

**АНАЛИЗА ПОСТОЈЕЋЕГ СТАЊА ДРЖАВНОГ ПУТА IA-3 РЕДА, ДЕОНИЦА:  
ПЕТЉА СРЕМСКА МИТРОВИЦА – ПЕТЉА РУМА ОД КМ 43+563 ДО КМ 57+313****ANALYSIS OF THE EXISTING CONDITION OF THE STATE ROAD IA-3 ORDER,  
SECTION: INTERCHANGE SREMSKA MITROVICA - INTERCHANGE RUMA FROM  
KM 43+563 TO KM 57+313**

Јована Петровић, Факултет техничких наука, Нови Сад

**Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО**

**Кратак садржај** – Теоретски треба објаснити шта су дефлекције и приказати уређаје и начин на који оне могу да се измере. Након детаљног објашњења и приказа теоретских основа, треба их применити на практичан пример, који је у овом случају државни пут IA-3 реда деоница: петља Сремска Митровица – петља Рума од км 43+563 до км 57+313,  $L=13,750$  км.

**Кључне речи:** Дефлекција коловоза, Хомогени потез, Бенкелманова греда, Дефлектометар са падајућим теретом

**Abstract** – The theoretical explanation of what deflections are should be given, and the instruments and methods with which they can be measured should be shown. After a detailed explanation and presentation of the theoretical bases, they should be applied on a practical example, which in this case is the state road IA-3 order of sections: interchange Sremska Mitrovica - interchange Ruma from km 43 + 563 to km 57 + 313,  $L=13,750$  km.

**Keywords:** Road deflection, Homogenous section, Benkelman beam, Falling weight deflectometer

**1. УВОД**

Дефлекција коловоза или угиб представља слегање саобраћајне површине под одређеним оптерећењем. Прихваћени поступци за мерење угиба постојећих коловозних конструкција заснивају се на статичком или динамичком оптерећењу мерног места.

Основни поступци мерења угиба површине коловозне конструкције се изводе помоћу:

- Бенкелманове греде (под статичким оптерећењем)
- Дефлектометра са падајућим теретом (FWD) (под динамичким оптерећењем)
- Дефлектографа (под покретним оптерећењем)

За посебне намене и под посебним условима, угиб површине коловозне конструкције је могуће одредити и употребом другог поступка, нпр. помоћу оптичког дефлектометра, мерне сонде (која се уграђује у коловозну конструкцију), вибратора (за мерење амплитуде осцилације), итд.

**НАПОМЕНА:**

Овај рад је проистекао из мастер рада чији ментор је био доц. др Милош Шешлија.

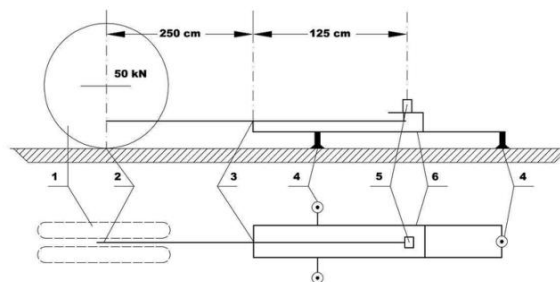
Различита оптерећења која су одређена за горе наведене основне поступке мерења имају за резултат различите вредности угиба, које нису међусобно директно упоредиве [1].

**1.1. Греде за мерење дефлексија**

Ова група уређаја подразумева приступе мерењу дефлексија коловоза под кретањем оптерећеног тачка, углавном се везује за Бенкелманову греду и дефлектографе.

Бенкелманова греда је механички мерни уређај који преноси вертикалне покрете (угиб) површине коловозне конструкције на мерни сат. Састоји се од следећих компоненти који су приказани на слици 1:

- преносног или покретног држача са три ослонаца (висину ослонаца је могуће прилагођавати)
- вертикалног покретног крака сензора који је могуће блокирати
- мерног сата (пречника 100 mm), опсега мерења од 30 mm, са поделом скале од 0,01 mm
- вибратора који је могуће подесити у циљу уклањања трења крака сензора као и трења на месту мерног сата



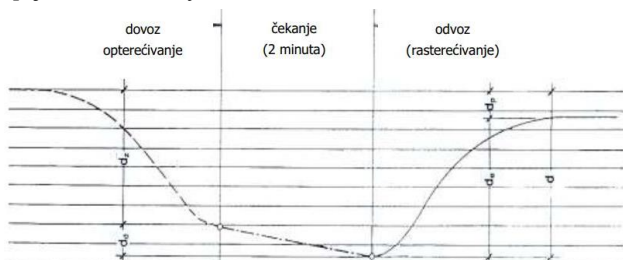
Слика 1. Бенкелманова греда [1]

**Легенда:**

- 1- положај тачка
- 2- врх крака сензора
- 3- потпорна шарка
- 4- подесиви ослонац
- 5- мерни сат
- 6- држач

Бенкелманова греда омогућава мерење укупног, тј. еластичног и пластичног угиба површине коловозне конструкције (методом „при долазећем оптерећењу”), и само еластичног угиба (методом „при одлазећем оптерећењу”), за који се углавном сматра да одређује стварно стање коловозне конструкције.

Приликом мерења угиба, у складу са методом „при долазећем оптерећењу”, возило мора да се креће уназад брзином од 0,5 m/s и стаје тако да задња осовина буде тачно изнад игле Бенкелманове греде, чека се 2 минута да се обави додатно слегање и потом возило одлази брзином од око 0,5 m/s. Поступак мерења је шематски приказан на слици. 2 где је са  $d$  означен укупан угиб на одређеном мерном месту,  $dz$  је почетни угиб под оптерећењем,  $dd$  додатни угиб за време чекања под оптерећењем,  $de$  еластични угиб и  $dp$  је пластични угиб.



Слика 2. Поступак мерења Бенкелмановом гредом [1]

Максимални угиб се бележи при одласку тестног возила. Уређај је лак за коришћење, али спор и не тако прецизан као дефлектометар са падајућим теретом.

Дефлектографи су мобилне верзије Бенкелманове греде. Две греде се поставе иза задњег дела тешког камиона и специјални механизам поставља греде на подлогу и помера их напред након што се свако мерење заврши [2], слика 3.



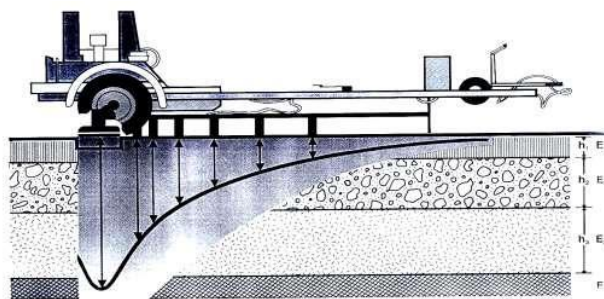
Слика 3. Бенкелманова греда [1]

## 1.2. Дефлектометар са падајућим теретом (FWD)

Дефлектометар са падајућим теретом је уређај са динамичким деловањем који наносе оптерећења са фреквенцијом и интензитетом који су веома слични оптерећењу тешког саобраћаја. Начин мерења угиба површине коловозне конструкције заснива се на динамичком оптерећењу кружне плоче падајућим тегом. Дефлектометар се састоји од тега (масе 150 kg за путеве и 400+250 kg за аеродромске писте) који вертикално пада са висине од 0,04 до 0,4 m на плочу (пречника 300-450 mm) спрегнуту са опругом. Максимална сила варира од 15 до 150 kN и мења се уз помоћ:

- промене масе тега
- промене константе опруге
- промене висине пада

Трајање и сила оптерећења треба да буду исти као у случају оптерећења помоћу точкава возила. Мерење угиба помоћу дефлектометра треба углавном изводити у средини кружне плоче, као и на шест места у опсегу носећег оквира мерне справе. Сензори или геофони се користе да мере дефлексије у неколико тачака од највећег угиба, слика 4.



Слика 4. Принцип рада дефлектометра са падајућим теретом [2]

Целокупан поступак мерења угиба површине коловозне конструкције помоћу дефлектометра са падајућим тегом треба да буде контролисан електронским путем, преко рачунара. Сви подаци добијени мерењем, чија тачност се проверава у складу са посебним програмом морају да буду сачувани у рачунару.

На основу резултата добијених мерењем угиба површине коловозне конструкције помоћу дефлектометра са падајућим тегом, могуће је одредити следеће:

- меродаван угиб
- динамичке модуле еластичности материјала слојева коловозне конструкције
- преостали век трајања коловозне конструкције
- евентуално потребно ојачање коловозне конструкције

Ови уређаји имају различите системе наношења оптерећења који могу бити вибрације или статички удари. Можемо их поделити у три подгрупе:

- традиционални дефлектометар са падајућим теретом (FWD),
- дефлектометар са лаким теретом
- дефлектометар са тешким теретом (HWD)

Оперативно ова метода има неколико предности у односу на греде за мерење дефлексија као што су:

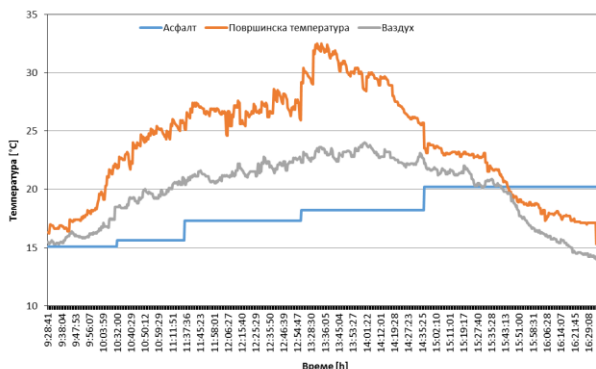
- већа прецизност
- већа брзина мерења.

Недостатак ове технике је потреба обучених радника за калибрацију ових инструмената и анализу излазних података [2].

## 2. ПРИКАЗ РЕЗУЛТАТА И ХОМОГЕНИХ ПОТЕЗА

Дефлексије коловоза мерене су дефлектометром са падајућим теретом FWD DYNATEST (FWD 8002-219) Приликом мерења коришћена је динамичка сила од 100 kN која се преноси на коловоз преко кружне плоче пречника Ø300 mm. Угиби су мерени геофонима постављеним у центру кружне плоче и на одстојањима од 300, 600, 900, 1200, 1500 и 1800 mm од центра кружне плоче. Дефлексије површине коловоза мерене су у возној и претицајној траци десног полупрофила. Растојање између суседних мерења износило је 50 m.

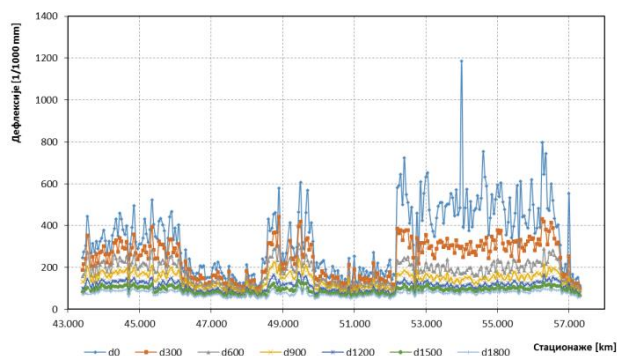
Мерење дефлексија на возној траци је вршено 05.04.2019. године у периоду од 09:28 до 16:34. Температура ваздуха у време мерења износила је  $t_v=14-24$  °C. Температура асфалта у време мерења износила је  $t_a=15,1-20,2$  °C (на дубини од око 10 cm мерено од површине коловоза), слика 5.



Слика 5. Забележене температуре возне траке током времена приликом мерења носивости у асфалтним слојевима

## 2.1. Резултати мерења дефлексија коловоза на возној траци левог полупрофила

Резултати забележени током мерења дефлексија коловоза на возној траци на свим сензорима, односно геофонима, приказани су на слици 6 и табели 1.



Слика 6. Забележене вредности дефлексија на свим геофонима у возној траци

Табела 1. Хомогени потези издвојени на основу анализе дефлексија – возна трака левог полупрофила

Стационажа од [km]	Стационажа до [km]	Дужина [m]	$d_{0,85}$	$d_0-d_{300,85}$	$BDI_{85}$	$d_{0,avg}$	$d_0-d_{300,avg}$	$BDI_{avg}$
43+408	44+200	792	316	68	58	292	64	52
44+200	46+150	1950	404	120	91	346	85	67
46+150	47+400	1250	199	53	31	173	38	23
47+400	48+400	1000	154	29	21	129	22	12
48+400	49+850	1450	431	115	82	338	79	61
49+850	52+150	2300	210	52	30	167	37	21
52+150	53+100	950	595	280	141	472	185	108
53+100	53+950	850	494	220	125	445	172	107
53+950	56+750	2800	575	258	139	479	187	108
56+750	57+313	563	198	42	25	188	52	20

На сликама 7 и 8 приказани су дијаграми са резултатима мерених дефлексија коловоза  $d_0$  и дијаграм кумулативних разлика.

На слици 9 дата је структура коловозне конструкције на основу дефинисаних хомогених потеза.

Приметно је да има четири различита типа коловозне конструкције које се налазе на дефинисаној деоници.



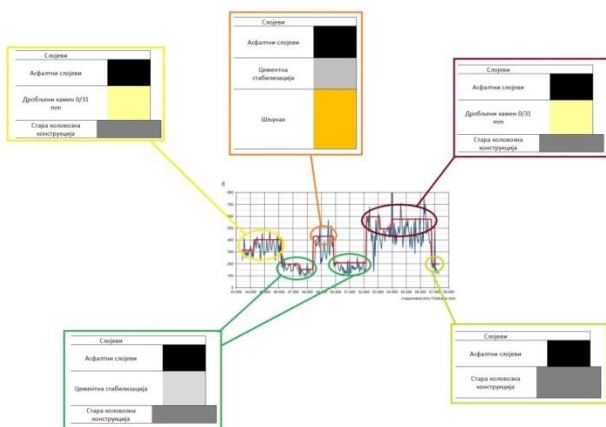
Слика 7. Дијаграм дефлексија  $d_0$ /возна трака левог полупрофила



Слика 8. Дијаграм кумулативних разлика дефлексија  $d_0$ /возна трака левог полупрофила

## 2.1. Хомогени потези за возну траку

Издвојени су следећи хомогени потези за које су приказани параметри: (1) дефлексије  $d_0$ , (2) Surface Curvature Index ( $d_0-d_{300}$ ) и (3)  $BDI$ , 85%-не вредности као и средње вредности.



Слика 9. Шематски приказ структуре коловозне конструкције по хомогеним потезима

### 3. ЗАКЉУЧАК

Током експлоатације, коловозна конструкција под дејством саобраћајног оптерећења и амбијенталних утицаја током времена губи своје почетне карактеристике и функционалност. У почетном периоду, постепено долази до појаве иницијалних оштећења, као што су танке прелине, мање деформације или дегрдације површине услед одвајања или хабања зрна агрегата. За оштећења је карактеристично да им је развој прогресиван и у погледу ширења захваћене површине коловоза и у погледу интензитета саме појаве [3].

Да би коловозна конструкција имала што дужи век трајања потребно је на време извршити анализу постојећег стања пута, а један од начина да се прикупи велики број неопходних података за доношење закључка је мерење дефлексија, као што је приказано у раду.

### 4. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Приручник за пројектовање путева у Републици Србији, Београд, 2012.
- [2] Радовић Н., Шешлија М.: Управљање путном мрежом, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2017
- [3] Узелац Ђ.: Коловозне конструкције, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2015

#### Кратка биографија:



**Јована Петровић** рођена је у Сремској Митровици 1996. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарства – Путеви, железнице и аеродроми одбранила је 2021. године.

контакт: [milicic.jovana24@gmail.com](mailto:milicic.jovana24@gmail.com)