

2/2.2.1. НАСЛОВНА СТРАНА

2/2.2. - ПРОЈЕКАТ КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ

Инвеститор:

Република Србија, ЈП "Путеви Србије"
Булевар краља Александра 282, 11000 Београд

Објекат:

Источна обилазница Крушевца, државни пут IB реда бр.38, од моста преко реке Расине до петље Крушевац исток, од km 6+493.00 до km 8+417.38, I фаза – лева коловозна трака, КП бр. 4194/6, 4195/2, 4196/3, 4199/3, 4202/4, 4206/4, 4208/3, 4211/4, 4214/6, 4216/4, 4218/4, 4219/3, 4222/2, 4223/2, 4224, 4225, 4227/2, 4229/2, 4231/2, 4233/2, 4235/2, 4237/2, 4239/2, 4241/2, 4243/3, 4245/3, 4247/3, 4251/2, 4252, 4253/2, 4254/5, 4254/6 и 5976/3 КО Крушевац и КП бр. 1167/3, 1167/7, 1169/3, 1169/7, 1229, 1494/3, 1495/3, 1496/1, 1496/2, 1499/1, 1499/2, 1500/1, 1500/2, 1501/3, 1502/1, 1502/2, 1503/1, 1503/2, 1504, 1510/3, 1519/2, 1520/1, 1520/3, 1526/3, 1527/2, 1528/3, 1531/2, 1532/3, 1604/2, 1605/2, 1606/2, 1608/3, 1938/2, 1939/4, 1940/1, 1940/2, 1940/3, 1941/1, 1941/2, 1941/3, 1942/4, 1942/5, 1943/2, 1977/2, 1980/2, 1981/2, 1982/3, 1982/4, 1983/2, 1984/2, 1986/3, 1987/4, 1988/4, 1989/5, 1993/3, 1997/1, 1998/1, 1999/1, 2000/1, 2003/1, 2010, 2255/2, 2256/2, 2257/2, 2258/3, 2261/2, 2262/3, 2262/4, 2263/3, 2264/3, 2265/3, 2266/3, 2267/2, 2268/2, 2269/2, 2290/3, 3389/3, 3391/1, 3414/6 и 3415/1 КО Бивоље

Врста техничке документације:

ИДП - Идејни пројекат

Назив и ознака дела пројекта:

2/2.2. - Пројекат коловозне конструкције

За грађење/извођење радова:

Нова градња

Пројектант:

ВИА-ПРОЈЕКТ д.о.о. , Устаничка 128а, 11000 Београд,
П131Г2, П131С1, П132Г1

Одговорно лице пројектанта:

Јован Салопек, дипл.грађ.инж.

Потпис:



Одговорни пројектант:

Драган Стојнић, дипл.грађ.инж.

Број лиценце:

315 Н298 09

Потпис:



Број дела пројекта:

П-5/П

Место и датум:

Београд, јануар 2023. године

2/2.2.2. САДРЖАЈ ПРОЈЕКТА КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ

2/2.2.1.	Насловна страна пројекта коловозне конструкције
2/2.2.2.	Садржај пројекта коловозне конструкције
2/2.2.3.	Решење о одређивању одговорног пројектанта
2/2.2.4.	Изјава одговорног пројектанта пројекта коловозне конструкције
2/2.2.5.	Текстуална документација
2/2.2.5.1.	Пројекат коловозне конструкције
2/2.2.6.	Прилози

2/2.2.3. РЕШЕЊЕ О ОДРЕЂИВАЊУ ОДГОВОРНОГ ПРОЈЕКТАНТА

На основу члана 128. Закона о планирању и изградњи ("Службени гласник РС", бр. 72/09, 81/09 - исправка, 64/10 - УС, 24/11, 121/12, 42/13 - УС, 50/13 - УС, 98/13 - УС, 132/14, 145/14, 83/18, 31/19, 37/19 - др. закон, 9/20 и 52/21) и одредби Правилника о садржини, начину и поступку израде и начину вршења контроле техничке документације према класи и намени објеката ("Службени гласник РС", бр. 73/19) као:

ОДГОВОРНИ ПРОЈЕКТАНТ

за израду Пројекта коловозне конструкције који је део Идејног пројекта за Нову градњу објекта Источна обилазница Крушевца, државни пут IB реда бр.38, од моста преко реке Расине до петље Крушевац исток, од km 6+493.00 до km 8+417.38, I фаза – лева коловозна трака, КП бр. 4194/6, 4195/2, 4196/3, 4199/3, 4202/4, 4206/4, 4208/3, 4211/4, 4214/6, 4216/4, 4218/4, 4219/3, 4222/2, 4223/2, 4224, 4225, 4227/2, 4229/2, 4231/2, 4233/2, 4235/2, 4237/2, 4239/2, 4241/2, 4243/3, 4245/3, 4247/3, 4251/2, 4252, 4253/2, 4254/5, 4254/6 и 5976/3 КО Крушевац и КП бр. 1167/3, 1167/7, 1169/3, 1169/7, 1229, 1494/3, 1495/3, 1496/1, 1496/2, 1499/1, 1499/2, 1500/1, 1500/2, 1501/3, 1502/1, 1502/2, 1503/1, 1503/2, 1504, 1510/3, 1519/2, 1520/1, 1520/3, 1526/3, 1527/2, 1528/3, 1531/2, 1532/3, 1604/2, 1605/2, 1606/2, 1608/3, 1938/2, 1939/4, 1940/1, 1940/2, 1940/3, 1941/1, 1941/2, 1941/3, 1942/4, 1942/5, 1943/2, 1977/2, 1980/2, 1981/2, 1982/3, 1982/4, 1983/2, 1984/2, 1986/3, 1987/4, 1988/4, 1989/5, 1993/3, 1997/1, 1998/1, 1999/1, 2000/1, 2003/1, 2010, 2255/2, 2256/2, 2257/2, 2258/3, 2261/2, 2262/3, 2262/4, 2263/3, 2264/3, 2265/3, 2266/3, 2267/2, 2268/2, 2269/2, 2290/3, 3389/3, 3391/1, 3414/6 и 3415/1 КО Бивоље одређује се:

Драган Стојнић, дипл.грађ.инж. број лиценце 315 H298 09

Пројектант: **ВИА-ПРОЈЕКТ д.о.о., Устаничка 128а, 11000 Београд, П131Г2, П131С1, П132Г1**

Одговорно лице/заступник: **Јован Салопек, дипл.грађ.инж.**

Потпис:



Број техничке документације: **П-5/П**

Место и датум: **Београд, јануар 2023. године**

2/2.2.4. ИЗЈАВА ОДГОВОРНОГ ПРОЈЕКТАНТА ПРОЈЕКТА КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ

Одговорни пројектант пројекта коловозне конструкције који је део идејног пројекта за нову градњу источне обилазнице Крушевца, државни пут IB реда бр.38, од моста преко реке Расине до петље Крушевац исток, од km 6+493.00 до km 8+417.38, I фаза – лева коловозна трака, КП бр. 4194/6, 4195/2, 4196/3, 4199/3, 4202/4, 4206/4, 4208/3, 4211/4, 4214/6, 4216/4, 4218/4, 4219/3, 4222/2, 4223/2, 4224, 4225, 4227/2, 4229/2, 4231/2, 4233/2, 4235/2, 4237/2, 4239/2, 4241/2, 4243/3, 4245/3, 4247/3, 4251/2, 4252, 4253/2, 4254/5, 4254/6 и 5976/3 КО Крушевац и КП бр. 1167/3, 1167/7, 1169/3, 1169/7, 1229, 1494/3, 1495/3, 1496/1, 1496/2, 1499/1, 1499/2, 1500/1, 1500/2, 1501/3, 1502/1, 1502/2, 1503/1, 1503/2, 1504, 1510/3, 1519/2, 1520/1, 1520/3, 1526/3, 1527/2, 1528/3, 1531/2, 1532/3, 1604/2, 1605/2, 1606/2, 1608/3, 1938/2, 1939/4, 1940/1, 1940/2, 1940/3, 1941/1, 1941/2, 1941/3, 1942/4, 1942/5, 1943/2, 1977/2, 1980/2, 1981/2, 1982/3, 1982/4, 1983/2, 1984/2, 1986/3, 1987/4, 1988/4, 1989/5, 1993/3, 1997/1, 1998/1, 1999/1, 2000/1, 2003/1, 2010, 2255/2, 2256/2, 2257/2, 2258/3, 2261/2, 2262/3, 2262/4, 2263/3, 2264/3, 2265/3, 2266/3, 2267/2, 2268/2, 2269/2, 2290/3, 3389/3, 3391/1, 3414/6 и 3415/1 КО Бивоље

Драган Стојнић, дипл.грађ.инж.

ИЗЈАВЉУЈЕМ

1. да је пројекат израђен у складу са Законом о планирању и изградњи, прописима, стандардима и нормативима из области изградње објеката и правилима струке;
2. да је пројекат у свему у складу са начинима за обезбеђење испуњења основних захтева за објекат прописаних елаборатима и студијама.

Одговорни пројектант:
ИДП

Драган Стојнић, дипл.грађ.инж.

Број лиценце:

315 H298 09

Потпис:



Број техничке документације: **П-5/П**

Место и датум:

Београд, јануар 2023. године

2/2.2.5. ТЕКСТУАЛНА ДОКУМЕНТАЦИЈА

2/2.2.5.1. Пројекат коловозне конструкције

САДРЖАЈ

1.	ОПИС ПРОЈЕКТА.....	1
2.	МЕТОДОЛОГИЈА.....	1
3.	ИЗБОР ТИПА КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ	1
3.1	Избор битуменског везива у асфалтним мешавинама	1
4.	ПРИМЕЊЕНИ СТАНДАРДИ И РАЧУНАРСКИ ПРОГРАМИ	2
5.	АНАЛИЗА УТИЦАЈНИХ ФАКТОРА ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ	3
5.1	Геоморфолошке и структурне одлике терена	3
5.1.1	Геотехнички истражни радови и лабораторијска испитивања	3
5.1.2	Истражно бушење	4
5.1.3	Геолошка грађа терена	4
5.2	Хидрогеолошка својства терена.....	5
5.3	Дефинисање граничних вредности параметара конзистентног стања земљаног трупa.....	5
5.4	Опште геотехничке препоруке за обраду подтла.....	6
5.4.1	Насип – расположиви материјали и носивост	6
5.5	Опште геотехничке препоруке за израду постељице	8
5.5.1	Постељица– расположиви материјали и носивост	8
5.5.2	Анализа привремене и трајне носивости постељице од песковитог шљунка.....	9
5.6	Анализа саобраћајног оптерећења	9
5.6.1	Меродавно саобраћајно оптерећење.....	10
5.7	Климатски и хидролошки услови.....	11
5.7.1	Меродавне температуре ваздуха и асфалтних слојева	11
5.7.2	Референтни индекс мраза	12
6.	ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ.....	13
6.1	Материјали и мешавине за израду нових слојева коловоза	13
6.1.1	Подлога од невезаног дробљеног каменог агрегата.....	13
6.1.2	Носећи и хабајући слојеви од асфалтних мешавина.....	14
6.2	Прорачун дозвољене деформације материјала меродавних слојева.....	14
6.2.1	Носећи слој од битуменизованог агрегата	14
6.3	Дефинисање прелиминарних варијантних решења новог коловоза	15
7.	АНАЛИЗА ПОНАШАЊА КОНСТРУКЦИЈЕ У ЕКСПЛОАТАЦИЈИ	16
8.	АНАЛИЗА КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ СА АСПЕКТА ДУБИНЕ ПРОДИРАЊА МРАЗА.....	18
8.1	Методолошки поступак за оцену утицаја мраза на коловозну конструкцију	18
8.2	Провера пројектоване коловозне конструкције на мраз	19
9.	ПРОЈЕКТНО РЕШЕЊЕ	20

1. ОПИС ПРОЈЕКТА

Предмет овог пројекта за грађевинску дозволу (ПГД) је димензионисање нове коловозне конструкције ДП IV реда бр. 38, Источна обилазница Крушевца, на деоници од моста преко реке Расине до петље Крушевац исток, km 6+493 - km 8+417, за наредни експлоатациони период од 20 година.

2. МЕТОДОЛОГИЈА

Димензионисање решења флексибилне коловозне конструкције извршено је структурном анализом конструкције употребом аналитичког поступка у складу са методом методом Shell-a¹, како би се установило да ли конструкција задовољава са аспекта замора меродавних слојева.

3. ИЗБОР ТИПА КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ

Пројектант је уважио захтев за пројектовањем техничког решења које обезбеђује високу поузданост слојева коловозне конструкције. Таквим приступом дефинисано је решење флексибилну коловозну конструкцију сервисних саобраћајница за асфалтним застором (у три слоја) и невезаним носећим слојем од дробљеног каменог агрегата, чија трајност премашује пројектни век од 20 година експлоатације.

Пројектним решењем предвиђена је примена асфалтне мешавине АБ 11с за израду хабајућег слоја, са каменим агрегатом еруптивног порекла. Хабајући слој од наведене асфалтне мешавине обезбеђују мањи ризик од појаве "aquaplaning-a", отпорност на колотраге и виши коефицијент трења у односу на коефицијент који обезбеђује класична асфалтна мешавина. Пројектним решењем за израду носећег слоја предвиђена је асфалтна мешавина БНС 22сА, која има предност у односу на асфалтну мешавину БНС 32сА, имајући и виду да због нешто скромнијег садржаја битумена има и скромније карактеристике отпорности, па и трајност

3.1 Избор битуменског везива у асфалтним мешавинама

Уочава се да су средње месечне температуре ваздуха за метеоролошку станицу Београд у последњих 10 (20) година повишене, што за резултат има повишену вредност меродавне температуре асфалтних слојева $T_{ACF}=21\div 23^{\circ}\text{C}$, па самим тим и смањење вискозитета асфалтних материјала у носећем и хабајућем слоју.

Имајући то у виду као и утицај тешког саобраћајног оптерећења, пројектним решењем је предвиђена примена модификованог битумена РmВ 45/80-65, у носећем слоју (обзиром да је носећи слој у зони највећих смичућих напона примена обичног путног битумена узроковала би појаву трајних деформација), као и у хабајућем слоју како би повећали његову стабилност и отпорност на климатске утицаје током времена.

¹ Shell Pavement Design Manual, Shell International Petroleum Company Ltd, London, 1978.

4. ПРИМЕЊЕНИ СТАНДАРДИ И РАЧУНАРСКИ ПРОГРАМИ

При изради појединих делова ове документације примењени су следећи стандарди:

- SRPS U.C4.011/1990 - Техничка документација. Пројекат коловозне конструкције
- SRPS U.C4.010/1981 - Одређивање укупног еквивалентног саобраћајног оптерећења
- SRPS U.C4.015/1994 - Димензионасање нових флексибилних коловозних конструкција
- SRPS U.C4.016/1981 - Климатски и хидролошки услови
- SRPS U.B9.012/1981 - Процена осетљивости коловозне на дејство мраза и техничке мере за спречавање оштећености
- SRPS U.E1.010/1981 - Земљани радови на изградњи путева - Технички услови за извршење
- SRPS U.E1.012/1981 - Осетљивост материјала-тла на дејство мраза
- SRPS U.E4.014/1990 - Израда хабајућег слоја од асфалтних бетона по врућем поступку- Технички услови
- SRPS U.E8.010/1981 - Носивост и равност на нивоу постелице
- SRPS U.E8.018/1981 - Одређивање меродавне вредности дефлексије флексибилних коловоза.
- SRPS U.E9.020/1966 - Класичне и савремене подлоге за путеве -Технички услови
- SRPS U.E9.021/1986 - Израда горњих носећих слојева од битуменизованог материјала по врућем поступку- Технички услови

као и посебна упутства за пројектовање рехабилитације:

- AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PABEMENT STRUCTURES 1993, American Association of State Highway and Transportation Officials, USA;
- Методологија за пројектовање рехабилитација ванградских путева

Поред тога, коришћени су и следећи рачунарски програми:

- Обрада текста
WORD for Windows XP
- Анализа података
EXCEL for Windows XP
- Анализа напона и деформација
BISAR, SPDM i BANDS 2 / 1998

5. АНАЛИЗА УТИЦАЈНИХ ФАКТОРА ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ

Анализирани су следећи утицајни фактори:

Коловозна конструкција

- Геоморфолошке и структурне одлике терена - Геотехнички елаборат
- Хидрогеолошка својства терена
- Препоруке за обраду подтла
- Земљани труп (насип)
- Постељица - расположиви материјали и носивост

Очекивани експлоатациони услови

- будуће саобраћајно оптерећење
- климатки услови

5.1 Геоморфолошке и структурне одлике терена

5.1.1 Геотехнички истражни радови и лабораторијска испитивања

Геотехничка истраживања и испитивања терена, која је извршила ТПА лабораторија из Београда, током 2022. године, изведена су са циљем да се са аспекта геотехничких услова оцени и извреднује терен као подлога за пројектовање и изградњу коловозне конструкције основне трасе државног пута. На основу свеукупних истраживања и испитивања, у датом простору, сагледана су инжењерскогеолошка и геотехничка својства терена као радне средине и дати су геотехнички услови извођења државног пута, односно извреднован је терен дуж трасе пута, те су у ту сврху анализирани следећи меродавни фактори:

- геоморфолошке одлике терена
- геолошка грађа и хидрогеолошка својства терена, инжењерскогеолошка својства и геотехничке карактеристике издвојених литогенетских комплекса и њихових јединица
- савремени геодинамички процеси и појаве
- стабилност трупa пута у условима насипања

Истраживања и испитивања терена су изведена у циљу дефинисања геолошко- геотехничких, хидрогеолошких и сеизмичких својстава терена, као и дефинисања инжењерскогеолошких карактеристика издвојених средина у зони пројектованог државног пута. На основу свега утврђена је и могућност употребе локалних материјала из оближњих позајмишта за потребе израде насипа и постељице трупa.

Изведени су следећи теренски истражни радови:

- извођење истражних бушотина и јама
- инжењерскогеолошко картирање истражних јама и бушотина,
- извођење теренских SPT опита
- узимања узорака тла за лабораторијска испитивања,
- дефинисања тренутног нивоа подземних вода,
- лабораторијска испитивања
- обрада добијених резултата и израда техничке документације

Детаљно инжењерскогеолошко картирање терена је обављено у коридору трасе будућег државног пута и констатовано је да је истражни простор већим делом прекривен обрадивим пољопривредним земљиштем – хумусним материјалом углавном прашинасто – песковитог састава. На терену нису уочене појаве нестабилности терена и савремених геолошких процеса.

5.1.2 Истражно бушење

Да би се дефинисала геолошка грађа и узели узорци за лабораторијска испитивања материјала из подтла, дуж трасе будућег државног пута, изведено је укупно 9 истражних бушотина (дубина 4 - 19 m). Истовремено са истражним бушењем тј. након сваког избушеног маневра језгро је детаљно картирано. Након картирања узимани су репрезентативни и меродавни узорци за одговарајућа лабораторијска геомеханичка испитивања.

5.1.3 Геолошка грађа терена

У подручју истраживања у геолошкој грађи терена до испитаних дубина (max 15.0 m), учествују стенске масе квартарне и миоценске старости, различите генетске припадности, а то су:

- Алувијални наноси (al)
- Суглина - алувијални нанос (gl_{al})
- Хумус и насути материјал
-

Алувијални наноси (al), су наноси сталних и повремених водених токова, у чијем саставу учествују претежно несортирани материјали са израженом косом, укрштеном и хаотичном слојевитишћу. Представљени су **глинама прашинасто-песковитим до песковима прашинасто-глиновитим - муљем (p_{al})** и **шљунковима песковито - глиновитим (š_{al})**. У лабораторијским условима добијене су следеће вредности параметара физичко-механичких својстава, чији су распони дати у табели.

Табела 1: Физичко-механичка својства - алувијални нанос

Алувијални наноси (al)										
гранулометријски састав				Природна влажност w	запреминска тежина		карактеристике пластичности			USCS
< 0,002	0,002 - 0,06	0,06 – 2,00	2,00 – 60,00		γ	γ _d	W _L	I _p	I _c	
%					kN/m ³		%			
Прашинасти пескови (p _{al})										
2-6	15-62	25-83		20-25	20	17				SM
Шљунак (š _{al})										
4-16		16-39	48-70	8-9						GM

Суглина - алувијални нанос (gl_a) - у површинском делу хумуфициране, тамно браон боје. Средње пластичности, тврдог пластичног конзистентног стања. Дебљина описаног глиновитог слоја износи од 1.1 до 3.0 m. У лабораторијским условима добијене су следеће вредности параметара физичко-механичких својстава, чији су распони дати у табели.

Табела 2: Физичко-механичка својства - алувијални нанос

Алувијални наноси (al)										
гранулометријски састав				Природна влажност w	збијеност и носивост при енер. збијања E= 600 kN/m³		карактеристике пластичности			USCS
					γ _d max	CBR	W _L	I _p	I _c	
< 0,002	0,002 - 0,06	0,06 – 2,00	2,00 – 60,00		%		kN/m³	%		
Суглина - алувијални нанос (gl _a)										
6-30	50-75	7-30		17-20	16-17	3-5	37-48	12-23	0.8-1.2	CL, ML

Техногени седименти - насип, у делу постојећег крака и надвожњака изнад пруге. Разнородног састава. Максималне дебљине 1.4 m.

Хумус, променљиве дебљине, од 20 до 40 cm, тамно смеђе до браон боје са повећаним присуством органских материја. Због слабије водопропустности повремено се у данима хидролошког максимума појављују локална забарења.

5.2 Хидрогеолошка својства терена

На основу података свеукупних истраживања ниво подземне воде у истражном простору је сезонски променљив и установљен је на различитим дубинама од НПВ=2.0-4.0 m од површине терена.

5.3 Дефинисање граничних вредности параметара конзистентног стања кохерентног материјала у земљаном труп

Земљани труп треба да, без деформација, прихвати градилишни саобраћај у свим временским условима и треба да поседује висок квалитет и високу отпорност на трајне деформације. С тим у вези, пројектант је става да је неопходно дефинисати вредности које доприносе смањењу ризика од настанка деформација. Сходно изнетом дефинисане су следеће максималне вредности параметара конзистентног стања кохерентног материјала у завршном слоју подтла/темељног тла (дебљине до 50 cm), који се може употребити као подлога коловозне конструкције, и то:

- граница течења $W_L < 50\%$
- индекс пластичности $I_p < 20\%$
- бубрење $< 3\%$,

Пројектом се предвиђа довођење материјала из површинске зоне темељног тла (подтла) у стање оптималне влаге његовим просушивањем. У ситуацији у којој је то могуће остварити у летњем периоду, периоду праћеном дугим периодима са високим температурама, пројектом се предвиђа довођење подтла у стање у ком је изводљиво остварити пројектоване нагибе подтла. У супротном, уколико није остварено планирано просушивање подтла и његова адекватна обрада није остварива тада се предвиђа израда сепарационог слоја (сепарациони геотекстил).

5.4 Опште геотехничке препоруке за обраду подтла

На траси будуће магистралне саобраћајнице нова коловозна конструкција положена је на насипима променљивих висина 0.5-3.0 m, односно 5.0-7.0 m у зонама пројектованих мостова. Израда насипа ће се вршити углавном преко терасних прашинасто-песковитих глина, и мањим делом преко и алувијалних прашинасто-песковитих глина, ређе преко постојећих насипа.

Предметни материјал у подтлу је осетљив на промену присуства воде. У условима када се изградње и обраде завршних слојева обављају при стању оптималне влаге као и у условима када је обезбеђено ефикасно одвођење воде могуће је обезбедити добру носивост у време градње. Пре израде насипа неопходно је извршити најпре откоп, тј. уклањање површинског слоја хумуса и насипа дебљине просечно 0.5 m. По уклањању површинског слоја тло се доводи у стање влажности која омогућује проходност грађевинских машина и оптималне услове збијања.

Пројектом се превиђа механичка стабилизација материјала (збијање) у подтлу. Збијање подтла се врши по претходно изравнатој површини терена. На површинама у којима се врши збијање и обрада подтла мора се осигурати адекватно одводњавање.

Сходно важећим стандардима и критеријумима прописаним Општим техничким условима² вршити контролу квалитета материјала у подтлу и то:

- за насипе висине до 2.0m, збијеност подтла од земљаног ситнозрног (кохерентног), односно земљаног неvezаног крупнозрног или мешовитог (некохерентног) тла мора бити $S_z=100\%$ од максималне суве запреминске тежине, одређене стандардним Proctor-овим поступком.
- за насипе висине преко 2.0m, збијеност подтла од земљаног ситнозрног (кохерентног), односно земљаног неvezаног крупнозрног или мешовитог (некохерентног) тла мора бити $S_z=95\%$ од максималне суве запреминске тежине одређене по стандардном, Proctor-овом поступку

Носивост завршног слоја земљаног трупа (подтла) након збијања добијена током градње (контролисана опитом плочом према немачкој методи) исказана модулом стишљивости $M_s \geq 30$ МПа.

5.4.1 Насип – расположиви материјали и носивост

Пројектант коловозне конструкције је у сарадњи са одговорним пројектантом „Геотехничких истражних радова и анализом потенцијалних материјала за земљане радове“ спровео анализу расположивости материјала за израду насипа и постељице, оцену квалитета (могућности у краткорочном периоду-током градње и дугорочном периоду - током експлоатације).

Вредновањем потенцијалних налазишта материјала, дата је оцена квалитета материјала за уградњу у насипе. Приликом оцене употребљивости материјала за изградњу насипа треба поштовати критеријуме прописане Општим техничким условима³ и важећим стандардима⁴. Пројектно решење израде насипа (у складу са расположивим локалним материјалима) представља:

² ТЕХНИЧКИ УСЛОВИ ЗА ГРАЂЕЊЕ ПУТЕВА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ, Део 2: Посебни Технички услови, 2.2. Земљани радови, Тачка 2.2.3.4 - Квалитет израде, ЈП "Путеви Србије", Београд 2018,

³ ТЕХНИЧКИ УСЛОВИ ЗА ГРАЂЕЊЕ ПУТЕВА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ, Део 2: Посебни Технички услови, 2.2. Земљани радови, Тачка 2.2.5.2.1.2 – Некохерентни материјали, ЈП "Путеви Србије", Београд 2018,

⁴ SRPS U.E1.010:1981, Пројектовање и градење путева - Земљани радови на изградњи путева - Технички услови за извршење

• Насип од некохерентног каменитог мешаног материјала

Физичко-механичка својства некохерентног каменитог материјала и геотехнички услови изградње насипа (анализа стабилности косина и очекивана слегања подтла под оптерећењем насипа), дефинисани су у Геотехничком елаборату а у складу са предложеним нагибима косина дефинисаним у Идејном пројекту (ИДП). Материјал за израду насипа мора задовољавати ове услове:

- Влажност материјала треба да је таква да се може при сабијању постићи прописани квалитет (ближа оптималној)
- Меродаван параметар отпорности агрегата на дробљења и хабања одређен поступком Лос Анђелес (према стандарду SRPS EN 1097-2) сме да износи $LA \leq 45$ или коефицијент фрагментабилности (према норми NF P 94-066) сме да износи $FR \leq 7$
- Највеће зрно не сме да буде веће од 150 mm
- Коефицијент неравномерности $U = d_{60}/d_{10}$ мора да износи између 8 и 100
- Садржај честица мањих од 0.063 mm не сме бити већи од 15%
- Носивост изражена преко лабораторијског CBR-а, одређеног према стандарду SRPS U.B1.042 треба да износи најмање 20% ($CBR \geq 20\%$) при степену збијености од 95% према модификованом Proctor-овом опиту

Довожење и насипање материјала на припремљено подтло или на већ изграђени слој насипа може почети по одобрењу надзорног органа. Слојеви насипа, у подужном смеру, се разастире хоризонтално или највише у пројектованом нагибу пута. Попречно, сваки слој мора имати двострани или једнострани нагиб од 2-5%. Тај нагиб је потребан ради одвођења атмосферске воде. При навожењу прелази транспортних средстава морају бити што равномерније распоређени по читавој ширини планума. Дебљина слојева зависи од постигнутог ефекта збијања (по дубини употребљеног средства за збијање) и врсте материјала који се уграђује. Насип треба да се гради у слојевима од по 40 cm, ако су у питању земљани неvezани, крупнозрни или мешовити материјали.

Сваки слој мора бити збијен у пуној ширини одговарајућим механичким средствима, при чему збијање треба, у начелу, изводити од ивице према средини.

Материјал се не сме уграђивати у насип ни када задовољава све дефинисане услове ако му влажност прелази границе које омогућавају постизање прописаног квалитета током градње. Влажност материјала не сме варирати више од $\pm 2\%$ од оптималне влажности одређене модификованом Прокторовим поступком. То значи да се превише влажан материјал мора пре уграђивања просушити (разастирањем, ситњењем, пребацивањем, излагањем сунцу, ветру) а превише сув материјал навлажити (прскањем, поливањем) до тражене влажности. Пре збијања попрсканог сувог материјала, треба сачекати одређено време да се влага у материјалу равномерно распореди.

За сваки насипни слој вршити контролу квалитета уградње (збијености, носивост). Уколико се врши прекид у насипању и збијању, или уколико се временске прилике промене (киша и др.), пре отпочињања новог насипања и збијања, вршити контролу квалитета уградње последњег слоја. Израда се може отпочети по испуњењу критеријума квалитета уградње. Материјал не сме да се разастире на смрзнуте површине, а у насипе не смеју да се уграђују смрзнути материјали.

Максимална величина зрна ($D_{max}=150\text{ mm}$) има за последицу добијање непоузданих података о збијености, добијене преко оптималне влажности и максималне суве запреминске тежине (γ_{dmax}), по модификованом Proctor-овом опиту.

С тим у вези, контрола квалитета уградње насипних слојева одређује се преко модула деформације E_{v2} , помоћу статичког опита кружном плочом (према стандарду SRPS U.B1.047). Захтеване вредности носивости, добијене током градње насипа од некохерентног каменитог

мешаног материјала дате су у наредној табели.

Табела 3: Критеријум квалитета уградње мешовитог материјала у насип

Положај насипних слојева	Захтевани модул деформабилност E_{v2} (МПа)
Некохерентни каменити мешани материјал	
Слојеви насипа високих преко 2 m на делу од подножја насипа до висине 2 m испод планума постељице	≥ 50
Слојеви насипа нижих од 1 m и слојеви насипа виших од 2 m у зони 2 m испод планума постељице	≥ 60

На деловима терена где се у подлози налазе технички обрађени насипи постојеће саобраћајнице, насипање изводити директно на њима до пројектованих кота без посебних интервенција, изузев на деловима трасе, где се постојећи пут проширује, неопходно је извршити припрему подтла (ступеничастим засецањем постојећег насипа).

5.5 Опште геотехничке препоруке за израду постељице

Овим пројектом предвиђена је израда постељице на завршном слоју земљаног трупа (насипа), као посебан слој између земљаног трупа и коловозне конструкције. Постељица се ради дуж целог планума пута. Два основна полазна захтева које овај завршни слој земљаних радова треба да испуни су:

- обезбеђење добрих услова грађења самог слоја постељице и наредних слојева коловозне конструкције (краткорочни захтев) и
- потребан ниво квалитета и трајно механичко функционисање постељице током целокупног периода експлоатације сходно предвиђеном пројектном решењу (дугорочни захтев)

5.5.1 Постељица– расположиви материјали и носивост

Могућа решења израде слоја постељице (у складу са расположивим локалним материјалима) су следећа:

- **израда постељице од природно шљунковито-песковитог агрегата из позајмишта**

Природно шљунковито-песковити материјал, који би се користио за израду постељице мора да задовољи следеће критеријуме:

- Параметар отпорности агрегата на дробљења и хабања одређен поступком Лос Анђелес (према стандарду SRPS EN 1097-2) сме да износи $LA \leq 35$ или коефицијент фрагментабилности (према норми NF P 94-066) сме да износи $FR \leq 6$
- Еквивалент песка за камени агрегат до 4mm (без корекције), одређен у складу са стандардом SRPS EN 933-8:2013, мора да износи најмање $SE_4 \geq 45\%$
- Садржај честица мањих од 0.063 mm не сме бити већи од 5%
- Коефицијент неравномерности $U = d_{60}/d_{10}$ мора да износи између 15 и 100
- Максимално зрно не сме бити веће од 80 mm

- Носивост изражена преко лабораторијског CBR-а, одређеног према стандарду SRPS U.B1.042 треба да износи најмање 30% ($CBR \geq 30\%$) при степену збијености од 95% према модификованом Proctor-овом опиту

5.5.2 Анализа привремене и трајне носивости постељице од песковитог шљунка

Како се ради о постељици флексибилне коловозне конструкције домаћа искуства⁵ као и искуства водећих европских земаља (Енглеска, Француска, Немачка), говоре о томе да је потребно обезбедити трајну, односно пројектну вредност носивости од минимално $E_{v2} \geq 60 \text{ MPa}$.

Захтев за трајном (пројектном) носивошћу од $E_{v2} \geq 70 \text{ MPa}$, представља високо постављени захтев уколико се постељица пројектује од невезаног природно шљунковито-песковитог агрегата (неунапређеног и непобољшаног хидрауличким везивом) на земљаном трупцу од некохерентног каменитог мешаног материјала.

Са друге стране, постељица чија привремена носивост, односно носивост добијена приликом градње износи $E_{v2} \geq 70 \text{ MPa}$, представља реалан минимум када су у питању привремени услови квалитета за предметну саобраћајницу.

Захтевана вредност носивости на површини постељице од природно шљунковито-песковитог агрегата дебљине $d=30 \text{ cm}$ након уграђивања, која уједно чини и критеријум за доказивање квалитета изведеног слоја је $E_{v2} \geq 70 \text{ MPa}$, а однос $E_{v2}/E_{v1} \leq 2.5$. Међутим, трајна (пројектована) вредност носивости исказана модулом деформације износи $E_{v2} \geq 60 \text{ MPa}$.

5.6 Анализа саобраћајног оптерећења

Пројектне претпоставке за прорачун саобраћајног оптерећења су следеће:

- Пројектант је дао анализу саобраћајног оптерећења и прогнозу саобраћаја у периоду од 20 година у односу на годину која се сматра почетком експлоатационог периода 2022 до 2041 године
- меродавна возила (БУС, ЛТ, СТ, ТТ₂) су преузети из стандарда SRPS U.C4.010, уз искоришћеност корисне носивости од 80%
- аутовоз типа ТТВ₂+ППР₃ преузет је из каталога европских произвођача; за претпостављену искоришћеност корисне носивости (за познату конфигурацију приколице) израчуната је расподела оптерећења по осовинама овог возила за искоришћеност корисне носивости од 80%
- просечна годишња стопа раста саобраћаја је 4.0%
- расподела по смеровима за основну трасу имајући у виду могућност фазне изградње је 50% - 50%

Прорачун коефицијената еквиваленције за димензионисање флексибилне коловозне конструкције извршен је према стандардима SRPS U.C4.010 и SRPS U.C4.015 (експонент $n=4$, за двоструку 150kN и троструку осовину 220kN).

Улазни подаци за димензионисање флексибилне коловозне конструкције - Осовинска оптерећења репрезентативних врста возила и број еквивалентних стандардних осовина од 80kN по осовини и по сваком од типова репрезентативних возила на делу флексибилног коловоза је следећи:

⁵ Анализа међусобног односа статичких модула и динамичког модула деформације – опит плочом, Тошовић, С., Мг. Вујанић, В., Институт за путеве, а.д. Београд, 2011,

Табела 4: Фактори еквиваленције – флексибилна коловозна конструкција

Категорија возила		Осовина (ст. ос. 80кN)					F _e (SRPS)	
		Предња			Задња			
		Тип	Сила (kN)	f _e	Тип	Сила (kN)		f _e
БУС		I	44.2	0.093	I	87.8	1.451	1.544
ЛТ		I	16.4	0.002	I	26.6	0.012	0.014
СТ		I	33.8	0.032	I	56.2	0.244	0.275
ТТ ₂	Осн.воз	I	46.0	0.109	I	84.0	1.216	1.325
АВ	Осн.воз	I	66.2	0.469	I	102.0	2.643	3.990
	Прикол.	-	-	-	III	213.0	0.879	

* Коришћене ознаке у табели за тип осовине су: I – једнострука, II – двострука, III – трострука

5.6.1 Метродавно саобраћајно оптерећење

Метродавно саобраћајно оптерећење срачунато је за експлоатациони период од 20 година. У складу са SRPS U.C4.010 и SRPS U.C4.015 метродавно саобраћајно оптерећење за пројектовање коловозне конструкције се исказује укупним бројем стандардних осовина од 80кN. У анализи саобраћајног оптерећења не узимају се у обзир путничка возила због свог занемарљивог утицаја на оштећење коловозне конструкције. Због тога се анализа ради смо за возила чија је укупна маса већа од 5 t (комерцијална возила).

• Основна траса

Табела 5: Источна Обилазница Крушевца

Година	ПГДС	ПА	БУС	ЛТВ	СТВ	ТТВ	АВ
2022	4473	3607	100	59	148	101	458
2023	4652	3751	104	61	154	105	476
2024	4838	3901	108	64	160	109	495
2025	5032	4057	112	66	166	114	515
2026	5233	4220	117	69	173	118	536
2027	5442	4388	122	72	180	123	557
2028	5660	4564	127	75	187	128	580
2029	5886	4747	132	78	195	133	603
2030	6122	4936	137	81	203	138	627
2031	6366	5134	142	84	211	144	652
2032	6621	5339	148	87	219	150	678
2033	6886	5553	154	91	228	155	705
2034	7161	5775	160	94	237	162	733
2035	7448	6006	167	98	246	168	763
2036	7746	6246	173	102	256	175	793
2037	8056	6496	180	106	267	182	825
2038	8378	6756	187	111	277	189	858
2039	8713	7026	195	115	288	197	892
2040	9061	7307	203	120	300	205	928
2041	9424	7599	211	124	312	213	965

У складу са приказаним подацима саобраћајно оптерећење је:

- флексибилни коловоз прој. период од 20 година $ECO_{20год} = 11,723,144$ ст.ос. 80 kN

Овакво саобраћајно оптерећење спада у категорију **врло тешког саобраћајног оптерећења** (према стандарду SRPS U.C4.010). **Наведене вредност служе као основа за даљу анализу.**

5.7 Климатски и хидролошки услови

5.7.1 Меродавне температуре ваздуха и асфалтних слојева

За сагледавање климатских услова, искоришћени су подаци о средњим месечним температурама ваздуха града Крушевца и његове околине. Средње месечне температура ваздуха за метеоролошку станицу Крушевац за годишњи период од 1990-2019⁶ приказане су у наредној табели:

Табела 6: Средње месечна температуре ваздуха – Крушевац

Јан.	Феб.	Март	Апр.	Мај	Јун	Јул	Авг.	Сеп.	Окт.	Нов.	Дец.
0.5	2.7	7.2	12.2	16.8	20.7	22.4	22.2	17.2	12.0	7.0	1.8

Референтна годишња температура ваздуха одређена је по методи Shell лабораторије⁷ и износи:

- средња годишња температура ваздуха: $w-MAAT = 15.3^{\circ}C$

Референтна годишња температура асфалта (за дубину која одговара средини дебљине слоја), одређена је према упутству Института за асфалт⁸. Референтна годишња температура асфалтних слојева на различитим дубинама су:

Табела 7: Ефективна годишња температура асфалтних слојева

Дубина од површине коловозне конструкције	$T_{eff} (^{\circ}C)$
$z=2.5$ cm	21.5
$z=8.0 - 10.0$ cm	20.5
$z=12 - 15$ cm	20.2

Вредности меродавних температура за одређивање репрезентативних физичко-механичких карактеристика асфалтних мешавина су $T_{eff-AB} = 21.5^{\circ}C$ за **хабајући слој** и $T_{eff-BHC} = 20.5^{\circ}C$ за **битуменизирани носећи слој**.

⁶ Метереолошки годишњак, Климатолошки подаци 1990-2019, Република Србија-Републички хидрометеоролошки завод

⁷ Shell Pavement Design Manual, Shell International Petroleum Company Ltd, London, 1978.

⁸ Research and Development of the Asphalt Institute's Thickness Design Manual (MS-1) Ninth Edition, The Asphalt Institute, 1982.

5.7.2 Референтни индекс мраза

Подаци о дубини дејства мраза (индекса мраза) у природном тлу и коловозним конструкцијама преузети су из Студије о дејству мраза у тлу и коловозним конструкцијама путева у Србији⁹, и Публикације о вредностима индекса мраза за главне метеоролошке станице у Србији^{10 11}.

Подаци о индексу мраза усвојени су за најближу метеоролошку станицу (Крушевац). Како су подаци за Крушевац и околину, а предметна саобраћајница је ван утицаја града претпоставља се да је период дана са дневним температурама испод нуле нешто дужи, **усвојени (референтни) индекс мраза за 20-то годишњи пројектни период износи:**

$$IR=170^{\circ}C \times \text{дана}$$

⁹ Истраживање температурних промена и дубине дејства мраза у тлу и коловозним конструкцијама путева у Србији, зима 1991/1992 година, Грађевински факултет универзитета у Београду 1992.година

¹⁰ Вредности индекса мраза за главне метеоролошке станице у Србији у периоду 1992 - 2014 година, Михајловић, Н., Младеновић, Г. Пут и саобраћај, LXII/2016.

¹¹ Вриједности индекса мраза у Србији од 2014 - 2020. година, Маринковић, М., Матић, Б. Пут и саобраћај, III/2022.

6. ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ

Димензионисање решења флексибилне коловозне конструкције извршено је структурном анализом конструкције употребом аналитичког поступка у складу са методом Shell лабораторије¹², како би се установило да ли конструкција задовољава са аспекта замора меродавних слојева.

Полазне претпоставке су:

- Постељица (заменејена) је од природно шљунковито-песковитог агрегата 0/80mm дефинисаног квалитета (дебљине $d=30\text{cm}$). Пројектована (трајна) вредност носивости изражена преко еластичног модула хомогеног полупростора је $E=60\text{MPa}$.
- Дебљине асфалтних слојева установљене су технолошким дебљинама битуменских мешавина за хабајући и носећи слој.

6.1 Материјали и мешавине за израду нових слојева коловоза

За израду слојева флексибилне коловозне конструкције, сходно саобраћајном оптерећењу и стандардима SRPS EN 933-1 и SRPS EN 13285 могуће је применити следеће слојеве:

- Доњи носећи слој од невезаног дробљеног каменог агрегата 0/63 mm за пројектне дебљине слоја 20 - 30 cm
- Носећи слој од невезаног дробљеног каменог агрегата 0/31mm за пројектне дебљине слоја 12 - 25 cm
- Битуменска мешавина за носећи слој БНС 22сА за пројектне дебљине слоја 6 -10 cm
- Битуменска мешавина за хабајући слој АБ 11с за пројектне дебљине слоја 5 - 6 cm

6.1.1 Подлога од невезаног дробљеног каменог агрегата

Гранулометријски састав минералног каменог дробљеног материјала одређен је у складу са стандардом SRPS EN 933-1. Мешавина агрегата 0/63mm и 0/31mm треба да буде у складу са категоријом G_B , OC_{85} , UF_5 стандарда SRPS EN13285:2012. Поред гранулометријског састава, материјал мора задовољити још и следеће захтеве:

- Садржај дробљених зрна, одређен у складу са стандардом SRPS EN 933-5, мора задовољавати за категорију $C_{90/3}$ према тачки 4.5 стандарда SRPS EN13242:2010, што значи да мора имати преко 90% масе дробљених или ломљених зрна и највише 3% масе заобљених зрна
- Еквивалент песка за камени агрегат до 4mm (без корекције), одређен у складу са стандардом SRPS EN 933-8:2013, мора да износи најмање $SE_4 \geq 55\%$
- Коефицијент неравномерности $U = d_{60}/d_{10}$ мора да износи између 15 и 50
- Носивост, изражена преко лабораторијског CBR-а, треба да износи најмање 80% при степену збијености од 95% према модификованом Прокторовом опиту
- Коефицијент отпорности агрегата на дробљење одређен поступак Лос Ангелес (према SRPS EN 1097-2) сме да износи највише 35 % ($LA \leq 35$)

Модул еластичности/повратни модул E_i горње подлоге од невезаног каменог материјала је функција врсте каменог материјала, дебљине слоја H_i и модула еластичности доње подлоге (постељице) E_{i+1} :

$$E_i = 0.20 \cdot H_i^{0.45} \cdot E_0 \text{ и } 2 < E_i / E_{i+1} < 4, \text{ Поасонов коефицијент } \nu=0.40$$

¹² Shell Pavement Design Manual, Shell International Petroleum Company Ltd, London, 1978.

6.1.2 Носећи и хабајући слојеви од асфалтних мешавина

Модули еластичности за нове асфалтне слојеве од класичних мешавина дефинисани су за просечни састав асфалтне мешавине дефинисан стандардима, као и досадашњом инжењерском праксом а у складу са методом Shell лабораторије за усвојену меродавну температуру од $T_{\text{eff-AB}}=21.5^{\circ}\text{C}$ за хабајући слој и $T_{\text{eff-БНС}}=20.5^{\circ}\text{C}$ за битуменизирани носећи слој, при брзини кретања од 50km/h. Прорачун модула еластичности извршен је помоћу програма BANDS 2.0.

Сходно SRPS U.E9.021 и SRPS U.E4.014 за битуменизирани носећи слој потребно је користити путни битумен В 50/70 (у складу са SRPS EN 12591) , а за битуменизирани везни и хабајући слој потребно је користити полимер-модификовани битумен РmВ 45/80-65 (у складу са SRPS EN 14023).

Модули асфалтне мешавине АБ 11с и БНС 22сА са полимер битуменом нису производ прорачуна, већ су приказане вредности модула добијене на основу резултата лабораторијских испитивања и изведене из вредности асфалтне мешавине АБ 11с односно БНС 22сА. Минералне мешавине са полимеризованим везивом имају за 10-20% мањи модул од мешавина са битуменским везивом.

Вредности модула еластичности-крутости пројектованих асфалтних мешавина су приказане у следећој табели.

Табела 8: Модули еластичности асфалтних мешавина

Мешавина	Битумен	Запреминско учешће компоненти у асфалтној мешавини	Модул крутости мешавине ($t=0,02\text{s}$)	
			$T_{\text{eff}}=21.5^{\circ}\text{C}$	$T_{\text{eff}}=20.5^{\circ}\text{C}$
АБ 11с	РmВ 45/80-65	$V_b=12.7\%$ $V_a=82.8\%$ $V_v=4.5\%$	3500 MPa	-
БНС 22сА		$V_b=9.0\%$ $V_a=84.7\%$ $V_v=6.3\%$	-	5000 MPa
БНС 22сА	В 50/70		-	5900 MPa

Поасонов коефицијент $\nu=0.35$

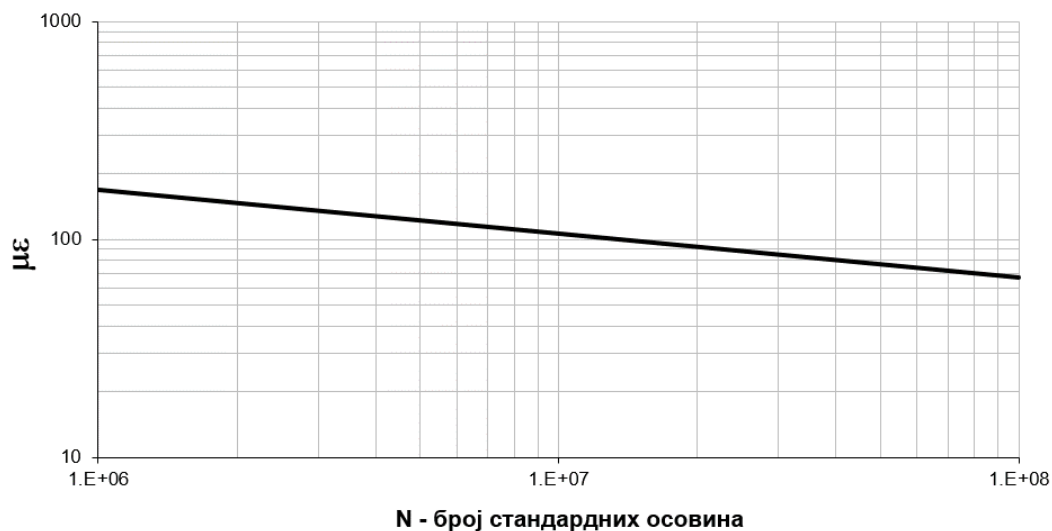
6.2 Прорачун дозвољене деформације материјала меродавних слојева на дејство поновљеног оптерећења

6.2.1 Носећи слој од битуменизираног агрегата

За носећи слој од битуменизираног агрегата (БНС) коришћен је закон замора по решењу SHELL лабораторије следеће параметре мешавине БНС 22сА и експлоатационе услове саобраћајног оптерећења:

- Модул меродавног слоја $E = 5900 \text{ MPa}$
- Запреминско учешће битумена у мешавини $V_b = 9.0\%$
- Меродавно саобраћајно оптерећење

Дијаграм замора (Shell) - у слоју БНС 22сА



Слика 1: Дијаграм замора БНС-а слоја према Shell-у

6.3 Дефинисање прелиминарних варијантних решења новог коловоза

На основу урађених анализа дато је прелиминарно решење новог коловоза ДП IV реда бр. 38, на деоници Источне обилазнице Крушевца, од km 6+493 до km 8+417, и то:

• Нова флексибилна коловозна конструкција

Припремни радови

- уклањање површинског слоја терена (хумуса) d = 50 cm
- припрема (збијањем) подтла ($S_z=100\%$, $M_s \geq 30 \text{ MPa}$)
- израда насипа од некохерентног каменитог мешаног материјала
- израда постељице од шљунковито-песковитог агрегата ($E_{v2} \geq 70 \text{ MPa}$) $d_{\min}=30 \text{ cm}$

Израда нових слојева коловозне конструкције

- слој од невезаног каменог агрегата 0/63mm d = 25 cm
- слој од невезаног каменог агрегата 0/31mm d = 20 cm
- слој од БНС 22сА (В 50/70) d = 7 cm
- слој од БНС 22сА (PmB 45/80-65) d = 6 cm
- хабајући слој од АБ11с (PmB 45/80-65) d = 5 cm

7. АНАЛИЗА ПОНАШАЊА КОНСТРУКЦИЈЕ У ЕКСПЛОАТАЦИЈИ

За претпостављено решење извршена је напонско деформацијска анализа помоћу програма "BISAR-Shell". Основни критеријум за димензионисање је хоризонтална дилатација затезање у доњем влакну битуменом везаних слојева ($\varepsilon_{\text{бнс}}$). Прекорачење $\varepsilon_{\text{бнс}}$ изазива пукотине у битуменом везаним слојевима. Нови асфалтни слојеви су параметризовани у складу са карактеристикама приказаним у тачки 7.1.3. Нова коловозна конструкција параметризована је у складу са карактеристикама приказаним у тачки 6.5.2. и 7.1.1. а у складу са прелиминарним решењима датим у тачки 7.3. Параметри вишеслојног еластичног система су следећи:

Табела 9: Параметри вишеслојног еластичног система

Нова флексибилна коловозна конструкција			
d (cm)	Слој	E(MPa)	ν
5	АБ 11с	3500	0.35
6	БНС 22сА	5000	0.35
7	БНС 22сА	5900	0.35
20	Невезани дробљени камени агрегат 0/31mm	350	0.40
25	Невезани дробљени камени агрегат 0/63mm	150	0.40
	Постељица од песковитог шљунка	60	0.40

Прорачун је извршен за оптерећење од стандардне осовине од 80 kN које се преноси у 4 тачке, у складу са карактеристикама оптерећења стандардне осовине (два тачка са оптерећењем од 20 kN сваки). Резултат прорачуна приказан је на слици:

Alize-Lcpc - Design of pavement structures
according to the French Lcpc-Setra rational method

Description of the calculation

- data Structure : direct input, no name
- title of the study Obilaznica Krusevca_Fleksibilni kolovoz sa asfaltnim zastorom
- load data :
 - special dual-wheel (not the French standard one), weight 039.998 kN
 - vertical pressure : 0.5774 MPa
 - contact radius : 0.1050 m
 - dual-wheel spacing: 0.3150 m

units: m, MN and MPa; strains in μ strain; deflection in mm/100

Table 1 (synthesis):

**major main traction stresses in the horizontal plane XoY and
major main compression stresses along the vertical ZZ axis; maximal deflection**

	level comput.	EpsilonT horizontal	SigmaT horizontal	EpsilonZ vertical	SigmaZ vertical
----- surface (z=0.000) -----					
th= 0.050 m	0.000m	53.0	0.390	-3.9	0.575
Yg= 3500.0 MPa					
nu= 0.350	0.050m	22.7	0.287	60.0	0.516
----- bonded (z=0.050m) -----					
th= 0.060 m	0.050m	22.7	0.401	32.4	0.516
Yg= 5000.0 MPa					
nu= 0.350	0.110m	-19.5	-0.028	52.4	0.274
----- bonded (z=0.110m) -----					
th= 0.070 m	0.110m	-19.5	-0.041	47.2	0.274
Yg= 5900.0 MPa					
nu= 0.350	0.180m	-99.2	-0.771	95.4	0.071
----- bonded (z=0.180m) -----					
th= 0.200 m	0.180m	-99.2	-0.005	203.4	0.071
Yg= 350.0 MPa					
nu= 0.400	0.380m	-108.0	-0.041	168.2	0.028
----- bonded (z=0.380m) -----					
th= 0.250 m	0.380m	-108.0	-0.007	218.3	0.028
Yg= 150.0 MPa					
nu= 0.400	0.630m	-98.3	-0.015	168.0	0.014
----- bonded (z=0.630m) -----					
th. infinite	0.630m	-98.3	-0.001	231.4	0.014
Yg= 60.0 MPa					
nu= 0.400					

Maximal deflection =35.1 mm/100 (dual-wheel center)
Curvature radius =554.7 m (dual-wheel center)

Слика 2: Прорачун напона и дилатација - оптерећење ст.осовине од 80kN

Прорачуном напона и дилатација утврђена је хоризонтална дилатација затезања савијањем у доњем влакну битуменом везаних слојева (БНС 22сА). Дилатација затезања на дну асфалтног носећег слоја под утицајем половине стандардне осовине од 80 kN износи $\epsilon_{xx}=99.2\mu\text{strain}$, што одговара за 14.1×10^6 прелаза стандардних осовина од 80 kN, за ниво поузданости од 95% (рачунска трајност 23 године).

Из претходног следи да, имајући у виду пројектовано саобраћајно оптерећење од 11.7×10^6 стандардних осовина од 80 kN (20-то годишњи пројектни период), пројектована коловозна конструкција основне трасе пута задовољава у погледу трајности (коректно димензионисана).

8. АНАЛИЗА КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ СА АСПЕКТА ДУБИНЕ ПРОДИРАЊА МРАЗА

8.1 Методолошки поступак за оцену утицаја мраза на коловозну конструкцију

Утицај мраза не сме утицати на смањење пројектног века коловозне конструкције, било да се ради о оштећењу коловоне конструкције директно као последица стварања ледених сочива или као последица смањења носивости постељице које је изазвано крављењем коловоза у пролетном периоду. Због тога се прорачун утицаја мраза на основној траси спроводи методом развијеном од стране француског истраживачког центра "LCPC-GEL1D".

Ова метода заснива се на међусобном поређењу референтне вредности атмосферског индекса мраза IR и атмосферског индекса мраза које пројектована конструкција може без оштећења поднети IA . Овај индекс срачунат је у функцији осетљивости примењених материјала у постељици, термичке заштите коју обезбеђују слојеви коловозне конструкције и њеног механичког понашања.

Закључак о осетљивости конструкције на мраз доноси се провером услова да је:

$$IA > IR$$

Прорачун дозвољеног индекса IA заснива се на познавању следећих параметара:

- Термичка заштита постељице и тла, дефинисана као количина мраза Q_{ng} коју обезбеђују слојеви коловозне конструкције неосетљиви на мраз
- Количина мраза Q_g којој се дозвољава преношење у слојеве постељице, уз услов прихватања бубрења од 5 mm
- Количина мраза Q_m добијена из анализе механичког понашања коловозне конструкције срачунатог за услов ограничног оштећења конструкције у периоду крављења, односно продора одређене количине мраза у постељицу.

Збир ове три вредности дефинише дозвољену количину мраза на нивоу постељице Q_{PF} :

$$Q_{PF} = Q_{ng} + Q_g + Q_m$$

- Прорачун термичке заштите постељице од коловозне конструкције (помоћу програма Alize GEL) даје индекс мраза на површини коловоза IS
- Прорачун атмосферског (дозвољеног) индекса мраза $IA = f(IS)$.

8.2 Провера пројектоване коловозне конструкције на мраз

Сходно пројектном решењу коловозне конструкције датим у тачки 7. овог пројекта извршена је провера пројектоване коловозне конструкција на мраз (подтло од прашинасте глине, високе осетљивости на мраз). Потребни термички коефицијенти и параметри за проверу коловозне конструкције на штетно дејство мраза (за случај SG_T) приказани су у табели.

Табела 10: Термичке карактеристике материјала у коловозној конструкцији и постељици

Материјал	H (cm)	ρ (kg/m ³)	W (%)	λ _{ng} (w/m.°C)	λ _g (w/m.°C)	ai	bi
						(°C.dan) ^{1/2} /cm	
Асф. хабајући слој	5	2350	1	2.00	2.10	0.008	0.06
Бит. носећи слој	13	2350	1	1.90	1.90	0.008	0.06
Дробљени камен	45	2200	4	1.80	2.00	0.008	0.10
Песковити шљунак	30	1850	4	1.80	2.00	0.008	0.10
Постељица: Прашинаста глина		1300	32	1.1	1.80	-	-

Количина мраза Q_g за слој прашинасте глине високо осетљиве на мраз (за усвојену вредност нагиба криве p_{SG}=0.4 mm/(°Cхчас)^{1/2}) износи:

$$Q_g = 2.5 (°Cхдан)^{1/2}$$

Количина мраза Q_m добијена анализом механичког понашања коловозне конструкције за услов ограниченог оштећења конструкције и дебљине везаних слојева h_n≤20cm износи:

$$Q_m = 0 (°Cхдан)^{1/2}$$

Дозвољена количина мраза на нивоу постељице Q_{PF} износи:

$$Q_{PF} = Q_g + Q_m = 2.5 (°Cхдан)^{1/2}$$

Сходно пројектном решењу коловозне конструкције и приказаним термичким карактеристикама за усвојене материјале добијамо индекс мраза на површини коловоза IS.

$$IS = 12.86 (°Cхдан)^{1/2}$$

па вредност атмосферског индекса мраза IA срачуната помоћу програма Alize-GEL износи:

$$IA = 249 (°Cхдан) > IR = 170 (°Cхдан)$$

Из претходног следи да, пројектована флексибилна коловозна конструкција за срачунате утицаје, није осетљива на дејство мраза (коректно димензионисана).

9. ПРОЈЕКТНО РЕШЕЊЕ

На основу урађених анализа дато је пројектно решења нове флексибилне коловозне конструкције ДП IV реда бр. 38, на деоници Источне обилазнице Крушевца, од km 6+493 до km 8+417, и то:

Припремни радови

- уклањање површинског слоја терена (хумуса) $d = 50 \text{ cm}$
- припрема (збијањем) подтла од локалног кохерентног материјала ($W_L \leq 50\%$, $I_p \leq 20\%$, бубрење $< 3\%$, $S_z = 100\%$, $M_s \geq 30 \text{ MPa}$)
- израда насипа од некохерентног каменитог мешаног материјала 0/150 mm ($E_{V2} \geq 60 \text{ MPa}$, $E_{V2}/E_{V1} \leq 2.5$)
- израда замењене постелнице од природно шљунковито-песковитог агрегата 0/80 mm ($E_{V2} \geq 70 \text{ MPa}$, $E_{V2}/E_{V1} \leq 2.5$) $d_{\min} = 30 \text{ cm}$

Израда нових слојева коловозне конструкције

- слој од незезаног каменог агрегата 0/63mm ($E_{V2} \geq 130 \text{ MPa}$, $E_{V2}/E_{V1} \leq 2.4$) $d = 25 \text{ cm}$
- слој од незезаног каменог агрегата 0/31mm ($E_{V2} \geq 180 \text{ MPa}$, $E_{V2}/E_{V1} \leq 2.3$) $d = 20 \text{ cm}$
- слој од БНС 22сА (В 50/70)¹³ $d = 7 \text{ cm}$
- слој од БНС 22сА (РтВ 45/80-65)¹³ $d = 6 \text{ cm}$
- хабајући слој од АБ11с (РтВ 45/80-65)^{15, 14} $d = 5 \text{ cm}$

ОДГОВОРНИ ПРОЈЕКАНТ



¹³ Пројектним решењем је предвиђена примена класичног битумена у носећем слоју (В 50/70), односно полимер модификованог битумена (РтВ 45/80-65) у везном носећем слоју (обзиром да је везни слој у зони највећих смичућих напона примена обичног битумена узроковала би појаву трајних деформација-колотрага) и хабајућем слоју како би повећали његову стабилност (отпорност на деформације под оптерећењем) и трајност (отпорност на климатске утицаје и дејство тешког саобраћајног оптерећења).

¹⁴ Хабајући слој израђује се од асфалт бетона АБ 11с (РтВ 45/80-65) са каменим агрегатом еруптивног порекла.

2/2.2.6. ПРИЛОЗИ



*Elaborat o geotehničkim uslovima izgradnje istočne obilaznice Kruševca, državni put IB 38,
od mosta preko reke Rasine do petlje Kruševac istok, od km 6+493,00 do km 8+417,38*

TABELARNI PRIKAZ REZULTATA LABORATORIJSKIH ISPITIVANJA																														
Oznaka		Dubina	γ	γ_d	w	G _s	e	S _r	w _l	w _p	I _p	I _c	Frakcija (mm)				Org.mat	Proktor		Kalif. ind.nos	Modul stišljivosti M _v				ϕ'	c'	Gr.ind.	USCS		
uzorka	istržne buš.												<0.002	0.002-0.06	0,06-2,00	> 2.00		O	γ_{dmax}		w _{opt}	CBR	0-50	50-100					100-200	200-400
		m	kN/m ³		%	-		%	%			-	%				%	%,	%	%	MPa				0	kPa				
n _s																														
BGT 076/22	IB-9	0,5-1,0			4,7				Materijal je neplastičan				6,6		22,2	71,2	0,5	2,149	4,8	89,0							0	GM		
g ¹ _{al}																														
BGT 086/22	IB-1	0,5-1,5	20,8	17,6	17,7	2,624	0,488	95	37,5	16,9	20,6	0,96	14,2	72,6	13,0	0,2	3,7	1,722	17,2	5,1							12	ML		
BGT 088/22	IB-2	1,0-2,0	21,0	17,5	19,7	2,632	0,503	103	34,4	22,4	12	1,22	6,3	65,4	25,5	2,8	3,3	1,682	18	3,5			5,7	3,9	5,0	6,2	20	17	9	CL
BGT 078/22	IB-3	3,3-3,9	18,9	15,6	21,1	2,606	0,672	82	73,6	30,6	43	1,22	30,1	63,1	6,8	0,0	7,5							bubri	13,5	10,2	20	23	20	CH
BGT 082/22	IB-4	4,0-4,7	22,0	17,7	24,2	2,637	0,488	131	34,8	21,5	13,3	0,790	6,4	68,8	24,8	0,0	3,3						2,9	4,1	6,1	8,4	22	19	9	ML
BGT 089/22	IB-6	2,4-2,6	20,3	16,5	22,5	2,603	0,574	102	30,8	18,9	11,8	0,74	19,5	66,4	14,1	0,0	4,1						6,1	7,6	7,8	8,4	18	25	9	CL
BGT 092/22	IB-7	0,5-1,5	19,7	16,4	20,0	2,621	0,597	88	47,9	25,3	22,6	1,240	17	74	10	0,0	5,6	1,616	17,1	2,7									15	CL
BGT 085/22	IB-8	0,5-1,0	19,7	16,6	18,6	2,610	0,569	85	31,8	16,3	15,5	0,850	18	50	30	1,9	4,1	1,748	17,3	4,4									10	ML
al																														
BGT 087/22	IB-1	3,5-4,5			8,1	-			Materijal je neplastičan				13,6		16,5	69,9	0,7											0	GM	
BGT 079/22	IB-3	6,5-7,0			25,2	2,650			Materijal je neplastičan				4,6	62,1	32,3	1,0	0,9											7	SM	
BGT 083/22	IB-4	8,0-8,5			9,5	2,678			Materijal je neplastičan				15,8		30,5	53,7	0,7											0	GM	
BGT 090/22	IB-6	5,5-6,0			11,0	-			Materijal je neplastičan				5,6		38,7	55,7	1,0											0	GM	
BGT 075/22	IB-8	3,0-3,5			9,2	-			Materijal je neplastičan				4,2		27,6	68,2	0,1											0	GR	
BGT 077/22	IB-9	3,5-4,5			20,6	2,623			Materijal je neplastičan				15,2		83,3	1,5	1,3											0	SM	

Rezultati se odnose na ispitane uzorke. Nije dozvoljeno umnožavanje delova izveštaja.



*Elaborat o geotehničkim uslovima izgradnje istočne obilaznice Kruševca, državni put IB 38,
od mosta preko reke Rasine do petlje Kruševac istok, od km 6+493,00 do km 8+417,38*

TABELARNI PRIKAZ REZULTATA LABORATORIJSKIH ISPITIVANJA																															
Oznaka		Dubina	γ	γ_d	w	G_s	e	S_r	w_l	w_p	I_p	I_c	Frakcija (mm)				Org.mat	Proktor		Kalif. ind.nos	Modul stišljivosti M_v				ϕ'	c'	Gr.ind.	USCS			
uzorka	istržne buš.												<0.002	0.002-0.06	0.06-2.00	> 2.00		O	γ_{dmax}		w_{opt}	CBR	0-50	50-100					100-200	200-400	GI
													m	kN/m ³	%	-		%	%		-	%	%,	%					%	MPa	0
M ₃ ¹																															
BGT 080/22	IB-3	11,5-12,0			21,1	2,645			Materijal je neplastičan				5,3	40,0	54,7	0,0	2,2					4,0	4,3	6,2	11,2	19	20	3	SM		
BGT 081/22	IB-3	15,3-15,6	21,2	17,8	19,6	2,656	0,496	105	36,8	18,6	18,1	0,95	7,2	70,5	21,3	1,0	4,1						15,4	11,7	12,2	19	48	11	ML		
BGT 084/22	IB-4	9,0-9,8	20,0	16,3	23,1	2,618	0,608	99	41,2	21,8	19,4	0,93	13,5	62,5	23,8	0,2	4,6						bubri	46,9	44	22	46	12	CL		
BGT 071/22	IB-5	7,0-7,7			7,8	2,650			Materijal je neplastičan				13,6		37,8		48,6	0,2										0	GM		
BGT 072/22	IB-5	13,5-14,0			17,3	2,642			Materijal je neplastičan				20,5		78,8		0,7	0,8										0	SM		
M _{2,3}																															
BGT 073/22	IB-5	16,2-16,6			21,0	2,627			Materijal je neplastičan				24,3		75,7		0,0	1										0	SM		
BGT 074/22	IB-5	19,3-19,7	20,4	17,2	18,8	2,677	0,560	90	37,8	19	18,8	1,01	10,3	58,8	30,9	0,0	3,7						19,3	22,9	23,2	20	44	12	CL		
BGT 091/22	IB-6	16,0-16,5	20,2	16,9	20,0	2,629	0,560	94	47,9	27,5	20,4	1,37	7,6	63,4	29,0	0,0	3,8						28,2	26,1	21,6	26	43	13	CL		

Rezultati se odnose na ispitane uzorke. Nije dozvoljeno umnožavanje delova izveštaja.