



HRVATSKO ASFALTERSKO DRUŠTVO

CROATIAN ASPHALT ASSOCIATION

ASPHALT REINFORCEMENT WITH FIBERS POJAČANJE ASFALTA VLAKNIMA

ANJA NOVAK, ARIDEA ONE

9. MEĐUNARODNA KONFERENCIJA ASFALNI KOLNICI 2025
9. INTERNATIONAL CONFERENCE ASPHALT PAVEMENTS 2025
OPATIJA 08. – 09. 05. 2025.

FORTA - FI

- Američki proizvod (FORTA CORPORATION)
- Jedinstven, patentiran proizvod za ojačanje asfalta u obliku aramidnih vlakana
- 3 tipa vlakana ovisno o primjeni
 - **HMA (Hot mixed asphalt)** – od 121°C do 190°C
 - WMA (Warm mixed asphalt) – od 100°C ili više
 - PAT (Hot and cold patch asphalt) – za bilo koju temperaturu
 - Vlakna za armiranje betona
- Lako skladištenje
- Nema rok trajanja



PODRUČJE PRIMJENE

- Svi tipovi bitumenskih veziva (standardni i polimerom modificiranim)
- Svi tipovi bitumenskih mješavina
- U habajućim, veznim i nosivim slojevima bez ograničenja u pogledu debljine, tehnologije ugradnje, temperature i energije zbijanja



NAČIN PRIMJENE - DOZIRANJE

- 500 g vlakana (1 pakiranje) na 1 tonu bitumenske mješavine
- 1 pakiranje = 19,4 miliona vlakana
- Doziraju se direktno u mješalicu na asfaltnoj bazi, ručno ili automatski sa sustavom sličnim onom za doziranje celuloznih vlakana za SMA – može osigurati dobavljač u slučaju većih količina
- Miješanje u mješalici sa asfaltom u trajanju od 15 do 20 sekundi
- Mogućnost doziranja na bilo kojem postrojenju
- Doziraju se na svaku proizvodnu šaržu
- Ne mijenjaju se postavke za proizvodnju asfalta niti temperatura
- Moguća prilagodba pakiranja u slučaju šarže veće od 1 tone

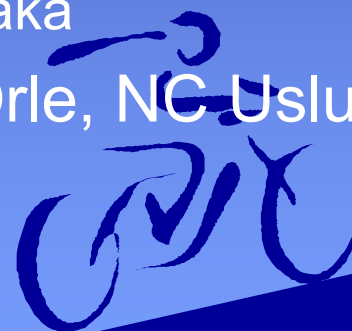


PREDNOSTI UPOTREBE

- Povećanje trajnosti asfalta uslijed zamora veća za 50 % - 200 %
- Mogućnost smanjenja debljine asfalta do 20 % u određenim slučajevima primjene
- Smanjenje troškova održavanja prometnica - 30 % do 35 % ovisno o okolnostima primjene
- 3D ojačanje – armiranje asfalta
 - Povećanje otpornosti na pojavu pukotina 100 % do čak 300 %
 - Povećanje otpornosti na pojavu kolotraga 25 % (polimerni bitumen) do 100 % (obični bitumen)
- Povećanje otpornosti asfalta na ekstremno niske temp. do -40°C (s PmB)
- Veća otpornost asfalta na djelovanje vode

PROBNE DIONICE U HRVATSKOJ

- Autocesta A1, dionica Zagreb – Karlovac, Swietelsky d.o.o.
 - SMA 16 PmB 45/80-65
- Autocesta A4, dionica Popovec – Čvor Ivanja Reka, Pedom asfalti d.o.o.
 - AC 16 surf 50/70 – zaustavna traka
 - SMA 11 50/70 – vozna traka
 - AC 16 bin 50/70 – vozna traka
- Županijska cesta ŽC 3041 u Općini Orle, NC Usluge d.o.o.
 - AC 32 base 50/70
 - AC 11 bin 50/70
 - AC 11 surf 50/70



Autocesta A1, dionica Zagreb-Karlovac



Uzorkovano 2017.



Uzorkovano 2023.



Autocesta A1, dionica Zagreb-Karlovac – rezultati ispitivanja 2018.

Tablica 1. Prikaz rezultata ispitivanja asfaltne mješavine tipa SMA 16 PmB 45/80-65 sa i bez dodatka Forta Fi

Redni broj:	Tip asfaltne mješavine	SMA 16 PmB 45/80-65		Ocjena/ Komentar
		Sa dodatkom Forta Fi	Bez dodatka Forta Fi	
1.	Ispitivanje otpornosti na trajnu deformaciju prema HRN EN 12697-22	brzina kolotraženja $WTS_{air} = 0,03 \text{ mm/1000 ciklusa}$ relativna deformacija nakon kolotraženja $PRD_{air} = 4,27 \%$	brzina kolotraženja $WTS_{air} = 0,04 \text{ mm/1000 ciklusa}$ relativna deformacija nakon kolotraženja $PRD_{air} = 3,37 \%$	Obje mješavine imaju vrhunsku otpornost na kolotraženje te se može zaključiti da upotreba dodatka Forta Fi u slučaju polimerom modificiranog bitumena ne utječe na otpornost asfalta na kolotraženje.
2.	Ispitivanje otpornosti na razvoj pukotina prema HRN EN 12697-44	Prosječna čvrstoća sloma serije ispitnih uzoraka $K_{IC} = 31,3 \text{ N/mm}^{3/2}$	Prosječna čvrstoća sloma serije ispitnih uzoraka $K_{IC} = 23,2 \text{ N/mm}^{3/2}$	Asfaltna mješavina sa dodatkom Forta Fi ima znatno bolju otpornost na razvoj pukotina od asfaltne mješavine bez dodatka.
3.	Ispitivanje osjetljivosti asfaltnih uzoraka na djelovanje vode prema HRN EN 12697-12	Omjer indirektna vlažne čvrstoće ITSR = 85,5 %	Omjer indirektna vlažne čvrstoće ITSR = 76,7 %	Na asfaltnoj mješavini sa kamenim materijalom iz kamenoloma "Hruškovac" ispitivanjima je utvrđen pozitivan učinak dodatka na otpornost na djelovanje vode.
4.	Ispitivanje krutosti asfalta prema HRN EN 12697-26	Krutost asfalta $S_m = 10314 \text{ MPa}$	Krutost asfalta $S_m = 10126 \text{ MPa}$	Obje mješavine imaju visoku krutost jednakog razreda te se može zaključiti da upotreba dodatka Forta Fi u slučaju polimerom modificiranog bitumena ne utječe na krutost asfalta.
5.	Ispitivanje otpornosti na zamor prema HRN EN 12697-24	Zamor asfalta $\epsilon = 120 \mu\text{m}$	Zamor asfalta $\epsilon = 115 \mu\text{m}$	Obje mješavine imaju vrlo dobru otpornost na zamor te se može zaključiti da upotreba dodatka Forta Fi u slučaju polimerom modificiranog bitumena, iako je rezultat ispitivanja nešto bolji, ne utječe na krutost asfalta pri 20 °C. Međutim ovdje valja napomenuti da bi pozitivan učinak mogao biti na zamor pri niskim temperaturama što tek treba potvrditi ispitivanjima.
6.	Ispitivanje otpornosti na djelovanje niskih temperatura HRN EN 12697-46	Temperatura pri slomu - Cooling test $t = -38,5 \text{ °C}$	Nije završeno ispitivanje	Iako ispitivanje nije završeno može se reći da ispitana asfaltna mješavina tipa SMA 16 PmB 45/80-65 sa dodatkom Forta Fi ima odličnu otpornost na niske temperature. Usporedba sa mješavinom bez dodatka biti će u završnom izvještaju
		Rezerva vlažne čvrstoće pri niskim temperaturama $R > 4,0 \text{ Mpa}$	Nije završeno ispitivanje	

Autocesta A1, dionica Zagreb-Karlovac – rezultati ispitivanja 2023.

Tablica 1. Prikaz rezultata ispitivanja asfaltne mješavine tipa SMA 16 PmB 45/80-65 sa i bez dodatka Forta Fi

Redni broj:	Tip asfaltne mješavine	SMA 16 PmB 45/80-65	
	Svojstvo asfalta	Sa dodatkom Forta Fi	Bez dodatka Forta Fi
1.	Ispitivanje otpornosti na trajnu deformaciju prema HRN EN 12697-22	brzina kolotraženja $WTS_{air} = 0,03 \text{ mm/ 1000 ciklusa}$	brzina kolotraženja $WTS_{air} = 0,04 \text{ mm/ 1000 ciklusa}$
		relativna deformacija nakon kolotraženja $PRD_{air} = 4,1 \%$	relativna deformacija nakon kolotraženja $PRD_{air} = 4,1 \%$
2.	Ispitivanje osjetljivosti asfaltnih uzoraka na djelovanje vode prema HRN EN 12697-12	Omjer indirektne vlačne čvrstoće ITSR = 89 %	Omjer indirektne vlačne čvrstoće $ITSR = 85,7 \%$

Autocesta A4, dionica Popovec – Čvor Ivanja Reka, izvođač Pedom asfalti d.o.o. u km 35+680 u svibnju 2024.



REZULTATI ISPITIVANJA		
PROBNA DIONICA AC 16 surf 50/70, ZAUSTAVNA TRAKA		
	SA VLAKNIMA	BEZ VLAKANA
Brzina kolotraženja	0,15 mm / 1000 ciklusa	0,40 mm / 1000 ciklusa
Relativna deformacija	16 % (8 mm)	50 % (25 mm)
Osjetljivost na vodu (ITSR)	80%	89%

REZULTATI ISPITIVANJA		
PROBNA DIONICA SMA 11, VOZNA TRAKA		
	SA VLAKNIMA + 50/70	BEZ VLAKANA - PmB 45/80-65
Brzina kolotražnja	0,09 mm / 1000 ciklusa	0,05 mm / 1000 ciklusa
Relativna deformacija	5,8 % (2,32 mm)	5 % (1,95 mm)
Osjetljivost na vodu (ITSR)	85%	85%

REZULTATI ISPITIVANJA		
PROBNA DIONICA AC 16 bin, VOZNA TRAKA		
	SA VLAKNIMA + 50/70	BEZ VLAKANA - PmB 45/80-65
Brzina kolotražnja	0,10 mm / 1000 ciklusa	0,07 mm / 1000 ciklusa
Relativna deformacija	6,8 % (3,4 mm)	5,0 % (2 mm)
Osjetljivost na vodu (ITSR)	87%	86%

ZAKLJUČAK

- Za 1 tonu proizvedene bitumenske mješavine cijena vlakana iznosi cca 13,50 € -> za habajući sloj, d= 4 cm povećava cijenu izvedenog sloja za 1,35 €/m²
- Bitumen 50/70 + vlakna = bolja otpornost asfalta na plastične deformacije i ITSr (osobito pogodno za parkirališta i manipulativne površine)
- Bitumen 35/50 + vlakna = svojstva otpornosti asfalta na plastične deformacije i ITSr na razini ili vrlo blizu razine PmB-a



- Usporedbom cijene asfalta (vlakna + tvrdi bitumen) i cijene asfalta s PmB, a zbog uštede u zagrijavanju asfalta (temp do 25 st. niža) zbog smanjenih troškova manipulacije, logistike i čišćenja te ekološkog aspekta dolazi se do zaključka da upotreba vlakana može smanjiti troškove asfaltiranja za 1,5 €/m²
- Ukoliko se vlakna koriste s PmB dodatno se poboljšavaju svojstva otpornosti na plastične deformacije, zamor, niske temperature i razvoj pukotina što može biti osobito važno na projektima iznimno teških prometnih opterećenja u klimatski zahtjevnim područjima visokih i niskih temperatura

- **Hvala na pažnji!**

