

# TEHNOLOGIJE RECIKLIRANJA ASFALJNIH KOLNIKA PO HLADNOM POSTUPKU

Tomislav Šafran, dipl.ing.građ.



Seminar  
ASFALJNI KOLNICI  
Zagreb, 06.-07. veljače 2014.

# SADRŽAJ

- OPĆENITO
- IN PLANT RECIKLIRANJE
- IN SITU RECIKLIRANJE
- OPREMA
- GLODANI ASFALT
- ASFALT I KAMENI MATERIJAL
- KORISTI
- PRIMJENJIVOST
- PREDNOSTI I NEDOSTACI CEM I BIT
- POJEDINA RJEŠENJA

# HLADNA RECIKLAŽA



PRETHODNA ISPITIVANJA  
I PROJEKTIRANJE



# OPĆENITO

## ■ HLADNO RECIKLIRANJE

- Ponovna upotreba materijala bez zagrijavanja

## ⑩ KORISTI OD RECIKLIRANJA

- Očuvanje okoliša i mineralnih sirovina
- Kvaliteta mješavine
- Homogeni deblji slojevi – nema laminacije
- Minimalni utjecaj procesa na posteljicu
- Veliki kapaciteti, kraće vrijeme izvođenja
- Sigurnost rada pod prometom
- Financijska efikasnost

# OPĆENITO

- Široka primjena
  - ceste, aerodromi,
  - manipulativne površine, šumski putevi
  - Reciklirani slojevi 100 do 300 mm
  - Recikliranje asfalta i tampona moguće posebno ili kombinirano
  - Sa i bez veziva
  - In-plant i In-situ način

# IN-PLANT RECIKLIRANJE

## ■ Proces recikliranja uključuje

- Glodanje,
- prijevoz na bazu,
- proizvodnja HRM
- Prijevoz na gradilište
- Ugradnja

⑩ Rjeđe se koristi jer je skuplje od in-situ

# IN-PLANT RECIKLIRANJE

- Glodanje i prijevoz na bazu/in plant postrojenje



# IN-PLANT RECIKLIRANJE

## ■ In plant postrojenje



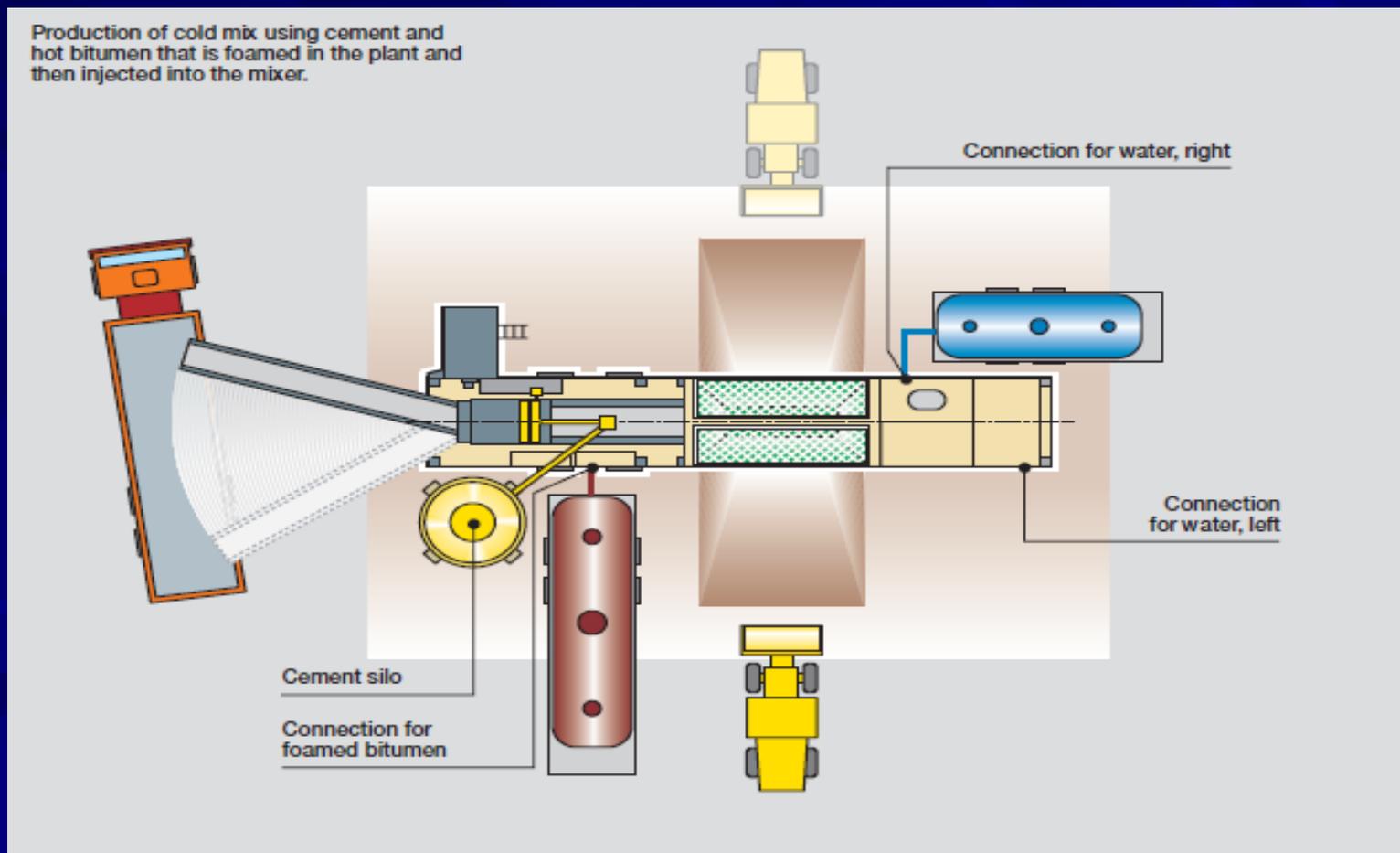
# IN-PLANT RECIKLIRANJE

## ■ In plant postrojenje



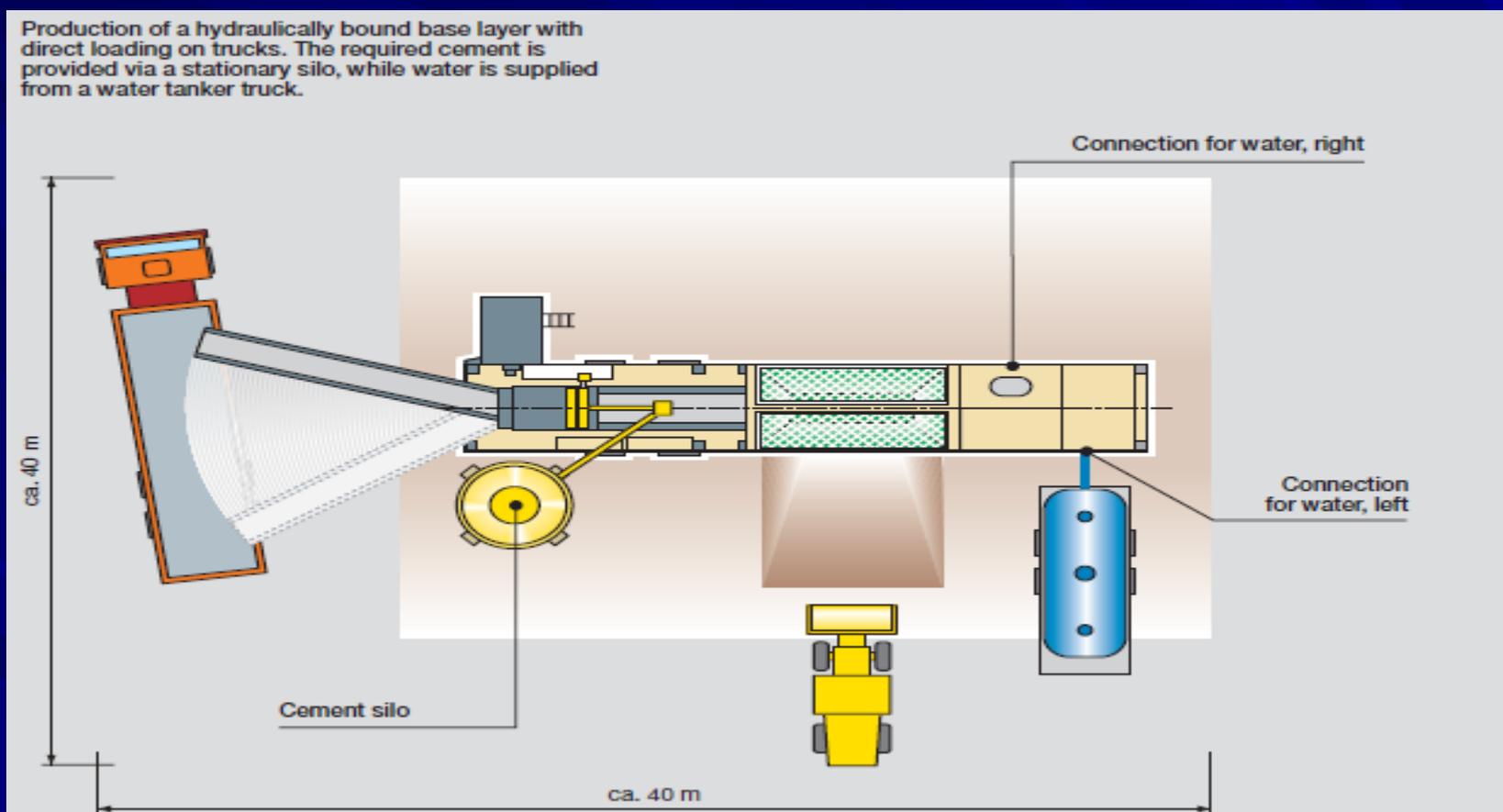
# IN-PLANT RECIKLIRANJE

- In-plant postrojenje (KMA 200) za proizvodnju HRM sa bitumenskim vezivom



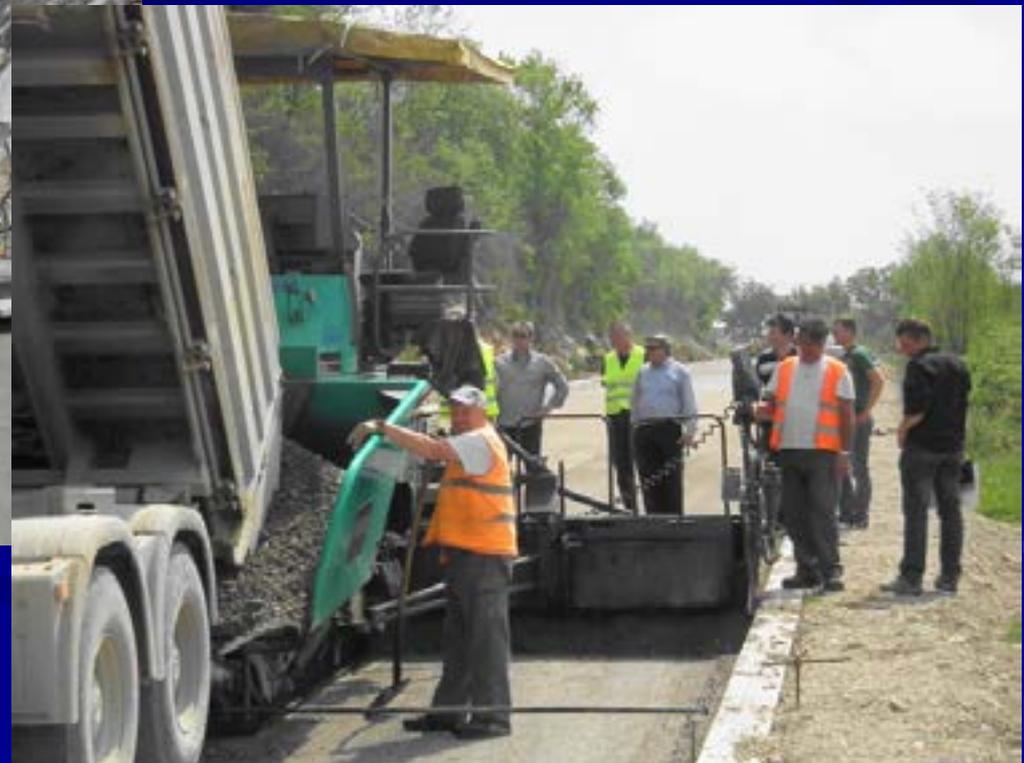
# IN-PLANT RECIKLIRANJE

- In-plant postrojenje (KMA 200) za proizvodnju HRM sa hidrauličnim vezivom



# IN-PLANT RECIKLIRANJE

## ■ Prijevoz i ugradnja – D44 Buzet - Roć



# IN-PLANT RECIKLIRANJE

## ■ Zbijanje



# IN-PLANT RECIKLIRANJE

■ D44 Buzet – Roć – izvedeni reciklirani sloj

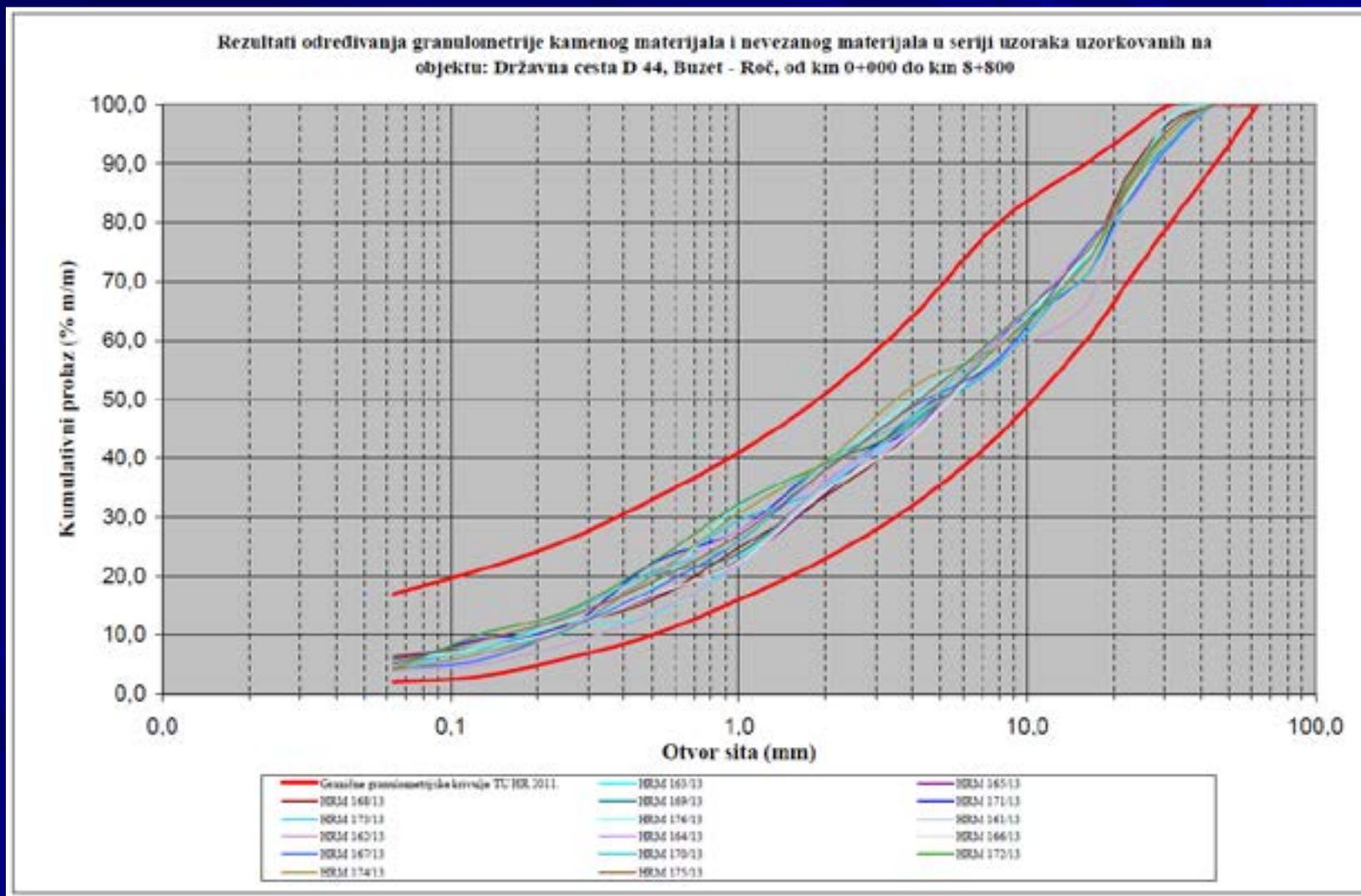


# IN-PLANT RECIKLIRANJE

## ■ PREDNOSTI SU KOD:

- Zamjene donjih slojeva, posteljice, nasipa i sl.
- Značajne korekcija nivelete, proširenja i sl.
- Deponiranja HRM za kasniju upotrebu
- Potrebe točnijeg doziranja sastavnih materijala
- Varijabilnosti materijala - homogenizacija
- Jako tvrdog kolnika – in situ ne može usitniti

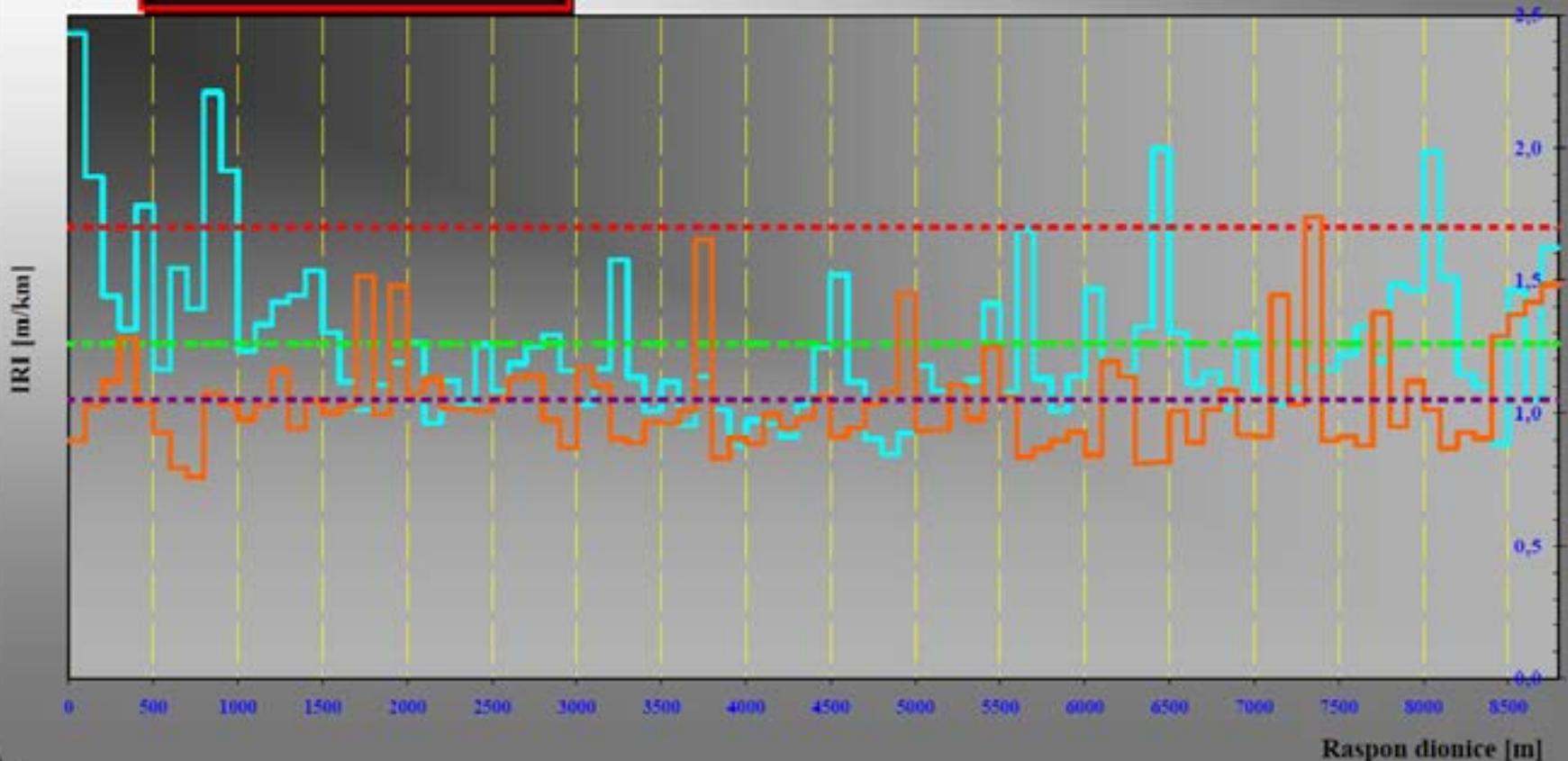
# IN-PLANT RECIKLIRANJE – ujednačenost sastava reciklirane mješavine



# IN-PLANT RECIKLIRANJE – rezultati mjerenja uzdužne ravnosti

Objekt: D44, Buzet - Roč,  
od km 0+000 do km 8+800

- Buzet - Roč, desna traka
- Maksimalna dozvoljena vrijednost IRI-a
- Srednja vrijednost IRI-a desna strana
- Buzet - Roč, lijeva traka
- Srednja vrijednost IRI-a lijeva strana

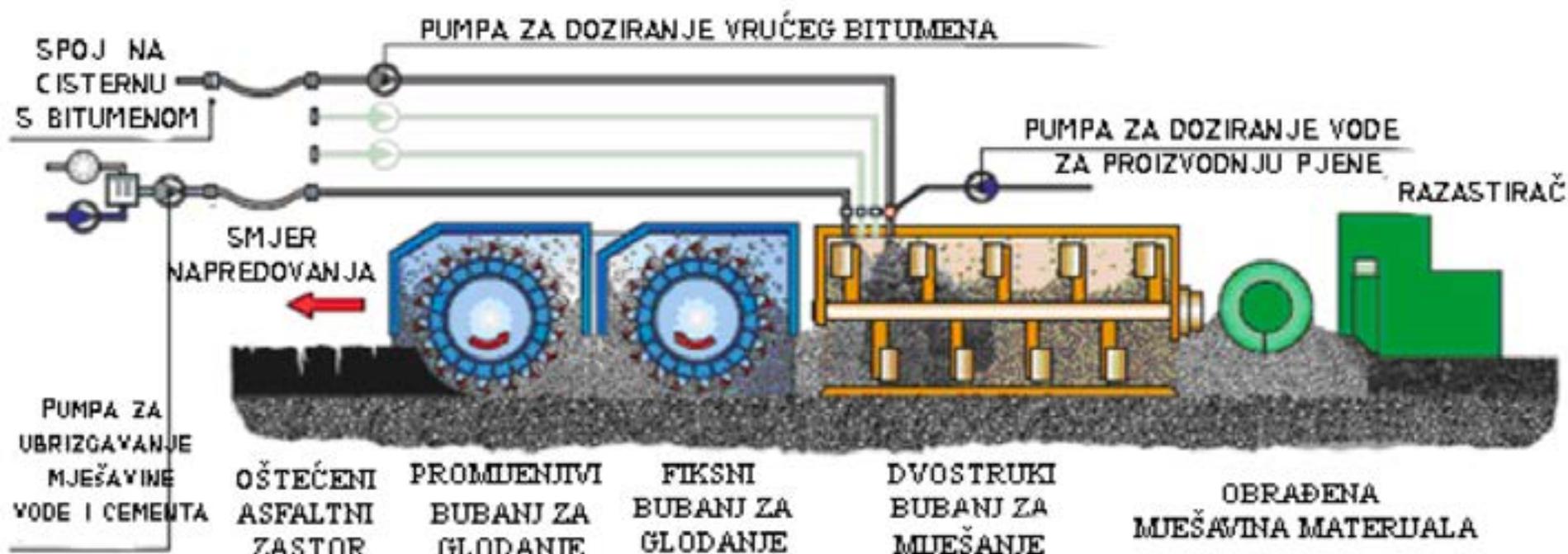


# IN-SITU RECIKLIRANJE

- Neprekinuti niz operacija strojeva koji uključuje:
  - Glodanje,
  - Dodavanje potrebnih materijala
  - Homogenizacija
  - Razastiranje
  - Profiliranje i
  - Zbijanje
- ⑩ Češće se koristi jer je jeftinije od in-plant a dobiveni proizvod zadovoljavajućih svojstava

# IN-SITU RECIKLIRANJE

## ■ Sustav recikliranja



# IN-SITU RECIKLIRANJE

## ■ Reciklažni vlak



# IN-SITU RECIKLIRANJE

## ■ Recikler na kotačima



# IN-SITU RECIKLIRANJE

## ■ Recikler na gusjenicama



# IN-SITU RECIKLIRANJE

- Priprema vodo-cementne suspenzije



# IN-SITU RECIKLIRANJE

- Razastiranje cementa, vapna i sl.



# IN-SITU RECIKLIRANJE

## ■ Zbijanje i njegovanje sloja



# IN-SITU RECIKLIRANJE, Autocesta A 4, dionica Zagreb - Goričan



# IN-SITU RECIKLIRANJE

## ■ PREDNOSTI:

- Rad pod prometom
- Rad u jednom prolazu
- Promjenjiva dubina zahvata, i do 500 mm
- Veliki kapacitet, i do 10.000 m<sup>2</sup>/dan
- Manja osjetljivost na promjenu vremena
- Zadovoljavajuća kvaliteta sloja

# Primjeri obnove dionica državnih cesta i autocesta tehnologijom recikliranja in situ

## 1. Izvanredno održavanje državne ceste D303, dionica kroz Rovinjsko Selo

Projektirana kolnička konstrukcija:

- habajući sloj asfalta tipa BBTM 8B debljine 3 cm
- nosivi sloj asfalta tipa BNS 22s debljine 7 cm
- donji nosivi sloj izveden od reciklirane mješavine stabilizirane upjenjenim bitumenom i cementom debljine 17 cm

(drobljeni kameni materijal u postojećem donjem nosivom sloju)

## 2. Obnova zaustavne trake na dionici autoceste A4 Zagreb - Goričan

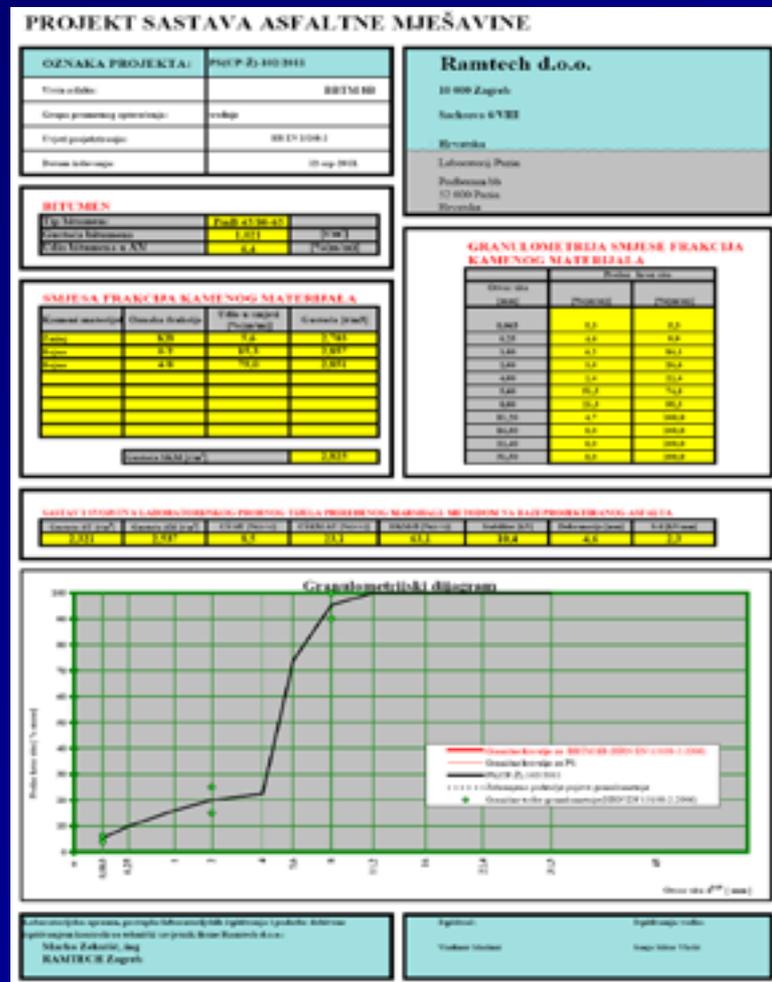
Projektirana kolnička konstrukcija:

- habajući sloj asfalta tipa AB 16 debljine 5 cm
- nosivi sloj izveden od reciklirane mješavine stabilizirane upjenjenim bitumenom i cementom debljine 25 cm - *varijanta 1*
- nosivi sloj izveden od reciklirane mješavine mehanički stabilizirane bez veziva debljine 25 cm - *varijanta 2*

(šljunčani kameni materijal u postojećem nosivom sloju)

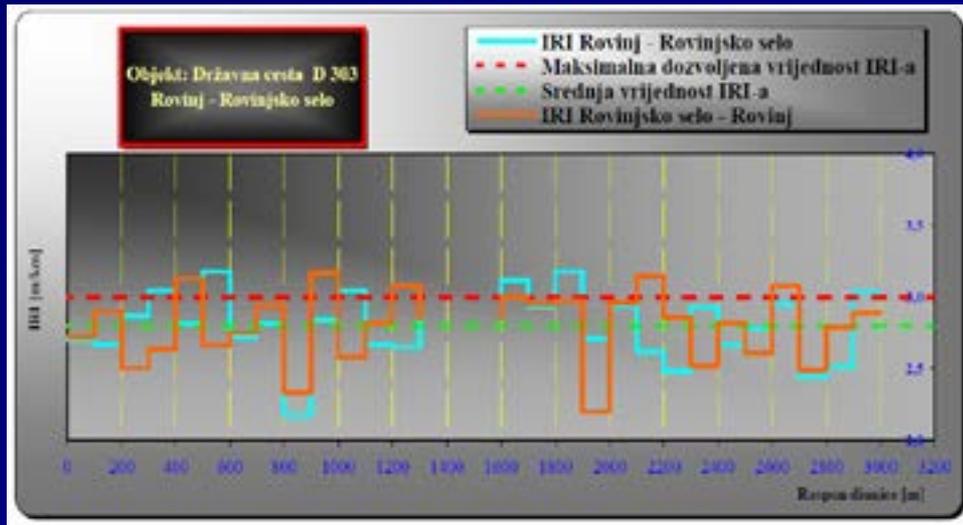
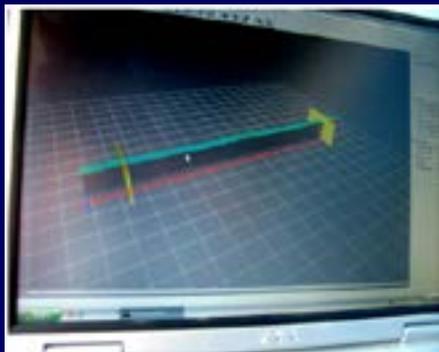
# Izvanredno održavanje državne ceste D303, dionica Rovinjsko Selo

## Izvedeni habajući sloj od asfalta tipa BBTM 8B 45/80-65



# Izvanredno održavanje državne ceste D303, dionica Rovinjsko Selo

## Mjerenje uzdužne ravnosti na izvedenom recikliranom



Smjer:	Rovinj - Rovinjsko selo		Rovinjsko selo - Rovinj	
Max IRI:	3,18	[m/km]	3,17	[m/km]
Min IRI:	2,17	[m/km]	2,20	[m/km]
Srednja vrijednost:	2,80	[m/km]	2,80	[m/km]
Standardna devijacija:	0,24	[m/km]	0,25	[m/km]

IRI 100 (m/km)	BNS 22s	IRI 100 (m/km)	BBTM 8
IRI <sub>(20)</sub> uvjet kvalitete	2,5	IRI <sub>(100)</sub> uvjet kvalitete	1,50
MIN.IRI <sub>(10)</sub>	1,56	MIN.IRI <sub>(100)</sub>	0,79
MAX.IRI <sub>(100)</sub>	2,21	MAX.IRI <sub>(100)</sub>	1,61
SREDNJA VRIJEDNOST IRI <sub>(10)</sub>	1,81	SREDNJA VRIJEDNOST IRI <sub>(100)</sub>	1,06

# IZBOR VEZIVA

- Bitumenska veziva - veća elastičnost sloja
  - 75% glodanog asfalta – bitumen
  - PEN bitumena veća od 15 1/10 mm
- Hidraulična veziva – veća krutost
- Vapno – kod materijala sa IP > 12
- Vlažnost materijala
- Raspad emulzije
- Rad pod prometom
- Cijena obnove i održavanja tijekom proj. perioda

# RECIKLIRANJE S CEMENTOM

## ■ PREDNOSTI

- Raspoloživost
- Relativno jeftin
- Jednostavno doziranje
- Opća prihvaćenost u građ. industriji
- Relativno velika čvrstoća

## ■ NEDOSTACI

- Neizbježne reflektivne pukotine od skupljanja
- Povećava krutost u fleksibilnoj konstrukciji
- Zahtjevno njegovanje
- Ne trpi rani promet

# IN-SITU RECIKLIRANJE sa hidrauličnim vezivom (cementom), D57 Vukovar - Orolik



# RECIKLIRANJE S BITUMENOM

## ■ PREDNOSTI

- Fleksibilnost visko-elasto-plastičnog materijala
- Jednostavna primjena
- Opća prihvaćenost u industriji
- Rano puštanje u promet
- Otpornost na vodu
- Trajnost

## ■ NEDOSTACI

- Relativno skup
- Upjenjeni bitumen traži dodatno zagrijavanje
- Veća prirodna vlaga problem za emulzije
- Njegovanje zahtjevnije kod emulzije
- Formuliranje emulzije za pojedini materijal

# IN-SITU RECIKLIRANJE s bitumenskim vezivom (upjenjeni bitumen), D 303, dionica Rovinjsko selo - Rovinj



# Kontrola kvalitete reciklirane mješavine i izvedenog recikliranog sloja tokom izvođenja radova – terenski laboratorij



# Kontrola kvalitete tokom izvođenja radova

## Statistička obrada podataka o sastavu

Državna cesta D 303, Ravnijsko Selo			Stabilizirana mješavina												
			Ukupni sadržaj	Granulometrija glodanog materijala											
Oznaka uzorka	Datum uzorkovanja	Stacionarna	Procenti	0,075	0,25	0,75	2	4	8	11,2	16	22,4	31,5	45	63
HRM 100/11	30-oto-2011.	----	5,2	4,8	6,2	10,0	21,2	38,2	62,9	77,6	88,0	92,8	93,9	100,0	100,0
HRM 101/11	30-oto-2011.	----	5,4	5,6	7,0	11,2	23,4	35,6	63,8	78,7	92,3	98,6	100,0	100,0	100,0
HRM 102/11	2-pro-2011.	----	4,9	6,1	7,7	11,6	22,5	40,5	63,7	78,2	90,2	98,9	100,0	100,0	100,0
HRM 103/11	2-pro-2011.	----	3,9	6,2	9,1	13,4	25,6	45,2	65,5	80,2	91,4	99,2	100,0	100,0	100,0
HRM 104/11	8-pro-2011.	----	3,7	9,6	11,3	15,1	24,6	39,3	59,3	72,1	82,6	90,8	94,2	100,0	100,0
HRM 105/11	8-pro-2011.	----	2,2	7,5	8,2	14,2	24,3	37,2	61,9	76,5	89,1	93,5	96,5	100,0	100,0
HRM 106/11	8-pro-2011.	----	4,6	6,5	8,1	11,6	19,9	32,4	52,4	63,9	75,8	86,4	92,3	100,0	100,0
HRM 107/11	10-pro-2011.	----	5,5	5,4	6,8	10,9	23,2	38,4	63,2	77,1	89,6	94,5	96,2	100,0	100,0
HRM 108/11	11-pro-2011.	----	4,4	4,9	7,2	12,3	25,4	37,7	59,5	74,9	80,4	89,9	95,5	100,0	100,0
Statistika	Prosječni sadržaj		4,3	5,0	5,8	9,5	19,8	23,6	47,2	64,9	81,9	90,1	96,1	100,0	100,0
	Minimalni sadržaj	/	7,5	11,0	19,0	30,0	41,7	52,0	58,0	64,0	71,0	78,0	85,0	100,0	
	Maksimalni sadržaj	/	24,2	30,0	42,0	55,0	66,7	77,0	83,0	90,0	100,0	100,0	100,0	100,0	
	Prostorni sadržaj		4,4	6,5	8,0	12,3	23,3	38,3	60,9	75,5	86,6	93,5	96,5	100,0	100,0
	Minimalni sadržaj		2,2	4,8	6,2	10,0	19,9	32,4	52,4	63,9	75,8	86,4	92,3	100,0	100,0
	Maksimalni sadržaj		5,5	9,6	11,3	15,1	25,6	45,2	65,5	80,2	92,3	99,2	100,0	100,0	100,0
Standardni devijacija		1,044	1,63	1,52	1,66	1,90	3,48	3,74	4,93	5,67	4,16	2,91	0,80	0,80	

Autocesta A 4, Zagreb - Gorican			Stabilizirana mješavina													
			Ukupni sadržaj	Granulometrija glodanog materijala												
Oznaka uzorka	Datum uzorkovanja	Stacionarna	Procenti	0,075	0,25	0,75	2	4	8	11,2	16	22,4	31,5	45	63	
HRM 105/12	31-oto-2012.	----	2,2	3,4	5,9	12,3	24,0	42,2	59,0	68,1	79,0	89,5	97,2	100,0	100,0	
HRM 106/12	1-lip-2012.	----	2,3	3,6	6,4	11,2	21,0	35,3	52,4	65,3	80,1	87,4	97,7	100,0	100,0	
HRM 107/12	2-lip-2012.	----	2,2	3,3	5,4	9,9	22,2	38,3	54,5	64,9	82,5	94,6	100,0	100,0	100,0	
HRM 108/12	3-lip-2012.	----	2,1	4,5	7,3	13,2	28,1	46,8	66,2	75,5	84,7	91,8	96,7	100,0	100,0	
HRM 109/12	4-lip-2012.	----	2,3	3,8	6,0	9,9	20,1	35,0	50,9	61,1	75,0	86,7	94,3	100,0	100,0	
HRM 110/12	6-lip-2012.	----	2,0	3,9	6,4	11,7	23,0	39,0	57,0	66,0	78,1	83,4	92,7	96,2	100,0	
HRM 111/12	6-lip-2012.	----	2,2	4,2	6,2	10,2	21,2	37,1	54,7	66,2	80,9	90,1	95,3	100,0	100,0	
Statistika	Prosječni sadržaj		6,8	10,5	14,7	25,0	35,5	46,4	54,7	65,3	79,8	90,3	94,3	100,0		
	Minimalni sadržaj	/	7,5	11,0	19,0	30,0	41,7	52,0	58,0	64,0	71,0	78,0	85,0	100,0		
	Maksimalni sadržaj	/	24,2	30,0	42,0	55,0	66,7	77,0	83,0	90,0	100,0	100,0	100,0	100,0		
	Prostorni sadržaj		2,2	3,0	6,3	11,3	25,1	39,1	55,9	68,3	80,1	89,9	96,5	99,3	100,0	
	Minimalni sadržaj		2,0	3,1	5,4	9,9	20,1	35,0	48,9	63,1	74,0	86,7	92,7	96,2	100,0	
	Maksimalni sadržaj		2,3	4,5	7,3	13,2	28,1	46,8	66,2	75,5	84,7	94,6	100,0	100,0	100,0	
Standardni devijacija		0,107	0,48	0,60	1,24	2,72	4,39	4,98	4,41	3,30	2,88	2,26	1,82	0,80		

# Kontrola kvalitete tokom izvođenja radova

## Statistička obrada podataka o sastavu i svojstvima probnih laboratorijskih tijela

Državna ceta D 303, Rovinjska Selo			Laboratorijska probna tijela načinjena od stabilizirane mješavine					
Oznaka uzorka	Datum uzorkovanja	Stacionarita	Gustoća laboratorijskih probnih tijela utvrđena pri stabilizaciji (t/m <sup>3</sup> )	Optimalna vlažnost	Gustoća laboratorijskih probnih tijela utvrđena na temelju odjela		Odnos pri udaru između: Gustoća mješavine / gustoća	
					suhi	vlažni		
			[t/m <sup>3</sup> ]	[%w(wt)]	[MPa]	[MPa]	[%]	
HRM 100/11	30-stu-2011.	1000	2,082	4,7	2,106	0,262	0,225	85,9
HRM 101/11	30-stu-2011.	1000	2,086	4,6	2,111	0,262	0,207	79,0
HRM 102/11	5-pro-2011.	1000	2,092	4,7	2,112	0,290	0,232	80,0
HRM 103/11	5-pro-2011.	1000	2,148	4,3	2,164	0,332	0,282	84,9
HRM 104/11	8-pro-2011.	1000	2,255	4,8	2,282	0,493	0,274	55,6
HRM 105/11	9-pro-2011.	1000	2,228	4,7	2,242	0,521	0,278	53,4
HRM 106/11	9-pro-2011.	1000	2,142	4,5	2,154	0,395	0,297	75,2
HRM 107/11	10-pro-2011.	1000	1,997	4,4	2,009	0,259	0,205	79,2
HRM 108/11	11-pro-2011.	1000	2,140	4,4	2,166	0,368	0,213	57,7
Statistika	Projekt zadržava		2,126	4,4	/	0,304	0,297	
	Maksimalna devijacija		/	/	/	0,250	0,2	
	Maksimalna devijacija		/	/	/	0,600	/	/
	Prosjek od uzorka		2,130	4,6	2,150	0,354	0,242	71,2
	Maksimalna vrijednost		1,997	4,3	2,009	0,259	0,205	53,4
	Maksimalna vrijednost		2,255	4,8	2,282	0,521	0,297	85,9
	Standardna devijacija		0,075	0,2	0,080	0,100	0,041	13,4

Autocesta A 4, Zagreb - Gorican			Laboratorijska probna tijela načinjena od stabilizirane mješavine					
Oznaka uzorka	Datum uzorkovanja	Stacionarita	Gustoća laboratorijskih probnih tijela utvrđena pri stabilizaciji (t/m <sup>3</sup> )	Optimalna vlažnost	Gustoća laboratorijskih probnih tijela utvrđena na temelju odjela		Odnos pri udaru između: Gustoća mješavine / gustoća	
					suhi	vlažni		
			[t/m <sup>3</sup> ]	[%w(wt)]	[t/m <sup>3</sup> ]	[MPa]	[MPa]	[%]
HRM 105/12	31-ovi-2012.	1000-000	2,142	5,6	2,234	0,397	0,364	91,7
HRM 106/12	1-lip-2012.	1000-000	2,131	5,7	2,163	0,332	0,278	80,1
HRM 107/12	2-lip-2012.	1000-000	2,150	5,6	2,222	0,327	0,269	82,5
HRM 108/12	3-lip-2012.	1000-000	2,152	6,0	2,192	0,284	0,258	90,8
HRM 109/12	4-lip-2012.	1000-000	2,160	5,4	2,266	0,352	0,291	82,7
HRM 110/12	5-lip-2012.	1000-000	2,157	5,9	2,258	0,349	0,303	86,8
HRM 111/12	6-lip-2012.	1000-000	2,163	6,1	2,232	0,332	0,271	81,6
Statistika	Projekt zadržava		2,224	4,7	/	0,417	0,288	69,1
	Maksimalna devijacija		/	/	/	0,250	/	50,0
	Maksimalna devijacija		/	/	/	0,600	/	/
	Prosjek od uzorka		2,153	5,8	2,224	0,336	0,291	86,4
	Maksimalna vrijednost		2,131	5,4	2,163	0,284	0,258	81,6
	Maksimalna vrijednost		2,160	6,1	2,266	0,397	0,364	91,7
	Standardna devijacija		0,013	0,3	0,036	0,035	0,035	4,3

# Kontrola kvalitete tokom izvođenja radova

## Statistička obrada podataka o sastavu i svojstvima uzoraka

Deževna cesta D 303, Ravničko Selo			Nastri dij načinjen od stabilizirane mješavine			
Oznaka uzorka	Datum uzorkovanja	Stacionarna	temperatura	težina	temperatura	temperatura
			[°C]	[kg]	[°C]	[°C]
HRM 100/11	30-tu-2011.	1000-1000-1000	17,0 - 22,0	18,0	2001	100,0
HRM 101/11	30-tu-2011.	1000-1000	17,0 - 22,0	22,0	2120	106,4
HRM 102/11	2-pro-2011.	1000-1000	17,0 - 24,0	17,0	2181	102,4
HRM 103/11	2-pro-2011.	1000-1000	17,0 - 24,0	18,0	2135	104,4
HRM 104/11	8-pro-2011.	1000-1000	17,0 - 23,0	19,0	2199	102,0
HRM 105/11	9-pro-2011.	1000-1000	17,0 - 22,0	18,5	2123	100,0
HRM 106/11	9-pro-2011.	1000-1000	17,0 - 22,0	17,5	2184	102,4
HRM 107/11	08-pro-2011.	1000-1000-1000	17,0 - 22,0	18,0	2010	100,7
HRM 108/11	11-pro-2011.	1000-1000-1000	17,0 - 22,0	19,0	2197	102,7
Statistika	Prosječno		17,0	18,0	/	/
	Maksimalna težina		/	/	/	106,4
	Maksimalna temperatura		/	/	/	/
	Prosječna temperatura		17-24	18,6	2181	102,4
	Maksimalna temperatura		17,0	17,0	2010	100,0
	Maksimalna temperatura		24,0	22,0	2199	106,4
	Standardna devijacija					

Autocesta A 4, Zagreb - Gorjani			Nastri dij načinjen od stabilizirane mješavine			
Oznaka uzorka	Datum uzorkovanja	Stacionarna	Deževna cesta	Deževna	Deževna cesta	Deževna cesta
			[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
HRM 105/12	31-ovi-2012.	1000-1000	25,0	27,0	2170	106,3
HRM 106/12	1-lip-2012.	1000-1000	25,0	26,5	2191	112,2
HRM 107/12	2-lip-2012.	1000-1000	25,0	27,0	2185	110,5
HRM 108/12	3-lip-2012.	1000-1000	25,0	25,5	2131	100,5
HRM 109/12	4-lip-2012.	1000-1000	25,0	26,0	2150	104,0
HRM 110/12	5-lip-2012.	1000	25,0	25,0	2151	100,0
HRM 111/12	6-lip-2012.	1000	25,0	27,0	2140	104,0
Statistika	Prosječno		25,0	25,0	/	/
	Maksimalna temperatura		/	/	/	106,3
	Maksimalna temperatura		/	/	/	/
	Prosječna temperatura		25,0	26,3	2170	107,8
	Maksimalna temperatura		25,0	25,0	2140	104,0
	Maksimalna temperatura		25,0	27,0	2191	112,2
	Standardna devijacija		0,0	0,5	0,600	3,1

Hvala na pažnji