

Univerza v Ljubljani  
Fakulteta *za strojništvo*



Samo Zupan, Miha Ambrož, Ivan Prebil

## **MERITVE V SISTEMU ČLOVEK - VOZILO - VOZIŠČE**

GRADIVO ZA SPREMLJANJE LABORATORIJSKIH VAJ PRI PREDMETU  
MOBILNI STROJI IN VOZILA (254)  
za študente 3. letnika VSŠ na Fakulteti za strojništvo

Ljubljana, 2010

## KAZALO

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. PROSOJNICE</b> .....	<b>1</b>
UPORABA MERITEV .....	2
MERJENE KOLIČINE .....	5
MERILNA VERIGA .....	5
SENZORJI .....	6
OBDELAVA SIGNALOV .....	15
SISTEM ZA ZAJEM PODATKOV .....	15
NALOGA .....	18
ZAVORNI PREIZKUSI Z MERILNIM VOZILOM .....	19
<b>3. VIRI</b> .....	<b>22</b>

## 1. Uvod

Dokument vsebuje prosojnice laboratorijskih vaj pri predmetu **Mobilni stroji in vozil (254)** v 3. letniku študija VSŠ na Fakulteti za strojništvo UL. Predstavljena so področja uporabe merline tehnike v sistemih človek - vozilo - vozišče, osnove meritev in oprema, ki je uporabljena v nadaljevanju pri laboratorijskih vajah. Podana je tudi definicija naloge, ki jo morajao na vajah izdelati študentje.

Pedagoška gradiva so objavljenea na spletnih straneh in zaščitenaa z geslom, ki ga študenti izvejo na predavanjih in vajah.

## 2. Prosojnice

Sledijo prosojnice laboratorijskih vaj.



Univerza v Ljubljani

Fakulteta *za strojništvo*



*Katedra za modeliranje v tehniki in medicini*

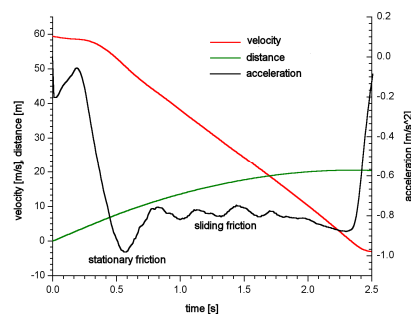
Miha Ambrož, Samo Zupan, Ivan Prebil

## Mobilni stroji in vozila

### Meritve v sistemu človek - vozilo - vozišče gradivo za vaje

## Uporaba meritev

- Analiza zmogljivosti vozil



Univerza v Ljubljani Fakulteta *za strojništvo*

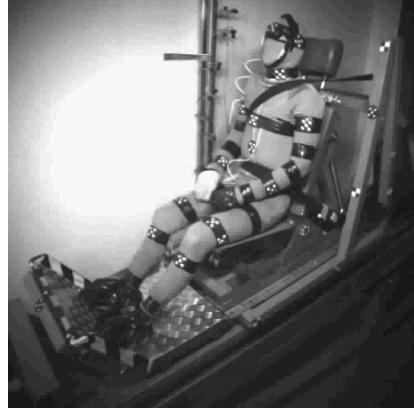


*Katedra za modeliranje v tehniki in medicini*

2

## Uporaba meritev

- Analiza obremenitev potnikov



Univerza v Ljubljani Fakulteta za strojništvo

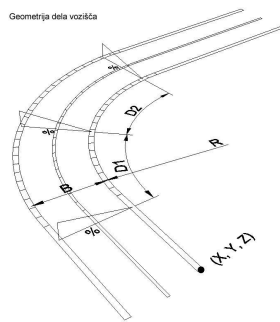


Katedra za modeliranje v tehniki in medicini

3

## Uporaba meritev

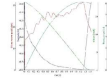
- Merjenje lastnosti cestnih odsekov



Torni diagram



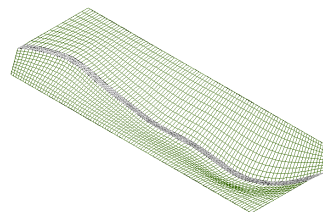
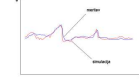
Dejanski pojemki



Strukture tal



Bočni pospešek



Univerza v Ljubljani Fakulteta za strojništvo

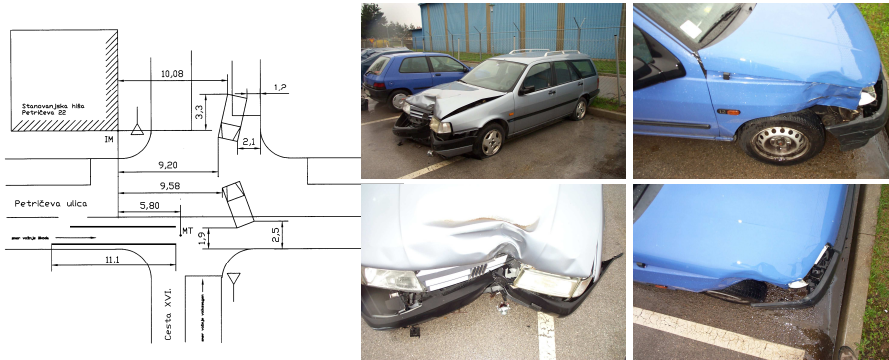


Katedra za modeliranje v tehniki in medicini

4

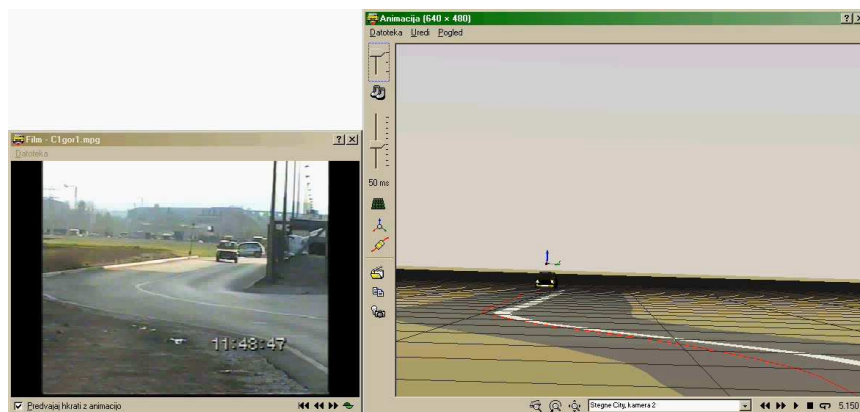
## Uporaba meritev

- Analize in raziskave prometnih nezgod



## Uporaba meritev

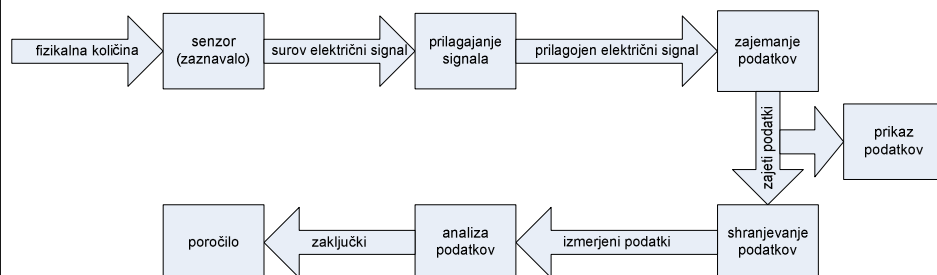
- Eksperimentalna verifikacija simulacijskih orodij



## Merjene količine

- Geometrija
- Kinematika
  - premo gibanje (razdalja, hitrost, pospešek)
  - rotacijsko gibanje (kot, kotna hitrost, kotni pospešek)
- Sila
- Temperatura
- Kemične lastnosti
- Slika

## Merilna veriga



## Senzorji

- Pretvorba (večinoma mehanskih) količin v električni signal:
  - analogni izhod
    - napetost
    - tok
    - kapacitivnost
    - upornost
  - digitalni izhod
    - zaporedje pulzov
    - višjenivojski protokoli (RS 232, CAN, USB, IEEE 1394)



Univerza v Ljubljani Fakulteta za strojništvo



Katedra za modeliranje v tehniki in medicini

9

## Senzorji

- Brezdotični merilnik razdalje in hitrosti
  - kinematične količine ( $s$ ,  $v$ ,  $a$ ,  $\beta$ )
  - analogni in digitalni izhod



Univerza v Ljubljani Fakulteta za strojništvo



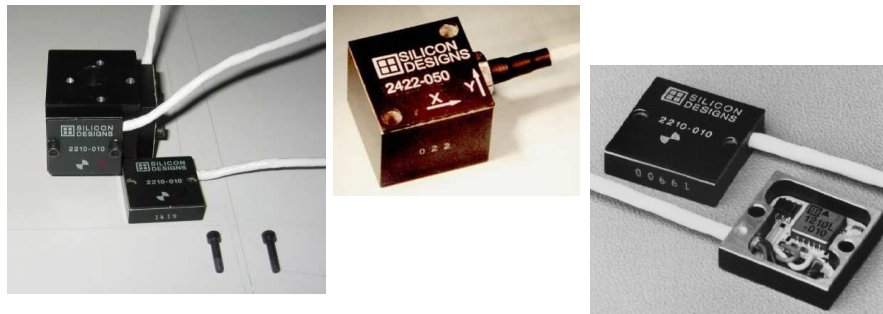
Katedra za modeliranje v tehniki in medicini

10



## Senzorji

- Pospeškomeri
  - pospeški v različnih merilnih območjih (5 g do 400 g)
  - analogni napetostni izhod (reguliran/nereguliran)



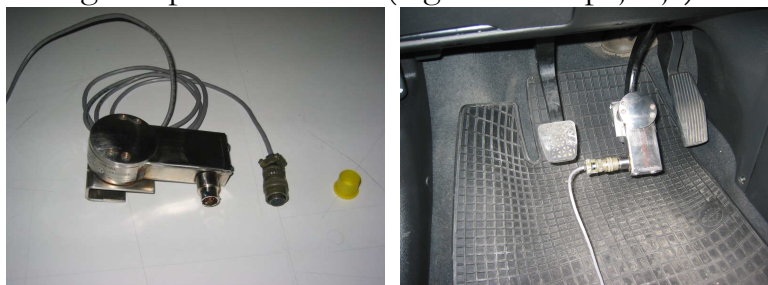
Univerza v Ljubljani Fakulteta za strojništvo

Katedra za modeliranje v tehniki in medicini

11

## Senzorji

- Tlačna doza za merjenje
  - sila na zavornem pedalu
  - na osnovi merilnih lističev
  - analogni napetostni izhod (regulirano napajanje)



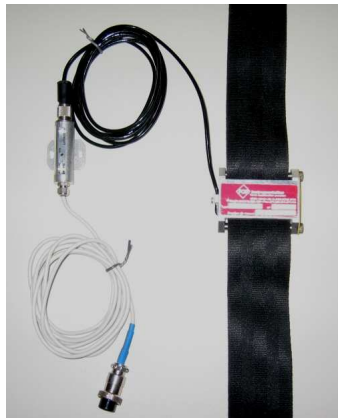
Univerza v Ljubljani Fakulteta za strojništvo

Katedra za modeliranje v tehniki in medicini

12

## Senzorji

- Natezna doza
  - merjenje sile v pasu
  - na osnovi merilnih lističev
  - analogni izhod, vključen nabojni ojačevalnik



Univerza v Ljubljani Fakulteta za strojništvo

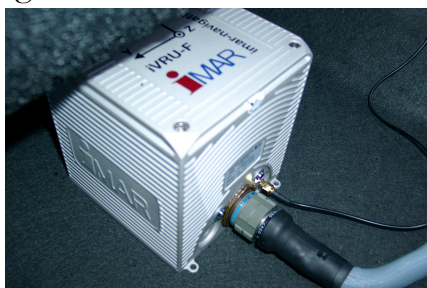


Katedra za modeliranje v tehniki in medicini

13

## Senzorji

- Inercialni merilni sistem (IMS)
  - popoln računalniški sistem s korekcijo zasukov
  - kotna kinematika in GPS položaj
  - analogni in digitalni izhodi



Univerza v Ljubljani Fakulteta za strojništvo

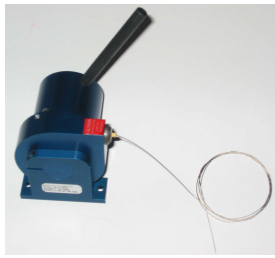


Katedra za modeliranje v tehniki in medicini

14

## Senzorji

- Vrvični senzor pomika
  - merjenje pomikov koles
  - potenciometer (povezan kot delilnik napetosti)



Univerza v Ljubljani Fakulteta za strojništvo



Katedra za modeliranje v tehniki in medicini

15

## Senzorji

- Rotacijski inkrementalni dajalnik
  - kotna kinematika (za vrteče se gredi/kolesa)
  - izhod v obliki digitalnih pulzov



Univerza v Ljubljani Fakulteta za strojništvo



Katedra za modeliranje v tehniki in medicini

16

## Senzorji

- Merilnik momenta na volanskem obroču
  - merjenje krmilnega napora na različnih vozilih
  - na osnovi merlnih lističev
  - polnomostična vezava z nereguliranim izhodom



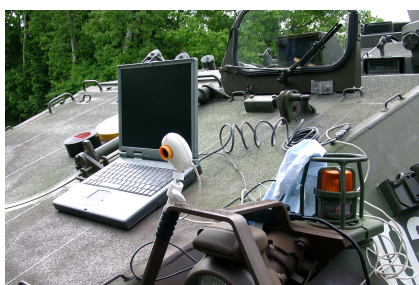
## Senzorji

- Termometer
  - termočleni različnih vrednosti
  - prikaz v obliki številske vrednosti na digitalnem prikazovalniku



## Senzorji

- Sistem za snemanje terena
  - kamera (USB, IP ali NI-IMAQ)
  - zajem slike in programje za nadzor/shranjevanje



Univerza v Ljubljani Fakulteta za strojništvo



Katedra za modeliranje v tehniki in medicini

19

## Senzorji

- Profilograf
  - zajemanje geometrije krajših delov vozišč
  - mobilni robot z IR senzorjem razdalje



Univerza v Ljubljani Fakulteta za strojništvo

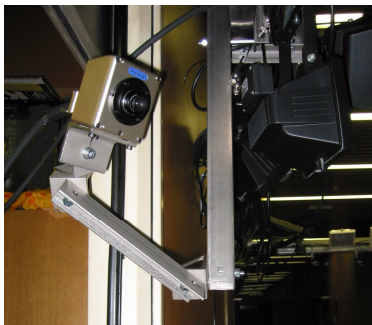


Katedra za modeliranje v tehniki in medicini

20

## Senzorji

- Sistem hitrotekočih kamer
  - dve kameri z 2000 fps pri 512×512 pik
  - programje za analizo gibanja



Univerza v Ljubljani Fakulteta za strojništvo



Katedra za modeliranje v tehniki in medicini

21

## Senzorji

- Sistem hitrotekočih kamer
  - snemanje različnih sistemov (zaviranje brez ABS)



Univerza v Ljubljani Fakulteta za strojništvo



Katedra za modeliranje v tehniki in medicini

22

## Senzorji

- Sistem hitrotekočih kamer
  - snemanje različnih sistemov (zaviranje z ABS)



Univerza v Ljubljani Fakulteta za strojništvo



Katedra za modeliranje v tehniki in medicini

23

## Senzorji

- Sistem hitrotekočih kamer
  - snemanje različnih sistemov (zaganjalnik)



Univerza v Ljubljani Fakulteta za strojništvo



Katedra za modeliranje v tehniki in medicini

24



## Senzorji

- Sistem hitrotekočih kamer
  - snemanje različnih sistemov (analiza golf udarca)



Univerza v Ljubljani Fakulteta za strojništvo



Katedra za modeliranje v tehniki in medicini

25

## Senzorji

- Sistem za sledenje smeri pogleda
  - kamera za spremljanje očesne zenice
  - kamera za snemanje v smeri pogleda
  - programje za analizo slike



Univerza v Ljubljani Fakulteta za strojništvo



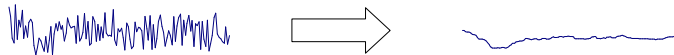
Katedra za modeliranje v tehniki in medicini

26



## Obdelava signalov

- Filtriranje
  - odstranjevanje neželenih informacij iz signala



- Ojačanje
  - prilagajanje jakosti signala nivojem, primernim za zajemanje in shranjevanje

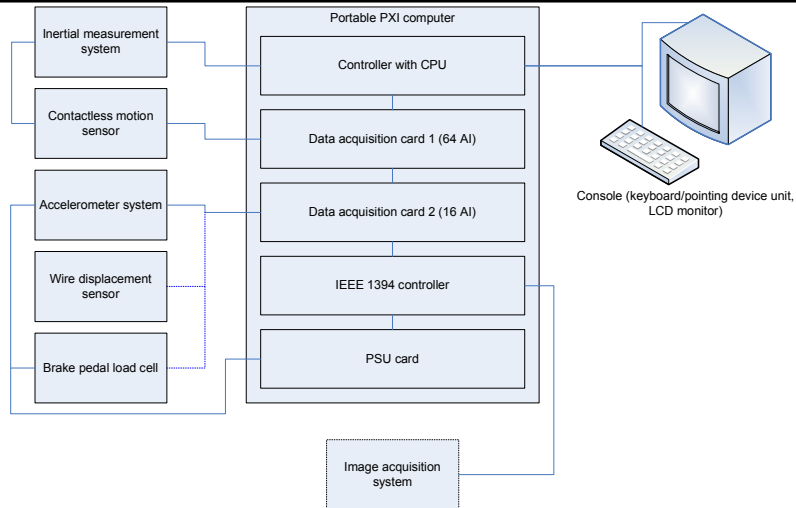


## Sistem za zajem podatkov

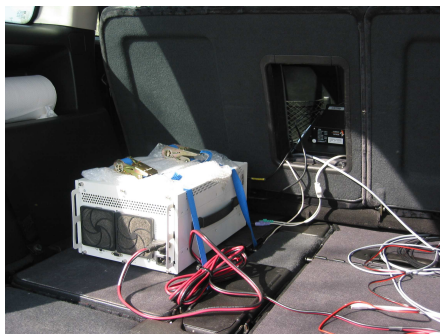
- PXI prenosno ohišje
  - univerzalni AC/DC napajalnik
  - prenosni zaslon/vhodna enota
- Kartice za zajem z analognimi in digitalnimi vhodi
- Ojačevalnik/prilagodilnik signala
- Standardni vmesniki (RS-232, IEEE 1394, USB 2.0)
- Programska oprema za nadzor senzorike, zajem in shranjevanje rezultatov



## Sistem za zajem podatkov



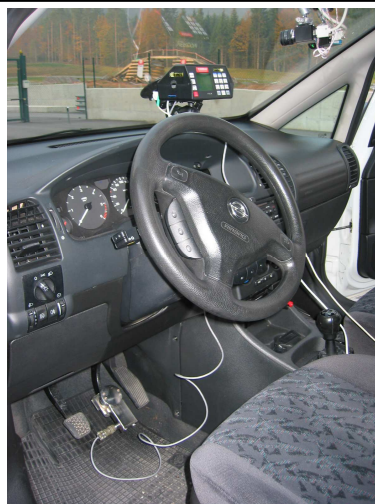
## Sistem za zajem podatkov



## Sistem za zajem podatkov

- Prenosni sistem VC4000DAQ ("Vehicle Performance Computer")
  - enostavna montaža v vsako vozilo
  - merjenje pospeškov/pojemkov
  - različni načini uporabe
  - možnost priključitve dodatnih analognih senzorjev
  - zajemanje podatkov s 100 Hz
  - shranjevanje omejene količine podatkov

## Sistem za zajem podatkov



## Naloga

S sistemom VC4000DAQ in priključenim merilnikom Correvit S-400 bomo izvedli 6 preizkusov zaviranja od ~60 km/h do ustavitve:

- z vklopljenim ABS,
- z izklopljenim ABS,
- z dvema različnima voznikoma.

Pri tem bomo merili:

- vzdolžni pospešek (notranji pospeškometer VC4000DAQ),
- silo na zavornem pedal (merilna doza),
- vzdolžno hitrost (Correvit S-400)
- temperaturo zavor pred testom.



Univerza v Ljubljani Fakulteta za strojništvo



Katedra za modeliranje v tehniki in medicini

33

## Naloga

Izdelati bo treba poročilo o meritvah, ki naj vsebuje:

- opis in skico merilnega sistema,
- opis merjenih količin,
- opis poteka meritev,
- izrisane grafe časovnih odvisnosti naslednjih količin:
  - vzdolžnega pojemka (notranji pospeškometer VC-4000 PC),
  - vzdolžne hitrosti (**izmerjene** in **integrirane** iz izmerjenega pospeška),
  - vzdolžne razdalje (integrirane iz izmerjenega **pospeška** in **hitrosti**),
  - sile na zavornem pedal,
- komentar rezultatov:
  - razlike med zaviranjem z ABS in brez njega,
  - razlike med izmerjeno in integrirano hitrostjo,
  - razlike med voznikoma.



Univerza v Ljubljani Fakulteta za strojništvo



Katedra za modeliranje v tehniki in medicini

34

## Zavorni preizkusi z merilnim vozilom

### Definicija naloge

Z dvema voziloma, v kateri je bil vgrajen merilni sistem Vericom VC 4000 DAQ (opis v priloženi datoteki VC4000.pdf) (v vozilu 1 je bil poleg tega uporabljen še brezdotični merilnik hitrosti Corrsys-Datron Correvit S-400), je bila izvedena serija 14 zavornih preizkusov.

Izmerjene vrednosti so zbrane ločeno za obe skupini študentov (Ljubljana in Novo mesto) v dokumentih MerilniList\_LJ.pdf in MerilniList\_NM.pdf.

Vsaka skupina naj pri izdelavi poročila uporabi rezultate meritev, ki jih je izmerila sama. Da bosta imeli obe skupini za obdelavo enako količino podatkov, naj skupina, ki obiskuje predavanja v Novem mestu, poleg rezultatov svojih meritev obdelata tudi rezultate za Vozilo 2, ki jih je izmerila skupina, ki obiskuje predavanja v Ljubljani (preizkusa z imenoma datotek Run0047.txt in Run0048.txt).

**Vozilo 1:** opel zafira 2.0 DTI, 2001, podatki kot v prilogi (datoteka MerilnoVozilo.pdf).

**Obremenitev:** voznik in sopotnik (skupna masa ~170 kg).

**Pnevmatike:** zimske, sava eskimo S3 195/65 R15, tlak v pnevmatikah spredaj in zadaj 2,5 bar.

**Vozilo 2:** BMW 316i, 1993 (brez ABS)

**Obremenitev:** voznik in sopotnik (skupna masa ~160 kg).

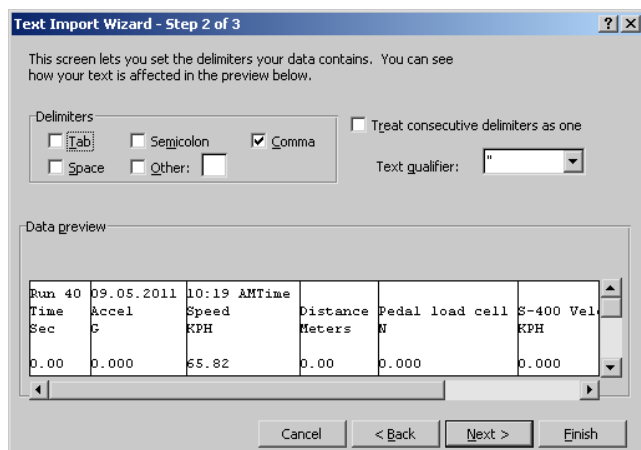
**Pnevmatike:** letne, fulda carat progresso 195/65 R15, tlak v pnevmatikah<sup>1</sup> spredaj \_\_\_\_ bar, zadaj \_\_\_\_ bar.

---

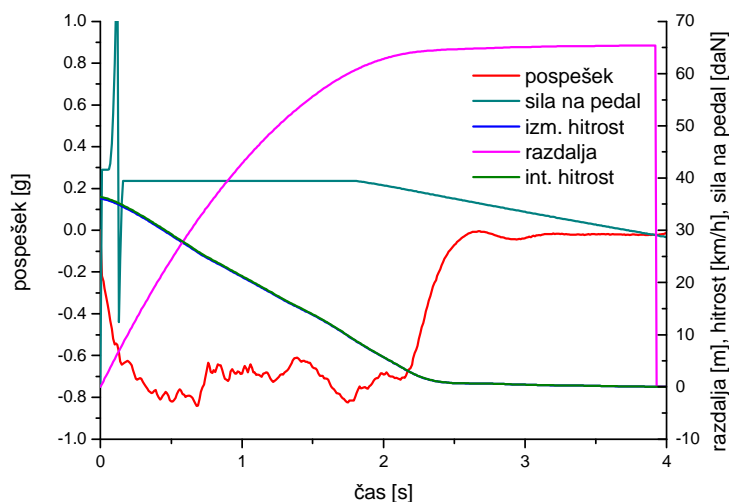
<sup>1</sup> tlak v pnevmatikah za Vozilo 2 izveste pri lastniku vozila, študentu Drejcu Šimnicu (masive6@hotmail.com)

## Zahteve

- Opišite namen preizkušanja, uporabljeno opremo, potek preizkušanja in pojasnite merjene količine. Narišite shemo merilne verige z vsemi glavnimi elementi.
- Podatke iz priloženih `.txt` datotek uvozite v program za obdelavo preglednic (npr. *MS Excel*). Datoteke so poimenovane tako, da njihove številke ustrezajo številkam preizkusov z merilnega lista. Uporabite orodje za uvoz tekstovnih datotek, v katerih so stolpci ločeni z vejicami (*comma-delimited ASCII file*), da dobite stolpce s časovnimi poteki izmerjenih količin, kot je prikazano na spodnjem primeru. Pri tem upoštevajte, da pri enotah velja  $G = 1\text{ g} = 9,806\text{ m/s}^2$  in  $KPH = 1\text{ km/h}$ .



- Na podlagi podatkov za vsak zavorni preizkus **ločeno** narišite na **isti graf** (primer prikazuje spodnja slika) časovne odvisnosti **pojemka**  $a$  (*Accel*), **integrirane hitrosti**  $v$  (*Speed*), **integrirane prevožene razdalje**  $s$  (*Distance*), **sile na zavornem pedalu**  $F_p$  (*Pedal Load Cell*) in **izmerjene hitrosti**  $v_m$  (*S-400 Velocity*). Stolpec *GPS Speed* je namenjen hitrosti, izmerjeni z GPS-sprejemnikom. Ker le-ta pri meritvi ni bil uporabljen, ta stolpec zanemarite. Uporabite **dve navpični osi**, na vsako od njiju narišite ustrezne količine **tako, da bodo grafi pregledni**. Komentirajte **oblike** vseh krivulj in **značilna mesta** na njih.

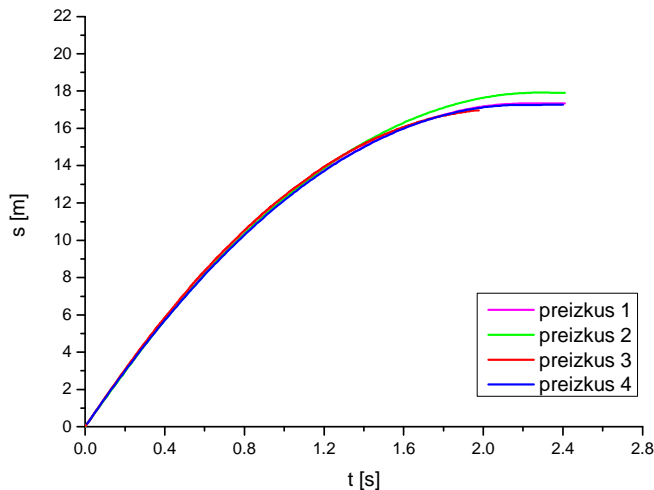


- V poročilu na kratko odgovorite na naslednja vprašanja: Kakšna je **oblika grafa pojemka glede na uporabljen zavorni sistem**? Kaj velja za **obliko grafov hitrosti in prevožene razdalje**? Kaj je opazno na grafu **sile na zavornem pedalu**? Ali se **neposredno izmerjena hitrost in hitrost, integrirana iz pospeška, razlikujeta**? Zakaj pride do te razlike?
- Iz grafov in iz številskih podatkov za vsak zavorni preizkus posebej določite **največji in povprečni pojemek** pri zaviranju ter **zavorno pot** od začetka zaviranja do ustavitve. **Komentirajte** tako dobljene vrednosti. Za koliko se

maksimalni doseženi pojemki razlikujejo od povprečnih? Zakaj pride do te razlike? Kako na dosežene pojemke vplivajo **parametri zaviranja** (začetna hitrost, sila na pedal, vrsta zavornega sistema)?

6. Na nov graf **skupaj** narišite **krivulje zavornih poti** za **vse** obravnavane zavorne preizkuse (primer za štiri preizkuse prikazuje spodnja slika) in tako dobljen graf **komentirajte**.

7. V poročilu na kratko odgovorite na naslednja vprašanja: **Ali se zavorne poti med sabo razlikujejo?** Zakaj? **Kateri parametri** vplivajo na **dolžino** zavorne poti?



Nalogo izdelajte v obliki tehničnega poročila v predpisani obliki. Svoje ugotovitve navedite v sklepu. Pri tem upoštevajte ves material, ki je bil pridobljen na meritvah (meritve parametrov dinamike vožnje, videoposnetek, fotografije, meritve temperature zavor in tlaka v pnevmatikah).

Izdelano poročilo oddajte 23. 5. 2010 na laboratorijski vaji "Stabilnost vozila".

Pripravil Miha Ambrož 9. 5. 2011

### 3. Viri

- [1] Thomas D. Gillespie: Fundamentals of Vehicle Dynamics, SAE, Warrendale, ZDA, 1996.
- [2] J. Y. Wong: Theory of Ground Vehicles, John Wiley and Sons, Hoboken, ZDA, 2008.
- [3] Ernst O. Doebelin: Measurement Systems, McGraw-Hill, Inc., New York, ZDA, 1990.
- [4] K.-H. Dietsche, M. Klingebiel (editors): Automotive Handbook, 7th Edition, Robert Bosch GmbH, Plochingen, Nemčija, 2007.
- [5] Bojan Kraut: Strojniški priročnik. Tehniška Založba, Ljubljana, 2003.