

UTICAJ SINTETIČKIH VLAKANA NA BAZI ARAMIDA I POLIOLEFINA NA FIZIČKO-MEHANIČKE I DINAMIČKE KARAKTERISTIKE ASFALTNE MEŠAVINE

Tošković Đorđe, mast. inž. građ.

Institut za puteve AD, Beograd, toskovicns@hotmail.com

Jovanović Pavle, mast. inž. građ.

Institut za puteve AD, Beograd, pavlej.20@gmail.com

Tatić Uroš, dipl. inž. građ.

Institut za puteve AD, Beograd, utatic1975@gmail.com

dr Pap Imre dipl. inž. tehnol.

Institut za puteve AD, Beograd, papp1954@gmail.com

DOI: 10.31075/PIS.64.02.08

Стручни рад

Rezime: Mešavina vlakana, opisana u ovom radu, sačinjena je od vlakana na bazi aramida i poliolefina, poznatih po svojoj čvrstoći, trajnosti i vezivnom svojstvu. Ovo je nova tehnologija sa primenom super materijala koja omogućava formiranje 3D skeletne armirajuće mreže u asfaltu. Vlakna se koriste kako bi se poboljšale performanse asfaltne mešavine u pogledu otpornosti na trajne deformacije, reflektujuće pukotine i pukotine usled zamora kolovozne konstrukcije. Ekonomski efekat je izražen kroz smanjenje debljine asfaltnog sloja i produženje eksploatacionog veka kolovoza. Cilj ovog rada je da se uporede karakteristike asfaltne mešavine AB 11s sa i bez dodatka vlakana kao što su modul krutosti, otpornost na trajne deformacije i otpornost na zamor. Takođe, ispitivanja otpornosti na pojavu kolotraga, osetljivosti na vodu i indirektnu zateznu čvrstoću, pokazala su poboljšanja karakteristika asfaltne mešavine sa dodatkom vlakana.

Ključne reči: asfalt, supermaterijal, aramid, poliolefin, deformacija

THE INFLUENCE OF SYNTHETIC FIBERS ON THE BASE OF ARAMIDE AND POLYOLEFINS ON PHYSICAL - MECHANICAL AND DYNAMIC CHARACTERISTICS OF ASPHALT MIXTURES

Tošković Đorđe, M.Sc.Civ.Eng.

Highway Institute, Belgrade, toskovicns@hotmail.com

Jovanović Pavle, M.Sc.Civ.Eng.

Highway Institute, Belgrade, pavlej.20@gmail.com

Tatić Uroš, B.Sc.C.E.

Highway Institute, Belgrade, utatic1975@gmail.com

Pap Imre Ph.D. M.Sc. B.Sc. T.E.

Highway Institute, Belgrade, papp1954@gmail.com

Professional paper

Abstract: Mixture of fiber used in this paper is made of fiber based on aramid and polyolefin, known for its strength, durability and bonding properties. This is a new technology with the use of super material that allows the formation of 3D skeletal reinforcing mesh in asphalt. Fibers are used to improve the performance of asphalt mix in terms of resistance to permanent deformation, reflecting cracks and cracks due to the fatigue of the pavement construction. The economic effect is expressed through the reduction of the thickness of the asphalt layer and the extension of the exploitation period of asphalt. The aim of this paper is to compare the characteristics of asphalt mix AB 11s with and without fiber addition, such as stiffness modulus, resistance to permanent deformation and fatigue resistance. Also, resistance to rutting, water sensitivity and indirect tensile strength has been shown improvements the characteristics of asphalt mix with fiber reinforcement.

Keywords: asphalt, supermaterial, aramid, polyolefin, deformation.

1. UVOD

Povećanje saobraćajnog opterećenja kao i promena klime zahtevaju upotrebu dodataka asfaltu kako bi se poboljšale njegove karakteristike, jer asfaltne mešavine sa standardnim putnim bitumenom ne mogu da ispune sve zahteve kvaliteta (otpornost na kolotrage, otpornost na zamor, otpornost na termičke pukotine). Za poboljšanje karakteristika bitumena najčešće se koriste aditivi-polimeri, komercijalni ili reciklovani koji modifikuju karakteristike bitumena, odnosno asfaltnih mešavina. Pored aditiva koja modifikuju bitumen, primenjuju se i dodaci u obliku vlakana koja u asfaltu formiraju strukturu u obliku trodimenzionalne mreže. Takav tip vlakna, koja su primenjena u ovom radu, su na bazi aramida i poliolefina. Poliolefini se rastvaraju u bitumenu, a aramid formira 3D strukturu u asfaltu [1], [2], [3].

Cilj laboratorijskih ispitivanja, u ovom radu, je bio da se uporede efekti dodavanja vlakana na bazi aramida i poliolefina na fizičko-mehaničke, kohezivne karakteristike asfaltne mešavine, otpornost na pojavu kolotraga, otpornost na zamor, otpornost na trajnu deformaciju pri cikličnom pritisku kao i dinamički modul krutosti u odnosu na asfaltnu mešavinu sa standardnim putnim bitumenom BIT 60 (B 50/70). Poboljšanje karakteristika asfaltne mešavine, primenom vlakana, omogućuje dimenzionisanje tanjih slojeva kolovozne konstrukcije a time i finansijsku uštedu za isti vek trajanja.

2. EKSPERIMENTALNI DEO

Ispitivanja u ovom radu obavljena su na asfaltnoj mešavini tipa asfaltnog-betona AB 11s (AC 11). Svi komponentalni materijali asfaltnje mešavine (kamenno brašno, drobljeni pesak, agregat, bitumen), ispitani su u skladu sa važećim standardima. Za izradu asfaltnih mešavina AB 11s upotrebljeni su: kamenno brašno karbonatnog sastava, drobljeni pesak i drobljeni kameni agregat silikatnog sastava, što odgovara zahtevima standarda SRPS U.E4.014:90, za vrlo teško saobraćajno opterećenje. Kao vezivo upotrebljen je putni bitumen vrste B 50/70 i 0,05 %(m/m) vlakana u odnosu na asfaltnu mešavinu. Ispitivanje asfaltnih mešavina obavljeno je na Maršalovim uzorcima spravljanim u skladu sa SRPS EN 12697-35:2012, i asfaltnim pločama spravljanim uz pomoć roler kompaktora u skladu sa standardom SRPS EN 12697-33:2012. Temperatura pri kojoj su sabijani uzorci asfaltnje mešavine sa vezivom B 50/70 kao i sa dodatkom vlakana, bila je 150 ± 3 °C.

Vlakna koja su primenjena u ovom radu su kombinacija aramida i poliolefina (slika 1). Aramid je žute boje, a poliolefin sive boje. Pri mešanju sa vrelim asfaltom poliolefin se rastvara u bitumenu, a vlakna od aramida disperguju u mineralnoj mešavini i formiraju trodimenzionalnu strukturu u asfaltu. Količina vlakana koja se dodaje u asfaltnu mešavinu iznosi 0,05%(m/m).

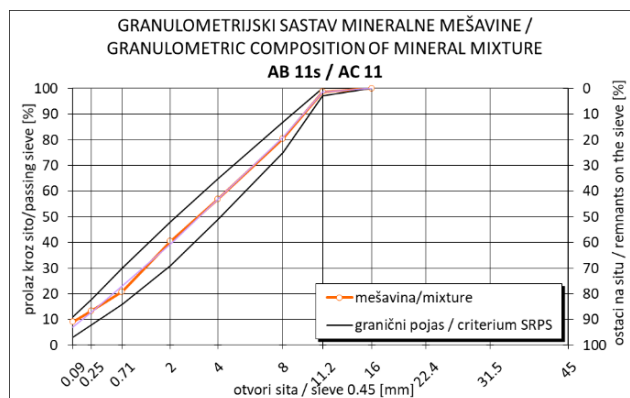


Slika 1. Vlakna od aramida i poliolefina

2.1. Projektovanje sastava i ispitivanje fizičko-mehaničkih karakteristika asfaltnih mešavina AB 11s sa i bez vlakana

Mineralna mešavina za AB 11s projektovana je od drobljenog peska silikatnog sastava frakcije 0/2 mm i drobljenog kamenog agregata silikatnog sastava frakcija 2/4, 4/8 i 8/11,2 mm, uz dodatak kamenog brašna karbonatnog sastava u skladu sa graničnim pojasom iz SRPS U.E4.04:90.

Na slici 2. prikazan je granulometrijski sastav mineralne mešavine AB 11s.



Slika 2. Granulometrijski sastav mineralne mešavine

Optimalan sadržaj bitumena B 50/70 u oba slučaja je bio 5,6%, s tim što je u drugoj seriji mešavina dozirano i 0,05% vlakana.

Temperatura zbijanja epruveta asfaltnih mešavina po Maršalu je 150 ± 3 °C sa 2 x 50 udaraca za AB 11s sa i bez dodatka vlakana.

Umešavanje asfaltnih mešavina obavljeno je u asfaltnom mikseru prema SRPS EN 12697-35:2012, a sabijanje asfaltnih ploča pomoću kompaktora sa valjkom u skladu sa SRPS EN 12697-33:2012.

2.2. Fizičko-mehanička ispitivanja asfaltnih mešavina AB 11s

Određivanje fizičko – mehaničkih karakteristika asfaltnih mešavina obavljeno je prema odgovarajućim standardima prikazanim u tabeli 1, u kojoj su prikazani uporedni rezultati sa i bez dodatka vlakana.

Iz rezultata ispitivanja se vidi da asfaltna mešavina sa dodatkom aditiva poseduje veću stabilnost i odnos stabilnosti i tečenja po Maršalu za približno iste zapreminske karakteristike asfaltnje mešavine.

Tabela 1. Fizičko-mehaničke karakteristike AB 11s sa i bez dodataka vlakana

Karakteristike	Metod	Asfaltna mešavina		Критер. SRPS U.E4.01 4:90
		AB 11s	AB 11s + 0,05% vlakana	
Stabilnost na 60°C, (KN)	SRPS EN 12697-34: 2013	10,3	10,8	> 8,0
Tečenje na 60°C, (mm)		4,7	4,7	-
Odnos stabilnosti i tečenja na 60°C, (kN/mm)		2,2	2,3	> 2,2
Šupljine u asfaltnom uzorku, % (v/v)	SRPS U.E4.014:90 τ.13.5.3	5,0	5,0	4,5 – 5,5
Šupljine u mineralnoj mešavini ispunjene vezivom, % (v/v)	SRPS U.E4.014:90 τ.13.5.5	72,7	73,0	66 - 78
Šupljine u min. mešavini, % (v/v)	SRPS U.M8.093:67	18,4	18,5	-
Zapreminska masa asfaltnog uzorka, (kg/m ³)	SRPS U.M8.081:67	2439	2454	-
Prividna zapreminska masa asfaltnog mešavine, (kg/m ³)	SRPS U.M8.082:67	2568	2584	-
Optimalan sadržaj veziva, (%)	SRPS U.E4.014:90	5,6	5,6	-

2.3. Dinamička ispitivanja uzoraka asfaltnog mešavine

Ispitivanja dinamičkog modula krutosti, otpornosti na zamor i određivanje trajne deformacije pri cikličnom pritisku obavljena su na uređaju NAT (Nottingham Asphalt Tester).

2.3.1. Određivanje indirektnog zateznog modula krutosti (E*) (ITSM-Indirect Tensile Stiffness Modulus Test)

Dinamički modul krutosti asfaltnog mešavine (E*) određen je na Maršalovim uzorcima Ø100 iz opta indirektnog zatezanja u skladu sa standardom SRPS EN 12697-26:2012.

Opit je izveden pod sledećim uslovima:

- temperatura: 20 ± 0,5 °S
- vreme rasta opterećenja: 124 ± 4 ms
- ponavljanje pulseva: 3,0 ± 0,1s
- broj ciklusa opterećenja: 5

U tabeli 2. prikazani su rezultati ispitivanja dinamičkog modula krutosti (E*) AB 11s sa i bez dodatka vlakana.

Tabela 2. Dinamički modul krutosti (E*) asfaltnog mešavine AB 11s sa i bez vlakana

Vrsta mešavine	Dinamički modul krutosti E* (MPa)
	izmerno
AB 11s	5840
AB 11s + vlakna	6777

Iz rezultata ispitivanja se vidi da dodatkom aditiva povećava modul krutosti asfaltnog mešavine za oko 16 % u odnosu na asfaltnu mešavinu bez vlakana.

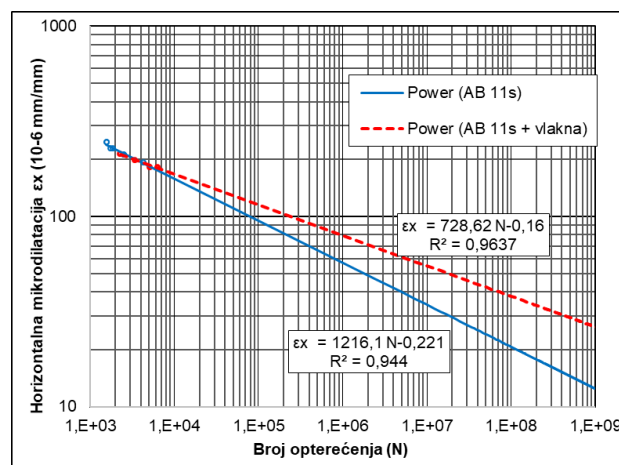
2.3.1. Određivanje otpornosti na zamor iz opta indirektnog zatezanja (ITFT - Indirect Tensile Fatigue Test)

Otpornost na zamor asfaltnog mešavine određena je iz opta indirektnog zatezanja na maršalovim uzorcima prečnika Ø100 mm, a u skladu sa standardom SRPS EN 12697-24:2013.

Opit je izveden pod sledećim uslovima:

- temperatura: 20 ± 0,5°C
- vreme rasta opterećenja: 124 ms.

Na slici 3. prikazan je rezultat merenja otpornosti na zamor cilindričnih asfaltnih uzoraka iz opta ITFT-zavisnost mikrodilatacije pri zatezanju ϵ_x (50x10⁻⁶ mm/mm) od broja ciklusa opterećenja do zamora na 20°C za AB 11s sa i bez dodatka vlakana.


Slika 3. Dijagram otpornosti na zamor asfaltnog mešavine AB 11s sa i bez dodatka vlakana

U tabeli 3. i na dijagramu na slici 3. prikazani su rezultati ispitivanja otpornosti na zamor asfaltnog mešavine AB 11s sa i bez dodatka vlakana (broj ciklusa opterećenja do zamora pri horizontalnoj mikrodilataciji 50 x 10⁻⁶mm/mm).

Tabela 3. Otpornost na zamor asfaltne mešavine AB 11s sa i bez dodatka vlakana

Vrsta mešavine	Broj cilusa opterećenja do zamora ($N \times 10^6$) pri horizontalnoj mikrodilataciji od 50×10^{-6} mm/mm
	Izmereno
AB 11s	1,868
AB 11s + vlakna	18,710

Iz rezultata ispitivanja otpornosti na zamor asfaltnih uzoraka, vidi se da asfaltna mešavina AB 11s sa dodakom vlakana poseduje manji nagib krive zamora, samim tim i za oko 10 puta veću otpornost na zamor.

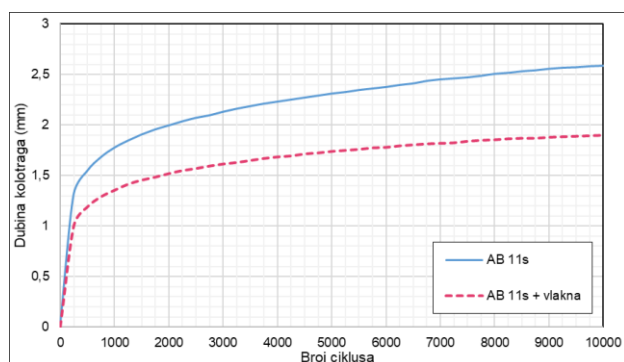
2.3.2. Određivanje otpornosti na kolotrage (WTT- Wheel Tracking Test)

Otpornost na kolotrage asfaltne mešavine određena je prema metodi sa malim točkom na pločama dimenzija $320 \times 260 \times 50$ mm, spravljanim u kompaktoru sa valjkom.

Opit je izveden u skladu sa standardom SRPS EN 12697-22:2012., Metoda B u vazduhu, Mali točak pod sledećim uslovima:

- kondicioniranje: 360min.
- temperatura ispitivanja: $60 \pm 0.5^\circ\text{C}$
- broj ciklusa/ponavljanja: 10000/20000

U dijagramu na slici 4. prikazan je rezultat merenja otpornosti na kolotrage asfaltnih mešavina AB 11s sa i bez dodatka vlakana.



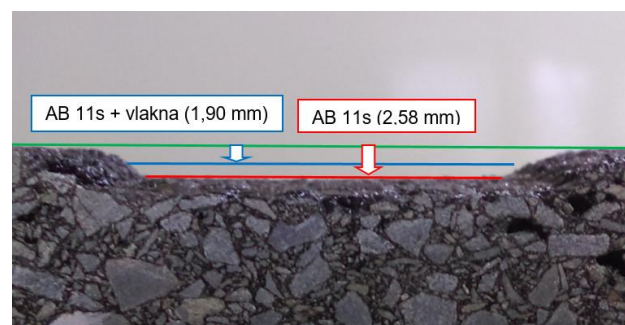
Slika 4. Dijagram otpornosti na kolotrage asfaltne mešavine AB 11s sa i bez dodatka vlakana

U tabeli 4. prikazani su rezultati ispitivanja otpornosti na kolotrage asfaltnih mešavina AB 11s sa i bez dodatka vlakana.

Tabela 4. Otpornost na kolotrage asfaltne mešavine AB 11s sa i bez dodatka vlakana

Karakteristika	Mešavina	
	AB 11s	AB 11s + vlakna
Debljina uzorka, (mm)	50,0	50,0
Dubina kolotrage, RD_{air} , (mm)	2,58	1,90
Proporcionalna dubina kolotrage, PRD_{air} , $\%(\text{mm/mm})$	5,16	3,80
Nagib krive WTS_{AIR} , $\text{mm}/10^3$ ciklusa opterećenja	0,055	0,032

Na slici 5. je prikazan uzorak asfaltne mešavine AB 11s sa i bez dodatka vlakana nakon izvršenog opita otpornosti na trajnu deformaciju metodom malog točka.



Slika 5. Uzorak ploče nakon opita određivanja otpornosti na kolotrage

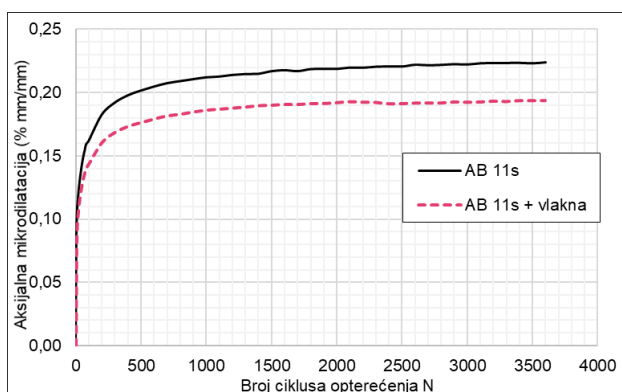
Iz rezultata ispitivanja, tabela 4. vidi se da asfaltna mešavina AB 11s sa dodakom vlakana, poseduje za oko 26 % manju dubinu kolotrage (RD), kao i manji nagib krive (WTS_{AIR}).

2.3.3. Trajna deformacija pri cikličnom pritisku (RLA - Repeated Load Axial)

Određivanje trajne deformacije pri cikličnom pritisku asfaltne mešavine, određena je na Maršalovim uzorcima prečnika $\varnothing 100$ mm, a u skladu sa standardom SRPS EN 12697-25:2012, metoda B (Opit triaksijalnog pritiska).

Opit je izveden pod sledećim uslovima:

- temperatura: $40 \pm 0,5^\circ\text{C}$,
- bočni pritisak: 50 kPa;
- aksijalni pritisak: 100 kPa;
- broj ciklusa: 3600.



Slika 6. Dijagram otpornosti na trajne deformacije pri cikličnom pritisku asfалтне мешавине AB 11s sa i bez dodatka

Tabela 5. Otpornost na trajne deformacije pri cikličnom pritisku мешавине AB 11s sa i bez dodatka vlakana

Karakteristike	Metod	Mešavina	
		AB 11s	AB 11s + vlakna
Aksijalna trajna deformacija (% mm/mm)	SRPS EN 12697-25: 2012	0,2656	0,1938

Iz rezultata ispitivanja, tabela 5. vidi se da asfалтна мешавина AB 11s sa dodatkom vlakana, poseduje za oko 27 % manju aksijalnu mikrodilataciju. Primena vlakna pozitivno utiče na trajne deformacije, što je dokazano opitom kolotruga i cikličnim pritiskom pri sprečenim bočnim deformacijama.

2.3.4. Pad indirektnе zatezne čvrstoće (ITSR- Indirect Tensile Strength Ratio)

Određivanje indirektnе zatezne čvrstoće asfалтне мешавине, kao mera kohezivnih karateristika asfалтне мешавине, određena je na Maršalovim uzorcima prečnika Ø100 mm, a u skladu sa standardom SRPS EN 12697-23:2012, metoda A.

Opit je izveden pod sledećim uslovima:

- temperatura: $25 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$,
- brzina prirasta opterećenja: (50 ± 2) mm/min,
- uzorci tretirani u vodenom kupatilu na $40 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ u vremenskom periodu od 72 h.

Tabela 6. Pad indirektnе zatezne čvrstoće uzoraka asfалтне мешавине AB 11s sa i bez dodatka vlakana

Karakteristike	Metod	Mešavina	
		AB 11s	AB 11s + vlakna
Indirektna zatezna čvrstoća u suvom stanju na 25°C , (kPa)	SRPS EN 12697-23: 2012	1228,3	1349,4
Indirektna zatezna čvrstoća nakon tretiranja uzorka u vodi 72 h na 40°C , (kPa)	SRPS EN 12697-23: 2012	996,2	1111,9
Pad indirektnе zatezne čvrstoće na 25°C , (%)	SRPS EN 12697-12: 2012	18,9	17,6

Iz rezultata ispitivanja vidi se da asfалтна мешавина AB 11s sa dodatkom vlakana, poseduje za oko 10 % veću indirektnu zateznu čvrstoću (ITS). Pored indirektnе zatezne čvrstoće, primena vlakna pozitivno utiče i na pad indirektnе zatezne čvrstoće. Svi uzorci su mešovitoг loma, što se može zaključiti uz pomoć ilustracije mešovitoг loma iz standarda SRPS EN 12697-12:2012.

3. ANALIZA REZULTATA ISPITIVANJA

Asfалтна мешавина za habajući sloj AB 11s, sa dodatkom 0,05 % vlakana na bazi aramida i poliolefina, poseduje veću krutost i otpornost na trajne deformacije (otpornost na kolotrage i ciklični pritisak), kao i veću otpornost na zamor i manji uticaj vode na koheziju, što je posledica velike čvrstoće na zatezanje vlakna aramida.

Dinamički modul krutosti je odnos amplituda napona i deformacija kao i funkcija frekvencije opterećenja i temperature. Određivanjem dinamičkog modula krutosti, zaključak je da se primenom vlakana, dobija kruća asfалтна мешавина. Modul krutosti asfалтне мешавине sa B 50/70, povećan je sa 5840 MPa na vrednost od 6777 MPa kod asfалтне мешавине sa dodatkom vlakana.

Otpornost asfалтне мешавине na trajne deformacije, određena je opitom kolotruga. Pojava kolotruga može biti izazvana sleganjem i/ili viskoplastičnom deformacijom na delu kolovoza izloženim prelazima točka. Vrednost dubine kolotruga asfалтне мешавине sa dodatkom aditiva iznosi 1,90 mm (3,80 %), dok dubina kolotruga asfалтне мешавине sa B 50/70 iznosi 2,58 mm (5,16 %). Nagib krive zavisnosti deformacije - dubine kolotruga od broja ciklusa opterećenja - prelaza točka, kod asfалтне мешавине sa vlaknima iznosi 0,032, dok je kod asfалтне мешавине bez aditiva 0,055, što ukazuje na veću otpornost na pojavu kolotruga.

Otpornost na trajne deformacije, određena je opitom cikličnim pritiskom sa sprečenim bočnim deformacijama, pri aksijalnom naponu od 100 kPa i

bočnim od 50 kPa. Asfaltna mešavina sa dodatkom vlakna poseduje aksijalnu mikrodilataciju od 0,1938 (% mm/mm), dok je asfaltna mešavina bez dodatka vlakana 0,2656 (% mm/mm). Ovim opitom je pokazano da asfaltna mešavina sa dodatkom vlakana, poseduje veću otpornost na trajne deformacije, samim tim i veću nosivost i trajnost kolovozne konstrukcije, što je pokazano i opitom kolotrage.

Otpornost asfaltne mešavine na zamor, određena je opitom indirektnog zatezanja na cilindričnim uzorcima (ITFT). Na osnovu rezultata ispitivanja, forimirana je trend linija uz pomoć koje je moguće definisati otpornost asfaltne mešavine na zamor. Kao kriterijum otpornosti na zamor, usvojena je vrednost broja cilusa pri horizontalnoj mikrodilataciji $\epsilon_x = 50 \times 10^{-6}$ mm/mm. Asfaltna mešavina AB 11s ($\epsilon_x = 1216,1 \cdot N^{-0,221}$) poseduje veći nagib krive što rezultuje broju ciklusa od $1,868 \cdot 10^6$ pri horizontalnoj dilataciji od $\epsilon_x = 50 \times 10^{-6}$ mm/mm, samim tim i manjom otpornosti na zamor u odnosu na asfaltnu mešavinu AB 11s sa dodatkom vlakana ($\epsilon_x = 728,62 \cdot N^{-0,16}$), koja ostvaruje horizontalnu mikrodilataciju $\epsilon_x = 50 \times 10^{-6}$ mm/mm pri $18,71 \cdot 10^6$ broju ciklusa. Ovim opitom, ustanovljeno je da asfaltna mešavina sa dodatkom vlakana, može značajno više prelaza vozila da podnese pre nastanka inicijalnih pukotina a nakon toga i progresivnih, samim tim, asfaltna mešavina poseduje bolje performanse na pojavu pukotina i trajnost samog kolovoza.

Indirektna zatezna čvrstoća kod asfaltne mešavine sa dodatkom vlakana na bazi aramida i poliolefina je povećana sa 1228,34 kPa na 1349,4 kPa, a pad indirektna zatezne čvrstoće smanjen sa 18,9 % na 17,6 %, u odnosu na asfaltnu mešavinu sa B 50/70. Ovim opitom pokazano je da se primenom aditiva, poboljšavaju kohezivna svojstva asfaltne mešavine, samim tim dobija se otpornija mešavina na uticaj vode. Mešavina sa većom vrednošću pada indirektna zatezne čvrstoće, poseduje manju otpornost na razna oštećenja kolovoza, kao što je pojava pukotina usled zamora i udarnih rupa.

4. ANALIZA REZULTATA ISPITIVANJA

Na osnovu rezultata laboratorijskih ispitivanja asfaltnih mešavina AB 11s, poredeći asfaltnu mešavinu sa standardnim putnim bitumenom BIT 60 (B 50/70) i mešavine sa dodatkom vlakana na bazi aramida i poliolefina, može se konstatovati da se dodatkom 0,05% vlakana u asfaltnu mešavinu, ostvaruju sledeća poboljšanja:

- Povećanje stabilnosti i odnosa stabilnosti i tečenja po Maršalu za približno iste zapreminske karakteristike asfaltne mešavine;
- povećanje dinamičkog modula krutosti asfaltne mešavine za 16 %;
- povećanje otpornosti asfaltne mešavine na trajnu deformaciju (otpornost na kolotrage) za 26 %;
- povećanje otpornosti asfaltne mešavine na trajnu deformaciju (cillični pritisak sa sprečenom bočnom deformacijom) za 27 %;
- povećanje otpornosti na zamor asfaltne mešavine za 10 puta;
- povećanje zatezne čvrstoće asfaltne mešavine za 10 %;
- veća indirektna zatezna čvrstoća i manji pad indirektna zatezne čvrstoće asfaltne mešavine posle dejstva vode.

S obzirom da su ispitivanja asfaltnih mešavina sa dodatkom vlakana na bazi aramida i poliolefina, sprovedena u laboratoriji, pokazala bolje karakteristike u odnosu na standardnu asfaltnu mešavinu, sledeća faza je izrada opitne deonice. Izradom opitne deonice pratiće se ponašanje asfaltne mešavine sa dodatkom vlakana u uslovima odvijanja saobraćaja i uticaja klimatskih faktora. Nakon određenog perioda eksploatacije ponovo će se ispitati karakteristike ugrađene asfaltne mešavine kao što su: otpornost na zamor, otpornost na pojavu kolotrage, uticaj vode na koheziju i vrednost dinamičkog modula krutosti asfaltne mešavine.

Zahvale

Zahvaljujemo se firmi OPTICUS DOO BEOGRAD što nam je za ispitivanja u ovom radu ustupila uzorak vlakana FORTA-FI®.

Literatura

- [1] Jaskula P., Stienss M., Szydłowski C. (2017). Effect of Polymer Fibres Reinforcement on Selected Properties of Asphalt Mixtures. Department of Highway Engineering, Gdańsk University of Technology, No. 11/12 Narutowicza St., 80-233 Gdansk, Poland, Pages 441-448.
- [2] Abiola O. S., Kupolati W. K., Sadiku E. R., and Ndambuki J. M. (2014) Utilisation of natural fibre as modifier in bituminous mixes. Department of Civil Engineering, Tshwane University of Technology, Pretoria, South Africa, Pages 305-312.
- [3] Mondschein P., Mondschein P., Vavříčka J. (2011). Laboratory performance assessment of fiber reinforced asphalt mixes, 10, 5th international conference bituminous mixtures and pavements Thessaloniki, Pages 10.