



Datum: 10.11.2025

Naročnik: MESTNA OBČINA LJUBLJANA
Mestni trg 1
1000 Ljubljana

Projekt: **ELABORAT DIMENZIONIRANJA
VOZIŠČNE KONSTRUKCIJE**

Gradnja: **Zaloška cesta (del med Kajuhovo in AC
priključkom Ljubljana vzhod, 2,5 km)**

Delovni nalog: DN 2007980
Št. projekta: 2007980-2-25-SZ

Naročilo: pog. št. C7560-25-120140 z dne 06.10.2025

Center: **CENTER ZA PROMETNICE IN
INFRASTRUKTURO**

Nosilec naloge: **Simon ŽIBERNA**, univ. dipl. inž. grad.

Sodelavec: **David CIRMAN**, mag. inž. grad.

Vodja centra za prometnice: **Simon ŽIBERNA**, univ. dipl. inž. grad.

v.d. direktorja: dr. **Blaž DOLINŠEK**, univ. dipl. inž. grad.

GRADBENI INŠTITUT²
ZRMK d.o.o.
Ljubljana, Dimičeva 12



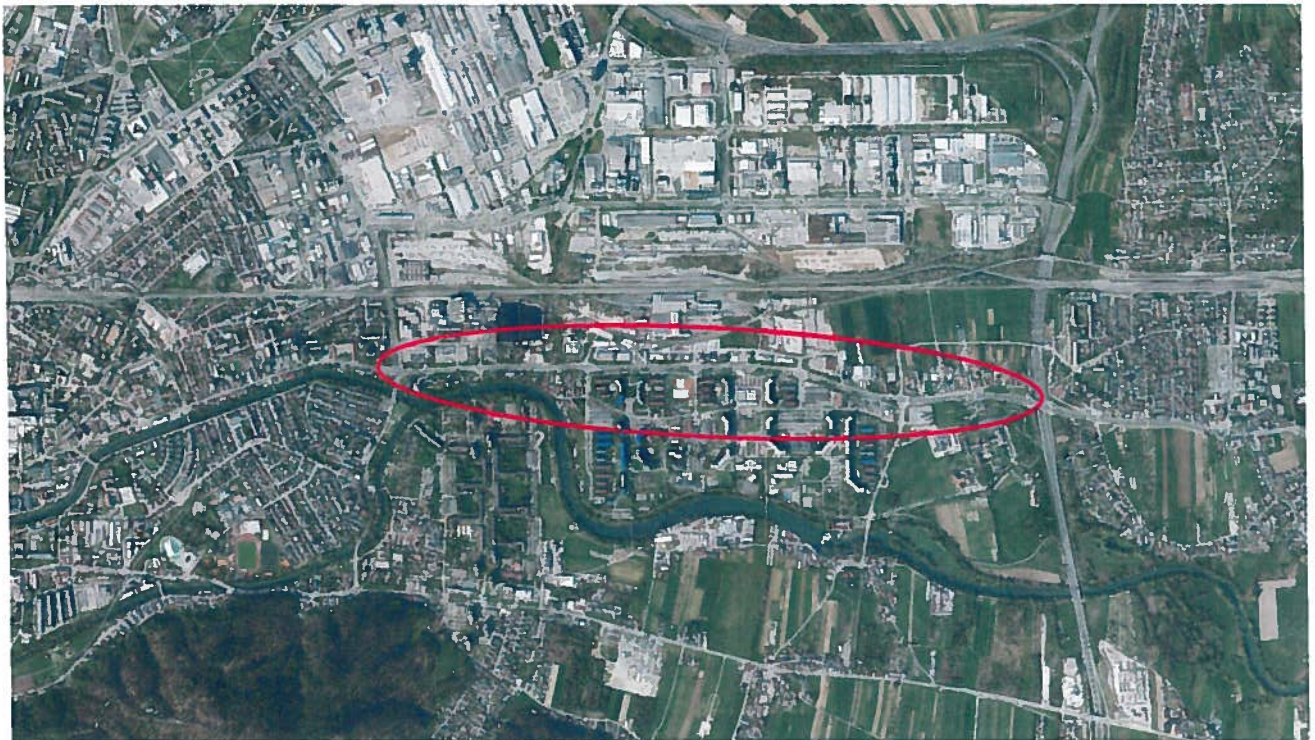
VSEBINA

1.	UVOD.....	3
2.	POVZETEK TERENSKIH IN LABORATORIJSKIH PREISKAV VOZIŠČNE KONSTRUKCIJE	3
2.1	POVZETEK TERENSKIH PREISKAV IN MERITEV	3
2.2	POVZETEK LABORATORIJSKIH PREISKAV.....	4
3.	DIMENZIONIRANJE VOZIŠČNIH KONSTRUKCIJ	5
3.1	KARAKTERISTIKE VOZIŠČ	5
3.2	PROMETNE OBREMENTIVE.....	5
3.3	SESTAVA IN NOSILNOST SPODNJEGA USTROJA	7
3.4	HIDROLOŠKI IN KLIMATSKI POGOJI	8
3.5	MINIMALNE DEBELINE PLASTI IN POTREBNI DEBELINSKI INDEKS	8
3.6	PREDLOG IZVEDBE VOZIŠČNIH KONSTRUKCIJ S SPECIFIKACIJO VGRAJENIH PLASTI	9

1. UVOD

Po naročilu podjetja Mestne občine Ljubljana smo za predvideno rekonstrukcijo Zaloške ceste v Ljubljani med Kajuhovo in AC priključkom Ljubljana izdelali dimenzioniranje voziščne konstrukcije.

Osnova za dimenzioniranje so posredovani podatki o prometu in izvedene terenske ter laboratorijske preiskave voziščne konstrukcije. Ugotovitve izvedenih preiskav so podane v Poročilu o določitvi kakovosti obstoječih vgrajenih materialov voziščne konstrukcije, št. 2007980-1-25-SZ, GI ZRMK d.o.o..



Slika 1: prikaz predvidenega območja urejanja

2. POVZETEK TERENSKIH IN LABORATORIJSKIH PREISKAV VOZIŠČNE KONSTRUKCIJE

2.1 Povzetek terenskih preiskav in meritev

Na delu Zaloške ceste med Kajuhovo ulico za zahodni strani in AC priključkom Ljubljana vzhod na vzhodni strani je bilo skupno izvedenih osem sondažnih jaškov premera 350 mm in osem sondažnih vrtin premera 100 mm. Sondažni izkopi in sondažne vrtine so se izvedle z namenom ugotavljanja kakovosti vgrajenih obstoječih materialov voziščne konstrukcije.

V smeri proti centru sta bila izvedena dva sondažna jaška na desnem pasu in dva na levem pasu. Pri izvedbi sondažnih jaškov in vrtin smo ugotovili naslednje:

- skupna debelina asfalta je med 9,0 cm in 14,5 cm,
- izvedeni sta dve plasti asfalta,
- asfaltne plasti so bile povsod zlepljene,
- cementna stabilizacija (CS) je vgrajena po celotnem odseku,
- v P124 je pod asfaltnimi plastmi vgrajena NNP, pod njim pa CS,
- nevezano nosilno plast smo ugotovili le na eni lokaciji, P124, in je debeline 28,0 cm,
- globlje se povsod nahaja prod oziroma peščen prod.

Asfaltna površina je v splošnem v slabem do zelo slabem stanju, saj je veliko prečnih razpok, udarnih jam, lokalno so vidne tudi kolesnice. Nevezano nosilno plast oziroma posteljico predstavlja prod in peščen prod. Meritve dinamičnega deformacijskega modula so na planumih pokazale ustrezne vrednosti. Izjema je le lokacija V-3, kjer je bila ta vrednost nižja.

V smeri proti AC sta bila izvedena dva sondažna jaška na desnem pasu in dva na levem pasu.

Pri izvedbi sondažnih jaškov in vrtin smo ugotovili naslednje:

- skupna debelina asfalta je med 9,0 cm in 15,5 cm,
- izvedene so dve plasti asfalta,
- asfaltne plasti so bile povsod zlepljene,
- večinoma je pod asfaltnimi plastmi vgrajena CS, katere debelina CS zelo niha, izjema je P98, kjer ta ni bila ugotovljena,
- nevezano nosilno plast smo ugotovili le na eni lokaciji, P98
- globlje se povsod nahaja prod oziroma peščen prod.

Asfaltna površina je v splošnem v slabem do zelo slabem stanju, saj je veliko prečnih razpok, udarnih jam, lokalno so vidne tudi kolesnice. Nevezano nosilno plast oziroma posteljico predstavlja prod in peščen prod. Meritve dinamičnega deformacijskega modula so na planumih pokazale ustrezne vrednosti. Izjema je le lokacija V-13, kjer je bila na nivoju nevezane nosilne plasti ta vrednost nižja.

2.2 Povzetek laboratorijskih preiskav

V sklopu laboratorijskih preiskav obstoječih plasti sta bila preiskana dva vzorca vzorca nevezane nosilne plasti (NNP), pet vzorcev posteljice (PO) in en vzorec nasipa (NMU).

Pri tem je bilo ugotovljeno naslednje:

Posteljica (PO):

Pri preiskanih vzorcih posteljice je bilo ugotovljeno, da se delež zrn pod 0,063 mm giba med 3,4 % in 6,7 %, kar kaže na zmrzlinso ustrezen material.

Nevezana nosilna plast (NNP):

Na podlagi izvedenih preiskav smo ugotovili, da je delež zrn pod 0,063 mm pri NNP 3,2 % in 6,2 % (zahteva do 8,0 %), kar pomeni, da je material zmrzlinško odporen. Vrednosti količnika neenakomernosti Cu so znašale med 20,1 in 20,5, kar pomeni, da material ustreza zahtevam (med 8 in 50).

3. DIMENZIONIRANJE VOZIŠČNIH KONSTRUKCIJ

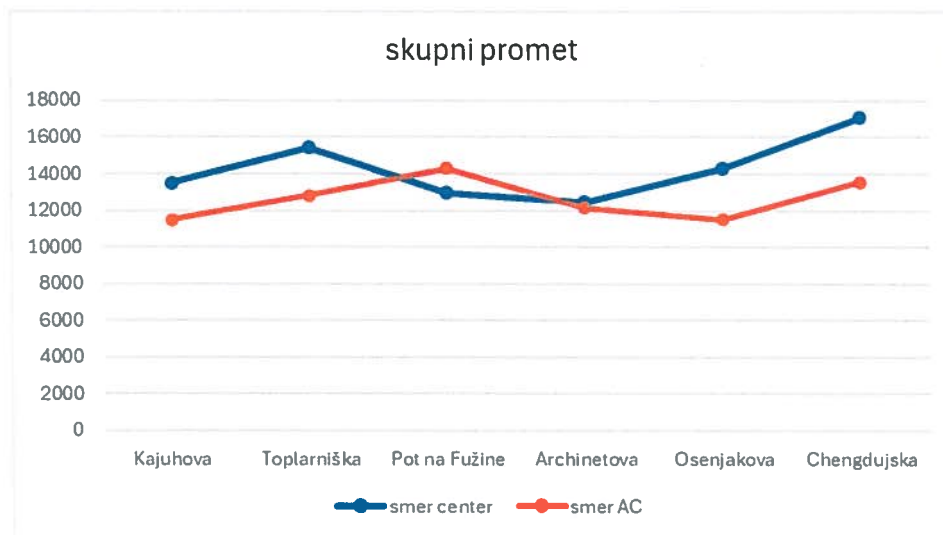
3.1 Karakteristike vozišč

Trasa v celoti poteka po skoraj ravnem terenu in tako so vzdolžni nakloni povsod manjši od 2 %. Predvidena cestna povezava ostaja štiripasovna. Izjema so križišča, kjer so že izvedeni in se ohranijo pasovi za leve zavijalce. Širina pasov nove prometnice bo predvidoma 3,25 m.

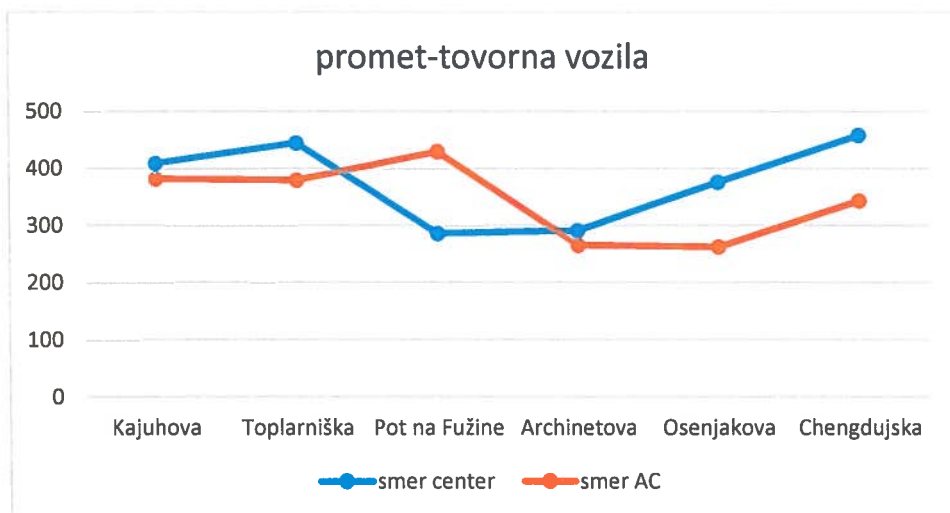
3.2 Prometne obremenitve

Za potrebe načrtovanja rekonstrukcijo ceste je bilo v novembru 2024 izvedeno štetje prometa (izvajalec FGG, Prometnotehniški inštitut PTI). Na podlagi tega so bili izdelani diagrami prometnih obremenitev in analiza zavijalcev po strukturi prometa. To je bilo izdelano za vsa križišča (za skupno 6) od Kajuhove do izvoza na AC, vključno s Kajuhovo.

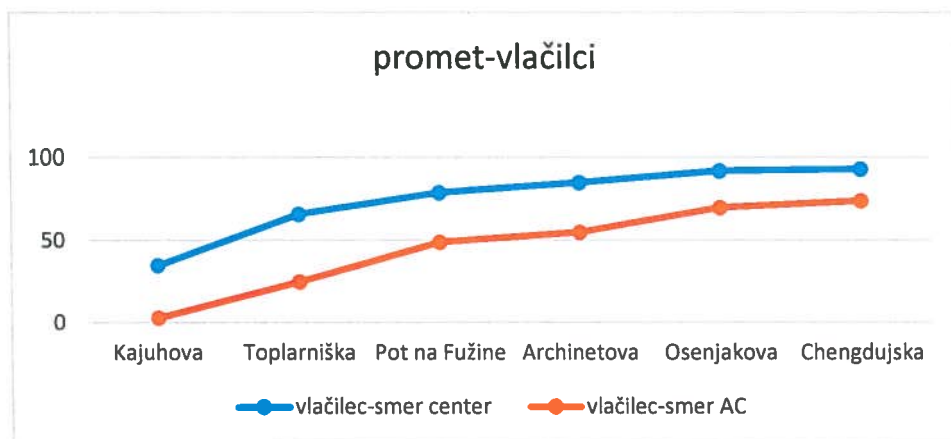
Navedeni podatki so bili analizirani in nekatere rezultate podajamo v grafikonih 1, 2, 3 in 4.



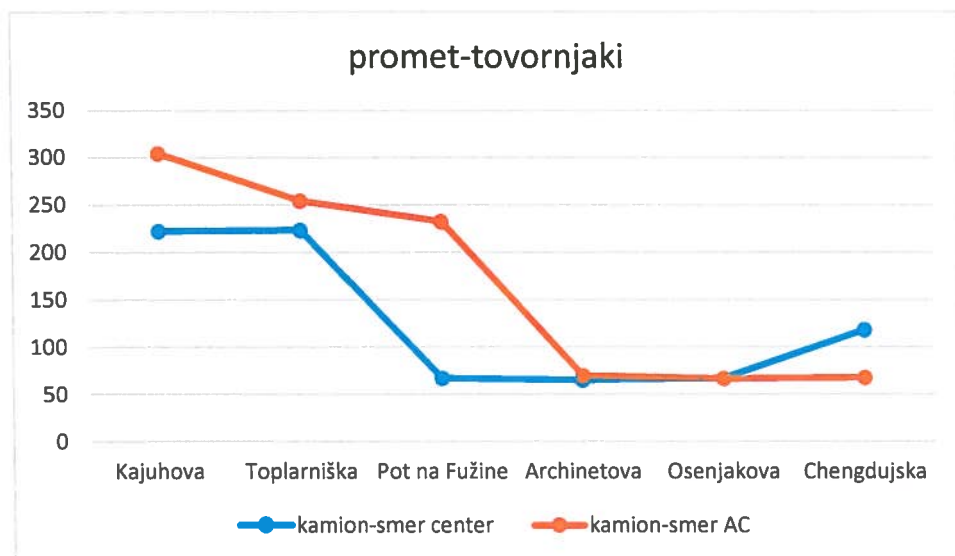
Grafikon 1: prikaz skupnega prometa vzdolž obravnavane prometnice



Grafikon 2: prikaz tovrnega prometa vzdolž obravnavane prometnice



Grafikon 3: prikaz prometa vlačilcev vzdolž obravnavane prometnice



Grafikon 4: prikaz prometa tovornjakov vzdolž obravnavane prometnice

Prometne obremenitve iz zgoraj navedenega štetja so tabelarično prikazane v spodnjih tabelah.

smer center					
križišče	osebni	tovorni	avtobus	vlačilec	Td
Kajuhova	13096	223	151	35	395,49
Toplarniška	14993	224	155	66	438,70
Pot na Fužine	12670	67	140	79	285,13
Archinetova	12164	65	141	85	291,46
Osenjakova	13921	67	217	92	366,87
Chengdujska	16643	118	247	93	444,70

Tabela 1: Prometne obremenitve za leto 2024 za smer center

smer AC					
križišče	osebni	tovorni	avtobus	vlačilec	Td
Kajuhova	11094	305	73	3	371,13
Toplarniška	12419	225	129	25	366,27
Pot na Fužine	13870	233	147	49	419,62
Archinetova	11882	70	140	55	258,11
Osenjakova	11261	67	125	70	261,09
Chengdujska	13236	68	201	74	331,75

Tabela 2: Prometne obremenitve za leto 2024 za smer AC

Ugotovimo lahko, da je največja prometna obremenitev v smeri centra na križišču Chengdujske, v smeri AC pa na križišču Poti v Fužine. Najnižje prometne obremenitve pa so v smeri centra na križišču Poti v Fužine, v smeri AC pa na križišču Archinetove. Iz tabel 1 in 2 je razvidno, da se prometne obremenitve neenakomerno spreminjajo vzdolž obravnavanega odseka.

Zaradi relativno majhne razlike pri prometni obremenitvi v smeri centra in v smeri AC smo za obe smeri upoštevali enako prometno obremenitev. V dogovoru s projektantom se vsi pasovi izvedejo v enakem ustroju.

Glede na razpoložljive podatke in dosedanje trende smo upoštevali povprečno rast prometa 4 % (privzeto stopnja rasti).

3.3 Sestava in nosilnost spodnjega ustroja

S preiskavami je bilo ugotovljeno, da je debelina obstoječega asfalta med 9,0 cm in 15,5 cm. Asfaltna površina je v splošnem v slabem do zelo slabem stanju, saj je veliko prečnih razpok, udarnih jam, lokalno so vidne tudi kolesnice. Pod asfaltnimi plastmi je na večjem delu vgrajena cementna stabilizacija. Glede na izvedene preiskave debelina te zelo niha in sicer med 0 in 32 cm. Nižje se je povsod nahajal prod in peščen prod, ki je relativno dobro nosilen. To so potrdile tudi izvedene meritve togosti.

Glede na rezultate terenskih meritev je bilo ocenjeno, da je nosilnosti tal dobra (za dimenzioniranje voziščne konstrukcije se privzame vrednosti CBR = 10 %).

3.4 Hidrološki in klimatski pogoji

Glede na morfologijo terena in predvidene posege lahko privzamemo, da so na obravnavanem območju ugodni hidrološki pogoji. Globina zmrzovanja znaša 90 cm. Skupna debelina v voziščno konstrukcijo vgrajenih materialov, ki so zmrzlinško odporni mora tako znašati:

$$h_{\min} = 0,6 \times h_m = 0,6 \times 90 = 54 \text{ cm}$$

3.5 Minimalne debeline plasti in potrebni debelinski indeks

Na podlagi podatkov o prometnih obremenitvah iz podatkov štetja prometa, izdelanih diagramov prometnih obremenitev in analize zavijalcev po strukturi prometa smo izračunali merodajne prometne obremenitve za rekonstrukcijo prometnice (enoten ustroj – upoštevana največja obremenitev na obravnavanem odseku).

Za osnovo so bili privzeti prometni podatki štetja prometa za leto 2024. Skladno s TSC 06.511:2009, Prometne obremenitve, Določitev in razvrstitev, smo za 20 letno obdobje uporabe ceste izračunali ekvivalentne prometne obremenitve ob upoštevanju naslednjih faktorjev:

- faktor trajanja in povečanja prometa (20 let) in 4 % rast = 31
- faktor vpliva porazdelitve na prometne pasove = 0,90
- faktor dinamičnih vplivov (dobri pogoji vožnje) = 1,03
- faktor širine prometnih pasov (3,25 m) = 1,4
- faktor vpliva vzdolžnega nagiba nivelete (do 2 %) = 1,0

$$T_{20} = 444,70 \times 365 \times 31 \times 0,90 \times 1,03 \times 1,4 \times 1,00 = 6,53 \times 10^6 \text{ NOO } 100 \text{ kN (zelo težka PO)}$$

Za novogradnjo je glede na predvideno zelo težko prometno obremenitev na vseh pasovih ob upoštevanju min CBR na planumu posteljice 15 %, potrebno vgraditi voziščno konstrukcijo sestavljeno iz: 20,0 cm asfalta in 25 cm nevezane nosilne plasti.

Potrebni debelinski indeks tako znaša:

$$d_{\text{potr.}} = 20,0 \times 0,38 + 25 \times 0,14 = 11,1$$

Varianta 1:

Zaloška cesta, zelo težka prometna obremenitev			
Material	Debelina d_i (cm)	Faktor ekvivalentnosti materiala a_i	Dejanski debelinski indeks $D_p = d_i * a_i$
SMA 11	4	0,42	1,68
AC 22 bin	7	0,35	2,45
AC 32 base	10	0,35	3,50
CS 32	0	0,20	0,00
NNP - TD 32	25	0,14	3,50
zmrzljivo odporen kamniti mat.			
SKUPAJ Hdej:	46	Ddej=	11,13
POGOJ: Ddej > Dpot		Dpot=	11,10
		razlika	0,03

Varianta 2:

Zaloška cesta, zelo težka prometna obremenitev			
Material	Debelina d_i (cm)	Faktor ekvivalentnosti materiala a_i	Dejanski debelinski indeks $D_p = d_i * a_i$
SMA 11	4	0,42	1,68
AC 22 bin	6	0,35	2,10
AC 32 base	8	0,35	2,80
CS 32	23	0,20	4,60
NNP - TD 32		0,14	0,00
zmrzljivo odporen kamniti mat.			
SKUPAJ Hdej:	41	Ddej=	11,18
POGOJ: Ddej > Dpot		Dpot=	11,10
		razlika	0,08

3.6 Predlog izvedbe voziščnih konstrukcij s specifikacijo vgrajenih plasti

Glede na pričakovane prometne obremenitve in izvedene terenske ter laboratorijske preiskave obstoječe voziščne konstrukcije smo pripravili predlog voziščnih konstrukcij. Ker je obstoječa asfaltna površina v splošnem v slabem do zelo slabem stanju, saj je na površini vidnih veliko prečnih razpok in udarnih jam, lokalno so vidne tudi kolesnice ter dejstva, da je na več delih predvidena tudi izvedba oziroma zamenjava komunalnih vodov, ki zahtevajo večje izkope, predlagamo, da se v sklopu rekonstrukcije izvede zamenjava celotne obstoječe voziščne konstrukcije. To pomeni odstranitev obstoječih asfaltnih plasti in cementne stabilizacije oziroma plasti posteljice do globine 46 cm in izvedbo nove voziščne konstrukcije, ki je podan spodaj.

trasa Zaloške ceste:

SMA 11 PmB 45/80-65 A2	4 cm
AC 22 bin PmB 45/80-65 A2	7 cm
AC 32 base B50/70 A2	10 cm
Tampon D32	25 cm

Kot alternativa je možna tudi naslednja sestava, pri kateri je potrebno manj izkopa, ker se obstoječi prod uporabi za cementno stabilizacijo. Za cementno stabilizacijo je potrebno predhodno pripraviti recepturo.

trasa Zaloške ceste:

SMA 11 PmB 45/80-65 A2	4 cm
AC 22 bin PmB 45/80-65 A2	6 cm
AC 32 base B50/70 A2	8 cm
Cementna stabilizacija CS	23 cm

Površine za pešce in kolesarje:

AC 8 surf B70/100 A5	4 cm
Tampon D32	20 cm
Posteljica 0/125	20 cm

PREOSTALE ZAHTEVE IN MOŽNOSTI

Kakovost asfaltnih plasti mora ustrezati zahtevam TSC 06.300/06.410.

Obstoječe asfaltne plasti (surf, base) se lahko ponovno uporabi na način, da se odrezkane asfaltne plasti doda v zmesi novih asfaltnih plasti (do 10 % oziroma 20 %).

Odrezkano cementno stabilizacijo je mogoče ponovno uporabiti tudi kot posteljico (dodajanje osnovnemu materialu v deležu do 50 % in premešanje).

Na začetku in koncu je potrebno poskrbeti za ustrezno navezavo na obstoječo niveleto.

Na planumu nevezane nosilne plasti (NNP) je zahtevana nosilnost $Ev_2 \geq 150 \text{ MPa}$ ($Evd \geq 70 \text{ MPa}$) in zgoščenost $> 98 \%$ po modificiranem Proctorjevem postopku. Kakovost materiala NNP mora ustrezati zahtevam TSPI-PG.06.200:2025.

Na planumu posteljice je zahtevana nosilnost $Ev_2 \geq 100 \text{ MPa}$ ($Evd \geq 45 \text{ MPa}$) in zgoščenost $> 98 \%$ po modificiranem Proctorjevem postopku. Kakovost materiala posteljice mora ustrezati zahtevam TSPI-PG.06.200:2025.

Pripravila:

Simon Žiberna, univ. dipl. inž. grad.

David Cirman, mag. inž. grad.

