

Betonska vozišča – pregled izvedenih del v Sloveniji in trendi v Evropi

Mag. **Franci Kavčič**, univ.dipl.inž.grad.

IGMAT d.d.

Jernej Mrzelj, inž.grad.

Gorenjska gradbena družba d.d.

Povzetek

Betonska vozišča so bila v času gradnje avtocest v R Sloveniji aktualna za dele cestišč, kjer se pojavljajo večje prometne obremenitve. Prav tako so bila izvedena nekatera cestišča, kjer se je izvajala sanacija ali rekonstrukcija vozišč. V članku bomo podali kratek kronološki pregled izvedenih betonskih vozišč v R Sloveniji s karakterističnimi podatki o osnovnih materialih, površinskih obdelavah, debelinah vozišč itd.

V zadnjem času se ponovno poskuša oživiti razmišljanje o uporabi različnih materialov za vozišča, seveda v odvisnosti od različnih dejavnikov, na koncu pa tudi od stroškov v celotni življenjski dobi. To je v nekaterih državah Evrope in Severne Amerike postala vsakdanja praksa. Zato bomo v nadaljevanju podali pregled trenda izvedbe betonskih vozišč v državah evropske unije. V letu 2014 je v Pragi potekal 12. simpozij na to temo, kjer je bil predstavljen presek trenutnega stanja in razvoja na področju izgradnje betonskih vozišč, ki je tudi podlaga za nova razmišljanja.

Abstract

During the construction period of Slovenian highways, concrete pavements were actual and popular mainly in the case of the road sections where high traffic load was expected. Additionally, concrete pavements were sometimes used when reconstruction and rehabilitation was needed. Therefore, the aim of the paper is to show a chronology of concrete pavements built in Slovenia, together with main characteristics of basic materials, surface treatment, pavements' depths, etc.

During the recent years, an idea of using various materials for concrete pavements with respect to their basic characteristic and life-time costs has raised again, which is already the case in many European countries and also in United States. Therefore, a philosophy of constructing concrete pavements in EU is briefly presented in the paper. The basic principles and a review of a current state which serve as a basis for new thinking were presented at the 12th symposium in Prague in 2014.

1 Uvod

Betonska vozišča so se na slovenskem vgrajevala že pred drugo svetovno vojno ter kasneje na posameznih odsekih cest, predorov ter letališč vse do današnjih dni. Najpomembnejši odseki v tem času bili cesta Ljubljana - Kranj - Radovljica, cesta Ljubljana – Zagreb, v šestdesetih letih pa posamezni letališki objekti doma ter v tujini na področju nekdanje skupne države.

Pri vseh omenjenih delih se je uporabljala tehnologija s fiksnim opažem. Opaž je bil nadgrajen s tirnicami, ki so omogočale pomik strojev za vgrajevanje betona.

V osemdesetih letih je tehnologijo izvajanja betonskih vozišč s fiksnim opažem začela izpodrivati nova tehnologija z drsnim opažem tako imenovan slipformer paver, kjer je vzdolžni opaž sestavni del stroja, ki vgrajuje betonsko mešanico.

Slovenska gradbena operativa ni posedovala strojne opreme za vgrajevanje betona zato je bila v 90. letih, zaradi potreb po izvedbi betonskih vozišč v predorih vpeljana tehnologija RCC (rolled compacted concrete). Beton je vgrajeval predelan asfalterski finiše, končno zgoščevanje ter ravnost, pa se je doseglo z asfalterskimi valjarji.

Pri gradnji slovenskega avtocestnega križa je večina slovenskih predorov, posameznih pasov za počasni promet, čelnih cestninskih postaj ter nekatere najbolj obremenjene parkirne površine na letališču Jožeta Pučnika Ljubljana na Brniku izvedena s tehnologijo drsnega opaža v cementnem betonu. Skupaj je to približno 45 km vozišč, oziroma 322.412 m² betonskih površin.

Po koncu intenzivne gradnje AC odsekov v R Sloveniji, je tudi potreba po betonskih voziščih upadla. Vendar je potreba po betonskih voziščih tudi v drugih segmentih gradnje povoznih površin. To kažejo tudi prispevki na zadnjem simpoziju o betonskih voziščih [3]. Pri tem je velik poudarek na prepletanju treh dejavnikov, ekonomskega,

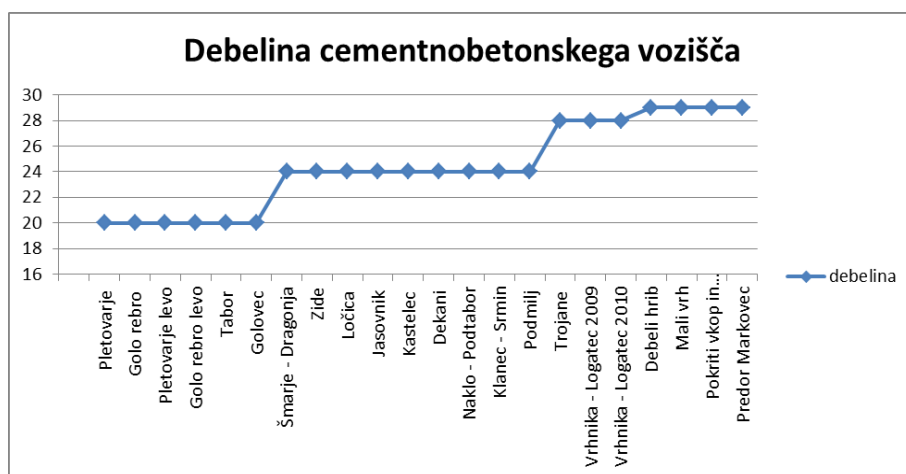
okoljskega in socialnega, ki pogojujejo trajnostno gradnjo povoznih površin. Prav tako so bile izpostavljene rešitve za urbana okolja, kot so krožna križišča, avtobusna postajališča, površine za javni prevoz ipd. Seveda pa so zelo pomembne tudi rešitve za sanacijske metode, ki morajo biti hitre in učinkovite. V to so vključeni novi materiali, tehnologije in tudi uporaba montažnih elementov. Vsekakor pa tudi v svetu ne gre brez razvoja v smeri izboljšanja površinskih karakteristik, tako v smislu zmanjševanja hrupa kot tornih sposobnosti.

2 Pregled stanja pri nas preko že izvedenih del

2.1 Postopki vgrajevanja

Postopki izvedbe betonskih vozišč so bili različni in so se z leti dopolnjevali. Preglednica 1 po letih prikazuje različne sisteme ter njihove skupne debeline. Razdeljena je na dva sklopa. V prvem sklopu so po letih navedena vozišča v predorih in na pasovih za počasni promet za obdobje med leti 1995 in 2006, kjer se je za končno obdelavo površine uporabljala juta vlečena v smeri vožnje ter obdobje med leti 2007 – 2013, kjer se je že uporabljala tehnologija obdelave površine vozišča po metodi izpostavljenih zrn. V drugem sklopu so našteje ostale cementnobetonke površine izvedene na voziščih na cestninskih postajah oziroma parkirnih površinah za letala na letališču. Debelina betonskega vozišča se je zaradi povečevanja prometnih obremenitev stalno večala od enoslojnega sistema debeline 20 cm do dvoslojnih sistemov skupne debeline 29 cm (22 + 7 cm). Skupna količina vseh izvedenih betonskih vozni oziroma parkirnih površin v letih med 1995 in 2013 znaša 322.412 m².

Na sliki 1 je prikazan trend povečevanja debeline betonske krovne plasti na voziščih, ki se je povečevala glede na trend povečevanja PLDP tovornih vozil.



Slika 1 Razvoj debeline betonskega vozišča

Preglednica 1

Objekti	m ²	leto	debelina		končne obdelave
Pletovarje	4.800	1995	20	enoslojni	juta v smeri vožnje
Golo rebro	5.527	1996	20	enoslojni	juta v smeri vožnje
Pletovarje levo	4.800	1997	20	enoslojni	juta v smeri vožnje
Golo rebro levo	5.527	1997	20	enoslojni	juta v smeri vožnje
Tabor	4.602	1997	20	enoslojni	juta v smeri vožnje
Golovec	11.649	1999	20	12 + 8	juta v smeri vožnje
Šmarje - Dragonja	445	1999	24	17 + 7	prečno metlanje
Zide	1.917	2001	24	16 + 8	juta v smeri vožnje
Ločica	10.920	2001	24	16 + 8	juta v smeri vožnje
Jasovnik	22.680	2001	24	18 + 6	juta v smeri vožnje
Kastelec	31.604	2003	24	17 + 7	juta v smeri vožnje
Dekani	30.604	2003	24	17 + 7	juta v smeri vožnje
Naklo - Podtabor	3.090	2003	24	17 + 7	juta v smeri vožnje
Klanec - Srmin	18.291	2003	24	17 + 7	juta v smeri vožnje
Podmilj	8.645	2004	24	17 + 7	juta v smeri vožnje
Trojane	40.886	2005	28	22 + 6	juta v smeri vožnje
Debeli hrib	6.184	2006	29	21 + 8	juta v smeri vožnje
Mali vrh	6.912	2006	29	21 + 8	juta v smeri vožnje
Karavanke	1.065	2007	22	17 + 5	izpostavljena zrna
Zagrad	1.750	2007	20	15 + 5	izpostavljena zrna
Pokriti vkop in predor Cenkova	8.778	2008	29	22 + 7	izpostavljena zrna
Vrhnika - Logatec 2009	9.478	2009	28	22 + 6	izpostavljena zrna
Vrhnika - Logatec 2010	12.129	2010	28	22 + 6	izpostavljena zrna
Predor Markovec	30.226	2013	29	22 + 7	izpostavljena zrna

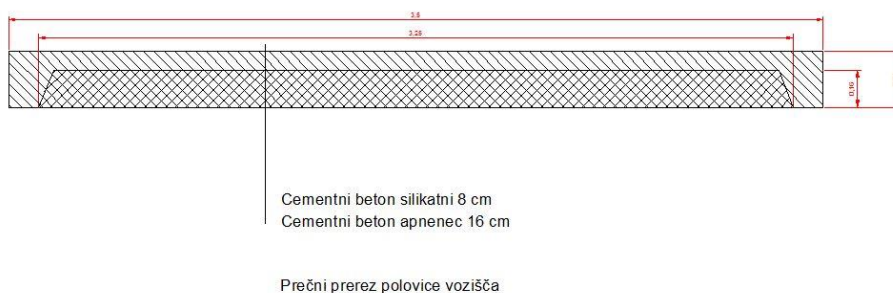
Skupaj: 282.509 m²

Letališče Brnik	5.299	2006	16	10 + 6	prečno metlanje
Letališče Brnik	13.500	2009	36	30 + 6	prečno metlanje
Letališče Brnik	4.546	2011	26	20 + 6	prečno metlanje
CP Dob	4.362	2000	28	22 + 6	juta v smeri vožnje
CP Kompolje	4.725	2002	28	22 + 6	juta v smeri vožnje
CP Drnovo	6.861	2004	28	22 + 6	juta v smeri vožnje
CP Torovo	610	2006	28	22 + 6	juta v smeri vožnje

Skupaj: 39.903 m²

Spodnje slike predstavljajo nekatere tipične detajle izvedenih betonskih voziščih v slovenskih predorih, ki so se z leti spreminjali oziroma dopolnjevali. Zaradi razpoložljive

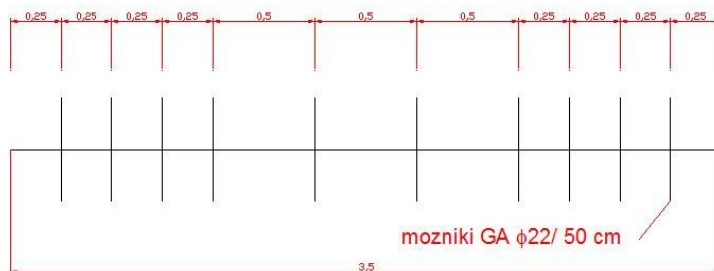
strojne opreme, betonski polagalec Wirtgen SP500, so bila vozišča v predorih izvedena v polovični širini.



Slika 2 Prečni prerez izvedene širine vozišča v predoru (polovica celotne širine)

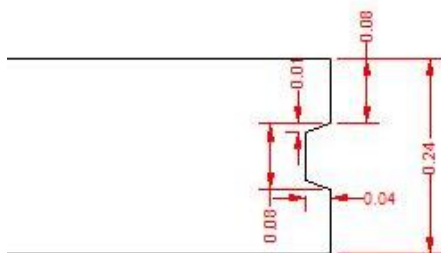
Mozniki so se pričeli vgrajevati v vse prečne rege v letu 2003, pred tem so bili mozniki vgrajeni samo v deset prečnih reg v

vhodih oziroma izhodih iz predorov, pri čemer se med leti 1995 do 1999 moznikov ni vgrajevalo.



Slika 3 Raster moznikov za polovico

Namesto sidranja vzdolžne sredinske rege, je bil zaradi vzdolžne polovične vgradnje sredinski stik izveden kot pero in utor.



Slika 4 Pero in utor

Obdelava reg se je izdelovala klasično, z razrezom vseh prečnih reg širine 4 mm do 1/3 debeline plošče ter z naknadnim porezovanjem vseh prečnih, vzdolžnih sredinskih in vzdolžnih robnih reg, širine 8 mm do globine 3,5 cm. Po vstavljenem tesnilnem vložku in prednamazu je bila rega zalita z vročo bitumensko zalivko. Raster prečnih reg se je iz dolžine 6 do 7 m v letih do 1999, zmanjšal na dolžino 5 m, po letu 2007 pa na 4 m.

in makroarmirane betonske mešanice. V vse betonske ploščadi so vgrajene armaturne mreže tipa Q283 oziroma Q335, ki se nahajajo 6 cm pod končno površino.

Raster prečnih in vzdolžnih dilatacijskih in delovnih prekinitev je glede na velikost posamezne ploščadi različen: 3,75m x 3,75m,

4m x 4m, oziroma maksimalno 7,5m x 7,5m. Posamezne plošče v vseh smereh povezujejo mozniki iz gladkega jekla premera 20mm, dolžine 62cm, ki so predhodno plastificirani in vgrajeni na medsebojni razdalji 30cm. Površina betonskih parkirnih ploščadi je prečno metličena.



Slika 7 Levo: Parkirne pozicije na glavni letališki ploščadi Desno: Vgrajevanje obrabne plasti betona (Vir: avtor)

3 Trendi izvedbe betonskih površin v Evropi

Izvedba povoznih površin je možna z različnimi materiali. Tako je bil zametek sistemske gradnje povozne površine v začetku 19. stoletja, ko je McAdam uvedel sistem zgradbe makadamske ceste v treh slojih, ki je imela za cilj gladko povozno površino in posledično manj poškodb na vozovih in samih vpregah.



Slika 8 Gradnja prve makadamske ceste v Združenih državah Amerike (1823). V ospredju delavci drobijo kamne (Vir: Wikipedia)

Koncem 19. stoletja so se začele graditi že betonske površine, po letu 1920 pa se za

povozne površine vse bolj uporablja tudi asfalt. Tako imamo danes na razpolago najmanj dva materiala, ki ju lahko uporabimo pri gradnji povoznih površin.

Tega se zavedajo tako v Evropi, kot v ostalih delih sveta. Zato se v fazi izbire materiala za izgradnjo povoznih površin vse bolj vgrajuje mehanizme, kot so primerjava materialov, projektiranje konstrukcije in lastnosti v pogledu začetnih stroškov in stroškov skozi celotno življenjsko obdobje konstrukcije. V ta namen v državah, kot sta Nemčija in Poljska, že pri načrtovanju vpeljejo selektivne metode za pravilno izbiro materiala za povozne površine. To je še posebej izpostavljeno v javno privatnih partnerstvih (PPP), kjer izvajalec ne samo zgradi cesto, temveč z njo tudi upravlja in jo vzdržuje za obdobje 30 let [6]. S tem se interes po optimizaciji stroškov preko celotnega življenjskega obdobja konstrukcije poveča.

Ko govorimo o izgradnji betonskih cest in kot je vidno iz prakse v Sloveniji, se pri nas uporabljala izvedba stikovanih nearmiranih betonskih vozišč (JPCP), praviloma v dveh plasteh. To je tudi pogosta praksa v Avstriji, Nemčiji, na Češkem in Poljskem, zadnja je trenutno v intenzivni fazi izgradnje nove infrastrukture. Kontinuirano armirano betonska vozišča (CRCP) se izvajajo večinoma v Belgiji, Nizozemskem in Ameriki ter deloma

tudi v Španiji. Pri teh izvedbah je delež armiranja prečnega prereza med 0,6 in 0,85 %, v Belgiji danes 0,75%. S tem nastanejo kontrolirane razpoke na dolžinah okoli 1 metra, pri čemer armatura omogoča kontrolirane širine razpok do največ 0,5 mm. Izvedba CRCP je nekoliko dražja zaradi količine armature, vendar pa je poraba betona praviloma manjša zaradi tanjših debelin vozišč. Obe izvedbi naj

bi pokazali podobno obnašanje v življenjskem obdobju in tudi cenovno ustreznost. Se pa metoda izvedbe CRCP uporablja na močno obremenjenih urbanih prometnih koridorjih. Tudi pri tej izvedbi je možno vgrajevanje v eni ali dveh plasteh. V primeru Nizozemske, je bila uporabljena kompozitna izvedba, in sicer na eno plast CRCP sta bili vgrajeni dve plasti drenažnega asfalta.



Slika 9 Levo JPCP v Sloveniji (Vir: avtor) Desno: CRCP v Belgiji (Vir: Wikipedia)

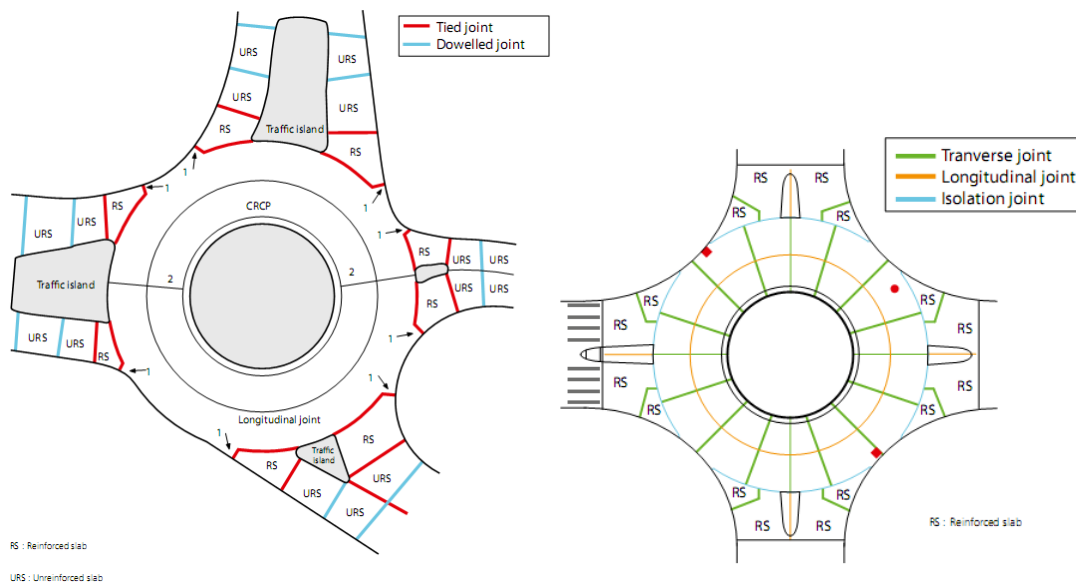
Uporaba tehnologije JPCP in CRCP je primerna tudi za urbana področja, kot je izvedba kolesarskih stez, avtobusnih postajališč, linij za javni prevoz, izvedba visoko kvalitetnih površin, krožna križišča (KK) ipd. Še posebej na področju krožnih križišč je v zadnjih letih narejen velik korak naprej. Betonska KK se tako izvajajo po večjem delu Evrope, ZDA in Avstraliji. Temu so pripomogle tudi smernice za izvedbo, kot je avstrijska [5] ali EUPAVE [6]. Betonska krožna križišča se uporabljajo predvsem na področju obremenjenih prometnih koridorjev, kjer beton s svojo togostjo in predvsem temperaturno neodvisnostjo v pogledu preoblikovanja, zelo dobro kljubuje prometnim obremenitvam, slika 10. Prednost betonskega KK je tudi v dokaj enos-

tavnem in trajnem postopku pigmentiranja cementne mase, kar zagotavlja boljšo preglednost in estetski izgled.

Seveda pa je pri izvedbi betonskega KK potrebno veliko več dela posvetiti detajlom stikovanja med ploščami. Vse te rešitve so že znane in podane v omenjenih tehničnih smernicah, dva primera sta prikazana na sliki 11. Pomembno je tudi to, da so običajno dovozne ceste izvedene v asfaltu, nato pa je narejen prehod v KK v betonski izvedbi. Vgrajevanje betona se lahko izvaja ročno, z vibracijskimi letvami za končno obdelavo, lahko se uporabi stroj z drsnim opažem ali pa vmesna opcija z valjčnim finišejem, ki se uporablja na Nizozemskem.



Slika 10 Levo KK v asfaltu (Vir: R. Bašelj) Desno: JPCP KK v Švici (Vir: [6])



Slika 11 Izvedba plošč – Levo: JPCP KK Desno: JCRCP KK (Vir: [6])

Pri končni obdelavi betonske površine je zelo pomemben dejavnik torna sposobnost, saj zaradi nizkih hitrosti manjše površinske neravnosti ali hrup nista prevladujoča. Zato se pri končni obdelavi površine uporablja običajno dve tehniki, prečno metličenje ali izpostavljena zrna, kar smo že predstavili tudi v poglavju 2, slika 6. Seveda pa pri uporabi betona ne moremo mimo zaščite in negovanja izdelanega betonskega vozišča. Zaščititi ga je potrebno proti vetru, soncu, da se izognemo plastičnim razpokam, prav tako pa ga moramo zaščititi proti dežju, zmrzovanju ali mehanskim poškodbam. Za to uporabljamo različne tehnike, predvsem uporaba učinkovitih zaščitnih membran je tu pomembna, da zmanjšamo izsuševanje površine betona.

Betonske površine izdelane v zadnjih obdobjih večinoma izpolnjujejo kriterije torne sposobnosti. Večinoma se problemi pojavljajo v zaprtih prostorih, kot so galerije, pokriti ukopi, predori, kjer ni UV žarkov in dejavnika naravnega okolja. Opaža se, da vse tehnike vzdrževanja površine niso primerne, tiste, ki pa dajo v času 1 meseca dobre rezultate, pa jih je potrebno v roku približno 6 mesecev obnavljati.

Za sanacijo betonskih površin se uporablja tudi rezkanje z diamantnimi žagami, kar pomaga obnoviti torno sposobnost površine, obenem pa zmanjšati nivo hrupa.

Vzdrževanje in sanacija betonskih površin je velik izziv v vseh državah. Veliko je že znanih tehnik izvedbe, običajno pa je največji faktor pri izvedbi čas. Tako se za sanacijo uporabljajo tudi montažne betonske plošče,

izdelane klasično z naknadnim mozničenjem, ali prednapet sistem plošč po različnih postopkih prednapenjanja. Te metode večinoma uporabljajo v ZDA. V Evropi se pri sanacijah poslužujejo hitro vezočih materialov, ki večinoma temeljijo na specialno razvitih cementih za infrastrukturne projekte.

4 Projektne podlage

V Sloveniji imamo za izvedbo betonskih vozišč posebne tehnične pogoje, PTP - knjiga IV/89 in tehnične specifikacije, TSC 06.420:2003, Vezne obrabno nosilne plasti – cementni beton, kjer so podrobno opredeljeni vsi vhodni materiali ter opisani postopki za izdelavo betonskih vozniških površin.

Poleg omenjenih dokumentov mora betonsko vozišče izpolnjevati zahteve za torne sposobnosti, ki so opredeljene v TSC 06.620:2002, Lastnosti vozniških površin – torna sposobnost.

Obstoječe PTP iz 1989, s kasnejšimi dopolnili ter TSC ki so bili izdani 2002 in 2003, je potrebno ponovno dopolniti z novimi spoznanji.

Na področju izvedbe betonskih krožnih križišč bo potrebno pripraviti ustrezen dokument, ki bo projektantu in pa kasneje izvajalcu podal smernice za izvedbo. Za ta dokument imamo okoli nas že dovolj spoznanj, ki jih je potrebno vnesti v naše okolje.

Ob tem je potrebno vso tehnično dokumentacijo prilagoditi tudi veljavnim standardom, kot je SIST EN 13877, del 1. do 3., Betonska vozišča.

5 Zaključek

V članku so predstavljene dosedanje izkušnje pri izvedbi betonskih povoznih površin pri gradnji infrastrukture v Sloveniji. Izpostavljen je tudi kronološki potek, kar pomeni spremljanje novosti in popravljanje negativnih spoznanj pri delu.

Pri pregledu trenda v Evropi in delno tudi v svetu, na področju betonskih površin, pa je bil predstavljen trenutni pristop pri izbiri materiala za izvedbo povozne površine. Najbolj pogosto uporabljena materiala za gradnjo sta asfalt in beton. Oba imata svoje prednosti in slabosti, zato je potrebno podrobno preučiti le-te in izbrati ustrezen material za doseganje optimizacije stroškov preko celotnega življenjskega obdobja.

Ob tem smo izpostavili potencialno rabo betona kot materiala v krožnih križiščih. Prednost betona je tudi naknadna površinska obdelava, ki omogoča vzpostavitev prvotnih ali celo izboljšanih tornih lastnosti, obenem

pa lahko pripomoremo tudi k zmanjšanju hrupa na okolico.

Literatura

- [1] Razvojno raziskovalna naloga: Optimizacija betonskih voziščnih konstrukcij, junij 2008 Izvajalec SCT d.d.
- [2] Jernej Mrzelj, Aljoša Lipovšek: Cementnobetonska vozna površina, izvedena po metodi izpostavljenih zrn, 10 slovenski kongres o cestah in prometu, Portorož 2010
- [3] Proceedings of 12th International symposium on concrete roads 2014, Praga september 2014, Češka republika
- [4] Zbornik strokovnega posveta, Beton in trajnostna gradnja, Betonska vozišča, Ljubljana oktober 2013
- [5] Merkblatt, Kreisverkehre mit Betonfahrbahndecken, oktober 2006, ÖBV
- [6] Concrete roundabouts, december 2013, EUPAVE