

Primljen / Received: 7.6.2011.
 Ispravljen / Corrected: 30.5.2012.
 Prihvaćen / Accepted: 2.6.2012.
 Dostupno online / Available online: 25.6.2012.

Primjena recikliranog asfalta u bitumeniziranom nosivom sloju

Autori:



Ivica Androjić, mag.ing.aedif.
 Osijek-Koteks d.d.
ivica.androjic@osijek-koteks.hr



Gordana Kaluđer, mag.ing.aedif.
 Kombel d.o.o.
gordana.kaludjer@kombel.hr



Mario Komljen, ing.građ.
 Osijek-Koteks d.d.
mario.komljen@osijek-koteks.hr

Stručni rad

[Ivica Androjić, Gordana Kaluđer, Mario Komljen](#)

Primjena recikliranog asfalta u bitumeniziranom nosivom sloju

U radu su opisana ispitivanja primjene recikliranog asfalta u bitumeniziranom nosivom asfaltnom sloju BNS-32s za vrlo teško prometno opterećenje. Udio recikliranog asfalta u ispitivanim asfaltnim mješavinama razmatran je u iznosu 20, 25 i 30%. Ispitivanja fizikalno-mehaničkih svojstava asfaltnih mješavina provedena su prema normi HRN EN-12697. Dobiveni rezultati pokazuju da je primjena recikliranog asfalta u proizvodnji bitumeniziranoga nosivog asfaltnog sloja BNS-32s moguća te predstavlja ekonomski i ekološki opravdano rješenje.

Ključne riječi:

reciklirani asfalt, bitumenizirani nosivi asfaltni sloj, BNS-32s, kolnička konstrukcija

Professional paper

[Ivica Androjić, Gordana Kaluđer, Mario Komljen](#)

Use of recycled asphalt in the bituminous base course

Tests aimed at determining adequacy of use of recycled asphalt in the bituminous base course BNS-32s, for cases of very heavy traffic load, are presented in the paper. The proportion of recycled asphalt used in these asphalt mixes amounted to 20, 25 and 30 percent. Physicomechanical properties of asphalt mixes were tested according the HRN EN-12697. The results obtained show that the use of recycled asphalt in the production of bituminous base course BNS-32s is possible, and that it is an adequate solution from the standpoint of economy and environmental compliance.

Key words:

pavement structure, recycled asphalt, bituminous base course, BNS-32s

Fachbericht

[Ivica Androjić, Gordana Kaluđer, Mario Komljen](#)

Anwendung von rezykliertem Asphalt in der bituminösen Tragschichte

In der Arbeit werden Prüfungen der Anwendung von rezykliertem Asphalt in der bituminösen Asphalttragschichte BNS-32s bei sehr schwerer Verkehrsbelastung aufgezeigt. Der Anteil an rezykliertem Asphalt in den geprüften Asphaltmischungen wurde in dem Betrag von 20 %, 25 % und 30 % gemessen. Die Prüfung der physikalischen mechanischen Eigenschaften erfolgten nach der Norm HRN EN-12697. Die erhaltenen Resultate zeigen, dass die Anwendung von rezykliertem Asphalt in der Herstellung der bituminösen Asphalttragschichte BNS-32s möglich ist und eine wirtschaftlich und ökologisch gerechtfertigte Lösung darstellt.

Schlüsselwörter:

Fahrbahnkonstruktion, rezyklierter Asphalt, bituminöse Tragschichte, BNS-32s

1. Uvod

Devedesetih godina prošlog stoljeća započela je intenzivna izgradnja novih dionica autocesta u Republici Hrvatskoj kojih je danas u upotrebi više od 1.500 km. Sveukupno je u upotrebi cesta i autocesta oko 30.000 km, od čega je približno 7.500 km državnih cesta, a županijskih i lokalnih je oko 21.000 km [1, 2]. Potreba za izgradnjom novih cesta i autocesta sve je manja, a sve je važnije održavanje izgrađenih prometnica. Sve veće prometno opterećenje kojem su ceste svakodnevno izložene, kao i njihovo starenje, dovodi do oštećenja kolničke konstrukcije u obliku pukotina ili kolotruga. Donedavno je održavanje asfaltnih kolničkih konstrukcija podrazumijevalo izradu novih izravnavajućih slojeva od bitumeniziranog materijala te habajućeg sloja od asfaltnoga betona. Vjerovalo se da se raspolože neograničenim količinama materijala za izgradnju i održavanje cesta, međutim, troškovi eksploatacije, zahtjevi za očuvanje okoliša, kao i troškovi transporta prirodnog kamena do asfaltnih postrojenja mijenjaju prijašnja razmišljanja i traže nove učinkovitije i isplativije postupke zamjene prirodnog materijala. Svakako je jedan od njih, u svijetu uobičajen i trideset godina primijenjivan postupak recikliranja asfaltnih kolnika (RAP – Reclaimed Asphalt Pavement). Procjenjuje se da se u svijetu godišnje proizvede više od 500 milijuna tona RAP materijala [3]. Danska, Njemačka i Nizozemska imaju iskoristivost RAP materijala za proizvodnju novih asfaltnih slojeva u postotku većem od 50%. Slični su podaci za Japan i Veliku Britaniju, dok je u našoj državi iskoristivost RAP materijala neznatna [4].

Recikliranje asfaltnih kolnika omogućuje ponovnu upotrebu materijala iz kolničke konstrukcije. Ekonomski i zakonski razlozi te razvoj tehnologije i opreme uvjetovali su primjenu tehnologije recikliranja. Ograničene količine prirodnih agregata i visoka cijena sirove nafte ekonomski su razlozi koji su doveli do razvoja novih tehnologija i tehnika izvođenja radova na recikliranju. Zakonska regulativa potiče recikliranje

i ponovnu uporabu materijala, smanjivanje proizvodnje otpada i količine emisije CO₂ te predviđa visoke novčane kazne prekršiteljima. Prema podrijetlu reciklirani asfalt može biti endogen – kada dolazi od istog kolnika koji se reciklira *in situ* ili egzogen – kada se dovozi s nekoga drugog mjesta na mjesto recikliranja. Metode recikliranja asfaltnih kolničkih konstrukcija dijele se na dvije osnovne kategorije:

- metodu koja se koristi stacionarnim pogonima *in plant*,
- metodu koja se izvodi na licu mjesta *in place*.

Također, obje ove metode recikliranja mogu biti, ovisno o temperaturi ugradbe asfalta, podijeljene u još dvije kategorije:

- metodu vrućeg recikliranja,
- metodu hladnog recikliranja.

Prednosti i nedostaci osnovnih kategorija recikliranja prikazani su u tablici 1.

2. Laboratorijsko ispitivanje

U laboratoriju tvrtke Osijek-Koteks d.d. izvršena su ispitivanja fizikalno-mehaničkih svojstava uzoraka asfaltnih mješavina od recikliranog asfalta, dodanih frakcija drobljenoga kamenog materijala sedimentnog podrijetla, kamenog brašna kategorije oznake KB-I i cestograđevnog bitumena 50/70 (prema EN 12591:1999) [7]. Reciklirani asfalt dobiven je postupkom strojnog glodanja postojećeg bitumeniziranoga nosivog habajućega sloja BNHS 16 i u ispitivanu asfaltnu mješavinu dodavao se kao zamjena dijela kamenog agregata i cestograđevnog bitumena za proizvodnju nove asfaltnje mješavine BNS-32s. Postotak udjela recikliranog asfalta u ispitanim asfaltnim mješavinama iznosio je 20, 25 i 30%. Za izradu laboratorijskih asfaltnih mješavina uporabljena su sljedeća gradiva:

- kameno brašno (kamenolom Veličanka),
- kamena sitnež frakcija 0/4, 4/8, 8/16, 16/31,5 (kamenolom Veličanka),
- cestograđevni bitumen 50/70 (rafinerija Sisak),
- reciklirani asfalt (Osijek – zapadna obilaznica).

Tablica 1. Prednosti i nedostaci osnovnih kategorija recikliranja, [6]

Metoda recikliranja	Prednosti	Nedostaci
Recikliranje na licu mjesta	<ul style="list-style-type: none"> - visoka kvaliteta reciklirane mješavine - mogućnost kontrole granulacije - vrlo homogena mješavina - moguće poboljšanje mješavine - korištenje starog bitumena - ponovno korištenje u novom habajućem asfaltnom sloju - velika fleksibilnost upotrebe 	<ul style="list-style-type: none"> - potencijalno skupa opcija - visoka potrošnja energije - visoko učešće transporta materijala - skladištenje RAP materijala - zagađivanje okoliša/emisije
Recikliranje u stacionarnom pogonu	<ul style="list-style-type: none"> - potpuna iskoristivost RAP materijala - velika ekonomičnost i učinkovitost - brzo puštanje prometnice u pogon - pogodno i za male i za velike projekte - smanjeni troškovi transporta - mogućnost izvođenja reciklaže za samo jedan prometni trak 	<ul style="list-style-type: none"> - potreban novi površinski sloj - javlja se problem heterogenosti postojećeg asfalta - duge reciklaže nisu pogodne za manje i/ili ruralne prometnice - jednostavna oprema za recikliranje pogodna samo za manje volumene i ruralne prometnice

2.1. Geometrijski sastav kamenog agregata

Za izradu probnih asfaltnih mješavina iskorištena je kamena sitnež frakcija 0/4, 4/8, 8/16, 16/31,5 iz kamenoloma Veličanka čiji je granulometrijski sastav prikazan u tablici 2. Provedena su i ispitivanja fizikalno-mehaničkih svojstava bitumeniziranih asfaltnih mješavina čiji je sastav prikazan u tablici 3.

Ispitana su sljedeća fizikalno-mehanička svojstva:

- Gustoća asfaltnog uzorka prema HRN EN 12697-5 [10]
- Gustoća asfaltnje mješavine prema HRN EN 12697-6 [11]
- Udio šupljina prema HRN EN 12697-8 [12]
- Šupljine u kamenoj smjesi prema HRN EN 12697-8 [12]
- Ispuna šupljina bitumenom prema HRN EN 12697-8 [12].

Granulometrijski sastav kamene smjese određen je prema HRN EN 12697-2 [9], a topivi udio cestograđevnog bitumena prema HRN EN 12697-1 [8].

2.2. Priprema asfaltnih mješavina

Nakon dopremanja recikliranog asfalta u laboratorij, materijal se sušio na temperaturi od 25°C 24 sata. Ekstrakcijom recikliranog asfalta (odvajanje bitumena od kamenog agregata) obavljeno je određivanje udjela cestograđevnog bitumena i prosječnog granulometrijskog sastava triju ispitanih uzoraka, a dobiveni rezultati prikazani su u tablici 4. te na slici 1.

Tablica 2. Granulometrijski sastav kamene sitneži (kamenolom Veličanka)

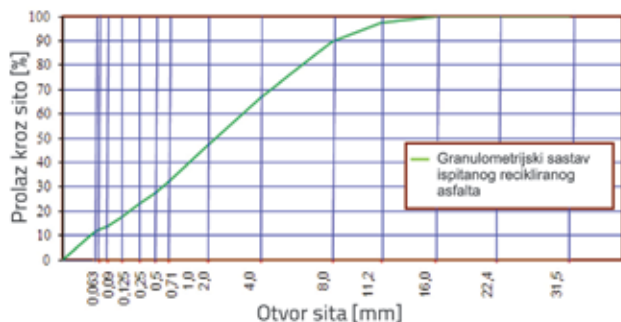
Frakcije Sito [mm]	Kameno brašno		0/4		4/8		8/16		16/31,5	
	mas %	Σ	mas %	Σ	mas %	Σ	mas %	Σ	mas %	Σ
0,063	72,6	72,6	6,0	6,0	1,1	1,1	0,7	0,7	0,4	0,4
0,09	10,0	82,6	0,2	6,1	0,0	1,1	0,0	0,7	0,0	0,4
0,125	7,70	90,3	2,5	8,6	0,0	1,1	0,0	0,7	0,0	0,4
0,25	7,50	97,8	9,2	15,3	0,3	1,4	0,1	0,7	0,1	0,4
0,50	1,50	99,3	18,8	24,9	0,3	1,6	0,2	0,9	0,0	0,5
0,71	0,70	100,0	7,1	32,0	0,2	1,9	-0,1	0,9	0,0	0,5
1,00			8,9	40,9	0,4	2,3	0,1	0,9	0,0	0,5
2,00			27,6	68,5	1,8	4,1	0,3	1,2	0,1	0,5
4,00			28,8	97,3	13,1	17,2	0,6	1,8	0,0	0,6
8,00			2,6	99,9	79,2	96,4	7,5	9,3	0,1	0,7
11,20			0,1	100,0	3,3	99,7	44,8	54,1	0,0	0,7
16,00					0,3	100,0	45,0	99,1	6,7	7,4
22,40							0,9	100,0	45,7	53,1
31,50									46,9	100,0
Modul zrnatosti agregata HRN U.E4.014.			5,98							
Muljevite - prašinate čestice HRN B.B8.036. (mas %)			6,11		0,01		0,66		0,36	
Udio podzrnja HRN U.E4.014. (mas %)					17,18		9,33		7,41	
Udio nadzrnja HRN U.E4.014. (mas %)			2,73		3,59		0,94			

Tablica 3. Sastav projektiranih asfaltnih mješavina (udio pojedinog gradiva)

Mješavine	Gradiva	Kameno brašno [%]	Cestograđevni bitumen [%]	Reciklirani asfalt [%]	Kamena sitnež [%]
Mješavina I		2,0	2,38	30,0	68,0
Mješavina II		2,5	2,61	25,0	72,5
Mješavina III		3,0	2,85	20,0	77,0

Tablica 4. Granulometrijski sastav ispitanih uzoraka recikliranog asfalta

SITO (mm)	Granulometrijski sastav kamene smjese određen prema HRN EN 12697-2														BITUMEN HRN EN 12697-1
	0,063	0,09	0,125	0,25	0,5	0,71	1,0	2,0	4,0	8,0	11,2	16,0	22,4	31,5	
Sred. vrij.	11,1	12,2	13,6	17,4	23,3	27,4	32,3	47,2	66,6	89,6	97,3	100,0			4,75
Min. udio	9,6	10,5	11,7	14,8	19,5	22,8	26,9	39,7	58,4	85,2	96,9	100,0			4,36
Max. udio	12,1	13,3	14,7	18,8	25,2	29,9	35,2	51,1	71,2	92,0	97,7	100,0			4,97
Stand. dev.	1,3	1,5	1,7	2,2	3,3	4,0	4,7	6,5	7,1	3,8	0,4	0,0	0,0	0,0	0,34



Slika 1. Dijagram prosječnoga granulometrijskog sastava ispitanih uzoraka

Na slici 1. vidljiv je prosječni granulometrijski sastav ispitanih uzoraka recikliranog asfalta. Po svom je sastavu reciklirana asfaltna mješavina određena na temelju izvedenih laboratorijskih ispitivanja kao bitumenizirani nosivi habajući sloj s maksimalnim zrnom kamenog agregata od 16 mm.

2.3. Sastavljanje receptura i izrada probnih laboratorijskih uzoraka

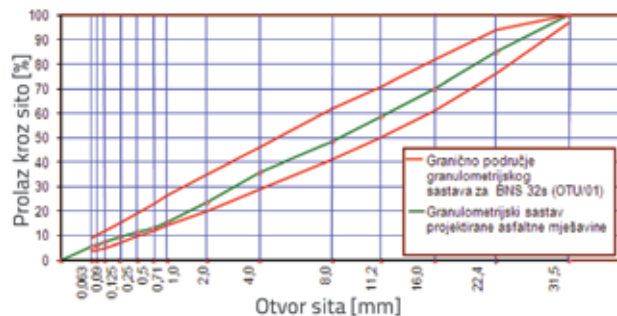
Projektiranje recepture obavljeno je za bitumensku asfaltnu mješavinu za nosivi sloj (BNS). Mješavina je kamenog materijala najvećeg nominalnog zrna od 31,5 mm užega graničnog područja granulometrijskog sastava kamene smjese [8]. Laboratorijske asfaltno mješavine sadrže 30%, 25% i/ili 20% recikliranog asfalta. Na slikama 2.a-4.b prikazani su projektirani i ostvareni uzorci asfaltnih mješavina. Tablica 5. prikazuje nastala odstupanja između projektiranih i ostvarenih uzoraka asfaltnih mješavina s tridesetpostotnim udjelom recikliranog asfalta.

2.3.1. Asfaltno mješavine s 30% recikliranog asfalta za BNS-32s

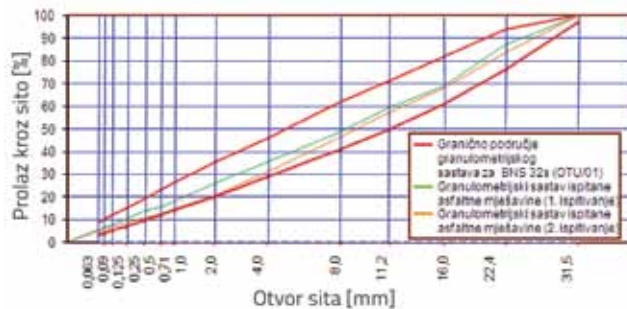
Na slici 2.a prikazana je projektirana granulometrijska krivulja za izradu asfaltno mješavine s 30% recikliranog asfalta u svom udjelu. Granulometrijska je krivulja projektirana na način da se ostvare što veće uštede u udjelu cestograđevnog bitumena.

Uočena su odstupanja granulometrijskog sastava uzoraka asfaltno mješavine nakon prvog i drugog ispitivanja (Slika 2.b i tablica 5.). Navedeno se može obrazložiti nemogućnošću precizne kontrole ulaznih i izlaznih vrijednosti komponenata asfaltno mješavine zbog promjenjivog sastava recikliranog asfalta.

a) Projektirani granulometrijski sastav asfaltno mješavine



b) Ostvareni granulometrijski sastav asfaltno mješavine



Slika 2. Granulometrijski sastavi dviju asfaltnih mješavina s 30% recikliranog asfalta

2.3.2. Asfaltno mješavine s 25% recikliranog asfalta za BNS-32s

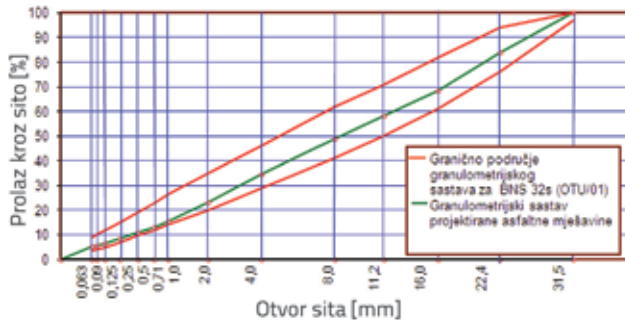
Projektirani granulometrijski sastav asfaltno mješavine s dodatkom recikliranog asfalta u udjelu od 25% prikazan je na slici 3.a.

Tablica 5. Odstupanje između projektirane i ostvarene asfaltno mješavine s 30% udjela recikliranog asfalta

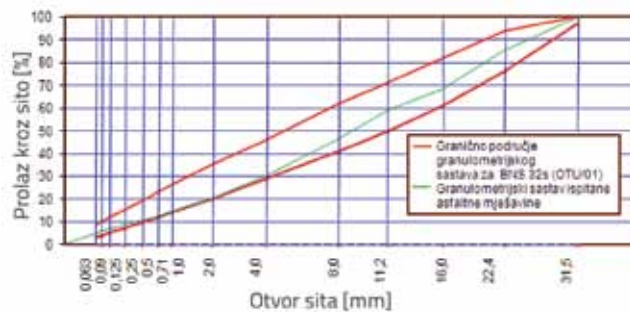
Otvor sita [mm]	Projektirani udio komponenti [%]	1. Ispitivanje		2. Ispitivanje	
		Udio komponenti [%]	Razlika od projektiranog	Udio komponenti [%]	Razlika od projektiranog
0,063	5,39	5,50	0,11	5,00	-0,39
0,09	5,95	6,30	0,35	5,60	-0,35
0,125	6,71	7,80	1,09	6,70	-0,01
0,25	8,59	10,40	1,81	8,60	0,01
0,50	11,18	13,90	2,72	11,00	-0,18
0,71	13,05	15,80	2,75	12,40	-0,65
1,00	15,35	18,10	2,75	14,60	-0,75
2,00	23,06	25,90	2,84	20,80	-2,26
4,00	33,91	35,20	1,29	30,80	-3,11
8,00	48,4	48,80	0,40	46,30	-2,10
11,20	58,61	59,60	0,99	57,40	-1,21
16,00	69,29	68,90	-0,39	67,90	-1,39
22,40	84,51	87,10	2,59	83,30	-1,21
31,50	100,00	100,00	0,00	100,00	0,00
bitumen	3,80	3,90	0,10	3,86	0,06

Odstupanje granulometrijske krivulje asfaltnih uzoraka mješavine s 25% recikliranog asfalta pojavljuje se u dijelovima od 0,71-8,00 mm i 11,20-22,40 mm gdje dobivena granulometrijska krivulja pokazuje nešto krupniji sastav asfaltna mješavine u odnosu na projektirane vrijednosti (slika 3.b).

a) Projektirani granulometrijski sastav asfaltna mješavine



b) Ostvareni granulometrijski sastav asfaltna mješavine



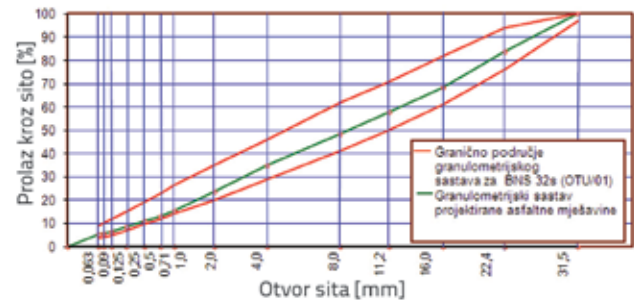
Slika 3. Granulometrijski sastav asfaltna mješavine s 25% recikliranog asfalta

2.3.3. Asfaltna mješavine s 20% recikliranog asfalta za BNS-32s

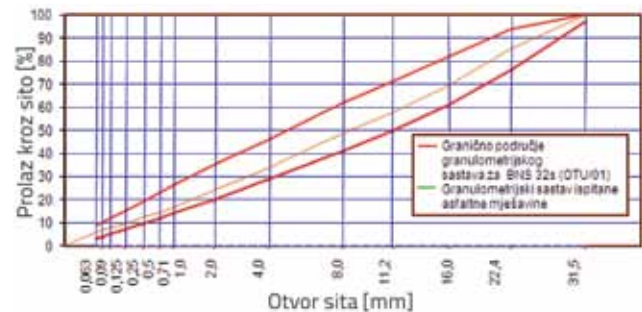
Ostvarene vrijednosti granulometrijskog sastava uzorka asfaltna mješavine s 20% recikliranog asfalta približne su

projektiranim vrijednostima (slike 4.a i 4.b). Na temelju navedenog dolazi se do zaključka da se sa smanjenjem udjela recikliranog asfalta u mješavini lakše ostvaruju projektirane vrijednosti.

a) Projektirani granulometrijski sastav asfaltna mješavine



b) Ostvareni granulometrijski sastav asfaltna mješavine



Slika 4. Granulometrijski sastav uzorka asfaltna mješavine s 20% recikliranog asfalta

2.4. Fizikalno-mehanička svojstva probnih laboratorijskih uzoraka

Asfaltna mješavine pripremljene u laboratoriju zadovoljavaju granične vrijednosti propisane OTU-om, Knjiga III. (tablica

Tablica 6. Fizikalno-mehanička svojstva ispitanih asfaltnih uzoraka za BNS-32s

Fizikalno-mehanička svojstva za BNS	Asfaltna mješavina s 30% recikliranog asfalta	Asfaltna mješavina s 25% recikliranog asfalta	Asfaltna mješavina s 20% recikliranog asfalta	Zahtjev prema OTU Knjiga III (Tablica 5-04-8)
Gustoća asfaltnog uzorka [kg/m ³] (HRN EN 12697-5)	2.509,00	2.509,00	2.495,00	-
Gustoća asfaltna mješavine [kg/m ³] (HRN EN 12697-6)	2.675,00	2.685,00	2.661,00	-
Udio šupljina [% (v/v)] (HRN EN 12697-8)	6,19	6,55	6,24	5-8
Šupljine u kamenoj smjesi [% (v/v)] (HRN EN 12697-8)	15,74	15,51	15,85	-
Ispuna šupljina bitumenom [% (v/v)] (HRN EN 12697-8)	60,68	57,73	60,65	51-67

Tablica 7. Pojedinačni udjeli komponenata ispitanih uzoraka asfaltnih mješavina za BNS-32s

Komponente mješavine	Asfaltna mješavine	Standardna asfaltna mješavina	Mješavina I (30% recikliranog asfalta)		Mješavina II (25% recikliranog asfalta)		Mješavina III (20% recikliranog asfalta)	
	Udio komponenti [%]	Udio komponenti [%]	Udio komponenti [%]	Ušteda u odnosu na standardnu mješavinu [%]	Udio komponenti [%]	Ušteda u odnosu na standardnu mješavinu [%]	Udio komponenti [%]	Ušteda u odnosu na standardnu mješavinu [%]
Kameno brašno	6	2,00	66,67		2,50	58,33	3,00	50,00
Cestograđevni bitumen	3,9	2,38	37,50		2,61	31,25	2,85	25,00
Reciklirani asfalt	-	30,00	-		25,00	-	20,00	-
Kameni agregat 0/4 mm	25	10,00	30%		13,50	25%	17,00	20%
Kameni agregat 4/8 mm	15	8,00			9,00		9,00	
Kameni agregat 8/16 mm	20	17,00			16,00		17,00	
Kameni agregat 16/31,5 mm	34	33,00			34,00		34,00	

5-04-8) za autoceste i ceste vrlo teškog prometnog opterećenja. Prikaz fizikalno-mehaničkih svojstava ispitanih asfaltnih mješavina dan je u tablici 6.

2.5. Ekonomski osvrt

Laboratorijskom obradom uzorka mješavine od dostavljenoga recikliranog asfalta dobivenog postupkom glodanja (frezanja) bitumeniziranoga nosivog habajućega sloja BNHS 16, utvrđen je udio cestograđevnog bitumena u mješavini od 4,75%. Za projektiranu asfaltnu mješavinu za izradu bitumeniziranog nosivog sloja BNS-32s ciljani je udio cestograđevnog bitumena 3,8%. U tablici 7. detaljno je prikazana ušteda u komponentama izvedenih uzoraka asfaltnih mješavina za različite udjele recikliranog asfalta u mješavini.

3. Zaključak

U radu su opisani rezultati dobiveni laboratorijskim ispitivanjima uzoraka uz primjenu reciklirane asfaltne mješavine za izvedbu bitumeniziranoga nosivog asfaltnog sloja BNS-32s za vrlo teško prometno opterećenje, s udjelom od 30%, 25% i 20% recikliranog asfalta. Nakon provedenih ispitivanja došlo se do sljedećih zaključaka:

- Varijabilnost mješavine recikliranog asfalta otežava kontrolu doziranja frakcija kamene sitneži, kamenog brašna i razlike potrebnoga cestograđevnog bitumena;
- Ekstrakcijom bitumena iz recikliranog asfalta ustanovljeno je odstupanje bitumena u udjelu i do 13,99%;

- Uže granično područje granulometrijskog sastava kamene smjese za BNS-32s znatno otežava projektiranje asfaltne mješavine s višim udjelima recikliranog asfalta;
- Odstupanje granulometrijske krivulje asfaltnih uzoraka s 25% recikliranog asfalta pojavljuje se u dijelovima od 0,71-8,00 mm i 11,20-22,40 mm gdje dobivena granulometrijska krivulja ima nešto krupniji sastav asfaltne mješavine u odnosu na projektirane vrijednosti;
- Smanjenjem udjela recikliranog asfalta lakše se ostvaruju zadane (projektirane) vrijednosti u asfaltnoj mješavini;
- Svi laboratorijski uzorci ostvarenih asfaltnih mješavina zadovoljavaju granične vrijednosti propisane OTU-om, Knjiga III. (tablica 5-04-8) za autoceste i ceste vrlo teškog prometnog opterećenja;
- Ušteda u količini cestograđevnog bitumena, kamene sitneži i kamenog brašna uvelike ovisi o vrsti recikliranog asfalta. S obzirom da je u ovom laboratorijskom ispitivanju upotrijebljen habajući asfalt s prosječnim udjelom bitumena od 4,75%, ostvaruju se uštede u bitumenu od 25% do 37,50%, ovisno o udjelu recikliranog asfalta u projektiranoj asfaltnoj mješavini.

Rezultati ispitivanja asfaltnih mješavina s primjenom recikliranog asfalta za izradu bitumeniziranoga nosivoga asfaltnoga sloja BNS-32s za vrlo teško prometno opterećenje pokazuju da je ovo tehničko rješenje opravdano i s ekonomskog i s ekološkog aspekta. Buduća istraživanja potrebno je usmjeriti na analiranje mogućnosti proizvodnje takvih mješavina u asfaltnim bazama i izradi probnih dionica te ispitivanja primjene recikliranog asfalta u drugim asfaltnim mješavinama.

LITERATURA

- [1] Šimun, M., Škerlj, S: *Rekonstrukcije asfaltnog kolnika u Hrvatskoj*, 10. Slovenski kongres o cestah in prometu, Portorož, 2010.
- [2] Drezgić, S: *Reforma sustava financiranja javnih cesta Republike Hrvatske*, Riznica, RFF, Zagreb, 2008., str. 22-28.
- [3] Arand, W: *Behavior of asphalt aggregate mixtures at low temperatures*, 1990.
- [4] Schwabe, Ž: *Recikliranje asfaltnih kolničkih konstrukcija, Dani prometnica 2009.*, Gospodarenje prometnom infrastrukturom, Građevinski fakultet, Zavod za prometnice 2009.
- [5] Dridarski, D: *Recikliranje postojećih asfaltnih kolovoza.*
- [6] Schwabe, Ž., Halle, M: *Postupak hladnog recikliranja kod obnove cesta*, Zbornik 2008.
- [7] Opći tehnički uvjeti za radove na cestama, KNJIGA III., Zagreb, 2001.
- [8] HRN EN 12697-1:2003 Bitumenske mješavine – Ispitne metode za asfalt proizveden vrućim postupkom – 1. dio: Topljivi udio veziva.
- [9] HRN EN 12697-2:2003 Bitumenske mješavine – Ispitne metode za asfalt proizveden vrućim postupkom – 2. dio: Određivanje granulometrijskog sastava.
- [10] HRN EN 12697-5:2003 Bitumenske mješavine – Ispitne metode za asfalt proizveden vrućim postupkom – 5. dio: Određivanje gustoće asfaltnih mješavina.
- [11] HRN EN 12697-6:2003 Bitumenske mješavine – Ispitne metode za asfalt proizveden vrućim postupkom – 6. dio: Određivanje gustoće asfaltnih uzoraka.
- [12] HRN EN 12697-8:2003 Bitumenske mješavine – Ispitne metode za asfalt proizveden vrućim postupkom – 8. dio: Određivanje šupljina u asfaltnim mješavinama.