mm i 15mm i brojeve obrtaja EMSIS-a  $100\text{min}^{-1}$  i  $200\text{min}^{-1}$ .

U cilju usporedne analize teorijskih i eksperimentalnih rezultata kao usporedni parametri analize uzeti su:

- Ugib, zadnji, levi pri realnom impulsu ( $U_{zR}$ ) iz teorijskog modela,
- Sila opterećenja pri statičkim ispitivanjima (R) odnosno maksimalna vrednost sile na „kolevci“ (F-K) i
- Ugib, zadnji, levi ( $U_{zI}$ ) odnosno pomeranje (ugib), zadnje, levo (POM-ZL)

pri otklonima „kolevke“ 5mm i 15mm i brojevima obrtaja EMSIS-a  $100\text{min}^{-1}$  i  $200\text{min}^{-1}$ .

Iz Tabele 4.10 se vidi da je maksimalna vrednost  $U_{zR}$  teorijskog modela 0,9mm, 0,7mm, 3,4mm i 1,3mm respektivno pri navedenim otklonima „kolevke“ i brojevima obrtaja EMSIS-a.

Rezultati statičkih ispitivanja pokazuju da je sila opterećenja (R) 746 N i 1.335 N, dok je  $U_{zI}$  1,5mm i 3,1mm za otklone „kolevke“ 5mm i 15mm.

Izmerene maksimalne vrednosti sile na „kolevci“ (F-K) pri dinamičkim ispitivanjima I faza su 1.525 N, 2.615 N, 2.150 N i 3.475 N dok je pomeranje (ugib), zadnje, levo (POM-ZL) 1,1mm, 1,1mm, 3,4mm i 1,4mm za navedene otklone „kolevke“ i brojeve obrtaja EMSIS-a.

Podaci o silama trzanja (sile na „kolevci“) realnih oruđa, odnosno naoružanja dobijeni ispitivanjima u realnim uslovima (poligonska ispitivanja sa bojevom municijom) se veoma retko objavljuju u javnim publikacijama već su deo izveštaja koji su stepenovani sa najčešće „Vojna tajna-poverljivo“.

Prema određenim saznanjima autora sila trzanja (sila na „kolevci“) za mitraljez 12,7mm M87 (NSV) SL.-4.38 je reda veličine 3.000 N.

Izmerane maksimalne vrednosti sile na „kolevci“ pri dinamičkim ispitivanjima obuhvaćenim ovim radom se kreću upravo oko navedene vrednosti.

Pri dinamičkim ispitivanjima II faza maksimalne vrednosti sile na „kolevci“ (F-K) su 1.825 N, 2.425 N, 2.075 N i 2.575 N, odnosno pomeranje (ugib), zadnje, levo (POM-ZL) iznosi 1,1mm, 0,9mm, 4,1mm i 1,4mm.

Teorijske vrednosti i eksperimentalne vrednosti ugiba, zadnjeg, levog pri realnom impulsu ( $U_{zR}$ ), ugiba, zadnjeg, levog ( $U_{zI}$ ) i pomeranja, zadnjeg, levog (POM-ZL) pokazuju minimalna međusobna odstupanja koja se kreću u rasponu od približno 13% do 20%.

Vrednosti sile opterećenja (R) pri statičkim ispitivanjima su skoro dvostruko niža od maksimalne vrednosti sile na „kolevci“ pri dinamičkim ispitivanjima.

U odnosu na vrednosti zatezne čvrstoće  $\sigma_M$  i granice razvlačenja  $\sigma_{0,2}$  za konstrukcioni čelik ( $400 \cdot 10^6$  Pa i  $250 \cdot 10^6$  Pa respektivno) izmerene maksimalne vrednosti napona u šasiji vozila i osloncu platforme su manje ( $-790 \cdot 10^5$  Pa i  $34,70 \cdot 10^5$  Pa) u odnosu na granicu razvlačenja  $\sigma_{0,2}$ , odnosno zateznu čvrstoću  $\sigma_M$ .



## 5 ZAKLJUČCI I PREDLOG PRAVACA BUDUĆIH ISTRAŽIVANJA

Istraživanje dinamičkog ponašanja sistema vozilo-platforma-naoružanje, u okviru ove disertacije urađeno je teorijskim i eksperimentalnim putem. Cilj istraživanja je bio definisanje i utvrđivanje određenih parametara koji će omogućiti izbor najpogodnijeg naoružanja koje bi se ugradilo na lako komercijalno terensko točkaško vozilo. Uslovi ispitivanja bili su takvi da je vozilo bilo stacionarno a posmatran je odziv sistema na jedan izdvojen impuls sile koji se prenosio preko platforme za prihvatanje naoružanja. Zaključci disertacije izneti su shodno strukturi istraživanja. Na kraju, daju se preporuke za buduća istraživanja iz analizirane oblasti.

### 5.1 Zaključci

1. Analizirana laka vojna terenska točkaška vozila (LVTTV) i laka komercijalna terenska točkaška vozila (LKTTV) Pik-ap imaju približno iste prosečne vrednosti snage motora (134,67kW, 140,23kW respektivno), dok su nosivost (1364kg, 1088kg) i masa praznih vozila (2905kg, 2057kg) veće kod LVTTV, a specifična snaga manja (41,02kW/t, 68,23kW/t).
2. Prikazani postojeći sistemi naoružanja pogodni su za ugradnju na LKTTV Pik-ap varijanta, zbog svojih karakteristika (masa, gabariti, sile trzanja). Topovi kalibra 20mm i 30mm bi se mogli ugraditi na LKTTV Pik ap na osnovu kriterijuma masa i gabariti, ali bi se morala sprovesti dopunska istraživanja u cilju određivanja sila trzanja. POVR maljutka i ALAS se mogu u većem broju ugraditi na LKTTV Pik-ap, dok bi VBR 128mm M63 Plamen trebalo rekonstruisati i smanjiti broj lansera oruđa na maksimalno 16. VBR 128mm M63 Plamen u vučnoj varijanti ima 32 lansirne cevi tako da sa osnovnim i dopunskim borbenim kompletom ne bi ispunio kriterijum masa, ako bi se ugrađivao u izvornom obliku.
3. Postavljeni dinamički model sistema vozilo-platforma-naoružanje omogućava verodostojnu simulaciju njegovog ponašanja u uslovima jediničnog impulsnog opterećenja. Pomoću njega su utvrđene zavisnosti pomeranja šasije vozila u zonama točkova od konstrukcionih parametara vozila pri određenom impulsnom opterećenju. Vrednosti impulsa su određene numeričkim integraljenjem (Simpson-ova metoda), dok je odgovor sistema na impulsnu pobudu dobijen korišćenjem Program Force 2.0 ver. 2.09p (FORTRAN Compiler and Editor) free distribution (<http://forcelepsc.com>), za parametre LKTTV Pik ap I (tačka 4.5.5).
4. Dinamički model sistema vozilo-platforma-naoružanje omogućava varijaciju ulaznih parametara pri čemu je omogućena optimizacija parametara oslanjanja radi ostvarenja najmanjeg ugiba, pri čemu se mogu varirati sila opterećenja (jedinični impuls) kao i krutost elemenata sistema za oslanjanje.

5. Postavljeni dinamički model sistema vozilo-platforma-naoružanje je verifikovan kroz statička ispitivanja i dinamička ispitivanja I i II faza, pri čemu je kriterijum verifikacije ugib, zadnji, levi ( $U_{zI}$ ). Maksimalna vrednost  $U_{zI}$  (Tabela 4.10) dobijena teorijski iznosi 3,40mm (za otklon „kolevke“ 15mm i broj obrtaja  $100\text{min}^{-1}$ ) dok izmerena vrednost  $U_{zI}$  (za iste uslove) pri dinamičkim ispitivanjima iznosi 3,45mm (I faza), odnosno 4,10mm (II faza).
6. Teorijska vrednost amplitude maksimalnog ugiba, zadnjeg, levog pri realnom impulsu ( $U_{zI R}$ ) i maksimalnog pomeranja, zadnjeg, levog (POM-ZL), dobijenog eksperimentalno pri dinamičkim ispitivanjima II faza (4,10mm) se međusobno razlikuje za 0,7mm, odnosno POM-ZL je veće za 20,6% u odnosu na  $U_{zI R}$ . Slična odstupanja se dobijaju ako se isti parametri analiziraju za otklon „kolevke“ 5mm i broj obrtaja  $100\text{min}^{-1}$ .
7. S obzirom na ograničavajuće mogućnosti ugradnje realnog naoružanja na vozilo, kao i obezbeđenje potrebnih bezbednosnih uslova za ispitivanje vozila sa realnim naoružanjem, projektovan je i realizovan elektro-mehanički simulator impulsne sile (EMSIS). EMSIS omogućava simulaciju impulsne sile u granicama od 0 do 4000N kao i broja obrtaja („brzina paljbe“) od  $25\text{min}^{-1}$  („25met./min.“) do  $800\text{min}^{-1}$  („800met./min.“).
8. Za eksperimentalna istraživanja korišćeno je vozilo TOYOTA Pik ap sa duplom kabinom i ugrađenom platformom sa obrtnim postoljem, „gornjim lafetom“ i „kolevkom“ (Sl.-4.72). EMSIS generiše silu opterećenja koja se preko dinamometra meri na „kolevci“, dok se pomeranja mere na šasiji vozila u zoni točkova. Naponi su mereni na šasiji vozila u zoni zadnjeg levog točka i ispod prednjeg oslonca platforme (Sl.-4.103). Za eksperimentalna ispitivanja upotrebljena je merna oprema firme HBM, a za akviziciju mernih veličina i obradu signala (filtriranje, integraljenje) kao i grafičke prikaze korišćen je HBM softver Catman Professional 5.0 inkorporiran u merni uređaj. Primenjena metodologija za statističku obradu i korigovanje signala induktivnog davača ubrzanja omogućava izračunavanje brzine i pomeranja jednostrukim odnosno dvostrukim integraljenjem zapisa ubrzanja. Akvizicija signala (samplovanje) vršena je sa frekvencijama 1200Hz i 4800Hz čime su dobijeni čitljivi zapisi mernih veličina.
9. Dobijena maksimalna vrednost napona u zadnjem levom osloncu platforme ( $-34,70 \cdot 10^5\text{Pa}$  u poprečnoj ravni pri otklonu „kolevke“ 20mm) ukazuje da je modelsko rešenje platforme za prihvatanje naoružanja predimenzionisano i da je neophodna optimizacija, dok maksimalni izmereni napon ( $-790 \cdot 10^5\text{Pa}$  u uzdužnoj ravni pri otklonu „kolevke“ 20mm) u šasiji vozila ukazuju da je znatno manji od granice razvlačenja  $\sigma_{0,2}$  (koja za konstrukcije čelike iznosi  $750 \cdot 10^6\text{Pa}$ ), pa samim tim moguće je opteretiti šasiju vozila većim opterećenjima, odnosno većom masom naoružanja i borbenog kompleta i većom silom trzanja (veći kalibar naoružanja).

10. U pogledu pomeranja šasije vozila u zoni oslonih točkova evidentna je znatna rezerva jer za ispitivano vozilo vrednost pomeranja do udara u graničnike iznosi 55mm.  
Kod ručnog dejstva iz naoružanja na vozilu, pomeranja šasije vozila nemaju uticaja na preciznost gađanja iz naoružanja, dok pri dejstvu iz DUBS-a ugrađenog na vozilo verovatnoća prvog pogotka je vrlo visoka, a preciznost rafalne paljbe zavisi od stepena sinhronizacije oscilovanja vozila i brzine gađanja iz naoružanja.

## 5.2 Predlog pravaca budućih istraživanja

Prikazani teorijski model i serije eksperimentalnih istraživanja sprovedene u ovoj doktorskoj disertaciji zbog tehničkih i bezbednosnih ograničenja ostavljaju mogućnosti za proširenje istraživanja. U narednim tačkama navedeni su predlozi budućih istraživanja.

1. Verifikovati postavljeni dinamički model sistema vozilo-platforma-naoružanje poligonskim ispitivanjima sa realnim naoružanjem (npr. Mitraljez 12,7mm) ugrađenim na platformu vozila.
2. Verifikovati projektovani i realizovani elektro-mehanički simulator impulsne sile (EMSIS) kroz poligonska ispitivanja ugradnjom više vrsta predloženog naoružanja.
3. Frekventnom analizom obraditi zapise laboratorijskih i poligonskih ispitivanja u cilju dobijanja parametara neophodnih za kvalitetnu ugradnju daljinski upravljanih borbenih stanica (DUBS).
4. Istražiti mogućnost ugradnje više vrsta naoružanja kao modula na istu platformu, pri čemu bi se na vozilo postavljao modul sa naoružanjem zavisno od taktičkog zadatka.
5. Na osnovu snimljenih zapisa istražiti ponašanje sistema vozilo-platforma-naoružanje pri uzastopnom impulsnom opterećenju („rafalna paljba“).

**LITERATURA**

- [ 1 ] Arsić S.: Naoružanje kopnene vojske, Vojnoizdavački zavod, Beograd, 2002.
- [ 2 ] Auverland A3L vozilo, Tehnički podaci, [www.army-guide.com/eng/product\\_2649.html](http://www.army-guide.com/eng/product_2649.html),
- [ 3 ] Auverland A4 vozilo, Tehnički podaci, [www.army-guide.com/eng/product\\_2655.html](http://www.army-guide.com/eng/product_2655.html),
- [ 4 ] Automatski bacač granata Zastava BGA 30mm, Katalog proizvođača „Zastava oružje“ Kragujevac, [www.zastava-arms.rs](http://www.zastava-arms.rs),
- [ 5 ] Automatski bacač granata 30mm AGS-17 Plamja, Tehnički podaci, [www.csla.cz/zbrane/granatomy/ags17.html](http://www.csla.cz/zbrane/granatomy/ags17.html),
- [ 6 ] Automatski bacač granata 40mm MK19, Tehnički podaci, [www.military.com/equipment/mk19-grenade-machine-gun/](http://www.military.com/equipment/mk19-grenade-machine-gun/),
- [ 7 ] Automatski top 30mm M89, Katalog proizvođača „Zastava oružje“ Kragujevac, [www.zastava-arms.rs](http://www.zastava-arms.rs),
- [ 8 ] Balla J., Krist Z., Cong I. L.: Experimental investigation of weapon system mounted on track vehicle, University of Defence, Brno.
- [ 9 ] Balla J., Krist Z., Cong I. L.: Experimental study of turret-mounted automatic weapon vibrations, International journal of mechanics, Vol. 9, 2015.
- [ 10 ] Balla J., Havlicek M., Jedlicka L., Krist Z., Racek F.: Firing stability of mounted small arms, International journal of mathematical models and methods in applied sciences, Issue 2, Vol. 5, 2011.
- [ 11 ] Bestrzajni top 82mm M60, „Bratstvo“ Novi Travnik, Fabrički podaci, [www.bnt.com.ba](http://www.bnt.com.ba),
- [ 12 ] Chevrolet Silverado, Katalog vozila, [www.chevrolet.com/silverado-pickup-trucks.html](http://www.chevrolet.com/silverado-pickup-trucks.html),
- [ 13 ] Chevrolet Colorado, Katalog vozila, [www.chevrolet.com/colorado-small-trucks.html](http://www.chevrolet.com/colorado-small-trucks.html),
- [ 14 ] Ćučuz N. Rusov L.: Dinamika motornih vozila, Privredni pregled, Beograd, 1973.
- [ 15 ] Davač pomeranja HBM WA 50, Katalog proizvođača Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH (HBM), [www.trcpro.rs](http://www.trcpro.rs),
- [ 16 ] Davač ubrzanja HBM B12/20, Katalog proizvođača Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH (HBM), [www.trcpro.rs](http://www.trcpro.rs),
- [ 17 ] Den Hartog J. P.: Vibracije u mašinstvu (prevod sa engleskog), Građevinska knjiga, Beograd, 1972.
- [ 18 ] Demić M. i dr.: Osnovi projektovanja teretnih motornih vozila, Mašinski fakultet Kragujevac, Kragujevac, 1994;
- [ 19 ] Dinamometar HBM RTN 0,05, Katalog proizvođača Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH (HBM), [www.trcpro.rs](http://www.trcpro.rs),

- [ 20 ] Dingo II APV, Podaci proizvođača, [www.kmweg.com](http://www.kmweg.com),
- [ 21 ] Dodge Dakota, Podaci proizvođača, [www.ramtrucks.com/en/](http://www.ramtrucks.com/en/),
- [ 22 ] Donevski D.: Istraživanje optimalnog načina ugradnje sistema motor-prenosnik snage u laka borbena gusenična vozila, magistarski rad, Mašinski fakultet Beograd, Beograd, 1985.
- [ 23 ] Donevski D.: Izveštaj o ispitivanju komandnih turela (obrtnih postolja) borbenog vozila pešadije (BVP) M-80A, Vojnotehnički institut KoV, VTI-09-24-0059, Beograd, 1985.
- [ 24 ] Donevski D.: Metodologija izbora naoružanja za primenu na lakim terenskim točkaškim vozilima, Vojnotehnički glasnik, Beograd, 2010.
- [ 25 ] Dragojević M.: Borbena vozila, Vojnoizdavački i novinski centar, Beograd, 1990.
- [ 26 ] Dragojević M.: O nekim pitanjima koncepcije borbenih vozila pešadije, NTP, XXXIII, 1983, 5.;
- [ 27 ] Drapić S.: Elementi mašinskih konstrukcija (sa rešenim primerima), AGM knjiga, Beograd, 2007.
- [ 28 ] Đorđević M., Arsić S.: Oklopni transporteri 1945-2005, Vojnoizdavački zavod, Beograd, 2001.
- [ 29 ] Ford F-350, Katalog vozila, [www.ford.com/trucks/superduty/models/](http://www.ford.com/trucks/superduty/models/),
- [ 30 ] Ford Ranger, Katalog vozila, [www.ford.rs/komercijalna-vozila/ranger/](http://www.ford.rs/komercijalna-vozila/ranger/),
- [ 31 ] Foss, F.C.: Jane's Armour and artillery, 1983-84, IV, Jane's Publishing Company Limited, London,
- [ 32 ] Frekventni regulator broja obrtaja, Tehnički podaci, [www.mp-automatizacija.com](http://www.mp-automatizacija.com),
- [ 33 ] Gavial vozilo, Tehnički podaci, [www.paluba.info](http://www.paluba.info),
- [ 34 ] GAZ Tigr, Tehnički podaci, [www.military-today.com/trucks/gaz-tigr.html/](http://www.military-today.com/trucks/gaz-tigr.html/),
- [ 35 ] Hummer vozilo, Tehnički podaci, [vozilolizov.com/tehnicki/hummer/hr/](http://vozilolizov.com/tehnicki/hummer/hr/),
- [ 36 ] Iveco LMV vozilo, Tehnički podaci, [www.military-today.com/trucks/iveco.lmv.html/](http://www.military-today.com/trucks/iveco.lmv.html/),
- [ 37 ] Isuzu D-MAX vozilo, Katalog vozila, [www.isuzu.co.rs/isuzu-vozila/isuzu-d-max-double-cab/](http://www.isuzu.co.rs/isuzu-vozila/isuzu-d-max-double-cab/),
- [ 38 ] Jeep Wrangler TJ-L, Katalog vozila, [www.jeep.rs/wrangler/](http://www.jeep.rs/wrangler/),
- [ 39 ] Jeep J8, Tehnički podaci, [www.jeep-j8.com](http://www.jeep-j8.com),
- [ 40 ] Kalezić M.: Projektovanje artiljerijskih sistema, samostalno izdanje autora, Beograd, 2010.
- [ 41 ] Lazar 2, višenamensko oklopno vozilo, Tehnički podaci, „Yugoimport SDPR J.R.“, Beograd, [www.yugoimport.com](http://www.yugoimport.com),
- [ 42 ] Land Rover Defender, Katalog vozila, [www.landrover.rs/land-rover-range/defender/](http://www.landrover.rs/land-rover-range/defender/),
- [ 43 ] Lin T. Y., Ping H. C., Yang T. Y., Chan C. T., Yang C. C.: Dynamic simulation of recoil mechanism on artillery weapons, ICCES, Vol. 11, No. 4, pp 115-121, 2009.
- [ 44 ] Mahindra Bolero, Katalog vozila, [www.mahindrabolero.com](http://www.mahindrabolero.com),
- [ 45 ] Mazda BT-50, Katalog vozila, [www.mazda.com.au/cars/mazda-bt-50-dual-cab/](http://www.mazda.com.au/cars/mazda-bt-50-dual-cab/),
- [ 46 ] Milutinović D., Milanović N., Tasić M.: Studija krutosti oklopnih tela lakih guseničnih vozila, Vojnotehnički institut KoV, Beograd, 1984.

- [ 47 ] Mitraljez 7,62mm M86 PKT, Podaci proizvođača „Zastava oružje“, Kragujevac, [www.zastava-arms.rs](http://www.zastava-arms.rs),
- [ 48 ] Mitraljez 7,62mm M84, Podaci proizvođača „Zastava oružje“, Kragujevac, [www.zastava-arms.rs](http://www.zastava-arms.rs),
- [ 49 ] Mitraljez 12,7mm M87 NSV, Podaci proizvođača „Zastava oružje“, Kragujevac, [www.zastava-arms.rs](http://www.zastava-arms.rs),
- [ 50 ] Mitraljez 12,7mm Browning M2HB, Tehnički podaci, [world.guns.ru/machine/usa/browning-m2hbe.html](http://world.guns.ru/machine/usa/browning-m2hbe.html),
- [ 51 ] Mitraljez 14,5mm KPVT, DSNO, Generalštab JNA, UOJ, Beograd, 1969,
- [ 52 ] Mitsubishi GLX-R, Katalog vozila, [www.mitsubishi-motors.rs/vozila/](http://www.mitsubishi-motors.rs/vozila/),
- [ 53 ] Mercedes G 270 CDI, Katalog vozila, [www.army-tehnology.com/projects/mercedeswagon/](http://www.army-tehnology.com/projects/mercedeswagon/),
- [ 54 ] Merne trake HBM K-LY41-6/120, Katalog proizvođača Hottinger Baldvin Messtechnik GmbH (HBM), [www.trcpro.rs](http://www.trcpro.rs),
- [ 55 ] Merni most QuantumX MX840B, Katalog proizvođača Hottinger Baldvin Messtechnik GmbH (HBM), [www.trcpro.rs](http://www.trcpro.rs),
- [ 56 ] Mowag Eagle IV vozilo, Tehnički podaci, [www.army-tehnology.com/projects/eagle/](http://www.army-tehnology.com/projects/eagle/),
- [ 57 ] Muždeka S.: Osnovi borbenih vozila, Medija centar „Odbrana“, Beograd, 2012.,
- [ 58 ] Ni Jinfeng, Xin Wang, Cheng Xu: Virtual test technology study of automatic weapon, World Journal of Modelling and Simulation Vol. 7 (2011) No. 2, pp. 155-160,
- [ 59 ] Pantić M.: Opstanak tenka na bojištu, Vojna akademija, Beograd, 2007.,
- [ 60 ] Pinzgauer vozilo, Tehnički podaci, [www.military-today.com/trucks/pinzgauer.htm/](http://www.military-today.com/trucks/pinzgauer.htm/),
- [ 61 ] Protivoklopna vođena raketa 9M14 „Maljutka“, Podaci proizvođača „Krušik“ Valjevo, [www.krusik.rs](http://www.krusik.rs),
- [ 62 ] Protivavionski top 20mm M71-jednocevni-brodski, SSNO, URM, Beograd, 1976,
- [ 63 ] Raketa ALAS, Podaci proizvođača „Yugoimport SDPR J.R.“ Beograd, [www.yugoimport.com](http://www.yugoimport.com),
- [ 64 ] Samysenko M.F., Emelin M.I.: Osnovi proektirovania artileriskogo voruženija i samohodno-artilerijustanovok, Moskva, 1968.,
- [ 65 ] Senger, F.M: und Etterlin: Taschenbuch der Panzer, J.F., Lehmanns Verlag, München, 1983,
- [ 66 ] Skorpion 3 vozilo, Tehnički podaci, [www.mycity-military.com](http://www.mycity-military.com),
- [ 67 ] Suzuki Equator, Tehnički podaci, [www.thecarconnection.com/overview/suzuki-equator-2013/](http://www.thecarconnection.com/overview/suzuki-equator-2013/),
- [ 68 ] Tančić Lj. i dr.: Poznavanje i održavanje naoružanja, Vojnoizdavački zavod, Beograd, 2001.
- [ 69 ] Tasić M.: Uticaj impulsnog opterećenja na ponašanje dopunskog rama i oslanjanje vozila, doktorska disertacija, Vojna akademija VS, Beograd, 2006.

- [ 70 ] Tasić M., Đurković V., Pantić M.: Eksperimentalno utvrđivanje pomeranja elastično oslonjenog rama vozila u uslovima impulsnog opterećenja, SYM-OP-IS 2006, Banja Koviljača, 2006.
- [ 71 ] Tirnanić S.: Беспилотне летелице, Војноиздavaчки завод, Београд, 2001.
- [ 72 ] Todorović J.: Испитивања моторних возила, Машињски факултет, Београд, 1980.
- [ 73 ] Toyota Hilux, Каталог произвођача, <https://www.toyota.rs/new-cars/hilux/index.json/>,
- [ 74 ] Toyota Tacoma, Каталог произвођача, [www.toyota.com/tacoma/](http://www.toyota.com/tacoma/),
- [ 75 ] Trbojević M., Janković M.: Reduktori, Naučna knjiga, Београд, 1997.
- [ 76 ] Type 73 Kogata возило, Технички подаци, [www.military-today.com/trucks/type73-kogata.html/](http://www.military-today.com/trucks/type73-kogata.html/),
- [ 77 ] UAZ Hunter возило, Технички подаци, [www.uaz.ru/en/cars/hunter/](http://www.uaz.ru/en/cars/hunter/),
- [ 78 ] Вишецевни bacaч raketa 128mm M63, SSNO, TU, Београд, 1978.,
- [ 79 ] Вишецевни bacaч raketa 107mm, Каталог произвођача „Yugoimport SDPR J.R.“ Београд, [www.yugoimport.com](http://www.yugoimport.com),
- [ 80 ] Volkswagen Amarok возило, Каталог произвођача, [www.vw-privredna-vozila.rs/privredna-vozila/amarok/](http://www.vw-privredna-vozila.rs/privredna-vozila/amarok/),
- [ 81 ] Возило Nissan Navara, Каталог произвођача, [www.nissan.rs](http://www.nissan.rs),
- [ 82 ] Vučurović O.: Проблеми пројектовања лансирних уређаја, Машињски факултет, Београд, 2006.
- [ 83 ] [http://www.trackhead.gr/03\\_refphotos\\_Parade250505\\_01.html](http://www.trackhead.gr/03_refphotos_Parade250505_01.html)
- [ 84 ] <http://www.military.com/equipment/m-atv>
- [ 85 ] <http://srpskioklop-forum.niceboard.com/t95-lov>
- [ 86 ] <http://www.defenseindustrydaily.com/MRAPs-for-Austria-05257/>
- [ 87 ] <http://chinesemilitaryreview.blogspot.rs/2011/12/hj-9-red-arrow-anti-tank-guided-missile.html>
- [ 88 ] <http://forums.eugensystems.com/viewtopic.php?t=50675>
- [ 89 ] <http://www.obramba.com/novice/kopno/ukrajinska-oklepna-vozila-btr-so-krste-na-kolesih/>
- [ 90 ] [http://www.mycity-military.com/Neborbena-vozila/Vojna-terenska-vozila\\_14.html](http://www.mycity-military.com/Neborbena-vozila/Vojna-terenska-vozila_14.html)
- [ 91 ] <http://topwar.ru/53034-russkiy-kornet-protiv-amerikanskogo-general-a-abramsa.html>
- [ 92 ] <http://www.ttu.fr/mpcv-le-nouveau-vehicule-de-larmee-de-terre/>
- [ 93 ] <https://www.pinterest.com/pin/114138171777178223/>

## PRILOZI

- Prilog I: Program za izračunavanje ugiba vozila u poprečnoj i uzdužnoj ravni vozila (CD).  
Prilog II: Dijagrami promene mernih veličina (CD).



## BIOGRAFIJA KANDIDATA

Donevski mr Dragan, dipl. maš. inž. je rođen 27.08.1951. godine u Vršcu, AP Vojvodina, Republika Srbija.

Osnovnu školu je završio u Plandištu 1966. godine, a Mašinsku tehničku školu u Zrenjaninu 1970. godine.

Od 1970. do 1972. godine radio je kao strojar na plovilima (brodovima i plovnim bagerima) preduzeća „Ivan Milutinović-PIM“ u Beogradu.

Mašinski fakultet u Novom Sadu je upisao školske 1972./73. godine, a diplomirao je 1978. godine na Odseku Mehanizacija i vozila.

Od 1978. do 1993. godine radio je u Vojnotehničkom institutu KoV u Beogradu na najsloženijim naučno-istraživačkim i razvojnim projektima vezanim za problematiku borbenih i neborbenih vozila (Tenk M-84, BVP M80A, Strela 10M, AS-83, SOT M80, Lovac tenkova, NDT VIHOR itd.).

Magistrirao je iz oblasti borbenih vozila 1985. godine na Mašinskom fakultetu u Beogradu.

U samostalne preduzetnike prelazi 1994. godine odmah po odlasku iz VTI KoV.

Od 1994. godine do danas radi na osvajanju i proizvodnji ambalaže za potrebe farmaceutske industrije u okviru firme „POLIPLAN“ Plandište.

U saradnji sa MI „Majevica“ Bačka Palanka i „Lola korporacija“ Beograd tokom devedesetih godina realizuje serije alata i mašina za oblikovanje i preradu polimera.

Devedesetih godina, nakon odlaska iz VTI KoV, uključuje se u projekte „Lola korporacija“ vezane za problematiku borbenih vozila.

Sa firmom AD „Napredak“ iz Plandišta izvodi radove na revitalizaciji navoza za izvlačenje brodova i radionice za održavanje brodova u Port Sudanu-Sudan i izgradnji distributivnih gasnih i vodovodnih mreža i građevinskih objekata u Republici Srbiji.

U periodu od 2006. do 2008. godine bio je član Opštinskog veća Opštine Plandište, a od 2008. do 2012. godine bio je pokrajinski poslanik u Skupštini AP Vojvodine.

Oženjen je i ima jedno dete.

Govori ruski, engleski i makedonski jezik.

## SPISAK RADOVA

R. br.	autori, naslov, izdavač, broj stranica	kategorija
1.	<b>Donevski Dragan:</b> Pravilnik kontrole proizvoda PKP 1127-Objekat 172M, Određivanje borbene mase objekta, Vojnotehnički institut KoV, Beograd, (1981), broj str. 21.	
<i>kratak opis sadržine:</i> Borbena masa borbenog vozila je jedan od bitnih parametara za ocenu kvaliteta borbenog vozila. Pri projektovanju borbenih vozila teži se da borbena masa bude što manja. Ovim pravilnikom je definisana metodologija određivanja borbene mase guseničnog vozila sa precizno definisanim masama osnovnog vozila, borbenog kompleta, osnovne opreme, dopunske opreme, goriva i maziva itd. Metodologija se može primeniti i na ostala gusenična vozila, kao i na točkaška vozila.		
<i>rad pripada problematici doktorske disertacije:</i> <div style="float: right;"> DA      NE      <input checked="" type="checkbox"/> DELIMIČNO </div>		

R. br.	autori, naslov, izdavač, broj stranica	kategorija
2.	<b>Donevski Dragan:</b> Pravilnik kontrole proizvoda PKP 1126-Objekat 172M, Delovi od pancirnog čelika, Vojnotehnički institut KoV, Beograd (1982), broj str.87	
<i>kratak opis sadržine:</i> Oklopna zaštita pored pokretljivosti i vatrene moći borbenog vozila je jedan od tri najznačajnija parametra za ocenu kvaliteta borbenog vozila. Pancirnim čelicima, kao specijalnim čelicima visoke tvrdoće i otpornosti na proboj projektila štite se konstruktivno najvitalnije komponente borbenog vozila (posada, borbeni komplet, unutrašnji rezervoari za gorivo, pogonska grupa, formacijsko i dopunsko naoružanje...). Pravilnikom je propisano koji delovi konstrukcije Objekta 172M se izrađuju od pancirnih čelika i koje zahteve moraju da ispune u pogledu tvrdoće i otpornosti na proboj projektila. Pravilnik se može primeniti i na oklopnu zaštitu svih ostalih borbenih vozila (guseničnih i točkaških).		
<i>rad pripada problematici doktorske disertacije:</i> <div style="float: right;"> DA      NE      <input checked="" type="checkbox"/> DELIMIČNO </div>		

R. br.	autori, naslov, izdavač, broj stranica	kategorija
3.	<b>Donevski Dragan:</b> Pravilnik kontrole proizvoda PKP 1130-Objekat 172M, Montaža i ispitivanje, Vojnotehnički institut KoV, Beograd, (1982), broj str. 112	
<i>kratak opis sadržine:</i> Ovaj pravilnik propisuje tehnologiju montaže i ispitivanja kao i parametre kvaliteta kompletnog Objekta 172M u serijskoj proizvodnji sa ciljem postizanja zadatog nivoa kvaliteta ovog guseničnog vozila. Eventualne uočene mane su klasifikovane kao manje, veće i kritične, a nivo kvaliteta je definisan preko parametra AQL. Ispitivanja vozila su definisana kao fabrička, poligonska i terenska (sa ispitivanjem formacijskog naoružanja bojevim gađanjem). Pravilnik je u osnovi primenljiv i na druga borbena vozila uz definisanjem mana i prihvatljivog nivoa kvaliteta za svaku vrstu vozila ponaosob.		
<i>rad pripada problematici doktorske disertacije:</i> <div style="float: right;"> DA      NE      <input checked="" type="checkbox"/> DELIMIČNO </div>		

R. br.	autori, naslov, izdavač, broj stranica	kategoriya
4.	<b>Dragan Donevski:</b> Izveštaj o ispitivanjima vertikalnih ubrzanja na osloncima motora i transmisije i horizontalnih ubrzanja na motoru i transmisiji borbenog vozila pešadije (BVP) M-80A, Vojnotehnički institut KoV, VTI-09-24-0058 Beograd, (1985), broj str. 68	
<p><i>kratak opis sadržine:</i> Sa ergonomskog aspekta problem oscilacija borbenih guseničnih vozila koje generiše podloga po kojoj se vozilo kreće, pogonska grupa vozila ili dejstvo iz formacijskog naoružanja ugrađenog u vozilo je veoma izražen. Zamor posade može veoma značajno da utiče na kvalitetno izvršenje borbenog zadatka. U radu je prikazana metodologija i rezultati istraživanja oscilacija pogonske grupe borbenog vozila pešadije BVP M-80A. Posebno je analizirano oslanjanje pogonskog agregata vozila, koje je izvedeno preko prigušno-elastičnih elemenata. Vertikalna i horizontalna ubrzanja su snimljena preko davača ubrzanja, a analizom snimljenih zapisa došlo se do amplituda pomeranja i frekventnog opsega pogonskog agregata i transmisije.</p>		
<p><i>rad pripada problematici doktorske disertacije:</i> <input checked="" type="checkbox"/> DA <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> DELIMIČNO</p>		

R. br.	autori, naslov, izdavač, broj stranica	kategoriya
5.	<b>Donevski Dragan:</b> Izveštaj o ispitivanju komandnih turela (obrnih postolja), borbenog vozila pešadije (BVP) M-80A, Vojnotehnički institut KoV, VTI-09-24-0059, Beograd, (1985), broj str. 47	
<p><i>kratak opis sadržine:</i> Komandne turele (obrna postolja) omogućavaju komandirima borbenih vozila osmatranje okoline u opsegu 360° iz zaštićene unutrašnjosti vozila preko osmatračkih sprava. Turele se najčešće pokreću ručno preko ručica osmatračkih sprava. Sila na ručicama neophodna za ručno okretanje turela usled otpora u ležaju turele, ergonomski je maksimizirana. U cilju određivanja sile na ručicama osmatračke sprave vozila BVP M-80A definisana je metodologija i oprema potrebna za snimanje sile u opsegu 0° do 360°. Na vratilo uređaja za elektro-mašinsko pokretanje turele postavljena je merna traka za snimanje momenta uvijanja vratila. Iz snimljenog zapisa momenta uvijanja određene su sile na ručicama osmatračke sprave vozila BVP M-80A pri svakom uglu zakretanja turele komandira. Metodologija je primenljiva za utvrđivanje otpora kotrljanja za sva obrtna postolja sa odgovarajućim ležajem.</p>		
<p><i>rad pripada problematici doktorske disertacije:</i> <input checked="" type="checkbox"/> DA <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> DELIMIČNO</p>		

R. br.	autori, naslov, izdavač, broj stranica	kategoriya
6.	<b>Donevski Dragan, Arsić Milić, Panić Milan:</b> Program realizacije, Samohodno oruđe, Vozilo za funkcionalni model protivavionskog sistema 40mm, AS 83, Vojnotehnički institut KoV, VTI-09-01-0010, Beograd, (1988), broj str. 121.	
<p><i>kratak opis sadržine:</i> Protivavionski sistem AS 83 je koncipiran tako da se postavi na vozilo tenka M-84. Potpuno nova kupola sa dva PV topa 40mm, radarsko-računarskom grupom i dva operatera bi se postavila umesto postojeće tenkovske kupole sa topom 125mm, spregnutim mitraljezom i dva člana posade (komandir i nišandžija). Postavljeni taktičko-tehnički zahtevi inicirali su istraživanja konceptijskih rešenja sličnih sistema u svetu, a nakon toga i definisanje koncepcije vozila. Organizacija odeljenja vozila (upravno, borbeno i motorno-transmisiono) je zadržana stim što je borbeno odeljenje izdignuto iznad vozila, a u prostor unutar vozila je smeštena dopunska pogonska grupa nove kupole (motor-generator). Prilaz koncepciji ovog sistema može se primeniti i pri koncipiranju drugih novih ili modifikovanih postojećih borbenih vozila.</p>		
<p><i>rad pripada problematici doktorske disertacije:</i> <input checked="" type="checkbox"/> DA <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> DELIMIČNO</p>		

R. br.	autori, naslov, izdavač, broj stranica	kategorija
7.	<b>Donevski Dragan, Trifunović Miroljub, Milutinović Dušan:</b> Program realizacije, Novi domaći tenk, Vojnotehnički institut KoV, VTI-09-01-0010, Beograd, (1988), broj str. 142.	
<p><i>kratak opis sadržine:</i> U okviru Programa realizacije novog domaćeg tenka NDT 90 istraživana je i analizirana koncepcija postojećih najsavremenijih tenkova u svetu (M1 Abrams, Leopard 2, Merkava, Leklerk). Na osnovu rezultata istraživanja i mogućnosti jugoslovenske namenske industrije izrađeno je idejno rešenje novog domaćeg tenka NDT 90, koje obuhvata tenkovski top iz koga se mogu lansirati i raketni projektili, povišeni nivo oklopne zaštite primenom višeslojnog oklopa, dopunske podsisteme koji omogućavaju viši nivo preživljavanja tenka na bojištu, pogonsku grupu sa motorom veće snage kao i povećane brzine kretanja tenka na putevima i van puteva, a u odnosu na tenk M-84. Multidisciplinarni pristup koncepciji NDT 90 i definisanju idejnog rešenja primenljiv je za sva novoprojektovana borbena vozila.</p>		
<p><i>rad pripada problematici doktorske disertacije:</i> <input type="checkbox"/> DA <input type="checkbox"/> NE <input checked="" type="checkbox"/> DELIMIČNO</p>		

R. br.	autori, naslov, izdavač, broj stranica	kategorija
8.	<b>Donevski Dragan, Tasić Milan, Milutinović Dušan:</b> Program realizacije, Novi domaći tenk NDT 90, Oklopno telo, Vojnotehnički institut KoV, VTI-09-01-0032, Beograd, (1988), broj str. 45.	
<p><i>kratak opis sadržine:</i> Taktičko-tehnički zahtevi (TTZ) postavljeni od strane taktičkog nosioca sredstva propisuju za oklopno telo da mora da štiti unutrašnjost vozila od oruđa kalibra ne manjeg od sopstvenog osnovnog naoružanja. Pri tome postoje veoma značajna ograničenja u pogledu povećanja mase oklopnog tela. Ovi zahtevi za oklopno telo NDT 90 su, pri koncipiranju idejnog rešenja, obuhvaćeni primenom odgovarajuće geometrije oklopnog tela, višeslojnim oklopom u zonama najviše izloženosti tenka neprijateljskim projektima, kao i dopunskim preprekama za kumulativne projekte. Primenjeni principi projektovanja i realizacije idejnog rešenja oklopnog tela novog domaćeg tenka NDT 90 univerzalnog su karaktera i mogu se koristiti za koncipiranje oklopnih tela velike većine borbenih vozila.</p>		
<p><i>rad pripada problematici doktorske disertacije:</i> <input type="checkbox"/> DA <input type="checkbox"/> NE <input checked="" type="checkbox"/> DELIMIČNO</p>		

R. br.	autori, naslov, izdavač, broj stranica	kategorija
9.	<b>Donevski Dragan, Tomašić Žarko, Milić Miodrag:</b> Objekat Vihor, Program i plan ispitivanja funkcionalnog modela, Vojnotehnički institut KoV, VTI-09-01-0040, Beograd, (1989), broj str. 67.	
<p><i>kratak opis sadržine:</i> Projektom realizacije novog domaćeg tenka NDT 90 (Objekat Vihor) predviđena je realizacija funkcionalnog modela vozila koji obuhvata nove podsisteme oklopno telo i hodni uređaj. Ispitivanja su vršena u fabričkim uslovima i na poligonu. Propisani su zahtevi vezani za pouzdanost hodnog uređaja i krutost konstrukcije oklopnog tela. Predložena i realizovana metodologija je primenljiva za većinu složenih borbenih sistema kod kojih je moguće parcijalno ispitivanje pouzdanosti vitalnih podsistema vozila kroz funkcionalni model vozila. Time se postiže kvalitetnije završno rešenje sistema.</p>		
<p><i>rad pripada problematici doktorske disertacije:</i> <input type="checkbox"/> DA <input type="checkbox"/> NE <input checked="" type="checkbox"/> DELIMIČNO</p>		

R. br.	autori, naslov, izdavač, broj stranica	kategorija
10.	<b>Donevski Dragan:</b> Metodologija izbora naoružanja za primenu na lakim terenskim točkaškim vozilima, Vojnotehnički glasnik, Beograd, Vol. 59 (2011), (No.2), (pp. 29-40).	
<i>kratak opis sadržine:</i> U radu je dat prikaz osnova metodologije za izbor naoružanja za primenu na lakim terenskim točkaškim vozilima. Definisana je metodologija za izbor naoružanja sa osnovnim ciljem da se postigne efikasan sistem vozilo-naoružanje sa aspekta adekvatne vatrene moći, pokretljivosti i zaštite. Analizirane su performanse savremenih lakih terenskih točkaških vozila i postojećeg naoružanja pogodnog za primenu na takvim vozilima. Definisani su načini opterećenja vozila usled dejstva naoružanja postavljenog na vozilo i date su smernice za formiranje matematičkog modela sistema vozilo-platforma-naoružanje. Postavljen je princip eksperimentalnog istraživanja sistema vozilo-platforma-naoružanje sa potrebnom opremom. Predložena metodologija po svom sadržaju je jedinstvena i omogućice efikasno sagledavanje problematike izbora naoružanja za primenu na lakim terenskim točkaškim vozilima.		
<i>rad pripada problematici doktorske disertacije:</i> <input checked="" type="checkbox"/> <b>DA</b> <input type="checkbox"/> <b>NE</b> <input type="checkbox"/> <b>DELIMIČNO</b>		