

# OSVRT NA PRELIMINARNA ISTRAŽIVANJA POJAVE KOLOTRAGA U ASFALTNIM SLOJEVIMA KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE

**Adnan Čehajić**, master dipl.ing.građ.  
Modus Projekt d.o.o. Kakanj, BiH, adnan.ceh@gmail.com

Stručni rad  
**Rezime:** *Kolotrazi predstavljaju plastične deformacije pojedinih slojeva kolovoznih konstrukcija. Pojava kolotruga direktno utiče na trajnost kolovozne konstrukcije. U radu je prikazan osvrt na preliminarna istraživanja a sa ciljem da se analizira i ukaže na uticaj vrste bitumenog veziva u asfaltnim mješavinama, otpornost prema trajnoj deformaciji asfalta, kao i da se stvore usmjerenja i pretpostavke za daljnja istraživanja na ovu temu.*

**Ključne reči:** *Kolotrazi, asfaltna mješavina, otpornost*

## REVIEWING THE PRELIMINARY RESEARCH OF THE LONGITUDINAL DAMAGE TO THE CARRIAGEWAY IN THE ASPHALT LINE OF A PAVING CONSTRUCTION

**Adnan Čehajić**, master dipl.ing.građ.  
Modus Projekt d.o.o. Kakanj, BiH, adnan.ceh@gmail.com

Professional paper

**Abstract:** *Longitudinal damage to the carriageway represents plastic deformations of individual layers of pavement structures. The occurrence of the cartridge directly affects the durability of the pavement structure. The paper presents an overview of the preliminary research with the aim at analyzing and indicating the influence of the bitumen binder type of asphalt mixtures, the resistance to permanent deformation of asphalt, and the creation of guidelines and assumptions for further research on this topic.*

**Keywords:** *Longitudinal damage to the carriageway, asphalt mixtures, resistance*

### 1. UVOD

Glavni tipovi oštećenja koji se javljaju kao posljedica eksploatacije su pukotine i trajne deformacije (kolotrazi).

Trajne deformacije (kolotrazi) predstavljaju plastične deformacije pojedinih slojeva kolovoznih konstrukcija. Pojava kolotruga direktno utiče na kvalitet odvijanja saobraćaja, sigurnost, ali ono što je najbitnije, pojava kolotruga direktno utiče na trajnost kolovozne konstrukcije.

Sa povećanjem osovinskog opterećenja na saobraćajnicama, broja prelaza osovina, povećanja pritiska u pneumaticima i drugih, problem trajnih deformacija je postao značajan kod mnogih saobraćajnica.

U radu je prikazan osvrt na preliminarna istraživanja a sa ciljem da se analizira i ukaže na uticaj vrste bitumenog veziva u asfaltnim mješavinama, otpornost prema trajnoj deformaciji asfalta, kao i da se stvore usmjerenja i pretpostavke za daljnja istraživanja na ovu temu. To podrazumjeva istraživanje uticaja sastava i osobina asfaltna mješavine na pojavu trajne deformacije – kolotruga.

Naravno, iako su kompozitni materijal i njihov sastav u mješavini bili fiksni i u preliminarnoj fazi nisu tretirani odnosno njihov uticaj, jer se nastojalo samo analizirati uticaj vrste bitumena, to ne znači da oni nemaju uticaja na trajnu deformaciju.

U konačnici, težnja je da se razvije model predikcije trajne deformacije u vidu kolotruga i to ne samo maksimalne veličine, nego u određenim vremenskim inkrementima tretiranja uzorka saobraćajnom opterećenju.

Upravo ovaj model bi onima koji upravljaju cestovnom infrastrukturom dao mogućnost predikcije kolotruga u određenim epohama eksploatacije.

### 2. MEHANIZAM NASTAJANJA KOLOTRAGA

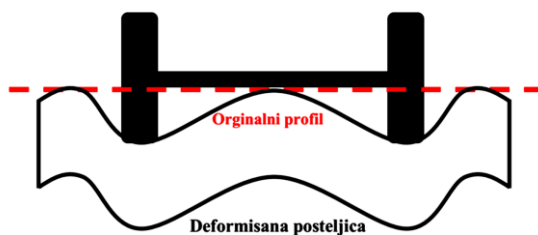
U biti postoje više načina nastajanja kolotruga a dva najzaastupljenija tipa su:

- kada se akumulira plastična deformacija u asfaltnim slojevima kolovozne konstrukcije,
- kada se akumulira plastična deformacija u posteljici. [1]

Kolotrazi se manifestuju kao podužne depresije u zonama prolaska točkova vozila. Nastaju kao posljedica prelaska točkova vozila i prevashodno se pojavljuju kao posljedica djelovanja saobraćajnog opterećenja. Pored toga klimatski uslovi također mogu imati značajnog uticaja na pojavu kolotruga specijalno kada su asfaltni slojevi izloženi djelovanju visokih temperatura. [2]



**Slika 1.** Kolotrazi kao posljedica akumulacije plastične deformacije u asfaltnim uzorcima



Slika 2. Kolotrazi kao posljedica oslabljene nosivosti posteljice

### 3. TEST KOLOTRAŽENJA I OSTALA LABORATORIJSKA ISPITIVANJA

Test kolotražnja je standardni laboratorijski opit ispitivanja asfaltnih uzoraka na pojavu trajnih deformacija. Baziran je na principu da se uzorak asfalta izlaže djelovanju simuliranog saobraćajnog opterećenja koje se manifestuje preko standardnog točka za kolotražnje pod konstatnim djelovanjem sile sa određenim brojem prelaza (ciklusa).

Uslovi opita su striktno kontrolisani, a jedan od njih je temperatura opita od 60°C. Na svakom broju prelaza standardnog opterećenog točka registruje se ukupna deformacija tretiranog asfaltnog uzorka pri čemu se može direktno tempirati vrijeme tretiranja opterećenjem kao npr. 10.000 prelaza opterećenja ili pak definisanje kritične deformacije uzorka.

Opit ispitivanja na trajnu deformaciju se bazira na cikličnom opterećivanju uzorka asfalta (10.000 ciklusa odnosno 20.000 prelaza točka) pri temperaturi od 60 stepeni celzijusa kako bi se simuliralo ubrzano starenje asfalta.

Paramteri proistekli iz ispitivanja, ključni za analizu trajne deformacije, su relativna deformacija (N10000PRDAIR (%)) i brzina na kojoj se dubina kolotražnja vremenom povećava pod ponavljanim prolascima točka.



Slika 3. Test kolotražnja

### 4. PRELIMINARNA ISTRAŽIVANJA

Projektovana kolovozna konstrukcija u preliminarnoj fazi istraživanja se sastoji iz sljedećih asfaltnih slojeva:

- prvi gornji nosivi sloj AGNS22s + B 35/50 (4 uzorka),
- drugi gornji nosivi sloj AGNS22s + PmB 45/80-65 (4 uzorka),
- habajući sloj SBM11s.

Projektovani sadržaj veziva u obje vrste asfaltne mješavine je bio 3,6%. Kolovozna konstrukcija je projektovana za vrlo teško saobraćajno opterećenje. Asfaltne mješavine u gornjim nosivim slojevima su projektovane na način da imaju istu granulometrijsku krivu, iste kompozitne materijale (agregat i filer). Suštinska razlika između gornjih nosivih slojeva je u vrsti bitumena koji se koristio.

Za prvi gornji nosivi sloj se koristio bitumen oznake B35/50, a za drugi gornji nosivi sloj polimerima modificirani bitumen PmB 45/80-65 sa poboljšanim svojstvima (povećana tačka razmekšanja, jako visok elastični povrat, visoka vrijednost tačke loma po Fraas-u itd).

U tabeli 1 su prikazani opiti koji su sprovedeni u preliminarnoj fazi istraživanja, a u tabeli 2 rezultati ispitivanja.

Tabela 1. Vrste ispitivanja uzoraka - standardi [3]

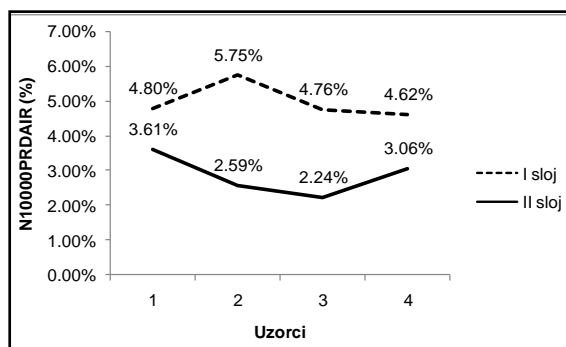
ISPITIVANA SVOJSTVA (Standardna Marshall-ova metoda)	Metoda - standardi ispitivanja
Stabilnost (na 60oC) (kN)	BAS EN 12697 - 34
Tečenje (na 60oC) (mm)	BAS EN 12697 - 34
Tangencijalno tečenje (na 60oC) (mm)	BAS EN 12697 - 34
Ukočenost (na 60oC) (kN/mm)	BAS EN 12697 - 34
Modul ukočenosti (na 60oC) (MPa)	BAS EN 12697 - 34
Maksimalna zapreminska masa (g/cm3)	BAS EN 12697 - 5
Zapreminska masa laboratorijskog uzorka (g/cm3)	BAS EN 12697 - 6
Šupljine u kamenoj smjesi (%)	BAS EN 12697 - 8
Šupljine u asfaltnoj mješavini (%)	BAS EN 12697 - 8
Ispunjenost kamene smjese bitumenom (%)	BAS EN 12697 - 8
Debljina sloja (cm)	BAS EN 12697 - 36
Zapreminska masa uzorka iz kolovoza (g/cm3)	BAS EN 12697 - 6
Udio šupljina (%)	BAS EN 12697 - 8
Stepen zbijenosti (%)	BAS EN 12697 - 6
Sadržaj bitumena u ukupnoj asfaltnoj mješavini (%)	BAS EN 12697 - 1
Sadržaj bitumena u odnosu na 100 dijelova agregata (%)	BAS EN 12697 - 1
Granulometrijska kriva	BAS EN 933 - 1 BAS EN 12697 - 1

**Tabela 2.** Rezultati ispitivanja asfaltnih slojeva [3]

VRSTA SLOJA :	I sloj	I sloj	I sloj	I sloj	II sloj	II sloj	II sloj	II sloj
	BNS22s	BNS22s	BNS22s	BNS22s	BNS22s	BNS22s	BNS22s	BNS22s
<b>I ) LABORATORIJSKI UZORAK ASFALTNE MJEŠAVINE</b>								
<b>ISPITIVANA SVOJSTVA</b> ( Standardna Marshall-ova metoda)	Rezultati ispitivanja							
Stabilnost ( na 60 o C ) (kN)	19,48	16,39	18,33	19,86	18,98	19,92	20,58	19,68
Tečenje ( na 60 o C ) (mm)	3,96	4,44	3,91	3,95	4,11	3,39	6,88	3,41
Tangencijalno tečenje ( na 60 o C ) (mm)	1,85	1,74	1,88	1,92	1,94	1,70	2,99	1,61
Ukočenost ( na 60 o C ) (kN/mm)	4,91	3,69	4,69	5,03	4,62	5,87	2,99	5,77
Modul ukočenosti ( na 60 o C ) (Mpa)	78,62	59,02	74,99	80,50	73,89	93,94	47,85	92,27
Maksimalna zapreminska masa (g/cm <sup>3</sup> )	2,556	2,564	2,559	2,559	2,564	2,558	2,555	2,559
Zapreminska masa lab. Uzorka (g/cm <sup>3</sup> )	2,409	2,387	2,412	2,407	2,406	2,423	2,421	2,428
Šupljine u kamenoj smjesi (%)	14,51	14,87	13,99	14,15	14,88	13,59	14,09	13,44
Šupljine u asfaltnoj mješavini (%)	5,74	6,90	5,76	5,93	5,99	5,26	5,23	5,13
Ispunjenost kamene smjese bitumenom (%)	60,46	53,59	58,86	58,11	60,12	61,25	62,88	61,83
<b>II ) UZORAK IZ IZVEDENOG SLOJA</b>								
Debljina sloja (cm)	6,33	6,70	6,39	7,43	6,78	7,87	6,78	7,49
Zapreminska masa (g/cm <sup>3</sup> )	2,390	2,341	2,373	2,379	2,389	2,399	2,382	2,439
Udio šupljina (%)	6,51	8,72	7,27	7,03	6,83	6,24	6,77	4,71
Stepen zbijenosti (%)	99,18	98,05	98,40	98,82	99,29	98,98	98,38	100,44
<b>III ) BITUMEN U ASFALTNOJ MJEŠAVINI</b>								
U ukupnoj asfaltnoj mješavini (%)	3,68	3,37	3,45	3,45	3,65	3,47	3,70	3,46
U odnosu na 100 dijelova agregata (%)	3,82	3,49	3,57	3,57	3,79	3,59	3,84	3,58

## 5. REZULTATI ISPITIVANJA I PREPORUKE ZA DALJA ISTRAŽIVANJA

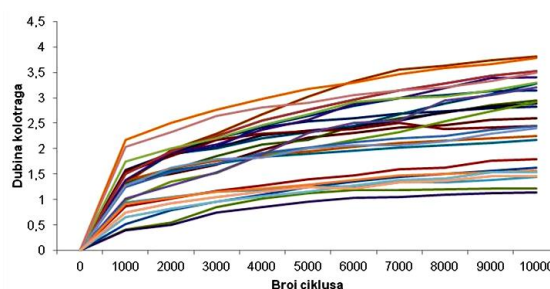
Kako se vidi sa Slike 4. veličina relativne deformacije je značajno manja kod uzoraka asfaltne mješavine koja je spravljena sa polimerom modificiranim bitumenom (varira od 2,24 do 3,61%), za razliku od uzoraka koji su spravljani sa bitumenom B 35/50. Iz tabele 2 može se primjetiti da je na tri uzorka sa polimer modificiranim bitumenom dobijena niža vrijednost brzine kolotraženja (0,05).

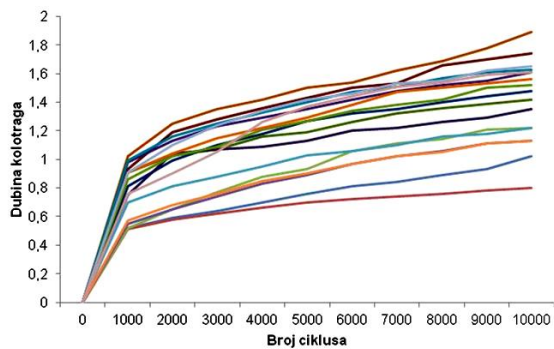

**Slika 4.** Relativna deformacija po uzorcima [3]

Dalji tok istraživanja će se bazirati na separisanju vrsta asfaltnih mješavina na tri tipa i to:

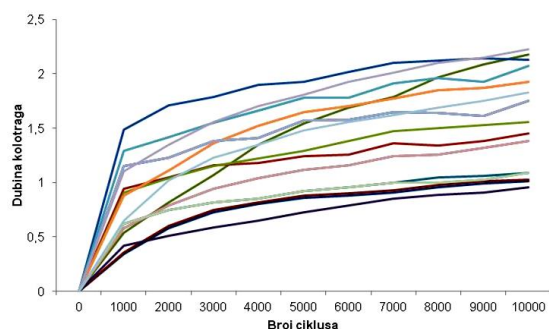
- mješavine sa cestograđevinskim bitumenom i jednakim maksimalnim zrnom,
- mješavine sa polimer modificiranim bitumenom i jednakim maksimalnim zrnom,
- diskontinualne asfalne mješavine –SMA,

Treba naglasti da će se eksperimentalni dio istraživanja izvršiti na uzorcima iz izvedene asfaltne kolovozne konstrukcije, a ne na spravljanim uzorcima u laboratoriji. Ovaj pristup je odabran sa ciljem da se istraživanje bazira na mješavinama koje su već ugrađene a zbog sagledavanja ponašanja mješavina i nakon procesa ugradnje jer se može postaviti hipoteza da na samu veličinu trajne deformacije u vidu kolotraga utiču i npr. način ugradnje zbijanja i drugo.


**Slika 5.** Ispitivanje veličine kolotraga na klasičnim asfaltnim mješavinama



**Slika 6.** Ispitivanje veličine kolotruga na asfaltnim mješavinama sa polimer-modificiranim mješavinama



**Slika 7.** Ispitivanje veličine kolotruga na SMA asfaltnim mješavinama

Na Slikama 5, 6 i 7 su prikazani rezultati ispitivanja kolotruga na tri vrste mješavina. Pored ispitivanja uzoraka u testu kolotraženja, izvršena su i ispitivanja kvalitativnih i kvantitativnih svojstava asfaltnih mješavina od koje su tvorene asfaltno-kolovozne konstrukcije kao i ispitivanja pojedinih komponentalnih materijala u mješavinama

Mnoga istraživanja su također pokazala da postoji nelinearna veza između veličine kolotruga i vremena eksploatacije kolovozne konstrukcije pa se u skladu sa tim jasno izdvajaju dvije faze. U prvoj fazi vrijednost kolotruga značajno raste kao posljedica zbivanja usljed dejstva saobraćajnog opterećenja. U drugoj pak vrijednost kolotruga raste ali ne istom progresijom kao u prvoj fazi. [4].

U preliminarnom istraživanju zapažene su zone u kojima dolazi do značajnog povećanja trajne defromacije (čak i do 50-60% maksimalne vrijednosti) a nakon toga kontinualnog daljeg prirasta do maksimalne vrijednosti (kraja opita u skladu sa standardom). Istraživanja su utvrdila da se jasno izdvajaju zone u kojima se tretirani uzorak različito ponaša, a što dosadašnji modeli nisu uzimali u obzir. Vrijednost trajne defromacije od oko

50-60% maksimalne vrijednosti već u početnim fazama opita kolotraženja usmjerile su istraživanje, ne samo na razvijanje modela u konačnici, nego i osmatranje zbog čega imamo jasan diskontinuitet u trendu povećanja vrijednosti trajne defromacije.

U skladu sa tim dalje istraživanje će se bazirati na separisanju područja razvoja kolotruga u vremenu (broju ciklusa) na dvije faze sa posmatranjem uticaja pojedinih varijabli koje karakterišu svojstva asfaltnim mješavinama a sa ciljem razvoja modela za predikciju kolotruga.

## Literatura

- [1] Uzarowski L. (2006). The development of asphalt mix creep parameters and finite element modeling of asphalt rutting. Waterloo, Doctoral thesis. Ontario, Canada.
- [2] Organization for Economic Cooperation and Development (OECD).(1988). Heavy, trucks, climate and pavement damage, prepared by an OECD scientific experts group, Paris
- [3] Čehajić. A. Pozder. M. (2014). Uticaj vrste veziva na deformabilnost asfalta. IV kongres o cestama. Sarajevo
- [4] Baghaee. T et al. (2011) A review on fatigue and rutting performance of asphalt mixes. Center for Transportation Research, University of Malaya, 50603 Kuala Lumpur, Malaysia, Scientific Research and Essays Vol. 6(4), pp. 670-682.