

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Друмски саобраћај

Предмет: Испитивање МВМ 2

Број индекса: 378/2013

Ненад Д. Ђорђевић

Мерење брзине кретања возила

Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Доц. др Данијела Милорадовић -ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да:

- истакне значај мерења брзине кретања возила у саобраћају,
- прикаже савремене методе и уређаје за мерење брзине кретања возила,
- опише методологију истовременог мерења брзине кретања возила коришћењем брзиномаера и GPSсистема и
- прикаже и анализира резултате мерења.

Препоручена литература:

- [1.]Тодоровић Ј.: „Испитивање моторних возила“, Машински факултет Београд, Београд, 1995.
- [2.]„Службени гласник РС“број119/2014: „Правилник о мерилима брзине возила у саобраћаја“, 2014.
- [3.]D. A. Crolla: “Automotive Engineering - Powertrain, Chassis System and Vehicle Body”, Butterworth-Heinemann, 2009
- [4.]UN/ECE ECE R39:“Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the speedometer equipment including its installation”, Revision 1 – Corrigendum 1, United Nations, 2011.

Крагујевац, 31.03.2015. г.

Ментор:
др Данијела Милорадовић, доцент

Abstract

Vehicle speed is an important variable in testing and calculation of motor vehicles. It depends on characteristics of the engine, amount of resistance to vehicle motion, as well as on influence of the driver through corresponding commands. Devices for measurement of speed have a role to enable better and more successful vehicle control by contribution to preservation of vehicle's vital systems and safer vehicle use. They also enable a longer useful life of the vehicle. The aim of this master's thesis is to review modern methods and devices for measurement, control and indication of vehicle's speed, based on acquired, processed and systemized literature. Next to that, the thesis describes procedures for vehicle speed control on roads with the use of the most modern devices for vehicle speed measurement. Experimental part of the thesis included simultaneous measurement of vehicle speed using vehicle's speedometer and a GPS device on three different vehicle models. Experimental data are processed and a comparative analysis of the results vehicle speed measurement with the two mentioned devices was conducted.

Keywords: measurement, vehicle, speed, GPS device, speedometer

Резиме

Брзина кретања возила је значајна променљива величина у испитивањима и прорачунима моторних возила. Она зависи од: карактеристика погонског агрегата и елемената система преноса снаге, величине отпора кретању возила, као и од утицаја возача преко одговарајућих команди на возилу. Уређаји за мерење брзине возила имају циљ да омогуће боље и успешније управљање возилом тиме што доприносе очувању виталних система возила и безбеднијем коришћењу возила. Они, такође, омогућавају дужи век коришћења возила. Циљ овог мастер рада је да, на основу сакупљене, обрађене и систематизоване литературе, прикаже савремене методе и уређаји за мерење, контролу и приказивање брзине кретања возила. Поред тога, у раду је описан и поступак контроле брзине возила на путевима уз коришћење најсавременијих уређаја за мерење брзине возила. Експериментални део рада је обухватио истовремено мерење брзине кретања возила помоћу брзиномера и GPS уређаја на три различита модела возила. Експериментални подаци су обрађени и спроведена је упоредна анализа резултата мерења брзине кретања возила уз помоћ два поменута уређаја.

Кључне речи: мерење, возило, брзина, GPS уређај, брзиномер

САДРЖАЈ

УВОД	3
1. БРЗИНА КРЕТАЊА ВОЗИЛА У САОБРАЋАЈУ	5
1.1 Ограничења брзине кретања возила у саобраћају	5
1.2 Мерила и методе мерења брзине возила у саобраћају	7
1.3 Метролошки и технички захтеви за мерила брзине возила у саобраћају	7
2. САВРЕМЕНЕ МЕТОДЕ И УРЕЂАЈИ ЗА МЕРЕЊЕ БРЗИНЕ ВОЗИЛА	10
2.1 Контактне методе мерења брзине кретања возила – примена „петог точка“	10
2.2 Бесконтактне методе мерења брзине	11
2.2.1 Примена радара при мерењу брзине возила.....	12
2.2.1.1 Ручни радари	13
2.2.1.2 Радари уграђени изнад или поред пута.....	13
2.2.1.3 Радари уграђени у возила.....	14
2.2.1.4 Ограничење у употреби радара	15
2.2.1.5 Радарски уређаји које припадници саобраћајне полиције користе за мерење брзине кретања возила на путевима Републике Србије	15
2.2.2 Примена ласера (лидара) при мерењу брзине возила	16
2.2.2.1 Фактори који утичу на прецизност мерења брзине лидаром	17
2.2.2.2 Ласерски уређаји које припадници саобраћајне полиције користе за мерење брзине кретања возила на путевима Републике Србије	18
2.2.3 Примена давача убрзања при мерењу брзине возила.....	19
2.2.4 Примена сензорских мерила при мерењу максималне брзине возила	20
2.2.5 Примена мерења угаоне брзине при мерењу брзине.....	21
2.2.6 Примена корелационо-оптичке методе при мерењу брзине возила	22
2.2.7 Примена микроталасних сензора при мерењу брзине возила	25
3. ПРИНЦИП МЕРЕЊА БРЗИНЕ КРЕТАЊА ВОЗИЛА КОРИШЋЕЊЕМ БРЗИНОМЕРА И GPS УРЕЂАЈА	27
3.1 Принцип мерења брзине кретања возила помоћу брзиномера.....	27
3.1.1 Утицај пречника пнеуматика на тачност читавања брзине кретања возила на брзиномеру	29
3.1.2 Испитивање тачности показивања брзиномера	30

3.2 Принцип мерења брзине возила помоћу GPS уређаја.....	32
4. МЕТОДОЛОГИЈА ИСТОВРЕМЕНОГ МЕРЕЊА БРЗИНЕ КРЕТАЊА ВОЗИЛА КОРИШЋЕЊЕМ БРЗИНОМЕРА И GPS УРЕЂАЈА.....	34
4.1 Предмет мерења	34
4.2. Мерне величине и начин њиховог мерења.....	35
4.3 Начин уградње мерних инструмената	36
4.4 Режим рада – услови под којима се обављају испитивања.....	36
4.5. Поступак рада.....	37
4.6 Начин приказивања резултата мерења	38
5. ПРИКАЗ И АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА МЕРЕЊА	39
5.1 Приказ резултата мерење брзине кретања возила FiatPunto.....	39
5.2 Приказ резултата мерење брзине кретања возила Fiat Panda	40
5.3 Приказ резултата мерење брзине кретања возила RenaultClio 2 са фабрички уграђеним пнеуматичима 175/65 R14	41
5.4 Приказ резултата мерење брзине кретања возила RenaultClio 2 са алтернативним пнеуматичима 195/65 R15	42
5.5 Анализа резултата истовременог мерења брзине кретања возила помоћу брзиномера и GPS уређаја.....	44
ЗАКЉУЧАК	48
ЛИТЕРАТУРА.....	50

УВОД

Брзина кретања возила је значајна променљива величина у испитивањима и прорачунима моторних возила. Она зависи од: карактеристика погонског агрегата и елемената система преноса снаге, величине отпора кретању возила, као и од утицаја возача преко одговарајућих команди на возилу.

Уређаји за мерење брзине возила имају циљ да омогуће боље и успешније управљање возилом тиме што доприносе очувању виталних система возила и безбеднијем коришћењу возила и омогућавају дужи век коришћења возила.

Током кретања возила у саобраћају, уређаји за мерење брзине кретања могу утицати на повећање безбедности, продуктивности и ефикасности саобраћаја, што има важну улогу у данашње време. Значај ових уређаја је све већи у смислу повећања безбедности саобраћаја и очувања људских живота. Они се, на неки начин, могу сврстати у уређаје којима се повећава учинак у пољу активне безбедности, односно који имају циљ да смање могућност настајања судара.

Циљ овог мастер рада је да се, на основу сакупљене, обрађене и систематизоване литературе, прикажу савремене методе и уређаји за мерење, контролу и приказивање брзине кретања возила. Поред тога, у раду ће бити описан и поступак контроле брзине возила на путевима уз коришћење најсавременијих уређаја за мерење брзине возила. Такође, биће спроведена упоредна анализа резултата мерења брзине кретања возила уз помоћ два различита уређаја – брзиномера и GPS уређаја.

Значај брзине кретања возила у саобраћају и одговарајућа законска ограничења брзине кретања приказани су у првом поглављу мастер рада. Приказане су методе и мерила за мерење брзине возила у саобраћају, као и метролошки услови за мерила брзине возила према одговарајућим правилницима из ове области.

У другом поглављу мастер рада приказане су савремене контактне и бесконтактне методе и уређаји за мерење брзине кретања возила. Посебно су описана мерила за мерење брзине возила у саобраћају имајући у виду актуелни домаћи „Правилник о мерилима брзине возила у саобраћају“.

Треће поглавље мастер рада садржи опис принципа мерења брзине кретања уз помоћ брзиномера и GPS уређаја. Такође је дискутован утицај пречника пнеуматика на тачност читавања брзине кретања возила на брзиномеру, као и методе провере тачности брзиномера. Представљени су основни принципи на којима се заснива рад GPS система при употреби на моторним возилима.

Методологија истовременог мерења брзине кретања возила коришћењем брзиномера и GPS система је развијена у четвртом поглављу. Упоредна

експериментална мерења брзине возила су спроведена на три аутомобила: Fiat Punto, Fiat Panda и Renault Clio 2. Такође, да би се испитао утицај величине пнеуматика на резултате мерења брзине кретања возила, обављено је мерење брзине кретања аутомобила Renault Clio 2 са фабричким пнеуматичима и замењеним, нископрофилним пнеуматичима.

Резултати истовременог мерења брзине возила коришћењем брзиномера и GPS система приказани су и анализирани у петом поглављу мастер рада. Резултати мерења су приказани табеларно и помоћу дијаграма и извршена је њихова упоредна анализа.

У закључним разматрањима је истакнут значај мерења брзине кретања возила у саобраћају. Дискутовани су резултати упоредне анализе резултата истовременог мерења брзине кретања возила помоћу брзиномера и GPS уређаја и изведени су одговарајући закључци.

1. БРЗИНА КРЕТАЊА ВОЗИЛА У САОБРАЋАЈУ

Брзина кретања возила је основна величина у прорачунима моторних возила и основна мерна величина при путним испитивањима возила. Мери се и у лабораторијским условима, а понекад је и основни циљ испитивања (нпр. мерење брзине кретања возила у одређеним условима употребе). Брзина кретања возила пресудно утиче на [1]:

1. оптерећење елемената и склопова возила,
2. економичност потрошње горива,
3. величину отпора кретању моторног возила,
4. стабилност кретања возила и
5. управљивост возила.

Све ово указује на неопходност поуздане информације о брзини кретања возила у току различитих видова испитивања на возилу. При томе, један од основних проблема је дефинисање вектора брзине у односу на непокретни референтни координатни систем [1].

1.1 Ограничења брзине кретања возила у саобраћају

У вези контроле брзине кретања возила у Србији, важно је истаћи ограничења и дужности која прописује „Закон о безбедности саобраћаја на путевима“ [2]. Овај закон, својим члановима 42 до 45, прописује дужности возача у прилагођавању брзине кретања возила условима пута и одређује максимално дозвољене брзине кретања возила у односу на врсту пута, врсту моторног возила и специјалне зоне успореног саобраћаја.

Чланом 42 „Закона о безбедности саобраћаја на путевима“ дефинисано је следеће:

„Возач је дужан да брзину кретања возила прилагоди особинама и стању пута, видљивости, прегледности, атмосферским приликама, стању возила и терета, густини саобраћаја и другим саобраћајним условима, тако да возило може благовремено да заустави пред сваком препреком коју под датим околностима може да види или има разлога да предвиди, односно да возилом управља на начин којим не угрожава безбедност саобраћаја. Ако возач вози споро у мери у којој омета нормалан саобраћај, дужан је да на првом одговарајућем месту омогући да га друго возило безбедно претекне, обиђе или прође. Све одредбе овог закона које се односе на брзину примењују се на тренутно измерену брзину и средњу (просечну) брзину“ [2].

Чланом 43 „Закона о безбедности саобраћаја на путевима“ дефинисано је:

„На путу у насељу, возач не сме возилом да се креће брзином већом од 50 km/h, односно брзином већом од брзине дозвољене постављеним саобраћајним знаком за цело насеље или његов део. Изузетно, на путу у насељу, чији саобраћајно-технички елементи то омогућавају, може да се саобраћајним знаком дозволи кретање возилом брзином и до 80 km/h“ [2].

Чланом 44 „Закона о безбедности саобраћаја на путевима“ дефинисано је ограничење брзине кретања возила према врсти путева:

„На путу ван насеља возач не сме возилом да се креће брзином већом од:

1. 120 km/h на ауто-путу,
2. 100 km/h на мотопуту,
3. 80 km/h на осталим путевима.

На путу ван насеља возач не сме возилом да се креће брзином већом од брзине дозвољене саобраћајним знаком“[2].

Чланом 45 „Закона о безбедности саобраћаја на путевима“ је дефинисано ограничење брзине кретања возила према врсти возила:

1. 80 km/h – за аутобусе и аутобусе са прикључним возилом за превоз терета као и за теретна моторна возила чија највећа дозвољена маса није већа од 7.500 kg, осим на аутопуту где је највећа дозвољена брзина 100 km/h;
2. 80 km/h – за моторна возила која вуку прикључно возило за становање (караван);
3. 70 km/h – за аутобусе када се врши организовани превоз деце, за зглобне аутобусе без места за стајање, за теретна моторна возила чија је највећа дозвољена маса већа од 7.500 kg и за теретна моторна возила са прикључним возилом, осим на аутопуту где је највећа дозвољена брзина 90 km/h;
4. 50 km/h – за аутобусе са прикључним возилом за превоз лица, за градске аутобусе, аутобусе који, поред уграђених седишта имају и одређена места за стајање;
5. 40 km/h – за тракторе, односно 30 km/h када се у прикључном возилу које вуче трактор превози најмање једно лице;
6. 20 km/h – за туристички воз и радну машину на којој се превозе лица. У теретна возила и скупове возила чија највећа дозвољена маса прелази 3500 kg и у аутобусе мора бити уграђен исправан граничник брзине [2].

У зони успореног саобраћаја, возач је дужан да се креће „тако да не омета кретање пешака и бициклиста, брзином кретања пешака, а највише 10 km/h“, док је брзина кретања у зони школе „ограничена до 30 km/h, а ван насеља до 50 km/h, у

времену од 7 h до 21 h, осим ако саобраћајним знаком време забране није другачије одређено“[2].

1.2 Мерила и методе мерења брзине возила у саобраћају

Мерила брзине возила у саобраћају су уређаји који мере брзину возила која се крећу у друмском саобраћају. Користе се у функцији контроле и безбедности саобраћаја и предмет су регулисања „Правилника о мерилима брзине возила у саобраћају“ [3]. Овим правилником се, између осталог, дефинишу врсте мерила и методе мерења брзине возила у саобраћају.

Мерила брзине возила у саобраћају су:

1. **радарска мерила**, која брзину контролисаног возила одређују на основу Доплеровог ефекта – **радари**,
2. **ласерска мерила**, која растојање и брзину контролисаног возила одређују на основу мерења простирања ласерских импулса рефлектованих од контролисаног возила – **лидари** и
3. **мерила са чврсто уграђеним сензорима**, који брзину контролисаног возила одређују на основу мерења времена пролаза контролисаног возила између два или више чврсто уграђених сензора – **сензорска мерила**.

Мерење брзине возила у саобраћају врши се применом следећих метода мерења:

1. **методом стационарног мерења** (уз помоћ радара, лидара или сензорских мерила) и
2. **методом покретног мерења** (помоћу радара) [3].

1.3 Метролошки и технички захтеви за мерила брзине возила у саобраћају

Мерни опсег мерила брзине возила у саобраћају треба да је такав да доња граница мерења не може бити већа од 30 km/h, а горња граница мерења не може бити мања од 150 km/h, при чему мерење брзине возила се може вршити у оба смера, у одласку и доласку [3].

Највеће дозвољене грешке мерења брзине мерилима брзине возила у саобраћају приказане су у табели 1:

Табела 1. Највеће дозвољене грешке мерења брзине [3]

Начин мерења брзине	Брзина $v, \text{ kmh}^{-1}$	Највеће дозвољене грешке	
		*симулацијом у лабораторији	у реалним условима
стационарно	≤ 100	$\pm 2 \text{ kmh}^{-1}$	$\pm 3 \text{ kmh}^{-1}$
	> 100	$\pm 2\%$	$\pm 3\%$
покретно	≤ 100	$\pm 2 \text{ kmh}^{-1}$	$\pm 5 \text{ kmh}^{-1}$
	> 100	$\pm 2\%$	$\pm 5\%$

*границе дозвољене просечне грешке на основу најмање 100 мерења, с тим да ниједна грешка мерења не може бити већа од $\pm 3 \text{ kmh}^{-1}$ за брзине $\leq 100 \text{ kmh}^{-1}$ и $\pm 3\%$ за брзине $> 100 \text{ kmh}^{-1}$

Минимални опсези за радне услове мерила брзине кретања возила у саобраћају дати су у табели 2:

Табела 2. Минимални опсези за радне услове мерила [3]

Величина	Радни услови
Напон напајања	$(-15\%, + 20\%) U_{\text{ном}}$
Фреквенција напајања	$\pm 2\% f_{\text{ном}}$
Температура околине	од $- 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+ 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Релативна влажност ваздуха	до 90% без кондензације

Температурни опсег у условима складиштења је од $-25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+70 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Мерило региструје само брзине које су изнад унапред задате вредности брзине. Оно садржи показни уређај који резултате мерења приказује тачно, недвосмислено и неизбрисиво тако да су они доступни корисницима мерила и возачу контролисаног возила [3].

Мерило има, као додатни или интегрални део, уређај који документује измерену брзину контролисаног возила помоћу фото, видео или неког другог записа.

Подаци које мерило брзине кретања возила у саобраћају приказује су [3]:

1. датум мерења (дан, месец и година);
2. време мерења (час, минут и секунда);
3. брзина контролисаног возила;
4. вредност брзине коју је унапред задао корисник/руководилац мерила;
5. регистарски број контролисаног возила, осим у случају ако контролисано возило нема регистарску таблицу;
6. серијски број мерила којим се мери;

7. јединствени идентификациони број мерења брзине и њему одговарајући фото, видео или неки други запис;
8. брзину сопственог возила за радаре уграђене у возило (РУВ уређаје);
9. адресу локације уграђеног мерила за радаре уграђене изнад или поред пута и сензорска мерила;
10. растојање између мерила и контролисаног возила за лидаре;
11. начин рада (мод), уколико је у уверењу о одобрењу типа мерила наведено да то мерило може радити у два или више начина рада;
12. координате положаја мерила, уколико мерило има уређај који региструје координате [3].

2. САВРЕМЕНЕ МЕТОДЕ И УРЕЂАЈИ ЗА МЕРЕЊЕ БРЗИНЕ ВОЗИЛА

Према начину мерења брзине кретања возила, методе мерења се могу поделити на две основне врсте:

1. контактне методе и
2. бесконтактне методе [4].

2.1 Контактне методе мерења брзине кретања возила – примена „петог точка“

Да би се избегли утицаји еластичности точкова на процес мерења перформанси возила при мерењу брзине возила, примењује се тзв. "пети точак". "Пети точак" се поставља на задњи браник, слика 1, или на бок возила, слика 2, помоћу пнеуматских хваталки или механичке везе.



Слика 1. Пети точак постављен на задњем бранику возила [5]



Слика 2. Пети точак постављен на боку возила [5]

Димензије и попречни пресек пнеуматика овог точка бирају се тако да грешка мерења услед појаве клизања и деформације буде минимална, односно да однос обимне и транслаторне брзине буде једнак јединици.

Прве конструкције овог типа базирале су на чисто механичком принципу. Помоћу коничног пара зупчаника, обртно кретање петог точка је преношено на обртну осовину, па са осовине на инструмент помоћу еластичног ужета [4].

Данашња решења се раде на бази преноса информација електричним путем. У центар "петог точка" се поставља импулсни бесконтактни давач који одбројава број импулса у одређеном времену или тахогенератор који омогућава непрекидно мерење брзине обртања точка. Информација се даље преноси електричним путем, појачава, модулише и демодулише, да би се на мерном инструменту показала брзина.

Посебно треба водити рачуна да се обезбеди сталан контакт "петог точка" са подлогом, односно да се спречи појава "поскакивања" точка. У случају поскакивања точка, импулси који тада репрезентују брзину возила носе у себи значајну грешку. Због тога се "пети точак" везује за возило помоћу посебних адаптера, зависно од врсте возила на који се поставља и места на коме се поставља, слика 3.



а)



б)



в)



г)



д)

Слика 3. Различите везе петог точка са возилом: а) адаптер за вучну куку, б) адаптер за вучно око, в) "Н" адаптер са пнеуматским хватаљкама за бок возила, г) адаптер за везу са шипком испод пода возила, д) адаптер за заштитну шипку од подлетања [5]

2.2 Бесконтактне методе мерења брзине

Пети точак је некада био стандард у испитивању брзине кретања возила. Данас се користе тачније, бесконтактне методе. На бесконтактна мерења брзине возила не утичу проблеми уобичајени при мерењу брзине возила петим точком – потпуно се

избегавају појаве грешака мерења услед клизања и поскакивања точка, као и проблеми поузданости и хабања петог точка због сталног контакта точка са подлогом.

Најважније бесконтактне методе мерења брзине возила су:

1. примена радара,
2. примена ласера,
3. корелационо-оптичка метода,
4. употреба означених деоница – сензорско мерење,
5. посредно мерење помоћу давача угаоне брзине,
6. посредно мерење помоћу давача убрзања и
7. примена микроталасних сензора [4].

2.2.1 Примена радара при мерењу брзине возила

Концепт коришћења радио таласа за детектовање авиона и бродова датира са почетка 20. века, али први практични систем који је данас познат као радар, појавио се 1930-их година. Британски проналазачи, потпомогнути истраживањима из других земаља, развили су елементарни систем упозоравања који је могао да открије објекте који су се кретали према енглеској обали. Систем је користио високо-фреквентне радио таласе да детектује немачке авионе и израчуна њихову удаљеност. То је довело до акронима **RADAR** (скраћено од "**R**adio **D**etection**A**nd**R**anging") [4].

Радар брзину кретања возила одређује уз помоћ Доплеровог ефекта. Доплеров ефекат заснива се на принципу промене учестаности услед релативног кретања радара и објекта - возила. Предајник радарског система емитује фокусирани сноп радио-таласа ка возилу које се креће. Тај сноп се рефлектује и враћа назад, при чему га региструје пријемник радара. Услед Доплеровог ефекта, ако се објекат (возило) креће релативно у односу на радар, фреквенција одбијених радио таласа је различита од фреквенције емитованих таласа. Регистровањем те разлике и поређењем са оригинално емитованом фреквенцијом могуће је релативно прецизно одредити брзину возила, на основу једначине (2.1):

$$v = \frac{\Delta f}{f} \frac{c}{2} \quad (2.1)$$

где су:

v – брзина кретања возила,

c – брзина светлости,

f – фреквенција емитованих радио таласа и

Δf - разлика између фреквенције емитованих и рефлектованих таласа.

Ова једначина важи за брзине објеката које су много мање од брзине светлости. Види се да је брзина објекта – возила директно пропорционала разлици фреквенција.

Фреквенција сигнала коју емитује радар при референтном напону напајања је [3]:

- од 10500 MHz до 10550 MHz за X–опсег,
- од 24050 MHz до 24250 MHz за K–опсег и
- од 33400 MHz до 36000 MHz за Ka–опсег.

Дозвољено одступање фреквенције за X–опсег је ± 25 MHz, а за K–опсег и Ka–опсег је ± 100 MHz.

Према „Правилнику о мерилима брзине возила“ [3], радару могу бити:

1. ручни радару,
2. радару уграђени изнад или поред пута и
3. радару уграђени у возила.

2.2.1.1 Ручни радару

Ручни радару, слика 4, су мерилу коју не користе сталак или прибор за постављање, али постоји могућност да се ова мерилу причврсте и поставе на одговарајући носач у унутрашњости возила које се не креће. Већином их покрећу батерије, а користе се за стационарно мерење прекорачења брзине.



Слика 4. Употреба ручних радара за контролу брзине кретања возила

При мерењу брзине возила у саобраћају методом стационарног мерења, ручни радару се постављају на сталак или прикладан прибор или на носач у унутрашњости возила које се не креће.

2.2.1.2 Радару уграђени изнад или поред пута

Радар уграђен изнад, слика 5 а) или поред пута, слика 5 б), мери брзину кретања возила методом стационарног мерења. Мерење се може обавити аутоматски, са или без надзора. Уређај за регистровање брзине возила је непокретан и налази се ван возила.

Региструје се брзина возила у односу на окружење, најчешће при контроли поштовања ограничења брзине.



а)



б)

Слика 5. Радари уграђени изнад и поред пута

Код радарских уређаја уграђених изнад или поред пута, намењених мерењу брзине контролисаних возила у једној или више саобраћајних трака, угао централне осе радарског снопа у односу на правац саобраћаја у траци пута у којој се мери брзина је између 20° и 35° . Хоризонтална и вертикална ширина снопа су у границама $6,5^\circ \pm 1^\circ$. Упадни угао централне осе радарског снопа је од 15° до 30° , када централна оса радарског снопа није паралелна са правцем саобраћаја [3].

2.2.1.3 Радари уграђени у возила

Радар уграђен у возило, слика 6, има антену за одређивање брзине возила чија се брзина контролише, као и антену за одређивање брзине возила у које је уграђен. Он може мерити брзину контролисаног возила:

1. методом стационарног мерења, када возило у које је уграђен мирује и
2. методом покретног мерења, када се возило у које је уграђен креће.



Слика 6. Радар уграђен у возило

Максимална хоризонтална ширина снопа антене радара у возилу је 18° за Х–опсег и 15° за К–опсег и Ка–опсег, док максимална вертикална ширина снопа антене не може бити већа од 20° . Измерена хоризонтална и вертикална ширина снопа антене не може да одступа више од $\pm 0,5^\circ$ од вредности коју дефинише произвођач [3].

Ако се мерење брзине контролисаног возила обавља из возила у покрету, резултат мерења би била разлика брзина кретања та два возила, а не брзина контролисаног возила релативно у односу на пут, па се за рад радара из покретних возила дизајнирају другачији системи.

Код покретних радара, радар прима одбијене сигнале и са контролисаног возила и са непокретних објеката у позадини (површина пута, оближњи саобраћајни знаци, рампе, бандере,...).

Уместо поређења фреквенције сигнала одбијеног са контролисаног возила са фреквенцијом емитованог сигнала, радар пореди одбијени сигнал са возила са одбијеним сигналом из позадине, при чему разлика фреквенција ова два сигнала одсликава праву брзину кретања контролисаног возила.

2.2.1.4 Ограничење у употреби радара

Употреба радара у контроли брзине кретања возила има више ограничења. Пре свега, да би се радар ефикасно користили, потребна је обука и сертификација корисника радара. Такође, ово није прецизна метода, али служи за детектовање прекорачења дозвољене брзине кретања.

Недостатак ове методе је могућност мерења брзине само у одређеној зони. Такође, знатне грешке се јављају при мерењу брзине возила при кретању у кривини, односно при промени смера кретања, а немогуће је и континуално мерење брзине.

Окружење и место на коме се врши мерење, такође утичу на употребу радара. Радари су поуздани само када је један објекат - возило у видном пољу и када не постоје покретни објекти у близини. Коришћење ручног радара за контролу саобраћаја на празном путу, при чему, на пример, оператор стоји у сенци великог дрвета, може да доведе до детекције покрета лишћа и грана, ако дува јак ветар. Такође, може да се јави утицај проласка авиона изнад места мерења, посебно у близини аеродрома.

2.2.1.5 Радарски уређаји које припадници саобраћајне полиције користе за мерење брзине кретања возила на путевима Републике Србије

Саобраћајна полиција Републике Србије користи радарски систем „Vascar 5000“ као интегрални део система „AutovisionCompact“, слика 7. Наменен је мерењу времена и растојања до контролисаног возила [6]. На основу расположивих података, уређај рачуна средњу брзину кретања возила.

Систем се монтира у возила без посебних полицијских обележја која се уобичајено зову „пресретачи“. Фотографије и снимци су доказни материјал за учињени прекршај. Систем „Vascar 5000“ знатно се разликује од класичних радарских уређаја због специфичне технологије откривања и документовања саобраћајних прекршаја, посебно прекршаја кретања непрописном брзином [6].



Слика 7. Систем за мерење брзине кретања возила VASCAR 5000 [6]

2.2.2 Примена ласера (лидара) при мерењу брзине возила

У новије време, саобраћајна полиција користи ласерске уређаје за мерење брзине кретања возила који користе светлосне уместо радио таласа, тзв. ласере или лидаре, слика 8. **Ласер** или **лидар** (акроним од енглеског израза **L**ight **D**etection **A**nd **R**anging) користи директнију методу од радара, која се ослања на време одбијања светлости, а не на Доплеров ефекат. Лидар за мерење брзине кретања мери време потребно да светлост стигне до возила и одбије се натраг.



Слика 8. Примена лидара при мерењу брзине (модел „LTI-20/20 Ultra Lyte Laser“)

Функционисање лидара се заснива на времену кретања два или више инфрацрвених ласерских импулса таласне дужине 905 nm. Полицајац кроз телескопски окулар (појачања 2 до 8 пута), који је уграђен у лидар, уочава возило чију брзину треба контролисати на растојању од 300 m до 1200 m. Ласерски зрак се усмерава на регистарску таблицу која је пресвучена рефлектујућом превлаком која одбија ласерске импулсе назад ка пријемнику лидара.

Да би уређај започео рад, полицајац треба да притисне окидач. Лидар емитује кратке ласерске импулсе дужине трајања 30 ns и мање. Зависно од врсте ласерског уређаја, број импулса у секунди варира од 100 до 380 у САД и до 600 у земљама изван САД.

Мерење брзине кретања помоћу лидара се одвија у следећа три корака:

1. После стартовања окидача, лидар шаље серију кратких ласерских импулса ка контролисаном возилу и укључује мерач времена;
2. Лидар чува време за које се сваки одбијени импулс вратио назад до пријемника;
3. Лидар користи протекло време кретања да одреди растојање које је прешао сваки импулс и разлику између растојања два импулса да израчуна брзину кретања возила.

При мерењу брзине кретања возила у саобраћају методом стационарног мерења, лидар се поставља на сталак или прикладан прибор или на одговарајући носач у унутрашњости возила које се не креће и то тако да се не помера током мерења [3]. Изузетно се за ову врсту мерења може користити и ручни лидар.

Највећа дозвољена грешка фреквенције импулса лидара је $\pm 0,1\%$ од вредности измерене на номиналном напону напајања. Хоризонтална и вертикална ширина ласерског снопа не може бити већа од 5 mrad [3].

2.2.2.1 Фактори који утичу на прецизност мерења брзине лидаром

Осим превеликог растојања на коме се мери брзина возила, остали фактори који утичу на квалитет мерења брзине кретања возила лидаром су следећи:

- **преламање таласа** услед разлике у густини ваздуха при појави „топлотних таласа“ са вреле површине пута,
- **временски услови**, као што су киша, магла, снег – имају занемарљив утицај на ласерски импулс, али могу да смање способност полицајца да „нациља“ возило,
- **ветробранско стакло** има тенденцију да расипа ласерске импулсе, посебно када је мокро од кише, магле или прекривено снегом, што може да смањи опсег дејства лидара,
- **усмеравање ласерских импулса на предњи или задњи крај возила** - генерално утиче на рад лидара, јер задњи крај возила даје већу рефлексију,
- **ноћни услови** – тама може да смањи способност полицајца да идентификује возило, јер лидари још увек немају уграђен „ноћни вид“,

- **ометање од стране сунчевих зрака** – када је сунце иза возила, може да спречи лидар у раду, тако што „избледи“ долазеће импулсе или спречи тачно лоцирање возила, зато што циљање лидаром ка сунцу може да изазове грешке читавања.

2.2.2.2 Ласерски уређаји које припадници саобраћајне полиције користе за мерење брзине кретања возила на путевима Републике Србије

Саобраћајна полиција у Републици Србији за контролу брзине кретања возила користи ласерске уређаје „Fama Laser III“, слика 9, који представља уређај са савременом технолошком опремом и решењима. Ласерски радар „Fama Laser III“, ради са ласерским снопом који се налази у инфрацрвеном опсегу и на тај начин омогућава брзо, тачно, и селективно мерење брзине возила са велике раздаљине [6].



Слика 9. Ласерски уређај за мерење брзине кретања „Fama laser III“ [6]

Уређај се може поставити на треноге носаче, на држач у аутомобилу, а може да се причврсти на командну таблу поред точка управљача. Има сопствени акумулатор, али се може прикључити и на конектор упаљача за цигарете.

Мерења се могу вршити у ручном, полуаутоматском и аутоматском режиму. У аутоматском режиму рада, видео снимање почиње/завршава у случају када аутомобил достигне или прекорачи унапред подешену вредност брзине.

Саобраћајна полиција Републике Србије користи и ласерски радар „Pro Laser III“ [6]. То је универзални уређај који мери удаљеност и брзину кретања возила. Овим радаром циља се у једну тачку, тако да се поуздано може измерити брзина унапред одређеног возила које се креће индивидуално или у колони возила, слика 10.



Слика 10. Ласерски уређај “Pro Laser III” [7]

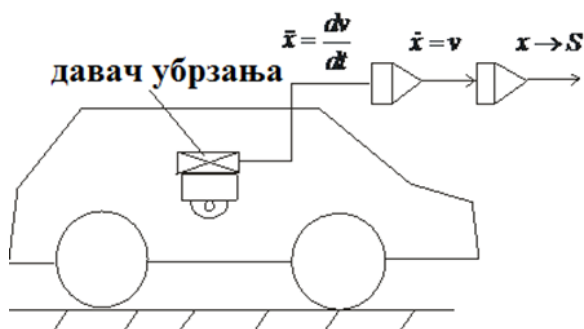
Оба наведена уређаја садрже микро SD картицу на којој се бележе видео записи и остали параметри (датум, време, измерена брзина, GPS координате, број записа). Последњих 2 милиона мерних података се аутоматски меморишу.

У случају мерења брзине возила у покрету, мерење брзине аутомобила у којем је уграђен уређај обезбеђује се преко GPS система. У случају стационарног мерења, уз помоћ GPS система могу да се сачувају подаци и о тачном месту мерења.

Уређаји могу да, осим видео снимања прекорачења брзине, сниме и друге догађаје (непрописно претицање, паркирање у забрањеној зони, прелазак преко црвеног светла)[7].

2.2.3 Примена давача убрзања при мерењу брзине возила

Овом методом се мери убрзање уз помоћ давача убрзања постављених у тежишту возила у правцу кретања на жирооскопској платформи, слика 11. Интеграцијом убрзања добија се брзина кретања, v , а двоструком интеграцијом убрзања добија се пређени пут, S . Тачност мерења је релативна и зависи од начина постављања давача убрзања. Пошто је резултат мерења временски запис подужног убрзања возила, чијим се интегралом добија временска функција брзине кретања, ова метода се користи за континуално мерење брзине у времену.



Слика 11. Употреба давача убрзања при мерењу брзине возила [4]

2.2.4 Примена сензорских мерила при мерењу максималне брзине возила

Сензорска мерила брзину контролисаног возила одређују на основу мерења времена пролаза возила између два или више чврсто уграђених сензора, методом стационарног мерења брзине, аутоматски, са или без надзора. Сензорску јединицу чине најмање два сензора која су уграђена у пут у једној саобраћајној траци на тачно одређеном растојању. Сензорска јединица је подземним каблом повезана са осталим деловима сензорског мерила који су постављени у кућиште, на стуб поред пута.

Индуктивне детекторске петље, слика 12, су тип детектора чија је примена најраспрострањенија због ниске цене и високе прецизности. Примењују се за најаву возила, детекцију присутности возила, бројање саобраћаја, класификацију возила, мерење брзине и сл.



Слика 12. Детаљ постављања индуктивне детекторске петље

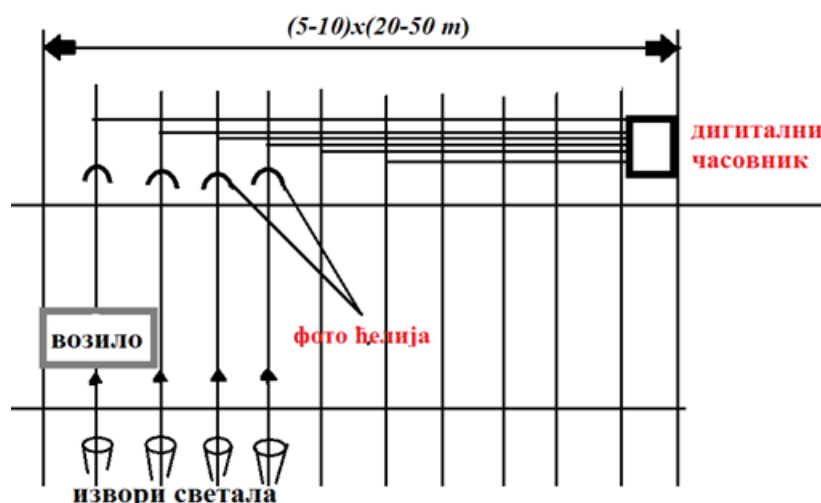
Код сензорских мерила са индуктивном петљом, ширина сваке петље треба да је довољна да обезбеди регистровање пролаза контролисаног возила у једној саобраћајној траци. Димензије сваке петље су исте, при чему су све главне ивице петље паралелне до унутар 25 mm.

Сензорско мерило са индуктивном петљом је конструисано тако да врши два или више мерења брзине чије се вредности упоређују и региструју само ако су унутар вредности које је дефинисао произвођач. Резултат мерења брзине је најмања измерена вредност [3].

Мерењем времена, Δt , за које возило пређе одређену деоницу пута, S , могу се добити тачни подаци о максималној (константној) брзини возила, $\bar{v}$:

$$\bar{v} = \frac{S}{\Delta t} \quad (2.2)$$

Најбоље је када се за ово користе фото-ћелије, слика 13, или нагазни електрични контакти у облику жице постављене попречно у односу на пут, који активирају дигитални часовник велике осетљивости (обично око 0.001 s), који се поставља у смеру кретања возила. Уколико се при томе користи већи број мерних места, на пример 5 до 10 деоница дугачких 20 до 50 m, максимална брзина утврђена на овај начин може се сматрати сасвим тачном. Зато је препоручљиво да се ова метода користи и за калибрацију инсталације "петог точка".



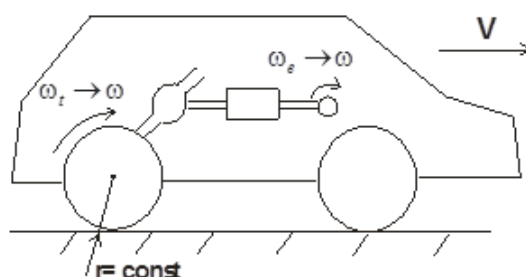
Слика 13. Мерење брзине кретања возила помоћу фото ћелија [4]

2.2.5 Примена мерења угаоне брзине при мерењу брзине

На слици 14, приказана је метода мерења брзине кретања возила преко познате угаоне брзине замајца, ω_e , или точка возила, ω_t . Овај принцип мерења је приказан следећом једначином:

$$v = \omega_t \cdot r_d = \frac{\omega_e}{i_m i_0} r_d \quad (2.3)$$

где су: r_d - динамички полупречник точка, i_m - преносни однос мењачког преносника, i_0 - преносни однос главног преносника.



Слика 14. Посредно мерење брзине возила преко угаоне брзине замајца или точка возила [4]

У Лабораторији за моторна возила Факултета инжењерских наука у Крагујевцу, развијена је метода индиректног мерења кретања брзине возила помоћу мерења угаоне брзине точка. Овај начин, односно метод снимања приказан је на слици 15 [4].



Слика 15. Мерење броја обртаја точкова [4]

На главчину точка поставља се сајла која преноси обртно кретање точка до кабине возила и мерних уређаја, слика 16. Мерење угаоне брзине обавља се помоћу магнетног давача НВМ МА1 и назубљеног точка на крају сајле.



Слика 16. Мерни ланац за мерење броја обртаја точка [4]

2.2.6 Примена корелационо-оптичке методе при мерењу брзине возила

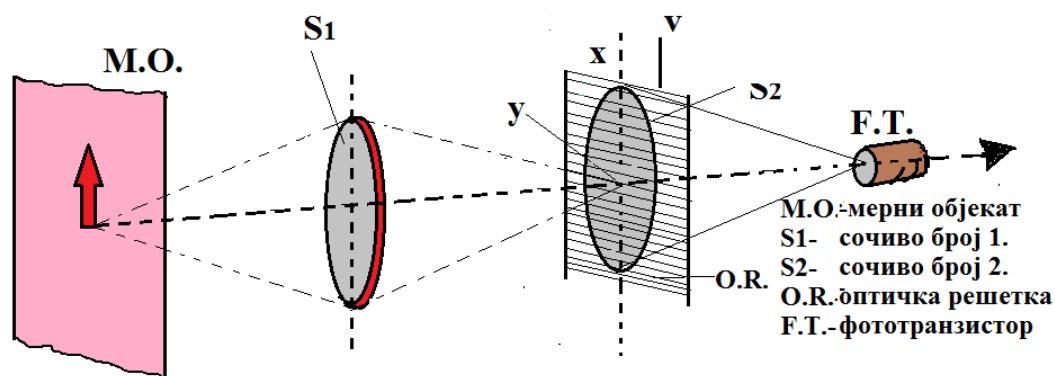
Идеја о коришћењу корелационо-оптичке методе за мерење брзине возила произишла је из експеримента у коме се возило кретало по подлози на којој су биле нанесене попречне црне и беле пруге. Возило је на себи имало оптички уређај за регистровање црно-белих поља. Слика покретног објекта се пројектовала на оптичке инструменте и била је позната њена веза са излазом.

Интензитет слике је био врло значајан, па су због тога коришћена црна и бела поља. Проблем код примене ове методе је била потреба за посебном припремом терена за испитивање. Зато се размишљало о неком савременијем решењу и тако су развијени *корелационо-оптички сензори* за мерење брзине кретања, чија се мерна метода базира

на принципу контраста и релативног кретања слике која се пројектује на оптичку решетку и који су погодни за одређивање брзине дуж једне координате [4].

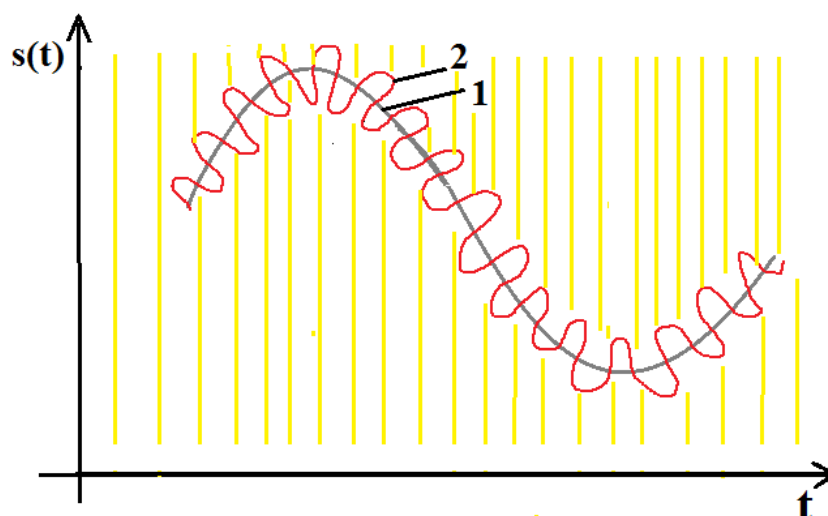
Оптичка решетка је основни део уређаја који се користи као део мерног система и састоји из великог броја врло узаних прореза, поређаних паралелно на малим и подједнаким растојањима на стакленој плочи. Оптичке решетке се граде на сличан начин и на углачаним металним површинама које рефлектују светлост. Рефлексионе површине имају предност над стакленим површинама због погодности обраде метала у односу на стакло.

Да би се објаснио *принцип рада оптичке решетке*, посматра се један светлосни зрак који се одбио од мерног објекта, пресликао на светлосну решетку, прошао кроз њу и усмерио се ка фото-електричном пријемнику – транзистору, слика 17.



Слика 17. Принцип корелационо-оптичке методе [4]

Уколико се тачка која се пресликава креће преко решетке, у транзистору се генерише сигнал $s(t)$. Носећи сигнал је нискофреквентни хармонијски талас са којим се суперпонира високо фреквентни случајни (стохастички) сигнал, слика 18.



Слика 18. Суперпонирање два сигнала :

1 - нискофреквентни хармонијски сигнал, 2 - високофреквентни случајни сигнал

Фреквенција стохастичког сигнала једнозначно је повезана са брзином кретања покретног објекта преко једначине (2.4):

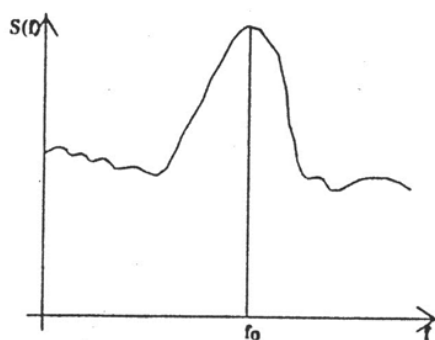
$$f = \frac{M}{g} v \quad (2.4)$$

где су: f - фреквенција, g - константа решетке, M - размера пресликавања и v - брзина.

У пракси су могућа следећа два случаја кретања возила и мерења брзине:

1. мерење брзине кретања возила у односу на референтну површину (кретање возила у односу на коловоз), при чему је инструмент на возилу и
2. мерење брзине покретног објекта у односу на непокретну околину, при чему је инструмент ван возила [4].

Ови случајеви се разликују у односу на објекат који се посматра. У првом случају, референтна површина је стохастичке природе, а у другом је покретни објекат детерминистичке природе. У оба случаја сигнал транзистора одговара приказаном сигналу $S(t)$, само што је, у другом случају, модулиран и удео мањег интензитета и трајање сигнала је ограничено. Сама решетка се понаша као физички филтер, слика 19.



Слика 19. Излазни сигнал корелационо-оптичког сензора у фреквентном домену [4]

Из стохастичке природе пута, решетка издваја фреквенцију, f_0 , која је од значаја, јер се на основу те вредности одређује вредност тренутне брзине. Брзина се представља као:

$$v = f_0 \frac{g}{M} \quad (2.5)$$

Висок ниво носећег сигнала није добар јер доводи до непрецизног мерења због ниског нивоа корисног сигнала. Да би се остварило побољшање, користе се тзв. диференцијалне дифракционе оптичке решетке које се понашају као филтери: раздвајају ниско- и високофреквентни сигнал. Високофреквентни корисан сигнал се појачава и може да се користи као носилац информације о брзини.

2.2.7 Примена микроталасних сензора при мерењу брзине возила

Бесконтактно мерење пута и брзине без утицаја клизања, обично се изводи уз помоћ корелационо-оптичких сензора у одељењима за експериментална истраживања произвођача возила и пнеуматика. Тај необично користан мерни принцип има и неке недостатке, који до сада нису компензовани.

Оптички сензори су осетљиви на прљавштину и влагу, које се јављају при теренским испитивањима. Осим тога, ограничење растојања од тла због оптике доприноси сужавању области примене. При свему томе мора се узети у обзир средњи животни век халогених светиљки сензора од максимално 2000 h потребе, као и десетоструко већа потрошња електричне енергије него код микроталасних сензора. Све су то недостаци који нису посебно релевантни код тестова у "нормалним условима", већ су запажени као непријатности при истраживањима у екстремним условима. Акустички сензори, као што је ултразвучни сензор, на основу свог физичког принципа функционисања, погодни су искључиво за бесконтактно препознавање објеката и мерење удаљености. Дакле, овај мерни поступак није прикладан за комбиновано мерење пута и брзине. Осим тога, корелационо-оптички и акустички сензори имају заједнички недостатак: температура околине утиче на мерне резултате уколико се електронски не компензује [4].

Микроталасни сензор M2 фирме DATRONMESSTECHNIK, слика 20, је давач који представља алтернативно решење. Својим принципом мерења и концептом он исправља недостатке претходно наведених сензора и отвара нове могућности у области бесконтактног мерења пута и брзине без утицаја појаве клизања.



Слика 20. Примена микроталасног сензора M2 фирме DATRONMESSTECHNIK при мерењу брзине возила [4]

Функционисање овог сензора се заснива на појави Доплеровог ефекта радарских таласа. Код сваке врсте таласног зрачења, фреквенција таласа регистрована на пријемнику мења се када се он креће ка одашиљачу. Исти ефекат се јавља када се једном истом антеном шаљу и примају рефлектовани таласи који се одбијају од површине која се креће ка антени.

Разлика фреквенција, тзв. Доплерова фреквенција, пропорционална је релативној брзини два посматрана покретна објекта. Ако антена, постављена на путничко возило, зрачи таласе фреквенције f_d , под углом, α , у односу на површину пута, тада се брзина, v , може одредити преко Доплерове фреквенције, f_d :

$$v_0 = \frac{C_0}{2 \cos \alpha} \frac{f_d}{f_s} \quad (2.6)$$

Овде је C_0 - брзина светлости.

Целокупна мерна техника давача М2 смештена је у алуминијумско кућиште и састоји се од: модула за прикључак на мрежу (10-30 V, једносмерне струје), модула за формирање микроталаса са антеном, филтера и процесора.

Уређај има аналогни излаз, дигитални излаз, односно серијски прикључак за рачунар. Радна фреквенција уређаја је 24,125 GHz, а може да се мења захваљујући лаким изменама у електронском делу уређаја (рецимо на опсег 60-90 GHz) [4].

3. ПРИНЦИП МЕРЕЊА БРЗИНЕ КРЕТАЊА ВОЗИЛА КОРИШЋЕЊЕМ БРЗИНОМЕРА И GPS УРЕЂАЈА

Брзина кретања возила је основна мерна величина при путним испитивањима возила у реалним условима експлоатације (брзина аутомобила у одређеним условима употребе, максимална брзина, вучна карактеристика, дијаграм убрзања возила, кочна карактеристика, ...). Имајући у виду значај праћења брзине кретања возила са аспекта безбедности саобраћаја и поштовања законских прописа у вези ограничења максималне брзине кретања за дате услове саобраћаја, евидентна је важност тачног очитавања брзине кретања возила од стране возача у сваком тренутку.

Возачи проверавају тренутну брзину кретања возила честим погледима на показивач брзиномера, а у новије време, брзину могу очитати са уређаја са сателитском навигацијом, односно GPS уређаја. Међутим, они се често збуне због различитих показивања ова два поменута уређаја за очитавање брзине кретања возила у истом тренутку времена и врло често се поставља питање које очитавање је тачније. У овом поглављу мастер рада биће речи о принципима на којима се заснива мерење брзине возила помоћу брзиномера и GPS уређаја, утицајним факторима на тачност.

3.1 Принцип мерења брзине кретања возила помоћу брзиномера

Брзиномер је најјучљивији и можда и најважнији мерач на инструмент табли возила, бар према томе колико пута ка њему возач усмери поглед током вожње. Показивач брзиномера је аналогни уређај који користи иглу за показивање брзине, коју возач очитава као број одштампан на бројчанику, слика 21.

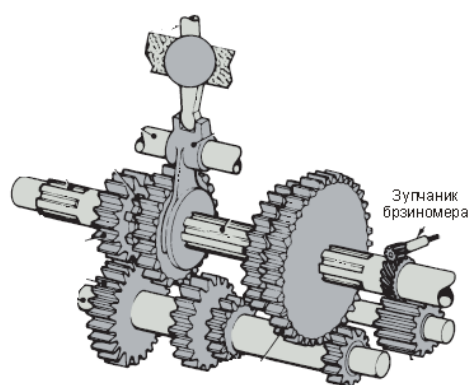


Слика 21. Показивач брзиномера

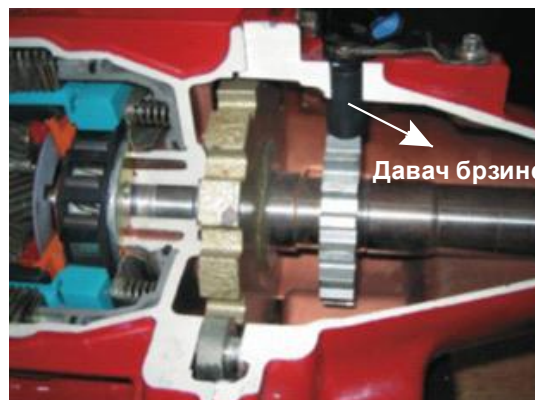
Задатак брзиномера је да измери и прикаже тренутну брзину кретања возила. Сама брзина представља пређени пут у јединици времена, али брзиномер не мери брзину на тај начин. Брзиномер мери број обртаја погонског вратила, осовине или точка возила, а онда, уз помоћ једноставног прорачуна, прерачунава којом се брзином тренутно креће возило.

Постоје две врсте брзиномера: **механички** и **електронски**. Пошто су се први механички брзиномери појавили као стандардна опрема возила још 1910. године, електронски брзиномери су релативно новији уређаји. Први потпуно електронски брзиномер уграђен је у возило тек 1993. године.

Код **механичких брзиномера**, брзина кретања возила се одређује помоћу мерења угаоне брзине, најчешће, излазног вратила мењача, слика 22 а), преко система зупчаника и кабла. Кабл се протеже до инструмент табле на којој се налази брзиномер.



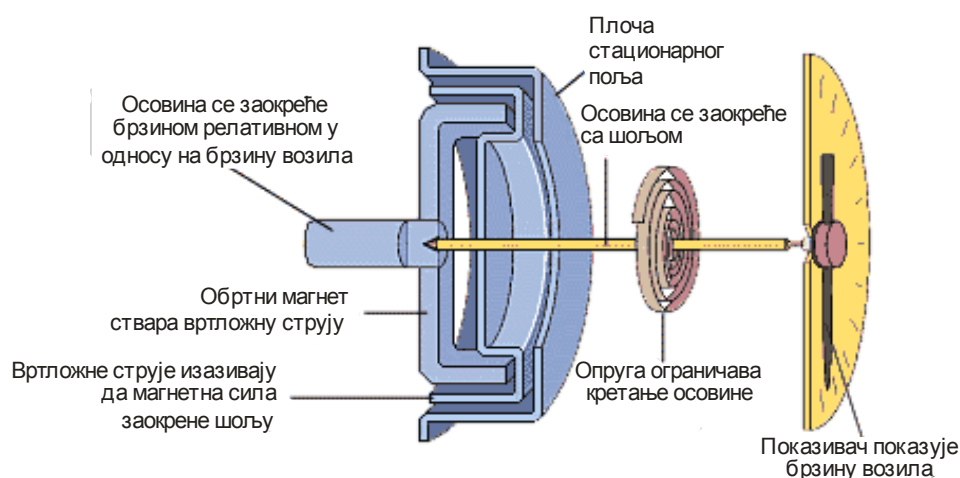
а)



б)

Слика 22. Место постављања: а) зупчаника и сајле механичког брзиномера и б) давача брзине електронског брзиномера

Када се возило креће, зупчаници заокрећу вретено унутар савитљивог кабла и оно преноси обртно кретање до сталног магнета на свом другом крају, слика 23. Док се магнет окреће, он ствара обртно магнетно поље, које ствара силе које делују на шољу брзиномера. Шоља и везана казаљка брзиномера закрећу се у истом смеру као и магнетно поље, али само дотле докле то дозвољава повратна опруга. Казаљка брзиномера се зауставља када сила отпора повратне опруге достигне вредност магнетне силе.



Слика 23. Принцип рада брзиномера

Када возило повећа брзину кретања, стални магнет се брже заокреће, што ствара јаче магнетно поље, веће вртложне струје и већи отклон казаљке брзиномера. Када возило успорава, магнет ротира спорије, што смањује јачину магнетног поља, а као резултат се појављују мање вртложне струје и мањи отклон казаљке брзиномера. Када возило стоји, повратна опруга држи казаљку на „нули“.

Повратна опруга је калибрисана тако да датом броју обртаја кабла брзиномера одговара специфично показивање брзине кретања возила на брзиномеру. Ова калибрација мора да узме у обзир неколико фактора: преносни однос зупчаника који погоне савитљиви кабл, преносни однос главног преносника и пречник точкова возила.

Један од основних недостатака механичких брзиномера је што не могу да покажу брзину кретања возила када се креће уназад, пошто би се шоља окретала у супротном смеру. Тада би се казаљка заокретала на супротну страну од граничника у нултом положају.

Електронски брзиномер прима податке са давача брзине возила, слика 22 б), а не са кабла. Давач је монтиран на излазном вратилу мењача или на коленастом вратилу мотора и састоји се од назубљеног металног точка и непокретног детектора са магнетним језгром. Када зуби назубљеног точка пролазе поред језгра, они „прекидају“ магнетне линије сила и стварају низ импулса који се шаљу ка путном компјутеру. Брзина кретања возила се одређује преко фреквенције улазних импулса. Електронска кола возила су дизајнирана тако да приказују брзину возила или на дигиталном екрану или на типичном аналогном систему са казаљком и бројчаником.

3.1.1 Утицај пречника пнеуматика на тачност читавања брзине кретања возила на брзиномеру

Ако се промени пречник пнеуматика, прорачуни брзине ће бити нетачни. На пример, пречник пнеуматика се повећава уколико се поставе нови пнеуматици на возило или повећа притисак у пнеуматцима. То значи да, при сваком обртају точка, возило пређе дужи пут, што значи да је брзина кретања већа. Ако се пречник смањи (нпр. похабани пнеуматици, мање ваздуха у пнеуматцима, друга марка пнеуматика са незнатно различитим димензијама, веће оптерећење возила које сабија пнеуматике), тада ће возило прећи краћи пут при сваком обртају точка, па ће се кретати спорије [8].

Брзиномер је конструисан тако да показује незнатно већу брзину (никако мању!) од стварне брзине. Особине пнеуматика који утичу на ниво прекорачења у приказу брзине су:

- степен похабаности,
- толеранције обима котрљања,
- дизајн профила и
- присуство клизања [8].

Европски прописи (75/443 ЕЕС, ЕСЕ R39) захтевају скоро линеарно прекорачење показивања, Δv :

$$+\Delta v = 0,1 \times v + 4 \text{ kmh}^{-1} \quad (3.1)$$

За возила регистрована после 1991. године, приказане вредности брзине могу да буду искључиво према табели 3:

Табела 3. Дозвољена показивања брзинометра

Стварна брзина, kmh^{-1}	30	60	120	180	240
Максимална приказана брзина, kmh^{-1}	37	70	136	202	268

Ако се узму у обзир само негативне толеранције обима котрљања точка, које при брзини од 60 kmh^{-1} , износе $-2,5\%$ до $+1,5\%$, и ако брзиномер има максимално дозвољено прекорачење показивања брзине, максимално приказана вредност брзине возила може бити, табела 4:

Табела 4. Максимална показивања брзинометра ако се узму у обзир толеранције обима котрљања точка

Стварна брзина, kmh^{-1}	60	120	180	240
Максимална приказана брзина, kmh^{-1}	72	140	208	279

На ово треба директно додати клизање, које при кретању унапред достиже и до 2% .

Уколико произвођач брзиномера потпуно искористи дозвољено прекорачење показивања брзине на брзиномеру, могуће је да се, иако брзиномер показује брзину од 140 kmh^{-1} , возило креће брзином од 120 kmh^{-1} . То се посебно дешава када су пнеуматици похабани: похабаност пнеуматика од 3 mm даје прекорачење брзиномера од 1% .

Пнеуматици са M+S зимским профилем могу, међутим, да имају 1% већи спољашњи пречник, да би профил могао да буде дубљи. Зато ће они смањити степен до кога брзиномер прекорачује приказ брзине кретања, ако пнеуматици нису још увек похабани. Исто важи ако се узму у обзир и позитивне толеранције. У том случају, такође је могуће да чак и веома прецизан брзиномер може да покаже прениску вредност брзине [8].

3.1.2 Испитивање тачности показивања брзиномера

Тачност брзинометра се испитује према следећој процедури [9]:

1. Пнеуматици треба да буду типа који се нормално монтира на возило према упутству произвођача (зимски пнеуматици не задовољавају овај услов). Тест треба спровести за сваки тип брзиномера који је планиран за уградњу.

2. Испитивање се обавља са неоптерећеним возилом, мада се, за потребе мерења може додати и терет. Тежина испитиваног возила се записује у обрасцу за мерење.
3. Референтна температура брзиномера треба да буде $23 \pm 5^\circ \text{C}$.
4. Током сваког теста, радни притисак у пнеуматикама треба да буде нормалан (притисак при хладном пумпању пнеуматика који одређује произвођач, увећан за 0,2 bar).
5. Возило се испитује при следећим брзинама:

Максимална брзина возилакоју декларише произвођач, $v_{\max}, \text{kmh}^{-1}$	Брзина возила при испитивању, v_1, kmh^{-1}
$v_{\max} \leq 45$	$80\% v_{\max}$
$45 < v_{\max} \leq 100$	40 kmh^{-1} и $80\% v_{\max}$ (ако је резултујућа брзина $\geq 55 \text{ kmh}^{-1}$)
$100 < v_{\max} \leq 150$	40 kmh^{-1} , 80 kmh^{-1} и $80\% v_{\max}$ (ако је резултујућа брзина $\geq 100 \text{ kmh}^{-1}$)
$150 < v_{\max}$	40 kmh^{-1} , 80 kmh^{-1} , 120 kmh^{-1}

6. Инструментација за мерење стварне брзине возила мора да има тачност од $\pm 0,5\%$. Површина полигона за испитивање треба да буде равна и сува и да обезбеди довољно пријањање. Ако се користи динамометарски ваљак за испитивање, пречник ваљка треба да буде најмање 0,4 m [9].

Приказана брзина не сме бити мања од стварне брзине возила. За брзине испитивања из табеле 3, треба да постоји следећа веза између приказане брзине, v_1 , и стварне брзине возила, v_2 :

$$0 \leq (v_1 - v_2) \leq 0,1 \times v + 4 \text{ kmh}^{-1} \quad (3.2)$$

При испитивању тачности брзиномера при хомологацији [9], примењују се исти услови испитивања. Сматра се да је производња одговарајућа прописима, ако је уочена следећа веза између приказа брзине са брзиномера (v_1) и стварне брзине (v_2):

- У случају возила категорије М и N:

$$0 \leq (v_1 - v_2) \leq 0,1 \times v + 6 \text{ kmh}^{-1} \quad (3.3)$$

- У случају возила категорије L₃, L₄ и L₅:

$$0 \leq (v_1 - v_2) \leq 0,1 \times v + 8 \text{ kmh}^{-1} \quad (3.4)$$

- У случају возила категорије L₁ и L₂:

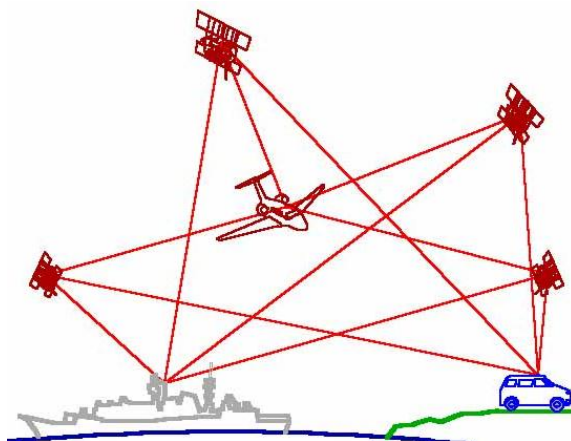
$$0 \leq (v_1 - v_2) \leq 0,1 \times v + 4 \text{ kmh}^{-1} \quad (3.5)$$

3.2 Принцип мерења брзине возила помоћу GPS уређаја

Систем за глобално позиционирање, GPS (енгл. "Global Positioning System") служи за тачно одређивање положаја неке тачке (или положаја у односу на неку тачку) на Земљиној кугли уз помоћ сателита. GPS систем праћења омогућава кориснику одређивање тачне позиције возила или лица, из удаљеног центра. Развој система је почео 1973. године, први сателит лансиран је 1978. године, садашњи број од 24 активна сателита достигнут је 1994. године, а систем је проглашен потпуно оперативним 1995. године. [10]

Систем глобалног позиционирања, GPS, представља комплексан систем за лоцирање објекта на земљи. Чине га мрежа сателита и систем пријемних станица на површини Земље. Мрежу сателита чини 24 активна и више помоћних сателита који покривају 6 различитих зона на површини Земље. Увођење овакве сателитске мреже условљено је потребом за одређивањем тачне позиције на Земљи коју карактеришу три координате: X, Y, Z (географска ширина, дужина и висина, респективно), док четврта координата, T , представља време путовања од сателита до одредишта. Управо зато постоји шест зона у којима, у сваком тренутку, четири сателита и тачка на Земљи дају систем од четири квадратне једначине са четири непознате чијим решавањем се добија тачна позиција објекта - возила у сваком тренутку [11].

Основни захтев за прецизно одређивање позиције пријемника је пријем сигнала са минимално четири сателита: мерења са три сателита су потребна за одређивање географске ширине, географске дужине и надморске висине, а са четвртог, због корекције грешака које се јављају као последица несинхронизованости GPS времена и системског времена. Одређивање локације се заснива на триангулацији измерених растојања од GPS сателита до GPS пријемника у возилима, слика 24 [12].



Слика 24. Компоненте GPS система за лоцирање и праћење покретних објеката [12]

Обрадом пријемних сигнала са сваког сателита, пријемник одређује растојање од сваког од њих – пошто су позиције сателита познате, на основу процењених растојања одређује се позиција корисника. Растојања сателит-пријемник одређују се на основу временског интервала који је потребан за простирање GPS сигнала до пријемника (брзина кретања електромагнетних таласа је једнака брзини светлости). Пријемнику је неопходан податак о тачном временском тренутку када је сигнал емитован са сателита и податак о синхронизацији са интерним сатом сателита. На основу основних информација о времену и положају, GPS уређај може брзо да израчуна релативну брзину објекта на основу тога колики је пут пређен у датом времену. GPS уређај је позициони брзиномер, заснован на информацији колико се уређај померио од претходног мерења. Алгоритам користи поставке Доплеровог ефекта код сигнала са сателита. Треба напоменути да су читавања брине нормализована и да не представљају тренутну брзину [13].

За израчунавање позиције пријемника користи се тачна позиција сателита и тачно време између емитовања и пријема сигнала. Пошто се то време установљава поређењем сигнала са сателита и интерног сигнала, и у циљу поређења се идентификују подижуће и спуштајуће ивице дигиталног сигнала, садашња електроника у то уноси непрецизност од око 10 ns, што одговара грешци од 3 m у мерењу удаљености.

Остали извори непрецизности су: атмосферски ефекти који утичу на брзину простирања радио-сигнала, вишеструке путање сигнала, непрецизност сателитских часовника, непрецизност података опозицији сателита, нумеричке грешке при израчунавању, брзина сателита и гравитација Земље. Када се сви ови фактори заједно узму у обзир, и поред метода корекције, укупна грешка одређивања позиције је око 15 m.

Прорачуни брзине возила са GPS уређаја су тачнији од брзинометра, пошто на њих не утичу исте нетачности, укључујући величину точка возила или преносни односи у систему преноса снаге. Међутим, они зависе од квалитета сигнала GPS сателита, али коришћењем осредњавања при прорачунима, грешке су минимализоване.

Брзиномери возила захтевају калибрацију да би се одржала савршена тачност, пошто, у општем случају, хабање и цепање пнеуматика, промена величине точкова и произвођачка „грешка на страни опреза“ и подешавање брзиномера да показује веће вредности од реалне брзине, доприносе нетачностима у приказивању брзине кретања возила.

4. МЕТОДОЛОГИЈА ИСТОВРЕМЕНОГ МЕРЕЊА БРЗИНЕ КРЕТАЊА ВОЗИЛА КОРИШЋЕЊЕМ БРЗИНОМЕРА И GPS УРЕЂАЈА

4.1 Предмет мерења

Неприлагођена брзина кретања возила је чест узрочник појаве судара на путевима. Зато је брзина кретања возила важан фактор безбедности саобраћаја и често се контролише од стране саобраћајне полиције. Из безбедносних разлога, брзина кретања коју приказује брзиномер возила није једнака реалној брзини возила – брзиномер увек показује већу брзину кретања од реалне. Овај технички захтев је последица задовољења одговарајућих прописа у вези брзиномера, које произвођачи морају да поштују при изради возила (75/443 ЕЕС, ЕСЕ R39).

Понекад се грешке возача настале из непознавања принципа мерења брзине на возилу могу одразити на нетачна читавања брзине. Честу грешку чине возачи, који због „улепшавања“ возила, на возило постављају пнеуматике који нису прописани од стране произвођача за ту врсту возила.

Имајући у виду значај мерења брзине кретања возила са аспекта испитивања понашања возила на путу, као и познавања тачних информација о кретању возила са аспекта поштовања законских ограничења и глобалне безбедности саобраћаја, предмет мерења у овде спроведеним испитивањима је брзина кретања путничких возила. У раду је приказан упоредни приказ мерења брзине возила помоћу брзиномера и GPS уређаја, слика 24, усвојеног као условно тачног уређаја за мерење брзине кретања возила. Такође, испитивање је обухватило и истраживање утицаја пречника пнеуматика на тачност читавања брзиномера.



Слика 24. Истовремено мерење брзине кретања помоћу брзиномера и GPS уређаја

Добијени резултати ће послужити за поређење добијених резултата мерења брзине помоћу двапоменута уређаја, одређивање тачности показивања брзиномера и поређење снимљених очитавања брзине кретања са одговарајућим прописима из ове области.

4.2. Мерне величине и начин њиховог мерења

Једнина мерна величина која је мерена у оквиру експерименталног дела рада је брзина кретања возила. Брзина је мерена помоћу фабрички инсталираних брзиномера на три различита модела возила (Fiat Punto, Fiat Panda, Renault Clio), слика 25, и GPS уређаја марке „Prestigio“, слика 26.



Слика 25. Фабрички инсталирани брзиномери на возилима:
а) Fiat Punto б) Fiat Panda и в) Renault Clio

Треба напоменути да фабрички инсталирани брзиномери на сва три модела возила нису ниједном баждарени после стављања возила у употребу, што може утицати на тачност очитаних вредности брзине.



Слика 26. GPS Prestigio инсталиран на возилу

Приказане вредности брзине кретања брзиномеру и GPS уређају су истовремено снимљене помоћу камере марке “Canon”.

4.3 Начин уградње мерних инструмената

Предметно испитивање није захтевало формирање посебне опитне инсталације. У испитивању су, као мерни уређаји за мерење брзине кретања возила, коришћени фабрички уграђени брзиномери и GPS уређај марке „Prestigio“.

Како би GPS уређај могао правилно функционисати, потребно је да буде на адекватан начин инсталиран у возилу. Потребно је уређај поставити на видно место негде на ветробранском стаклу, тако да екран пријемника не омета возача у саобраћају. Обично поставља на средини ветробранског стакла, у доњем делу. Уређај мора поседовати батерију како би се олакшало напајање. У случају истрошености батерије треба користити прикључак уређаја за напајање тако да се омогући безбедно и брзо пуњење.

4.4 Режим рада – услови под којима се обављају испитивања

Услови под којима се врше мерења брзине кретања возила су битни јер утичу на тачност и упоредивост добијених резултата. То су, пре свега:

- услови оптерећења возила (пуно, празно),
- временски услови,
- облик мерне деонице,
- употребљени пнеуматици,
- брзина кретања возила (константна брзина, вредности брзине).

Потребни услови у вези оптерећења возила нису строго дефинисани, тако да је возило током испитивања било оптерећено масом возача и масом још једног лица – оператора, поред возача.

Снимање брзине је обављено у поподневним сатима (18-20 h), када је саобраћај на мерној деоници смањеног интензитета. Услови смањеног интензитета саобраћаја неопходни како би се успоставиле и измериле све планиране брзине кретања возила. Временски услови морају бити такви да не ометају одвијање испитивања, што значи да не треба бити појачаног интензитета ветра, кише или других падавина. Видљивост треба да буде на добром нивоу, како би се експеримент обавио, уз максималну безбедност.

Испитивања су обављена на делу магистралног пута М 24, деоница Баточина – Крагујевац, на деоници која садржи правац дужине најмање 5 km (Крагујевац - Никшић) у једном смеру. Снимање обухвата део магистралног пута са дозвољеним претицањем, како би се саобраћај нормално одвијао.

Брзина се мери код три модела возила (Fiat Punto, Fiat Panda, Renault Clio) која користе пнеуматике прописане за ту врсту и категорију возила од стране произвођача. Поред тога, за модел возила Renault Clio, извршено је мерење брзине возила и са нестандардним пнеуматичима.

Задате брзине кретања возила при којима ће бити упоређена показивања два уређаја сведене су на брзине које карактеришу ограничења брзине кретања возила у саобраћају на путевима у Србији [2].

Брзине, чије је упоредно мерење извршено уз помоћ брзиномера и GPS уређаја на возилима са оригиналним пнеуматичима су следеће:

- *Fiat Punto* - 50 km/h, 60 km/h, 80 km/h, 100km/h, 120 km/h;
- *Fiat Panda* - 50 km/h, 60 km/h, 80km/h, 100 km/h, 120 km/h;
- *Renault Clio 2* - 50km/h, 60 km/h, 80km/h, 100 km/h, 120 km/h.

Од возача је захтевано да достигне тражене брзине кретања и задржи вредности константним све док се не обави истовремено снимање приказаних брзина кретања на брзиномеру и GPS уређају.

4.5. Поступак рада

Начин кретања возила током експеримента је такав да омогући снимање вредности брзине возила у тренутку када достигне вредност неког од законских ограничења брзине кретања возила. Возило се убрзава неке од задатих брзина (од 50 kmh^{-1} до 120 kmh^{-1}) и задржава на свим задатим вредностима брзине како би се камером забележила вредност одступања брзине коју приказују GPS уређај и брзиномер, слика 27.



Слика 27. Приказ поређења приказа брзине кретања возила на GPS уређају и брзиномеру

Како се снимање обавља на више возила, исти поступак се понавља на сваком возилу (исти режими рада, задржавања на задатој константној брзини кретања).

Брзина се снима на брзиномеру и GPS уређају истовремено, камером, и упоређује. То поређење се касније преноси у документацију о спроведеном снимању и користи у обради података.

4.6 Начин приказивања резултата мерења

Планирано је да се резултати истовременог мерења брзине кретања возила уз помоћ брзиномера возила и GPS уређаја прикажу на следећи начин:

- на снимцима које је забележила камера у току вожње,
- табеларно и
- дијаграмски,

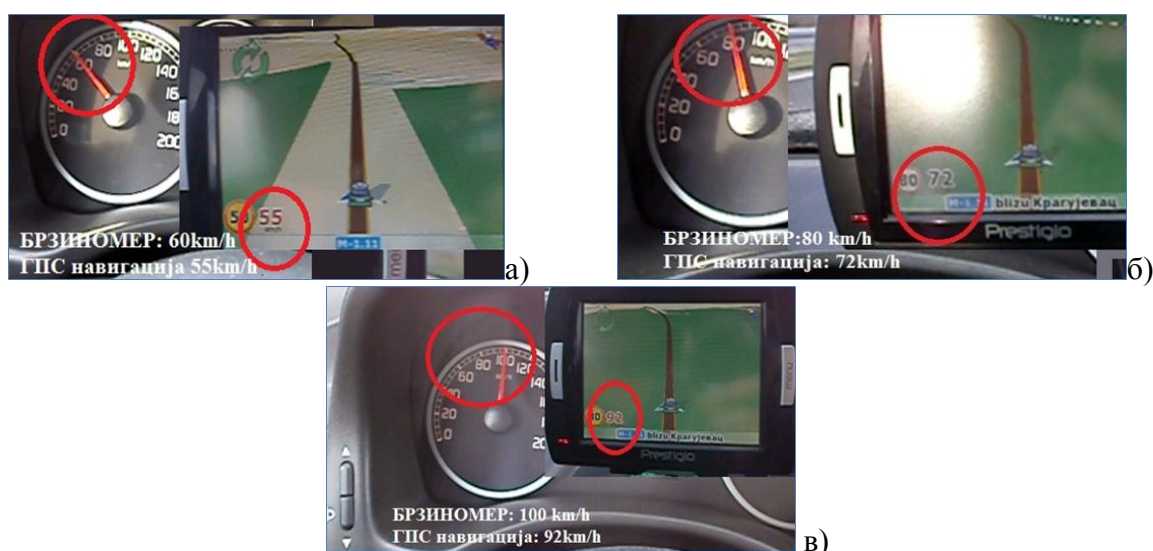
а све у циљу приказа упоредних вредности и лакше обраде и анализе података.

5. ПРИКАЗ И АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА МЕРЕЊА

5.1 Приказ резултата мерење брзине кретања возила Fiat Punto

Први аутомобил на коме је спроведено мерење разлике показивања брзине кретања брзиномеру и на GPS уређају је аутомобил марке **Fiat Punto**. При снимању брзине кретања, коришћени су оригинални пнеуматици димензија 165/70 R14, односно фабрички прописане мере за ово возило.

На слици 28 приказани су снимци вредности брзина кретања које истовремено показују брзиномер и GPS уређај при показивању брзиномера од: 60 kmh⁻¹, слика 28 а), 80 kmh⁻¹, слика 28 б), и 100 kmh⁻¹, слика 28 в).



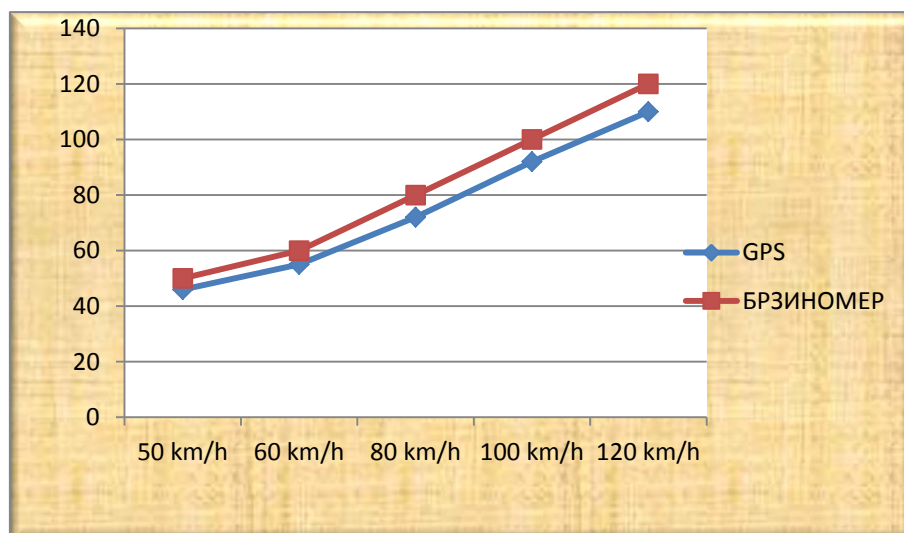
Слика 28. Снимци истовременог показивања брзине кретања на брзиномеру и на GPS уређаја возила FiatPunto, при показивању брзиномера од:
а) 60 kmh⁻¹, б) 80 kmh⁻¹ и в) 100 kmh⁻¹

У табели 5 су приказани систематизовани резултати мерења константне брзине кретања возила FiatPunto.

Табела 5. Резултати мерења брзине кретања возила FiatPunto

Показивање брзиномера	50 kmh ⁻¹	60 kmh ⁻¹	80 kmh ⁻¹	100 kmh ⁻¹	120 kmh ⁻¹
Показивање GPS уређаја	46 kmh ⁻¹	55 kmh ⁻¹	72 kmh ⁻¹	92 kmh ⁻¹	110 kmh ⁻¹

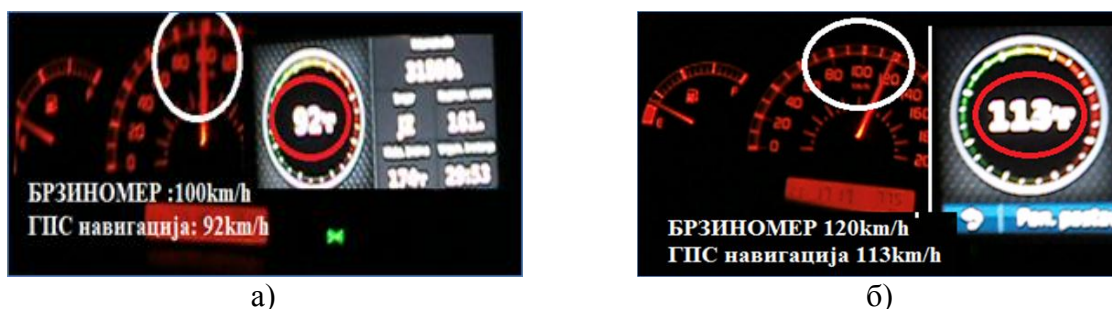
Резултати истовременог мерења брзине кретања возила FiatPuntoпомоћу брзиномера и GPS уређаја приказани су дијаграмски на слици 29.



Слика 29. Упоредни приказ резултата мерења брзине кретања возила *Fiat Punto* помоћу брзиномера и GPS уређаја

5.2 Приказ резултата мерење брзине кретања возила *Fiat Panda*

При мерењу брзине кретања возила *Fiat Panda*, на возилу су коришћени пнеуматици прописани од стране произвођача за овај модел возила, димензија 175/65 R15. Сprovedена су мерења брзине кретања на поменутом модела возила према усвојеним режимима испитивања, док су на слици 30 приказани снимци мерења брзине кретања на овом возилу, за показивања брзиномера од 100 kmh⁻¹ и 120 kmh⁻¹.



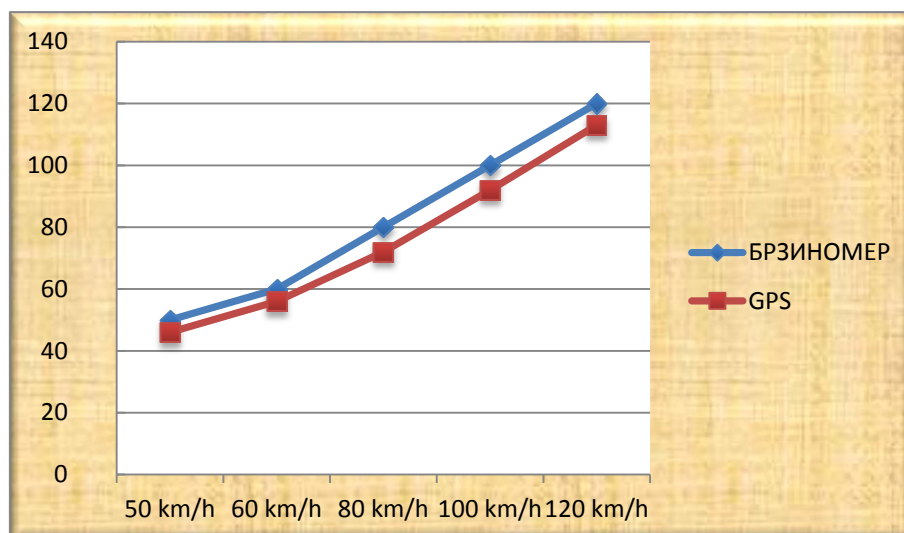
Слика 30. Снимци истовременог показивања брзине кретања на брзиномеру и на GPS уређаја возила *Fiat Panda*, при показивању брзиномера од: а) 100 kmh⁻¹ и б) 120 kmh⁻¹

У табели 6 су приказани систематизовани резултати мерења константне брзине кретања возила *Fiat Panda*.

Табела 6. Резултати мерења брзине кретања возила *Fiat Panda*

Показивање брзиномера	50 kmh ⁻¹	60 kmh ⁻¹	80 kmh ⁻¹	100 kmh ⁻¹	120 kmh ⁻¹
Показивање GPS уређаја	46 kmh ⁻¹	56 kmh ⁻¹	72 kmh ⁻¹	92 kmh ⁻¹	113 kmh ⁻¹

На слици 31, дијаграмски су приказани резултати истовременог мерења брзине кретања возила *Fiat Panda* помоћу брзиномера и GPS уређаја.

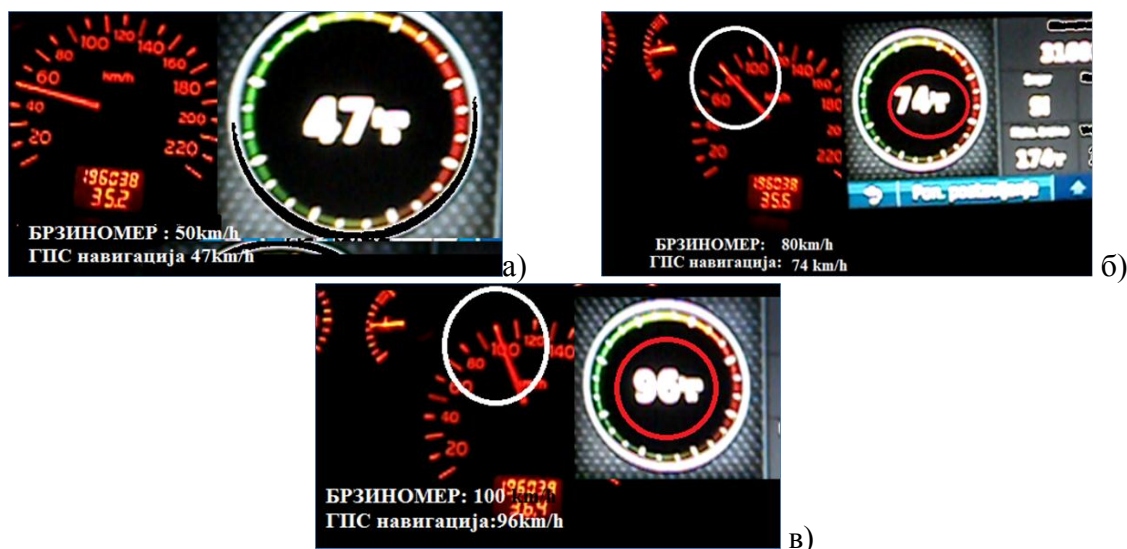


Слика 31. Упоредни приказ резултата мерења брзине кретања возила Fiat Panda помоћу брзиномера и GPS уређаја

5.3 Приказ резултата мерење брзине кретања возила Renault Clio 2 са фабрички уграђеним пнеуматичима 175/65 R14

Треће возило на коме су извршена мерења брзине кретања уз помоћ брзиномера и GPS, је возило **Renault Clio 2**. У овом случају, при мерењима су коришћени оригинални фабрички пнеуматичи, димензије 175/65 R14.

На слици 32 су приказани снимци мерења брзине кретања на овом возилу, за показивања брзиномера од: 50 kmh⁻¹, 80 kmh⁻¹ и 100 kmh⁻¹.



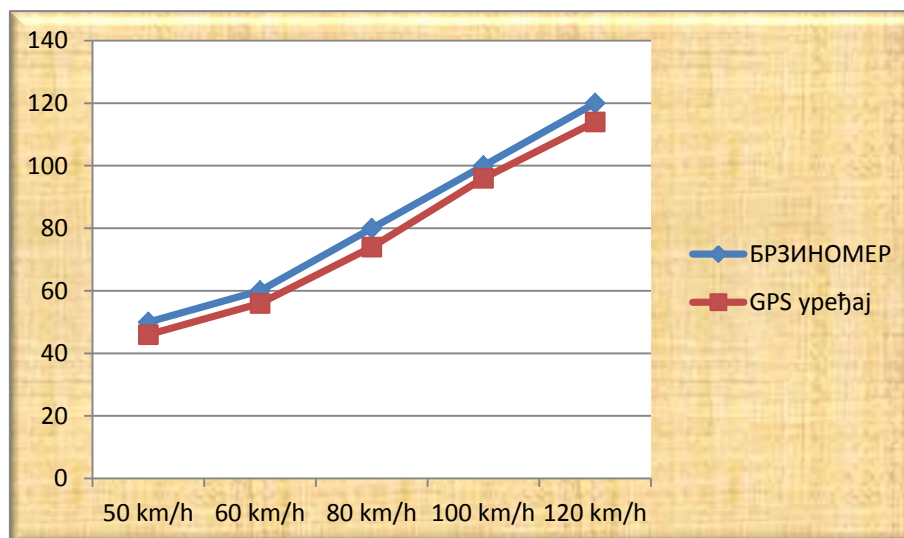
Слика 32. Снимци истовременог показивања брзине кретања на брзиномеру и на GPS уређаја возила RenaultClio 2, при показивању брзиномера од:
а) 50 kmh⁻¹, б) 80 kmh⁻¹ и в) 100 kmh⁻¹

У табели 7 су приказани систематизовани резултати мерења константне брзине кретања возила *Renault Clio 2*.

Табела 7. Резултати мерења брзине кретања возила *RenaultClio 2*

Показивање брзиномера	50 kmh ⁻¹	60 kmh ⁻¹	80 kmh ⁻¹	100 kmh ⁻¹	120 kmh ⁻¹
Показивање GPS уређаја	46 kmh ⁻¹	56 kmh ⁻¹	74 kmh ⁻¹	96 kmh ⁻¹	114 kmh ⁻¹

Резултати истовременог мерења брзине кретања возила *Renault Clio 2* помоћу брзиномера и GPS уређаја приказани су дијаграмски на слици 33.



Слика 33. Упоредни приказ резултата мерења брзине кретања возила *RenaultClio 2* помоћу брзиномера и GPS уређаја

5.4 Приказ резултата мерење брзине кретања возила *Renault Clio 2* са алтернативним пнеуматичима 195/65 R15

Замена оригиналних фабричких пнеуматика пнеуматичима већег пречника, као резултат има промену перформанси возила – повећање максималне брзине кретања возила. Алтернативни нископрофилни пнеуматичи се често примењују на возилу ради побољшања естетског изгледа возила као целине.

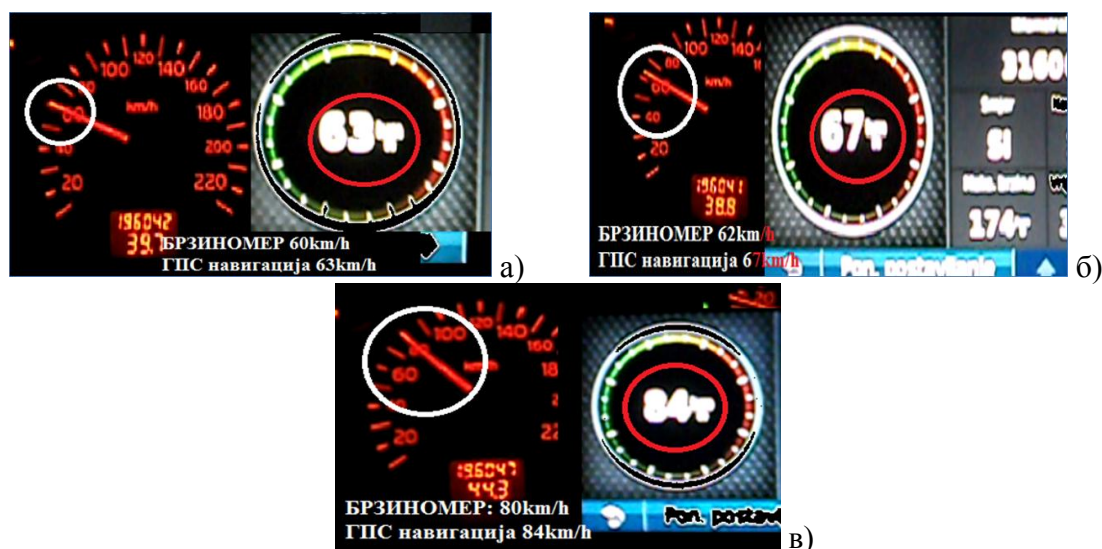
При испитивањима брзине кретања возила уз помоћ брзиномера и GPS уређаја на возилу *Renault Clio 2* обављена су испитивања са фабрички уграђеним пнеуматичима димензија 175/65 R14 и алтернативним пнеуматичима димензија 195/65 R15. На основу ознака пнеуматика, могу се уочити разлике у димензијама и кинематским карактеристикама, настале њиховим алтернативним коришћењем, табела 8.

Табела 8. Геометријске и кинематске карактеристике примењених пнеуматика

	Пнеуматик 175/65 R14	Пнеуматик 195/65 R15
Пречник, cm	58,31	63,45
Обим, cm	183,1	199,3
Број обртаја по km	545,8	501,6
Број обртаја у секунди при брзини 100 kmh ⁻¹	15,16	13,94

Види се да је разлика у пречнику оригиналне и алтернативне димензије пнеуматика око 5,14 cm или 8,81%. Правило при избору алтернативног пнеуматика је да димензије пнеуматика не одступају више од $\pm 3\%$, при чему треба бирати алтернативне истог или нешто мањег пречника. У овом случају су одабрани алтернативни пнеуматици повећаног пречника и било је интересантно утврдити утицај овакве замене пнеуматика на тачност читавања брзине на брзиномеру возила.

Мерења брзине кретања помоћу брзиномера и GPS уређаја на возилу *RenaultClio 2* са алтернативним пнеуматичима, обављена су при показивању брзиномера од : 60kmh⁻¹, 62kmh⁻¹, 80 kmh⁻¹, слика 34.



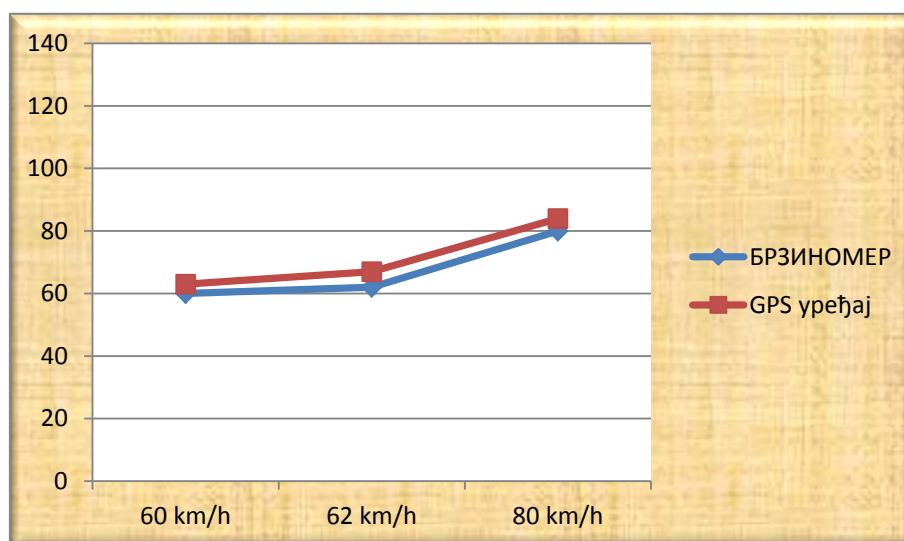
Слика 34. Снимци истовременог показивања брзине кретања на брзиномеру и на GPS уређаја возила *RenaultClio 2* са алтернативним пнеуматичима, при показивању брзиномера од: а) 60 kmh⁻¹, б) 62 kmh⁻¹ и в) 80 kmh⁻¹

У табели 9 су приказани систематизовани резултати мерења константне брзине кретања возила *Renault Clio 2* са алтернативним пнеуматичима.

Табела 9. Резултати мерења брзине кретања возила *Renault Clio 2* са алтернативним пнеуматичима

Показивање брзиномера	60 kmh ⁻¹	62 kmh ⁻¹	80 kmh ⁻¹
Показивање GPS уређаја	63 kmh ⁻¹	67 kmh ⁻¹	84 kmh ⁻¹
Процентуално „подбацивање“ показивања брзиномера	-4,76%	- 7,46%	-4,76%

Резултати истовременог мерења брзине кретања возила *RenaultClio 2* са алтернативним пнеуматичима, помоћу брзиномера и GPS уређаја приказани су дијаграмски на слици 35.



Слика 35. Упоредни приказ резултата мерења брзине кретања возила *Renault Clio 2* са алтернативним пнеуматичима помоћу брзиномера и GPS уређаја

Са слике 35 је очигледно да је замена фабричких пнеуматика алтернативним пнеуматичима већег пречника резултовала опасном појавом да брзиномер возила показује мању брзину кретања од реалне брзине кретања. На тај начин, долази до угрожавања безбедности кретања возила у саобраћају и могућности ненамерног прекорачења законски прописане максималне брзине кретања на датом делу пута. Очигледно је да је оваква замена пнеуматика нецелисходна и опасна са аспекта безбедности саобраћаја.

5.5 Анализа резултата истовременог мерења брзине кретања возила помоћу брзиномера и GPS уређаја

Претходно наведени резултати мерења брзине кретања различитих модела возила анализирани су табеларно, при чему су накнадно израчунате: процентуалне разлике у показивањима брзине кретања возила између брзиномера и GPS уређаја, вредности прекорачења у показивању брзине брзиномера, као и дозвољене вредности прекорачења брзине према европским прописима. Одговарајући резултати анализа дати су и дијаграмски.

У табели 10 приказани су резултати анализе резултата мерења брзине кретања возила *Fiat Punto*.

Табела 10. Анализа резултата истовременог мерења брзине кретања возила *FiatPunto* помоћу брзиномера и GPS уређаја

Показивање брзиномера	50 kmh ⁻¹	60 kmh ⁻¹	80 kmh ⁻¹	100 kmh ⁻¹	120 kmh ⁻¹
Показивање GPS уређаја	46 kmh ⁻¹	55 kmh ⁻¹	72 kmh ⁻¹	92 kmh ⁻¹	110 kmh ⁻¹
Процентуално одступање показивања брзиномера	8,7%	9,09%	11,11%	8,7%	9,09%
Одступање приказивања брзиномера	4 kmh ⁻¹	5 kmh ⁻¹	8 kmh ⁻¹	8kmh ⁻¹	9 kmh ⁻¹
Дозвољено прекорачење показивања брзиномера, $+\Delta v = 0,1 \times v + 4$	8,6 kmh ⁻¹	9,5 kmh ⁻¹	11,2 kmh ⁻¹	13,2 kmh ⁻¹	15 kmh ⁻¹
Дозвољено показивање брзиномера	54,6 kmh ⁻¹	64,5 kmh ⁻¹	83,2 kmh ⁻¹	105,2 kmh ⁻¹	125 kmh ⁻¹

Из табеле 10 је евидентно да, у опсегу брзина од 50 kmh⁻¹ до 120 kmh⁻¹, процентуална прекорачења у приказивању брзине возила од стране брзиномера износе од 8,7% до 11,11%. При томе, при свим измереним брзинама кретања возила, брзиномер возила *Fiat Punto* испуњава техничке услове предвиђене европским прописима (75/443 ЕЕС, ЕСЕ R39) за брзиномере.

Резултати анализе прекорачења приказивања брзине кретања од стране брзиномера возила *Fiat Panda* у односу на показивање GPS уређаја дати су у табели 11. Види се да, у опсегу брзина од 50 kmh⁻¹ до 120 kmh⁻¹, брзиномер показује процентуално прекорачење показивања брзине кретања у опсегу од 6,19% до 11,11%. И возило *Fiat Panda* задовољава техничке услове за брзиномер према европским прописима.

Табела 11. Анализа резултата истовременог мерења брзине кретања возила *Fiat Panda* помоћу брзиномера и GPS уређаја

Показивање брзиномера	50 kmh ⁻¹	60 kmh ⁻¹	80 kmh ⁻¹	100 kmh ⁻¹	120 kmh ⁻¹
Показивање GPS уређаја	46 kmh ⁻¹	56 kmh ⁻¹	72 kmh ⁻¹	92 kmh ⁻¹	113 kmh ⁻¹
Процентуално одступање показивања брзиномера	8,7%	7,14%	11,11%	8,7%	6,19%
Одступање приказивања брзиномера	4 kmh ⁻¹	4 kmh ⁻¹	8 kmh ⁻¹	8kmh ⁻¹	7 kmh ⁻¹
Дозвољено прекорачење показивања брзиномера, $+\Delta v = 0,1 \times v + 4$	8,6 kmh ⁻¹	9,6 kmh ⁻¹	11,2 kmh ⁻¹	13,2 kmh ⁻¹	15,5 kmh ⁻¹
Дозвољено показивање брзиномера	54,6 kmh ⁻¹	65,6 kmh ⁻¹	83,2 kmh ⁻¹	105,2 kmh ⁻¹	128,3 kmh ⁻¹

У табели 12, приказана је анализа измерених вредности брзина уз помоћ брзиномера и GPS уређаја, за возило *Renault Clio 2*.

Табела 12. Анализа резултата истовременог мерења брзине кретања возила *Renault Clio 2* помоћу брзиномера и GPS уређаја

Показивање брзиномера	50 kmh ⁻¹	60 kmh ⁻¹	80 kmh ⁻¹	100 kmh ⁻¹	120 kmh ⁻¹
Показивање GPS уређаја	46 kmh ⁻¹	56 kmh ⁻¹	74 kmh ⁻¹	96 kmh ⁻¹	114 kmh ⁻¹
Процентуално одступање показивања брзиномера	8,7%	7,14%	8,11 %	4,17%	5,26%
Одступање приказивања брзиномера	4 kmh ⁻¹	6 kmh ⁻¹	6 kmh ⁻¹	4kmh ⁻¹	6 kmh ⁻¹
Дозвољено прекорачење показивања брзиномера, $+\Delta v = 0,1 \times v + 4$	8,6 kmh ⁻¹	9,6 kmh ⁻¹	11,4 kmh ⁻¹	13,6 kmh ⁻¹	15,4 kmh ⁻¹
Дозвољено показивање брзиномера	54,6 kmh ⁻¹	65,6 kmh ⁻¹	85,4 kmh ⁻¹	109,6 kmh ⁻¹	129,4 kmh ⁻¹

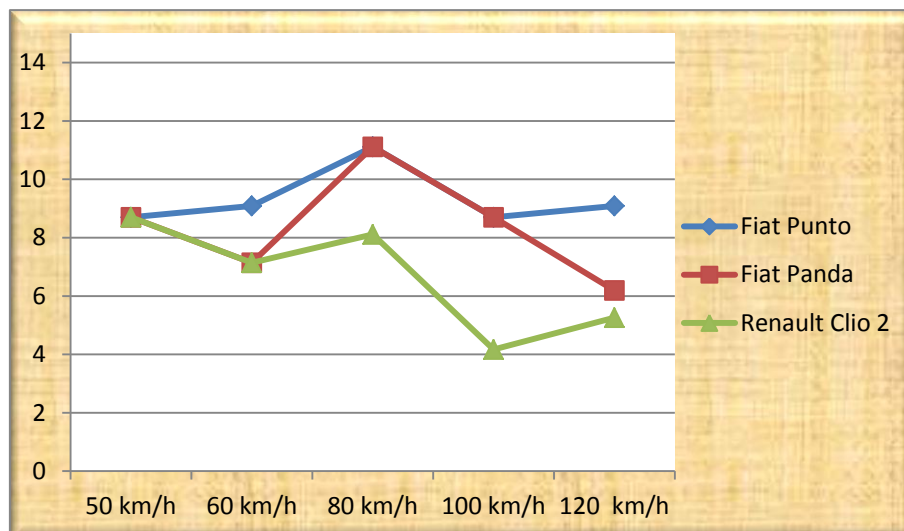
Из табеле 12 је евидентно да, у опсегу брзина од 50 kmh⁻¹ до 120 kmh⁻¹, процентуална прекорачења у приказивању брзине возила од стране брзиномера возила *Renault Clio 2* износе од 4,17% до 8,7%, што су најнижа одступања у мерењу брзине међу брзиномерима свих испитиваних возила. При томе, при свим измереним брзинама кретања возила, брзиномер возила *Renault Clio 2* испуњава техничке услове предвиђене европским прописима за брзиномере.

Поредбена анализа процентуалних одступања при мерењу брзине возила помоћу одговарајућих брзиномера и GPS уређаја, приказана је у табели 13.

Табела 13. Упоредна анализа процентуалног одступања приказане брзине возила од стране брзиномера у односу на тачну вредност брзине за све типове возила

Брзина коју приказује брзиномер возила	50 km/h	60 km/h	80 km/h	100 km/h	120 km/h
Проценат прекорачења показивања брзине код возила <i>FiatPunto</i>	8,7%	9,09%	11,11%	8,7%	9,09%
Проценат прекорачења показивања брзине код возила <i>Fiat Panda</i>	8,7%	7,14%	11,11%	8,7%	6,19%
Проценат прекорачења показивања брзине код возила <i>RenaultClio 2</i>	8,7%	7,14%	8,11%	4,17%	5,26%

Графички приказ одступања показивања брзиномера сва три испитивана возила приказан је на слици 36. Са дијаграма са слике 36 је очигледно да најмања одступања приказивања брзине кретања показује брзиномер возила *Renault Clio 2*, док највећа одступања показује брзиномер возила *Fiat Punto*. Међутим, сви испитивани брзиномири су показали одступања која су у складу са захтевима европских прописа.



Слика 36. Графички приказ процентуалног одступања показивања брзине кретања возила од стране брзиномера за све испитиване типове возила

ЗАКЉУЧАК

Редовно контролисање брзине кретања возила у саобраћају може утицати на повећање безбедности, продуктивности и ефикасности саобраћаја. У том смислу, од изузетне је важности да возачи у сваком тренутку имају информацију о тренутној брзини кретања возила, које добијају преко брзиномера возила. Законски прописи захтевају да брзиномери возила показују брзину већу од стварне брзине кретања возила.

Ограничења брзине кретања возила у појединим условима пута прописује „Закон о безбедности саобраћаја на путевима“, а проблематиком мерила која се користе за контролу брзине кретања возила бави се „Правилник о мерилима за мерење брзине возила у саобраћају“.

Пошто је брзина кретања возила и основна мерна величина при свим путним испитивањима возила, развијене су различите контактне и бесконтактне методе мерења брзине кретања. Бесконтактне методе су новијег датума и обухватају прмену: радара, ласера, корелационо-оптичке методе, микроталасних сензора и сензорских мерила и две методе посредног мерења – помоћу давача угаоне брзине и давача убрзања.

Бесконтактно мерење пута и брзине без утицаја клизања има и неке недостатке. Оптички сензори су осетљиви на прљавштину и влагу, које се јављају при теренским испитивањима. Осим тога, корелационо-оптички и акустички сензори имају заједнички недостатак: температура околине утиче на мерне резултате уколико се електронски не компензује

Из безбедносних разлога, брзина кретања коју приказује брзиномер возила није једнака реалној брзини возила – брзиномер увек показује већу брзину кретања од реалне. Овај технички захтев је последица задовољења одговарајућих прописа у вези брзиномера, које произвођачи морају да поштују при изради возила.

Данас су у употреби две врсте брзиномера на возилима: механички и електронски. Код механичких брзиномера, брзина кретања возила се одређује помоћу мерења угаоне брзине, преко система зупчаника и кабла, док електронски брзиномер прима податке са давача брзине возила, а не са кабла. Важно је нагласити да, ако се промени пречник пнеуматика уграђивањем на возило пнеуматика који није фабрички прописаног преника, показивање брзине на брзиномеру неће бити тачно. Европски прописи (75/443 ЕЕС, ЕСЕ R39) предвиђају процедуре провере тачности показивања брзиномера при хомологацији.

У техници испитивања брзине кретања возила може се користити и технологија GPS система. GPS уређај је позициони брзиномер, заснован на информацији колико се уређај померио од претходног мерења. На основу основних информација о времену и

положају, GPS уређај може брзо да израчуна релативну брзину објекта на основу тога колики је пут пређен у датом времену.

За потребе мастер рада развијена је релативно једноставна методологија истовременог мерења брзине кретања возила коришћењем брзиномера и GPS уређаја, усвојеног као условно тачног уређаја за мерење брзине кретања возила. Брзина је мерена помоћу фабрички инсталираних брзиномера на три различита модела возила (Fiat Punto, Fiat Panda, Renault Clio 2) и GPS уређаја марке „Prestigio“. Брзина се снима на брзиномеру и GPS уређају истовремено, камером, и упоређује. То поређење се касније преноси у документацију о спроведеном снимању и користи у обради података.

Обрада резултата упоредног мерења брзине кретања три модела возила коришћењем уграђених брзиномера и GPS уређаја, показала је да, код сва три поменута модела возила, брзиномери показују веће вредности брзине од GPS уређаја, у случају када су возила опремљена фабричким пнеуматичима. Међутим, када су на возилу Renault Clio 2 оригинални пнеуматици замењени нестандартним пнеуматичима за тај модел возила, брзиномер је показивао мању брзину кретања од стварне. То је потенцијално опасна ситуација у смислу безбедности саобраћаја и кршења законских ограничења брзине возила.

У опсегу брзина од 50 kmh^{-1} до 120 kmh^{-1} , процентуална прекорачења показивања брзиномера за поједине моделе возила износила су:

- код возила *Fiat Punto* - од 8,7% до 11,11%,
- код возила *Fiat Panda* – од 6,19% до 11,11% и
- код возила *Renault Clio 2* – од 4,17% до 8,7%.

Поредбена анализа процентуалних одступања при мерењу брзине возила помоћу одговарајућих брзиномера и GPS уређаја показала је да најмање процентуално одступање показивања брзиномера јавља се на возилу *Renault Clio 2*, а највеће на возилу *Fiat Punto*.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Радуловић, О., Нађ, Т.: „Безбедност саобраћаја“, Саобраћајни факултет у Београду, Београд, 2001.
- [2] „Службени гласник РС”, бр. 41/2009, 53/2010, 101/2011, 32/2013 - одлука УС и 55/2014, „Закон о безбедности саобраћаја на путевима”, 2014.
- [3] „Службени гласник РС“, бр. 119/2014: „Правилник о мерилима брзине возила у саобраћају”, 2014.
- [4] Милорадовић, Д., Радоњић, Р., Тарановић, Д.: „Испитивање моторних возила и мотора 2“, Скрипта у електронском облику, Факултет инжењерских наука, 2015.
- [5] Pegasem Messtechnik GmbH: “PEGASEM Wheel - 5th-Wheel for Vehicle Testing - Datasheet”, Pegasem Messtechnik GmbH, 2005.
- [6] МУП - Управа саобраћајне полиције, „Контрола саобраћаја радарским уређајима“, [Online] 2009. [Пристапљено јуна 2015.] [http://prezentacije.mup.gov.rs/usp/Radarska%20kontrola%20saobracaja/Radarska%20kontrola%20saobracaja.html](http:// prezentacije.mup.gov.rs/usp/Radarska%20kontrola%20saobracaja/Radarska%20kontrola%20saobracaja.html)
- [7] Kustom Signals Inc: “ProLaser III - The Benchmark in Laser Speed Enforcement”, [Пристапљено јуна 2015.] http://kustomsignals.com/products/product/pro_laser_iii
- [8] Crolla, D. A.: “Automotive Engineering - Powertrain, Chassis System and Vehicle Body”, Butterworth-Heinemann, 2009.
- [9] UN/ECE: “ECE R39 - Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the speedometer equipment including its installation”, Revision 1 – Corrigendum 1, United Nations, 2011.
- [10] Шобић, С. Ј.: „Примена GPS-а у аутоматском лоцирању возила“, Дипломски рад, Саобраћајни факултет у Београду, Београд, 2002.
- [11] Милутиновић, Н., Милићевић, В.: „Интелигентни системи у саобраћају“, Скрипта, Висока техничка школа струковних студија, Крагујевац, 2008.

- [12] Ранчић, Д., Стоименов, Л., Стојановић, Д., Ђорђевић, С.: „Примена GIS и GPS технологије у контроли јавног градског превоза”, INFOTEN-JAHORINA, Vol. 6, р.р. 379-383, 2007.
- [13] Божовић, М.: „Примена GPRS-а и GPS-а у интегралним транспортним системима“, Дипломски рад, Саобраћајни факултет у Београду, Београд, 2001.