

**ОДРЕЂИВАЊЕ ПРЕТХОДНЕ АСФАЛТНЕ МЕШАВИНЕ НА ДЕОНИЦИ ДРЖАВНОГ ПУТА ПА 137, КРУПАЊ – ГРАЧАНИЦА КМ 83+200 – 87+680 (L=4,480m)****DETERMINING PREVIOUS ASPHALT MIXTURES IN THE STATE ROAD ПА 137, KRUPANJ – GRACANICA КМ 83+200 – 87+680 (L=4,480m)**

Ђорђе Мићић, Факултет техничких наука, Нови Сад

**Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО**

**Кратак садржај** – Свака асфалтна мешавина која се уграђује у коловозне конструкције мора да испуњава све услове прописане важећим СРПС стандардима и одређује се пре уградње у специјализованим лабораторијама за испитивање асфалта. У раду је дат приказ испитивања асфалт бетона АБ11с и битуменизованог носећег слоја БНС22с(А).

**Кључне речи:** асфалт бетон, битуменизовани носећи слој, претходне мешавине.

**Abstract** - Every asphalt mixture that is installed in pavement structures must meet all the conditions prescribed by the applicable SRPS standards and is determined before installation in specialized laboratories for testing asphalt. The paper presents a test of asphalt concrete AB 11s and bituminous carrier layer BNS22s(A).

**Keywords:** Asphalt concrete, bituminous carrier layer, previous mixtures.

**1. УВОД**

Савремене флексибилне коловозне конструкције су вишеслојне конструкције које се састоје од слојева битуменом везаних материјала – асфалтног застора и носећих слојева. Носећи слојеви се састоје од невезаног зрнастог материјала, везаног зрнастог каменог материјала погодном врстом везива или од комбинације ових материјала. Поједини од ових материјала су произведени и уграђени савременим техничко - технолошким поступцима.

Састав, дебљина и распоред слојева за поједине типове флексибилних коловозних конструкција зависе највише од саобраћајног оптерећења, својстава тла и климатско – хидролошких услова.

Зависно од примене и комбинације одређених врста материјала и њиховог квалитета, састав флексибилних коловозних конструкција се у принципу разликује према врсти подлоге испод битуменом везаних материјала у застору.

Велика већина савремених путева (преко 90%) су од флексибилних коловозних конструкција са битуменом као основним везивом материјала у застору у горњој подлози.

**НАПОМЕНА:**

Овај рад је проистекао из мастер рада чији је ментор био доц. др Милош Шешлија.

**2. ПРЕТХОДНА ИСПИТИВАЊА**

Пре почетка радова извођач је обавезан да преда надзорном органу на сагласност у овлашћеној лабораторији израђен пројекат претходног састава асфалтне мешавине. Овај пројекат мора да буде у складу са овим техничким условима и сагласан са пројектом коловозне конструкције.

Производња и уградња асфалтне мешавине не сме почети док Извођач не достави претходну мешавину на сагласност пројектанту коловозне конструкције и надзорном органу.

Основни услови који се морају поштовати у изради претходне мешавине су:

- применити материјале истог или бољег квалитета него што је дато у пројекту коловозне конструкције
- остварити што приближнији гранулометријски састав пројектованом гранулометријском саставу минералне мешавине, (циљна линија гранулометријског састава) и захтевима одговарајућих СРПС-а
- остварити одговарајуће вредности физичко-механичких карактеристика мешавине према пројектним захтевима пројекта.

Пре почетка радова мора да се изради пробна деоница. Пробна деоница служи као доказ да се са радном мешавином, уз одговарајућу технологију уграђивања, може израдити асфалтни слој квалитета утврђеног пројектом. Радни састав асфалтне мешавине даје се у облику писаног извештаја [1].

**3. САСТАВИ АСФАЛТНИХ МЕШАВИНА**

Асфалтна мешавина је мешавина минералног агрегата дефинисане гранулације и битумена, при чему су сва зрна агрегата обавијена битуменом. Претежно се праве по врућем поступку. Реч асфалт у нашој терминологији је настала од енглеске речи asphalt, што значи битумен. Асфалтне мешавине настају од:

- Каменог брашна и пунила
- Песка
- Камене ситнежи
- Везива

**3.1 Камено брашно**

Камено брашно добија се млевењем претежно карбонатних стена (кречњак и доломит). Камено брашно може се добити и у уређајима за отпашивање сепарација и асфалтних постројења, као производа, нуспроизвод или отпадни материјал у разним индустријским

постројењима. Услови квалитета за камено брашно прописано је стандардом SRPS B.B3.045:1982 [2]. У стандарду за камен брашно дата су само три услова квалитета: гранулација, индекс пластичности (чистоћа) и индекс отврдњавања битумена. Према гранулометријском саставу камено брашно се дели на I и II класу квалитета.

### 3.2 Песак

Песак је минерални агрегат величине зрна од 0,09 до 2,0 mm. Може бити природни (речни и мајдански) и дробљени. Песак за асфалтне мешавине добија се на два начина:

- Природни песак из природних налазишта
- Дробљени песак који се добија дробљењем камена.

Услови квалитета за песак дефинисани су у стандардима SRPS U.E4.014:1990 [3] (асфалт бетон) и SRPS U.E9.021:1986 [4] (битуминизирани агрегат) веома детаљно тако да се могу сматрати општеважећим и за све друге асфалтне мешавине.

### 3.3 Камена ситнеж



Слика 1. Ситнозрни дробљени агрегат

Камена ситнеж је дробљени камени агрегат (Слика 1) величине зрна од 2 до 63 mm, а добија се дробљењем каменог материјала од стенске масе, дробине или природног каменог материјала (шљунка). Под дробином се подразумева природни уситњена стенска маса са зрном угластог облика, која се експлоатише из природних налазишта. Природни камени агрегат је шљунак величине зрна од 2 до 63 mm, заобљеног облика. Кад се шљунак предробљава минимум 90% зрна мора имати најмање 50% ломљене површине. Потпуно недробљених зрна природног каменог агрегата сме бити у функцији највише 2%.

### 3.4 Везиво

У флексибилним коловозним конструкцијама као везивно средство најчешће се користи битумен. Битумен је тешки остатак прерађен после фракционе дестилације сирове нафте.

Сем у сировој нафти битумен се налази и у природним асфалтима. То није чист битумен већ мешавина минералног материјала са већим или мањим садржајем битумена. По налазишту се дели на језерски и стенски природни асфалт. Највеће налазиште језерског асфалта је на острву Тринидад, где садржај битумена износи од 53 до 55%. Природни стенски асфалт је обично зрнасти материјал или шкриљац од кречњака или пешчара са садржајем битумена од 4 до 18%.

Битумен се класификује на врсте према вредностима пенетрације на 25°C, а означавају се знаком која се састоји из скраћенице „БИТ“ и називе пенетрације. Путни битумен се код нас израђује у 7 врста и то: БИТ 200, БИТ 130, БИТ 90, БИТ 60, БИТ 45, БИТ 25 и БИТ 15.

Комплетно испитивање битумена се врши по стандарду SRPS U.M3.010:1975 [5], односно обухвата одређивање тринаест карактеристика приказаних на слици 2.

Карактеристике битумена	Метода испитивања SRPS	Врсте битумена према SRPS U.M3.010						
		БИТ 200	БИТ 130	БИТ 90	БИТ 60	БИТ 45	БИТ 25	БИТ 15
1. Пенетрација на 25°C	V.H.612	160-210	120-150	80-100	50-70	35-50	20-30	10-20
2. Тачка размекшавања по ПК [°C]	V.H.613	37-43	41-46	45-51	49-55	54-60	59-66	66-7
3. Индекс пенетрације, ИП најмање	V.H.614	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
4. Дуктилитет на 25°C [cm]	V.H.615	100	100	100	100	50	15	5
5. Тачка лома по Frooss-y [°C]	V.H.616	-15	-13	-11	-8	-6	-3	+1
6. Парафински број [%]	V.H.605	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
7. Нерастворливи састојци у СС <sub>2</sub> [%]	V.H.617	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
8. Релативна густина на 25°C/25°C	V.H.618	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
9. Губитак масе после 5 сати загревања на 163°C [%]	V.H.619	1,0	0,8	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5
10. Смањење пенетрације после загревања [%]	V.H.612	40	40	40	40	35	35	30
11. Тачка лома по -y после загревања [°C]	V.H.616	-12	-10	-8	-6	-4	-1	+3
12. Динамички вискозитет на 60°C [Pa]	V.H.620	одређује се						
13. Кинематичка вискозитет на 135°C [mm <sup>2</sup> /s]	V.H.621	одређује се						

Слика 2. Спецификација битумена за коловозе

## 4. ПРОЈЕКТОВАЊЕ МИНЕРАЛНЕ МЕШАВИНЕ

Стандардне методе пројектовања односе се асфалтне мешавине са максималном величином зрна агрегата до 25mm за асфалтне бетоне, односно до 31.5 mm за битуменизиране материјале.

Добро пројектована асфалтна мешавина мора поседовати следећа својства:

- стабилност (отпорност на деформације под оптерећењем)
- трајност (отпорност на климатске утицаје и дејство саобраћаја у току времена)
- флексибилност (отпорност на замор под дејством саобраћајног оптерећења и ниских температура)
- храпавост површине асфалта (отпорност на клизање)
- водонепропустљивост (отпорност на продирање воде у коловозну конструкцију) и
- уградљивост (лакоћа уграђивања и збијања).

Пројектовање асфалтне мешавине, као и сваког инжењерског материјала, углавном је ствар селекције и пропорције мешања каменог материјала и битумена да би се добио тражени квалитет и својства у изведеној конструкцији у складу са спецификацијама, водећи рачуна о цени коштања асфалтне мешавине. Основни принцип код пројектовања асфалтне мешавине је обезбеђење компромиса између трајности и стабилности, што се постиже одређивањем оптималне количине битумена и каменог агрегата у мешавини.

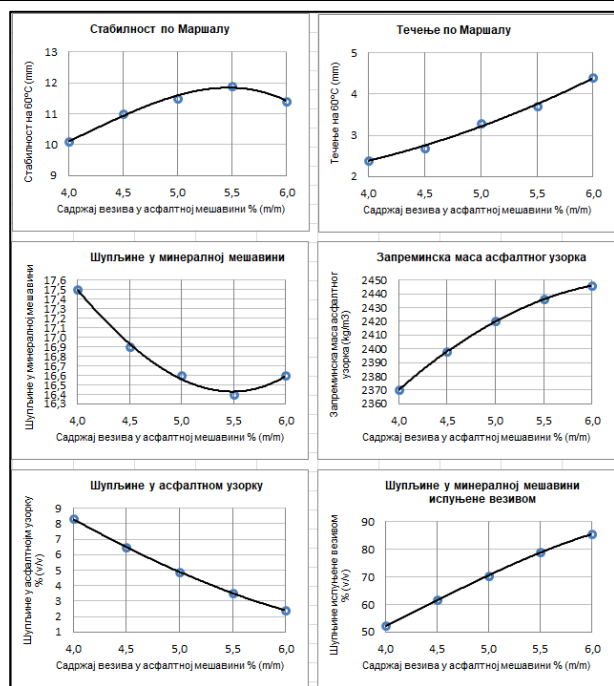
## 5. ПРОЈЕКТОВАЊЕ ПРЕТХОДНИХ САСТАВА АСФАЛТНЕ И БИТУМЕНИЗИРАНЕ МЕШАВИНЕ

### 5.1 Одређивање претходног састава асфалтне мешавине АБ 11с

На основу резултата лабораторијских испитивања компоненталних материјала (дробљеног каменог агрегата, каменог брашна (филера) и битумена) претходне асфалтне мешавине, извршено је испитивање физичко-механичких карактеристика асфалтне мешавине према SRPS U.M8.090:1966 [6], на стандардном Marshall-овом набијачу са 2x50 удараца на температури 150±3°C, са следећим садржајима везива: 4,0%; 4,5%; 5,0%; 5,5% и 6,0%. Резултати су дати у табели 1 и графички приказани на слици 3.

Табела 1. Физичко-механичке карактеристике асфалтних мешавина са различитим садржајем везива

Физичко-механичке карактеристике асфалтних мешавина	Садржај везива у асфалтној мешавини [%]					Критеријуми према SRPS U.E4.014:199
	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	
Стабилност по Маршалу на 60°C [kN]	10,1	11,0	11,5	11,9	11,4	min 8,0
Течење по Маршалу на 60°C [mm]	2,4	2,7	3,3	3,7	4,4	-
Однос стабилности и течења (укоченост) на 60°C [kN/mm]	4,2	4,1	3,5	3,2	2,6	min 2,0
Шупљине у асфалтном узорку [%]	8,3	6,5	4,9	3,5	2,4	4,0-5,0
Шупљине у минералној мешавини испуњене везивом [%]	52,3	61,7	70,4	78,9	85,4	70-83
Шупљине у минералној мешавини [%]	17,5	16,9	16,6	16,4	16,6	-
Запреминска маса асфалтног узорка [kg/m <sup>3</sup> ]	2370	2398	2420	2436	2446	-
Привидна запреминска маса асфалтне мешавине [kg/m <sup>3</sup> ]	2584	2564	2544	2525	2508	-



Слика 3. Приказ односа садржаја битумена са густином, укупним шупљинама, течењем, стабилности и шупљинама испуњеним везивима

Одређивање оптималног садржаја везива ВП 60 изведено је по Marshall-овој методи у складу са стандардом SRPS U.M8.090:1966 [6]. На основу анализе физичко-механичких карактеристика асфалтне мешавине са различитим садржајима везива, усвојен је оптималан садржај везива битумена који износи 5,1%. Усвојене вредности претходне асфалтне мешавине са оптималним садржајем везива, приказане су у табели 2.

Након усвојене мешавине урађено је испитивање физичко-механичких својстава претходне асфалтне мешавине према SRPS U.M8.090:1966 [6], на стандардном Marshall-овом набијачу са 2x50 удараца на температури од 150±3°C.

Табела 2. Усвојени састав претходне асфалтне мешавине са оптималним садржајем везива

Компонентални материјали		Порекло / Произвођач	Садржај [%]
1.	Камено брашно	Про-Калк – Доње Црниљево	2,8
2.	Дробљени песак 0/4 mm	Подбукови – Ваљево	51,3
3.	Дробљени камени агрегат 4/8 mm	Каменолом „Каона“	21,8
4.	Дробљени камени агрегат 8/11 mm	Каменолом „Каона“	19,0
5.	ВП 60	Каменолом „Каона“	5,1
<b>укупно:</b>			<b>100,0</b>

Физичко-механичке карактеристике Marshall-овог узорка усвојене претходне асфалтне мешавине приказани су у табели 3.

Табела 3. Физичко-механичке карактеристике усвојене асфалтне мешавине са оптималним садржајем везива

Физичко-механичке карактеристике асфалтне мешавине	Претходна асфалтна мешавина АБ 11с	Критеријуми према SRPS U.E4.014
Стабилност на 60°C [kN] SRPS U.M8.090:66	11,7	min 8,0
Течење на 60°C [mm] SRPS U.M8.090:66	3,3	-
Однос стабилности и течења (укоченост) на 60°C [kN/mm] SRPS U.M8.090:66	3,5	min 2,5
Шупљине у асфалтном узорку [%] SRPS U.E4.014:90	4,6	4,0-5,0
Шупљине у минералној мешавини испуњене везивом [%] SRPS U.E4.014:90	72,3	70-83
Шупљине у минералној мешавини [%] SRPS U.E4.014:90	16,5	-
Запреминска маса асфалтног узорка [kg/m <sup>3</sup> ] SRPS U.M8.092:66	2424	-
Привидна запреминска маса асфалтне мешавине [kg/m <sup>3</sup> ] SRPS U.M8.082:67	2540	-
Оптималан садржај везива [%]	5,1	-

Усвојена асфалтна мешавина са оптималном количином садржаја везива показује да задовољава прописане услове стандардом SRPS U.E4.014:1990 [3], и одговара постављеним критеријумима за израду хабајућег слоја коловозне конструкције од АБ 11с дебљине која се може користити од 4,0 до 6,0 см, односно да се примењује за средње саобраћајно оптерећење.

## 5.2 Одређивање претходног састава асфалтне мешавине БНС 22с(А)

На основу резултата лабораторијских испитивања компоненталних материјала (дробљеног сепарисаног шљунка, дробљеног каменог агрегата, каменог брашна (филера) и битумена) претходне асфалтне мешавине, извршено је испитивање физичко-механичких карактеристика асфалтне мешавине према SRPS U.E9.021:1986 [4], и SRPS U.M8.090:1966 [6], на стандардном Marshall-овом набијачу са 2x50 удараца на температури 150±3°C, са следећим садржајима везива: 3,0%; 3,5%; 4,0%; 4,5% и 5,0%. Резултати су дати у табели 4.

Табела 4. Физичко-механичка карактеристике асфалтних мешавине са различитим садржајем везива

Физичко-механичке карактеристике асфалтне мешавине	Садржај везива у асфалтној мешавини [%]					Критеријуми SRPS U.E9.021:1986
	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	
Стабилност по Маршалу на 60°C [kN]	11,5	12,2	12,5	12,3	11,6	min 8,0
Течење по Маршалу на 60°C [mm]	2,6	3,2	3,7	4,4	5,0	-
Однос стабилности и течења (укоченост) на 60°C [kN/mm]	4,4	3,8	3,4	2,8	2,3	min 2,5
Шупљине у асфалтном узорку [%]	9,2	7,6	6,1	4,7	3,7	5,0-9,0
Шупљине у минералној мешавини испуњене везивом [%]	43,0	51,5	60,5	69,5	76,4	50-70
Шупљине у минералној мешавини [%]	16,1	15,7	15,5	15,3	15,5	-
Запреминска маса асфалтног узорка [kg/m <sup>3</sup> ]	2330	2360	2370	2390	2400	-
Привидна запреминска маса асфалтне мешавине [kg/m <sup>3</sup> ]	2570	2550	2530	2510	2490	-

Одређивање оптималног садржаја везива Еуро Битумена В50/70 изведено је по Marshall-овој методи у складу са стандардом SRPS U.M8.090:1966 [6]. На основу анализе физичко-механичких карактеристика асфалтне мешавине са различитим садржајима везива, усвојено је оптималан садржај везива битумена који износи 4,0%. Усвојене вредности претходне асфалтне мешавине са оптималним садржајем везива, приказано је у табели 5.

Табела 5. Усвојени састав претходне асфалтне мешавине са оптималним садржајем везива

Компонентални материјали	Порекло / Произвођач	Садржај [%]
1. Филер	Каменолом „Јаловник“ - Доње Црниљево	2,4
2. Дробљени песак	0/4 Дуваниште – Дуваниште	38,9
3. Дробљени сепарисани шљунак	4/8 Дуваниште – Дуваниште	14,4
4. Дробљени сепарисани шљунак	8/16 Дуваниште – Дуваниште	24,0
5. Дробљени камени агрегат	16/22 Каменолом „Равнаја“ - Мали Зворник	16,3
6. Еуро битумен В 50/70	Рафинерија нафте Панчево	4,0
<b>укупно:</b>		<b>100,0</b>

Табела 6. Физичко-механичке карактеристике усвојене асфалтне мешавине са оптималним садржајем везива

Физичко-механичке карактеристике асфалтне мешавине	Претходна асфалтна мешавина БНС 22с(А)	Критеријуми према SRPS U.E9.021
Стабилност на 60°C [kN]	12,5	min 8,0
Течење на 60°C [mm] SRPS U	3,7	-
Однос стабилности и течења (укоченост) на 60°C [kN/mm]	3,4	min 2,5
Шупљине у асфалтном узорку [%]	6,1	5-9
Шупљине у минералној мешавини испуњене везивом	60,5	50-70
Шупљине у минералној мешавини [%]	15,5	-
Запреминска маса асфалтног узорка [kg/m <sup>3</sup> ]	2379	-

Привидна запреминска маса асфалтне мешавине [kg/m <sup>3</sup> ]	2534	-
Оптималан садржај везива [%]	4,0	-

Након усвојене мешавине урађено је испитивање физичко-механичких својстава претходне асфалтне мешавине према SRPS U.M8.090:1966 [6], на стандардном Marshall-овом набијачу са 2x50 удараца на температури од 150±3°C. Физичко-механичке карактеристике Marshall-овог узорка усвојене претходне асфалтне мешавине приказани су у претходној табели, тј. табели 6.

Усвојена асфалтна мешавина са оптималном количином садржаја везива показује да задовољава прописане услове стандардом SRPS U.E9.021:1986 [4], и одговара постављеним критеријумима за израду носећих слојева коловозне конструкције од БНС 22с(А) дебљине која се може користити од 6,0 до 10,0 cm, односно да се примењује на саобраћајницама за врло тешко саобраћајно оптерећење.

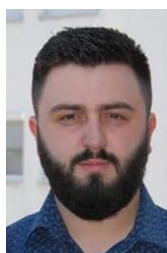
## 6. ЗАКЉУЧАК

Асфалтне мешавине припадају групи флексибилних коловозних конструкција. Приметно је да учешће везива (битумена), врста агрегата и филера подједнако утичу на састав асфалтних мешавина (асфалт бетона и битуминизираниг носећег слоја). Мешавине АБ 11с и БНС 22с(А), испуњавају критеријуме који су прописани стандардима и задовољава све услове приликом справљења претходних мешавина.

## 7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Цветановић А., Банић Б.: Коловозне конструкције, Београд 2007.
- [2] SRPS В.В3.045:1982 – Камено брашно за угљоводничне мешавине – Технички услови, Институт за стандардизацију Србије, Београд, 1982.
- [3] SRPS U.E4.014:1990- Израда хабајућих слојева од асфалтних бетона по врућем поступку – Технички услови, Институт за стандардизацију Србије, Београд, 1990.
- [4] SRPS U.E9.021:1986 – Пројектовање и грађење путева – Израда горњих носећих слојева од битуминизираниг материјала по врућем поступку – Технички услови, Институт за стандардизацију Србије, Београд, 1986
- [5] SRPS U.M3.010:1975 – Битумен за коловозе – Услови квалитета, Институт за стандардизацију Србије, Београд, 1975.
- [6] SRPS U.M8.090:1966 – Асфалтне мешавине за коловоз – Испитивање по Маршалу, Институт за стандардизацију Србије, Београд, 1966.

## Кратка биографија:



**Ђорђе Мићић** рођен је у Крупњу 17.12.1992. године. Гимназију у Крупњу завршава 2011. године и исте године уписује Основне студије на Факултету техничких наука из области Грађевинарства. Октобра 2016. године стиче звање дипломираног грађевинског инжењера на одсеку за путеве, железнице и аеродроме. Мастер рад на истом факултету, смеру и одсеку одбранио је 2021. године.