



HRVATSKA KOMORA INŽENJERA GRAĐEVINARSTVA
Dani Hrvatske komore inženjera građevinarstva 2020.

Hladna reciklaža asfaltnog kolnika Autoceste A6

Miroslav Šimun

Izv.prof.dr.sc. Miroslav Šimun, dipl.ing.građ., v.pred., Tehničko veleučilište u Zagrebu, GRO
Goran Prpić, dipl.ing.građ. Urbane ideje d.o.o. & Tomislav Šolić, ing.građ., Institut IGH d.d.
Sandra Mihalinac, mag.ing.aedif. Tehničko veleučilište u Zagrebu, Graditeljski odjel
Sanjin-Velebit Pešut, dipl.ing.građ., Hrvatske autoceste d.o.o.

Sadržaj

- Uvod
- Izvedbeni projekt sanacije
- Izvođenje i kontrola kvalitete
- Zaključak



Uvod

- Snježna autocesta Oštrovica-Delnice-Ravna Gora-Vrbovsko
- Izvođenje radova u ekstremnim vremenskim i topografskim uvjetima (Gorski Kotar)
- Privremena kolnička konstrukcija s dva asfaltna sloja (BNS 32s, 8cm + AB 11s, 5 cm) na dionici Kupjak – Oštrovica
 - Poluautocesta smjer/kolnik prema Rijeci od 1996-1998-2003



Uvod

- Ekstremni eksploatacijski uvjeti uzrokuju oštećenja na voznoj površini kolnika (pukotine) – brojne ekspertize
- Tijekom izgradnje drugog kolnika smjer prema Zagrebu izvršena je sanacija i ojačanje asfaltnim slojevima (SMA i VS s PmB) na kolniku postojeće dionice Kupjak-Delnice-Oštrovica
- Sanacije sustava hidroizolacija-asfaltni slojevi kolnika na objektima (Golubinjak)



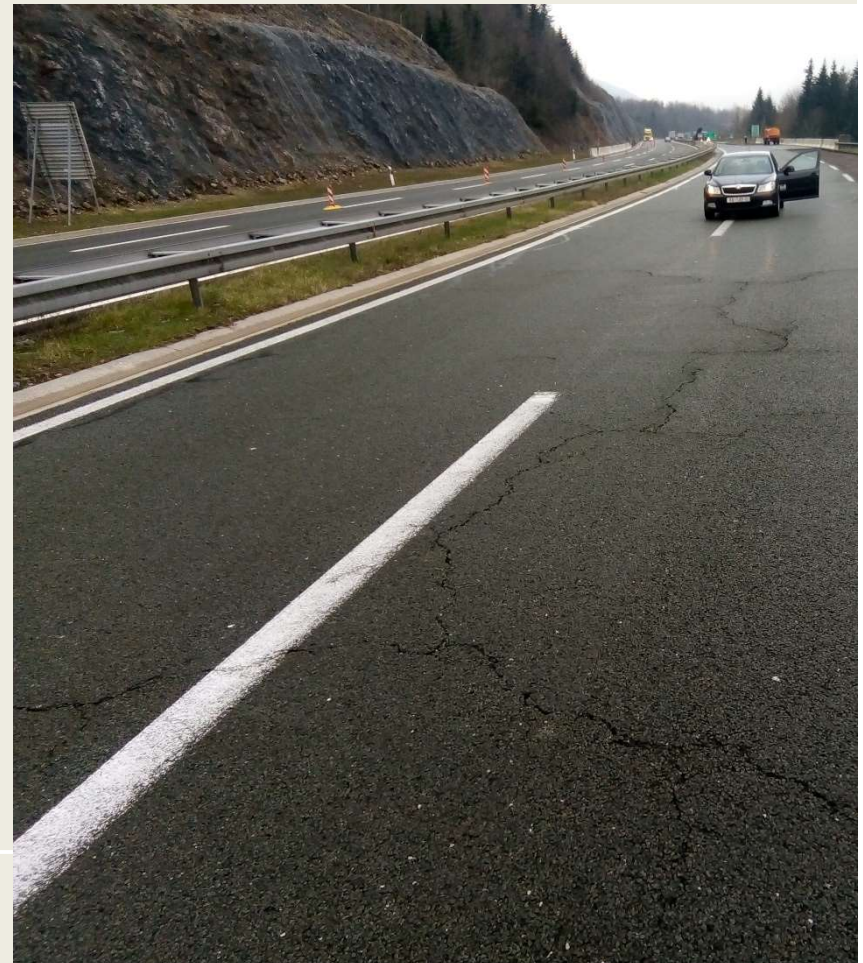
Izvedbeni projekt sanacije

- 2012. i '13. detaljan vizualni pregled (kartiranje) i mjerenja stanja vozne površine (dubine teksture, ravnosti i hvatljivosti kolnika)
- na dionici Vrbovsko-Kupjak-Delnice u prometnim trakovima učestale uzdužne pukotine u kolotragu(*sl.*)
- vađenje uzoraka iz asfaltnih slojeva i CNS - najčešće pukotine kroz sve slojeve kolnika te je CNS na tim mjestima raspadnut
- visoke vrijednosti stabiliteta (MS) otvrdnjavanje bitumen - pukotine
- provjera dimenzioniranja stanja - asfaltni slojevi vozni trakova doživjeli svoj životni vijek



Izvedbeni projekt sanacije

- Zahvati na kolničkoj konstrukciji trase autoceste na dionici Vrbovsko-Delnice te na poddionici čvor Vrbovsko – tunel Čardak do potrebne dubine u zavisnosti o stupnju i položaju oštećenja - čime se racionalno i ekonomski prihvatljivo povećava nosivost za slijedeći 20 godina pod eksploatacijskim uvjetima
- **Primjena postupka *in-plant*:**
 - preciznija proizvodnja reciklirane mješavine (RM)
 - podloga je kvalitetnije uređena
 - ugradnja je ujednačena po širini i debljini sloja - homogeniji sloj boljih svojstava i visinska točnost što utječe na ravnost vozne površine kolnika



Izvedbeni projekt sanacije – tipovi zahvata

POSTOJEĆA KONSTRUKCIJA	SANACIJA TIP A	SANACIJA TIP B	SANACIJA TIP C
SMA 11, PmB; 3,5 cm	SMA 11 45/80-65, AG1 M1; 4,0 cm	SMA 11 45/80-65, AG1 M1; 3,5 cm	SMA 11 45/80-65, AG1 M1; 4,0 cm
VS 16, BIT 60; 5,0 cm	VS 16, BIT 60; 5,0 cm	AC 16 ^{bin} 45/80-65, AG6 M1; 5,0 cm	AC 22 ^{bin} 45/80-65, AG6 M1; 8,0 cm
BNS 32, BIT 60; 7,5 cm	BNS 32, BIT 60; 7,5 cm	AC 32 ^{base} 45/80-65, AG6 M1; 7,5 cm	
CNS; 20-25 cm	CNS; 20-25 cm	CNS; 20-25 cm	DNS 32k: HR UB; 25 cm
MNS; 20-25 cm	MNS; 20-25 cm	MNS; 20-25 cm	MNS; 20-25 cm
POSTELJICA	POSTELJICA	POSTELJICA	POSTELJICA

Izvedbeni projekt sanacije

- **Postojeća kolnička konstrukcija:**
 - habajući sloj splitmastiksasfalt SMA 11 PmB u debljini 3,5 cm
 - vezni sloj asfaltbeton VS 16 BIT 60 u debljini 5 cm
 - nosivi sloj asfaltbeton BNS 32 BIT 60 u debljini 7,5 cm
 - cementom stabiliziran nosivi sloj CNS u debljini 20-25 cm
 - mehanički zbijeni nosivi sloj MNS u debljini 20-25cm
 - posteljica



Izvedbeni projekt sanacije

- **Sanacija Tipa A – zamjena habajućeg sloja asfaltnog kolnika:**
 - habajući sloj SMA 11 45/80-65, AG1 M1, u debljini 4 cm
 - vezni sloj asfaltbeton VS 16 BIT 60, u debljini 4,5 cm
 - nosivi sloj asfaltbeton BNS 32 BIT 60, u debljini 7,5 cm
 - cementom stabiliziran nosivi sloj CNS, u debljini 20-25 cm
 - mehanički zbijeni nosivi sloj MNS u debljini 20-25cm
 - posteljica



Izvedbeni projekt sanacije

- **Sanacija Tipa B – zamjena sva tri asfaltna sloja kolničke konstrukcije:**
 - habajući sloj SMA 11 45/80-65, AG1 M1, u debljini 3,5 cm
 - vezni sloj asfaltbeton AC 16 bin 45/80-65, AG6 M1, u debljini 5 cm
 - nosivi sloj asfaltbeton AC 32 base 45/80-65 AG6 M1, u debljini 7,5 cm
 - cementom stabiliziran nosivi sloj CNS, u debljini 20-25 cm
 - mehanički zbijeni nosivi sloj MNS, u debljini 20-25cm
 - posteljica



Izvedbeni projekt sanacije

- Visoki troškovi održavanje i rapidno propadanje vozne površine nameću moderne pristupe sanacije kao što su hladna reciklaža asfaltnog kolnika – tip sanacije C („green“)

DIONICA	DULJINA
Poddionica Most Dobra – Tunel Čardak (smjer prema Rijeci)	
· Km 18+400 – 21+250	2,85 km
· Km 21+324 – 21+730	0,406 km
Poddionica Tunel Podvugleš – Tunel Vršek (smjer prema Rijeci)	
· Km 34+150 – 34+871	0,721 km
· Km 35+332 – 35+560	0,228 km
Poddionica Tunel Vršek – Čvor Delnice (smjer prema Rijeci)	
· Km 36+120 – 38+700	2,85 km
· Km 41+880 – 42+700	0,820 km
Poddionica Most Dobra – Tunel Čardak (smjer prema Zagrebu)	
· Km 21+730 – 22+200	0,470 km



Izvedbeni projekt sanacije - Izvođenje

- **Sanacija Tipa C – zamjena asfaltnih slojeva i CNS-a s HR-om:**
 - habajući sloj SMA 11 45/80-65, AG1 M1, u debljini 4 cm
 - nosivi sloj asfaltbeton AC 22 base 45/80-65, AG6 M1, u debljini 8 cm
 - donji nosivi hladno reciklirani sloj DNSk HR UP, u debljini 25 cm
 - mehanički zbijeni nosivi sloj MNS u debljini 20-25cm
 - Posteljica
- **Izvedeno:**
 - od km 18+400
do km 21+650
 - zbijenost HR
 - IRI



Izvođenje – modifikacija debljine i vezni sloj

- **Sanacija Tipa C1 – zamjena sva tri asfalta sloja i CNS-a s HR-om:**
 - habajući sloj SMA 11 45/80-65, AG1 M1, u debljini 3,5 cm
 - vezni sloj asfaltbeton AC 16 bin 45/80-65, AG6 M1, u debljini 5 cm
 - nosivi sloj asfaltbeton AC 22 base 45/80-65, AG6 M1 u debljini 7,5 cm
 - donji nosivi hladno reciklirani sloj DNSk HR UP, u debljini 20 cm
 - mehanički zbijeni nosivi sloj MNS u debljini 20-25cm
 - Posteljica
- **Izvedene poddionice:**
 - od km 41+800 do km 44+400
 - i
 - od km 46+550 do km 47+700



Izvođenje – freziranje asfaltnih slojeva

- **Primjena hladne reciklaže uvjetuje freziranje asfaltnih slojeva:**
 - dubina freziranja ovisi o projektnom rješenju, zadržavanju kote nivelete
 - često se skidaju svi asfaltni slojevi kolnika



Izvođenje – freziranje asfaltnih slojeva

- **Princip reciklaže je oplemenjivanje postojećeg frezanog asfalta**
 - minimalno je potrebno izvesti jedan asfaltni sloj iznad recikliranog sloja, a na autocesti poželjno je izvesti kompletni troslojni asfalt



Izvođenje – odabir postupka

- Kod postupka izvedbe reciklažnog sloja *in situ* nema potrebe za transport mješavine do mjesta ugradnje
- ali tad se zahvaća sam dio asfalta iz kolnika ostali dio je frezan i odvezen



Izvođenje – postupak *in plant*

- **Postupak proizvodnje hladne reciklirane mješavine u postrojenju**
 - u mobilnom postrojenju pored gradilišta miješa se reciklirani asfaltni agregat i materijal nosivog sloja (CNS) te dodatne frakcije za postizanje propisane granulometrije s vezivom od upijenjenog bitumena



Izvođenje

- **Postupak proizvodnja hladne reciklirane mješavine u postrojenju**
 - precizno dozirani sastavni materijali te homogenizirana mješavina se prevozi na mjesto ugradnje



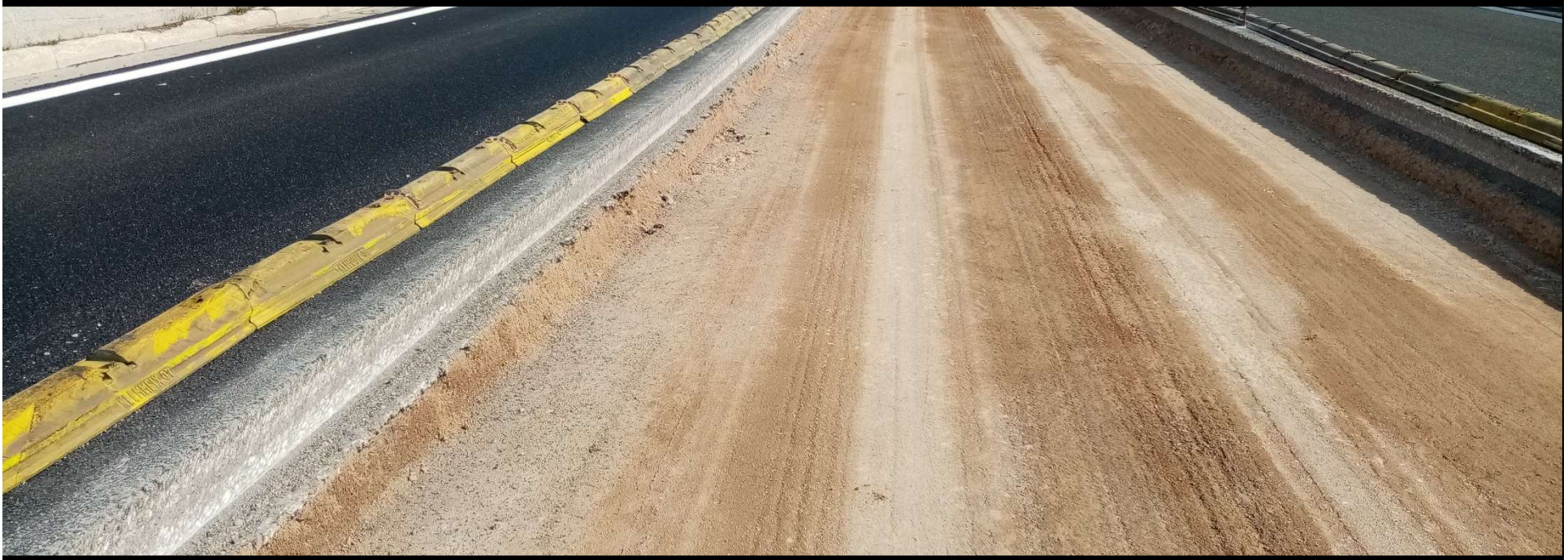
Kontrola kvalitete – sastavnih materijala

- **Kontrolna ispitivanja sastavnih materijala hladno recikliranog sloja**
 - glodani asfalt (*koeficijent nejednolikosti $U=5,3$ / udio čestica do $0,063\text{mm}$ = $0,09\%$ / promjer najvećeg zrna = 40mm)*)
 - kamena frakcija 0/4 (*udio čestica do $0,063\text{mm}$ = $11,8\%$ / promjer max. zrna = 5mm)*)
 - bitumen 70/100 (*pen=90; PK=45 i Frass=-16 °C*)
 - mix frakcija 0/4 i glodani asfalt i 0/32 (*$U=13,5$; čestice do $0,063\text{mm}$ = $2,2\%$ i max. zrna = 37mm) te CBR=30%*)



Izvođenje - podloga

- **Prednost postupka izvedbe hladne reciklaže *in plant* je klasično uređenje podloge od mehanički zbijenog nosivog sloja MNS**
 - nakon kvalitativne provjere granulometrije i preuzimanja nosivosti sloja ispitivanjem modula stišljivosti te potrebne geometrije
 - pristupa se ugradnji sloja od hladno reciklirane mješavine



Izvođenje - ugradnja

- **Dovoz hladno reciklirane mješavine na gradilište kamionima**
 - grejderom se ugrađuje sloj u uzdužnom i poprečnom sjeru, a onda slijedi zbijanje sloja valjcima



Izvođenje - ugradnja

- **Ugradnja nosivog sloja kolničke konstrukcije grejderom**
 - sloj po geometriji i svojstvima kvalitete može biti konkurentan izvedbi s finišerom (provjera na pokusnoj dionici)



Izvođenje - ugradnja

- **Dovoz hladno reciklirane mješavine na gradilište kamionima te**
 - ugradnja u sloj finišerom postiže se osim ciljane projektirane visine te uzdužnog/poprečnog pada i predzbijanje sloja



Izvođenje – zbijanje sloja

- **zbijanje hladno recikliranog sloja do propisane razine**
- zbijanje statički i dinamički čeličnim i gumenim valjcima



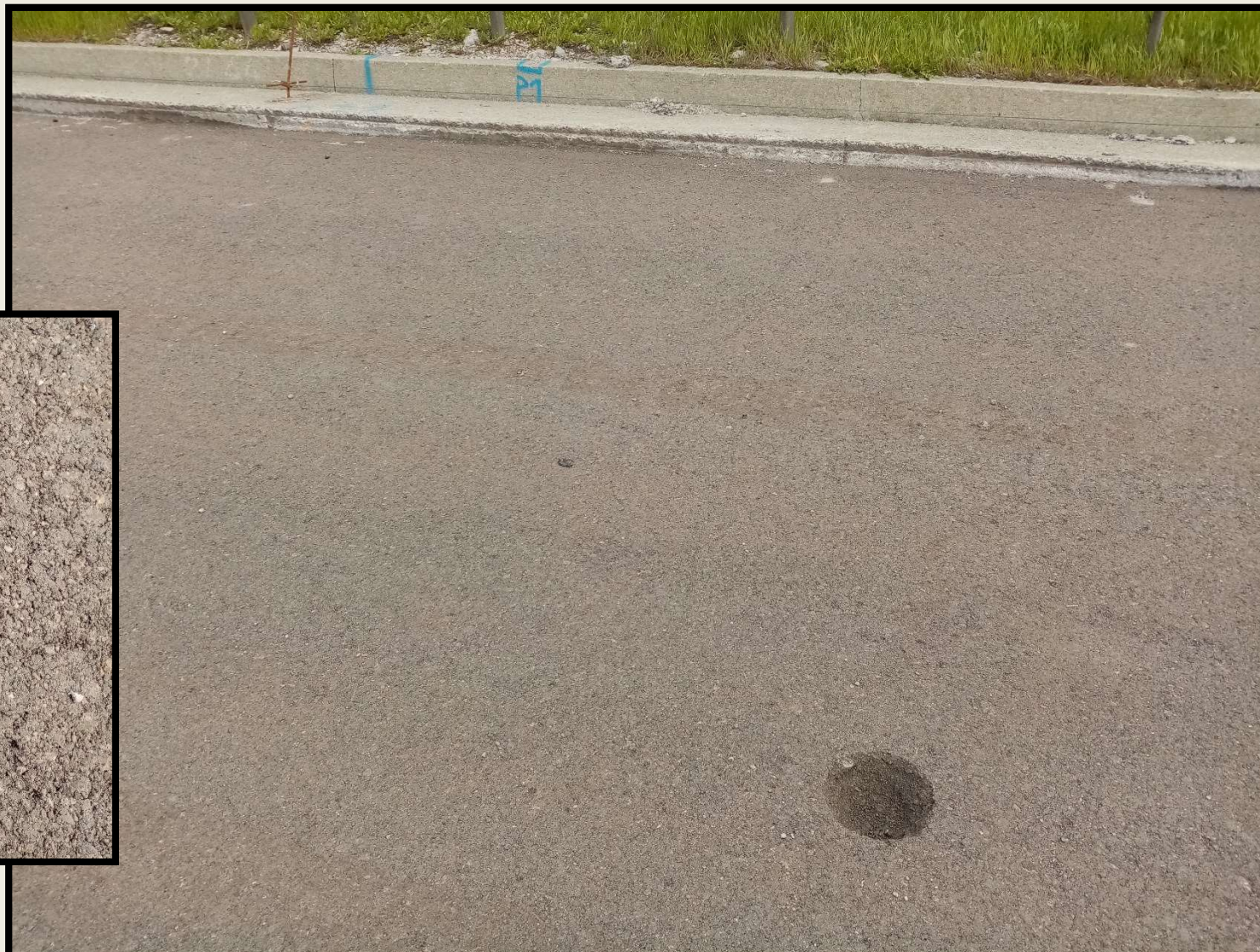
Izvođenje – kontrola kvalitete sloja

- Izvedeni sloj treba propisano njegovati zaštitu od oštećenja gradilišnog prometa te ispitati postignutu kvalitetu
 - utvrđivanje stupnja zbijenosti – određivanjem volumne mase sloja



Izvođenje – kontrola kvalitete izvedenog sloja

- mjesto uzorkovanja ugrađene hladne reciklirane mješavine iz ugrađenog sloja – učestalost prema programu iz projekta



Miroslav Šimun

Kontrola kvalitete - sloj

- Kontrolna ispitivanja hladno reciklirani sloj (HR)
 - udio vlage u recikliranoj mješavini (2,4-4,6%)
 - Indirektna vlačna čvrstoća - suhих uzoraka 0,305 MPa (min 0,225 Mpa) i mokrih uzoraka 0,0259 MPa (min 0,100 MPa)
 - gustoća suhe mješavine 1,949 t/m³ do 2,224 t/m³
 - stupanj zbijenosti = 101,4% (min 98%)
 - debljina sloja 24,8mm (Tip C) i 19,8mm (TipC1)



Izvođenje – asfaltnog sloja

- Nakon kvalitativnog preuzimanja recikliranog sloja uključivo i geometriju površine izvedenog sloja
- slijedi ugradnja asfaltnog sloja finišerom i zbijanje vajcima



Izvođenje – završni asfaltni sloj

- Projektom predviđeni dvoslojni asfaltni kolnik u izvođenju je promijenjen u tri asfaltna sloja
- tanji sloj hladne reciklaže u cilju bolje zbijenosti i postizanje bolje ravnosti vozne površine kolnika



Zaključak

- Hladna reciklaža „*in situ*” ili „*in plant*”
- Dvoslojni ili troslojni asfaltni kolnik iznad sloja HR-a
- Vezivo upijenjeni bitumen ili bitumenska emulzija



Hvala na pažnji!!!

